

Los Papeles o monografías sobre SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA Y CUIDADO DE LA NATURALEZA (SHAN) conforman una serie de documentos de trabajo creados al amparo del proyecto de investigación del mismo nombre que realiza la FUNDACIÓN BOTÍN dentro de su OBSERVATORIO DEL AGUA. Las características, actividades y publicaciones de este Observatorio pueden verse en la WEB de la Fundación ([www.fundacionbotin.org](http://www.fundacionbotin.org)).

Esta nueva colección de monografías sucede a los treces PAPELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (PAS) que finalizaron en el año 2003 y a los ocho de PAPELES DEL AGUA VIRTUAL (PAV) que finalizaron en 2010. Como en los casos anteriores recoge los desarrollos metodológicos y los resultados obtenidos del proyecto en marcha sobre la Seguridad Hídrica y Alimentaria y Cuidado de la Naturaleza en España. Son en realidad una continuación de los anteriores proyectos de investigación del Observatorio. Los SHAN siguen así la estela de los PAS y de los PAV, que han tenido en España una excelente acogida. Como su predecesores, además de contribuir al debate científico sobre la política del agua y de la alimentación y el cuidado del medio ambiente, los SHAN tienen como objetivo más importante facilitar pronto los resultados del proyecto a la comunidad científica y la sociedad en general, sin tener que esperar al proceso habitualmente más largo que exige la preparación de los libros y artículos científicos en revistas indexadas.

Los SHAN, como casi todas las numerosas publicaciones del Observatorio del Agua se pueden descargar gratuitamente de las desde la WEB de la Fundación Botín ([www.fundacionbotin.org](http://www.fundacionbotin.org)), y también de otras web relacionadas con el Proyecto.

---

La Fundación Botín no se hace solidaria de las opiniones de los autores; cada autor es responsable de las proposiciones y asertos que contengan los escritos del mismo que aquella publique. El contenido de la presente publicación se podrá acotar, glosar o resumir, y también reproducir total o parcialmente, con la condición de citar la fuente.

---

[www.fundacionbotin.org](http://www.fundacionbotin.org)

PAPELES DE SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA Y CUIDADO DE LA NATURALEZA

# Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir

**G. Salmoral**  
**A. Dumont**  
**M.M. Aldaya**  
**R. Rodríguez-Casado**  
**A. Garrido**  
**M.R. Llamas**

NÚMERO 1



FUNDACIÓN  
BOTÍN

# Análisis de la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir

**G. Salmoral** <sup>1</sup>

**A. Dumont** <sup>2</sup>

**M.M. Aldaya** <sup>2,3</sup>

**R. Rodríguez-Casado** <sup>1</sup>

**A. Garrido** <sup>1</sup>

**M.R. Llamas** <sup>3</sup>

**Con una colaboración especial de**

**J. Corominas** <sup>4</sup>

**A. Argüelles** <sup>5</sup>

**A. Norzagaray** <sup>5</sup>

**JUNIO 2011**

---

Papeles de seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la naturaleza  
Edita: Fundación Marcelino Botín. Pedrueca, 1 (Santander)  
www.fundacionmbotin.org  
Communication designer: Juan Antonio Cañada García.

ISBN: 978-84-96655-94-2  
Depósito legal:  
Impreso en REALIGRAF, S.A.

---

<sup>1</sup> CEIGRAM, Departamento de Economía y Ciencias Sociales Agrarias, E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Universidad Politécnica de Madrid.

<sup>2</sup> Departamento de Geodinámica. Universidad Complutense de Madrid.

<sup>3</sup> Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP), París.

<sup>4</sup> Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía.

<sup>5</sup> Oficina de Planificación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

## Tabla de contenido//

Resumen .....	5
Tabla de símbolos .....	8
1 Introducción .....	9
2 Objetivo .....	12
3 Área de Estudio .....	12
3.1 Rasgos físicos e hídricos y localización general de los regadíos.....	12
3.2 Marco socioeconómico .....	14
4 Metodología de la huella hídrica extendida .....	16
4.1.La huella hídrica “clásica” a nivel de cuenca .....	17
4.1.1.Precisiones terminológicas: uso, extracciones, consumo y huella hídrica .....	17
4.1.2.La huella hídrica dentro de una cuenca .....	17
4.1.3.La huella hídrica en la agricultura .....	19
4.1.4. La huella hídrica directa e indirecta en ganadería.....	24
4.1.5.La huella hídrica del abastecimiento urbano, del turismo y de la industria.....	25
4.1.6.La huella hídrica asociada a los embalses.....	25
4.1.7.La huella hídrica de las aguas subterráneas.....	26
4.2.Valor económico del agua y tierra.....	28
5 Fuentes de datos y limitaciones.....	29
6 La huella hídrica extendida de la agricultura en el conjunto de la cuenca del Guadalquivir.....	31
6.1.Distribución y evolución de los cultivos en la cuenca.....	31
6.2.La huella hídrica extendida de la agricultura en el conjunto de la cuenca: evolución entre 1997-2008.....	35
6.2.1.La huella hídrica “clásica”.....	35
6.4.1.Sistema de explotación: Campiña Sevillana .....	46
6.4.2.Sistema de explotación: Alto Genil.....	48
6.4.3.Sistema de explotación: Jaén .....	49
6.4.4.Sistema de explotación: Almonte-Marismas.....	51
7 La huella hídrica extendida de la ganadería .....	53
8 La huella hídrica extendida del abastecimiento urbano y turismo.....	55
9 La huella hídrica extendida del sector industrial.....	57
10 La huella hídrica asociada a los embalses.....	60
11 La huella hídrica extendida de las aguas subterráneas en la cuenca .....	60

11.2.Huella hídrica a partir de los datos de la Propuesta de Plan hidrológico de cuenca .....	61
11.3.Huella hídrica extendida de la agricultura para los años 2002 y 2008 .....	63
11.4.Comparación de los resultados .....	68
12 Síntesis de la huella hídrica extendida en la cuenca del Guadalquivir .....	69
<i>Integración de la huella hídrica dentro del ciclo hidrológico</i> .....	71
13 Conclusiones .....	75
Agradecimientos .....	78
Bibliografía .....	79
Glosario .....	85
Anexo I: Cultivos en estudio y grupo de cultivo asignados .....	89
Anexo II: Dotación por cultivo y sistema de explotación .....	90
Anexo III: Estado de sequía de cada uno de los sistemas de explotación de recursos para el período 1997-2008 .....	91
Anexo IV: Consumo de agua azul (m <sup>3</sup> /ha) utilizados para huella hídrica subterránea .....	92

## Resumen//

**E**ste trabajo analiza la huella hídrica extendida de la cuenca del Guadalquivir con el fin de facilitar información para la mejora de la asignación y gestión de los recursos hídricos en la cuenca. Este estudio diferencia entre agua verde y azul (agua de origen superficial y subterráneo). Por otra parte, introduce indicadores económicos, siendo la vertiente económica clave a la hora de analizar los consumos de agua. Presenta también por primera vez la integración de la huella hídrica dentro del ciclo hidrológico y su balance a escala de cuenca.

Para un año climatológicamente normal se obtiene una huella hídrica total (agua verde y azul) de unos 7.600 Mm<sup>3</sup>. El sector agrícola representa el 80% del agua azul consumida, seguido por la evaporación desde embalses, abastecimiento urbano e industria con un 11%, 3,5% y 1,5%, respectivamente. El consumo de agua verde predomina en la huella hídrica de la agricultura con valores medios para el período 1997-2008 muy superiores a los de agua azul, 4.200 Mm<sup>3</sup> versus 2.000 Mm<sup>3</sup>. Este consumo de agua verde está ligado principalmente a la producción de olivar, cereales de invierno y girasol.

Durante el periodo 1997-2008 se muestra claramente la expansión de superficies de regadío ligadas principalmente a aguas de origen subterráneo. El mayor consumo de agua azul proviene del olivar, mayoritariamente en el tramo alto de la cuenca (parte de la cuenca incluida en las provincias de Jaén y Granada), y el algodón y arroz en el tramo bajo (provincia de Sevilla). Sin embargo, dentro de la agricultura el 46% del consumo de agua azul se corresponde con cultivos de mediana o baja productividad del agua ( $\leq 0,4 \text{ €/m}^3$ ), principalmente debido al algodón, arroz y maíz. Respecto a las aguas subterráneas, su ratio de uso frente a las aguas superficiales es mayor para los cultivos de más alto valor económico, tendencia que se refuerza últimamente.

En el contexto andaluz, con garantía de acceso al mercado común europeo, y con el fin de facilitar la integración de aspectos económicos, sociales y ambientales, los resultados del presente estudio apoyan la necesidad de explorar

la posibilidad de realizar un cambio de patrones de cultivo y la utilización de parte del agua en actividades más rentables, como cosechas de alto valor u otras actividades como la energía solar o el turismo, que consideren a su vez el medio ambiente como factor de calidad y competitividad. Todavía más cuando esta perspectiva se ve contemplada en la nueva Ley de Aguas de Andalucía.

Este trabajo se ha enfocado en temas cuantitativos, sin embargo, no debe olvidarse el aspecto cualitativo, de efectos notablemente diferidos. Eso apunta en la dirección de una agricultura menos agresiva, con menor aplicación de productos agroquímicos y la implantación de medidas que mitiguen la contaminación agrícola difusa en los acuíferos y en los cursos de agua.

**Palabras clave:**

Guadalquivir, huella hídrica extendida, agua verde, agua azul, productividad del agua, productividad de la tierra, aguas subterráneas.

## Abstract//

In this paper the water footprint of the Guadalquivir river basin is analyzed in order to provide useful information to improve the allocation and management of water resources in the basin. This study distinguishes between green water and blue water (surface and groundwater). In addition, the study includes economic indicators, since economic aspects are a vital element when analyzing water consumption. Moreover, for the first time, the water footprint is integrated in the hydrologic cycle and its balance at the scale of the basin.

For a normal climatic year a total of 7.600 Mm<sup>3</sup> of water footprint was assessed, representing the agricultural sector 80%, followed by evaporation from surface reservoirs, urban and industry water supply with 11%, 3,5% and 1,5%, respectively. In agriculture, the green water consumption is of great importance, reaching values well above blue water, 4.200 versus 2.000 Mm<sup>3</sup>. The green water consumption is mainly related to the production of olive, winter cereals and sunflower.

Over the period 1997-2008 irrigated areas expansion took place, mainly related to groundwater abstractions. Olives comprise the largest blue water consumption, in particular in the upper section of the basin (area of the basin included in Jaén and Granada provinces); blue water consumption is relevant in the bottom section (Sevilla province) with cotton, rice and maize. However, 46% of the blue water is consumed in medium or low value products ( $\leq 0.4$  euro/m<sup>3</sup>). In relation to groundwater, the use ratio in contrast to surface water is greater for crops with higher economic value.

In the Andalusian context, with guaranteed access to the European Common Market, in order to facilitate the integration of economic, social and environmental aspects seems necessary to explore the possibility of allocating water to higher-value uses, such as changing the cropping patterns to produce more water-efficient higher-value crops (vegetables, vineyards and olive trees) or using the water for other activities (e.g. solar energy or tourism) that consider the environment as a factor of quality and competitiveness.

In this study we have mainly focused on water quantity issues, however, we should not forget the water quality aspect, of significantly delayed effects. This points out direction of a less aggressive agriculture with a reduced use of agrochemicals and implementation of measures to mitigate diffuse water pollution.

**Key words:**

Guadalquivir, extended water footprint, , green water, blue water, water productivity, land productivity, groundwater.

## Tabla de símbolos//

ALP	Productividad aparente de la tierra
AWP	Productividad aparente del agua
CWR	Necesidades hídricas de los cultivos
ET <sub>b</sub>	Evapotranspiración de agua azul
ET <sub>g</sub>	Evapotranspiración de agua verde
Δ€/m <sup>3</sup>	Incremento productividad del agua de riego
HH	Huella hídrica
HH <sub>a</sub>	Huella hídrica agricultura
HH <sub>d</sub>	Huella hídrica abastecimiento doméstico
HH <sub>g</sub>	Huella hídrica ganadería
HH <sub>i</sub>	Huella hídrica abastecimiento industrial
K <sub>c</sub>	Coefficiente del cultivo
N <sub>s</sub>	Número de animales según especie
P <sub>eff</sub>	Precipitación efectiva
P <sub>m</sub>	Precio del mercado
S <sub>irr</sub>	Superficie en regadío
S <sub>sec</sub>	Superficie en secano
V <sub>a,s</sub>	Contenido de agua virtual por animal según especie
V <sub>alim</sub>	Consumo de agua en alimentación
V <sub>b</sub>	Contenido de agua virtual azul
V <sub>drink</sub>	Consumo de agua para el animal
V <sub>serv</sub>	Consumo de agua para el funcionamiento de la actividad
WUI	Consumo de agua, directo e indirecto, en ganadería
Y	Rendimiento del cultivo

## 1 Introducción//

---

**E**spaña es el país más árido de la Unión Europea. Por ello, al igual que en otros países semiáridos, la gestión de los recursos hídricos es un tema tan importante como controvertido. La cuenca del Guadalquivir es una región con escasez relativa de precipitaciones en la que durante las últimas décadas los regadíos han crecido ininterrumpidamente. En este contexto, en el que parece necesaria la reorientación de la política del agua teniendo en cuenta criterios no solo de oferta sino también de demanda y considerando aspectos económicos, sociales y ambientales, la huella hídrica extendida es un indicador que proporciona un marco multidisciplinar y transparente que puede ser muy útil para mejorar la gestión de los recursos hídricos.

El presente trabajo analiza la huella hídrica extendida de un área geográfica delimitada, en nuestro caso la cuenca del Guadalquivir. La huella hídrica extendida es un conjunto de indicadores que permiten el análisis cuantitativo y económico de los recursos hídricos: combina el aporte de la huella hídrica “clásica”<sup>1</sup> con una perspectiva económica basada principalmente en la determinación del valor económico del agua, enfoque ya desarrollado por Garrido et al. (2010) en su libro sobre huella hídrica y comercio de agua virtual en España.

La huella hídrica calificada en el presente estudio de “clásica” es un indicador de uso de agua que tiene en cuenta tanto el uso directo como indirecto por parte de un consumidor o productor (Hoekstra, 2003; Hoekstra et al., 2011). Puede ser considerada como un indicador global de la apropiación de los recursos de agua dulce, junto a la medición tradicional y restringida de la extracción de agua. Es un indicador multidimensional que muestra los volúmenes de agua consumidos y su origen y da una orientación preliminar sobre los volúmenes necesarios para reducir la contaminación causada por cada actividad (Hoekstra y Chapagain, 2010).

---

<sup>1</sup> Cuando no se precisa que se trata de la “versión extendida” de la huella hídrica, se debe entender que hablamos de la huella hídrica “clásica” como la presentan Hoekstra et al. (2011), la cual se refiere solo a la parte de consumo de agua (volumen).

En la huella hídrica se distinguen tres colores: azul, verde y gris. La huella hídrica azul se refiere al consumo de los recursos hídricos procedentes de agua superficial y subterránea. El “consumo” se entiende como la pérdida de agua desde una masa de agua superficial o subterránea en una cuenca hidrográfica al evaporarse el agua, volver a otra cuenca, al mar o incorporarse a un producto. La huella hídrica verde en cambio se refiere al consumo del agua de lluvia almacenada en el suelo como humedad (Falkenmark, 2003; Falkenmark y Rockström, 2004). La huella hídrica gris es un concepto todavía en debate y se refiere a la contaminación. Se define como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar una carga de contaminantes en base a las normas vigentes de calidad ambiental del agua. Puede servir para poner en relieve el importante tema de la contaminación difusa de origen agrícola. De hecho, el problema de la contaminación de origen agrícola es generalizado a lo largo de la demarcación del Guadalquivir (CHG, 2008). A pesar de la importancia de este tipo de contaminación, en el presente estudio tan sólo nos centraremos en la parte cuantitativa (agua verde y azul), sin entrar en estimaciones de agua contaminada, es decir agua gris. En estudios futuros se espera podamos abarcar el tema de contaminación agraria difusa haciendo uso del concepto de huella gris. En España la importancia de la huella hídrica ha sido plasmada en la instrucción de planificación hidrológica (ORDEN ARM/2656/2008). Sin embargo, hasta la fecha el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM) no ha publicado los resultados de la aplicación del método de la huella hídrica a los planes hidrológicos que debe enviar a la Comisión de la Unión Europea.

El presente trabajo presenta algunas novedades en la metodología en comparación con estudios precedentes de huella hídrica. Por ejemplo, se ven consideradas las disponibilidades de agua en base a las dotaciones y nivel de sequía conforme al llenado de los embalses. Esto constituye un avance en comparación con precedentes estudios que no consideraban dicha restricción, obteniendo un consumo de agua azul correspondiente a la evapotranspiración máxima del cultivo. Además hasta ahora (p.ej. en Garrido et al., 2010) no fue posible separar agua superficial y subterránea. En el presente estudio se presenta una estimación de la huella de las aguas subterráneas, en la línea con el trabajo de Aldaya et al. (2009). Éste es reconocido como el primer estudio con diferenciación del agua subterránea en la huella hídrica, donde se estima la

huella para una comarca agraria con uso casi exclusivamente de origen subterráneo. Aquí el cálculo está realizado por primera vez a escala de cuenca donde uso superficial, subterráneo y mixto se entremezclan. También se ha incluido por primera vez en la huella hídrica el agua verde consumida por los leñosos a lo largo del año y no sólo durante su temporada productiva y el consumo derivado de la evaporación de los embalses de la cuenca. El último punto innovador es la integración de la huella hídrica en el ciclo hidrológico y su balance a escala de cuenca, que es el objeto de un apartado especial (ver p.62).

La nueva Ley de Aguas de Andalucía establece “un nuevo orden de prioridad de uso para las actividades económicas, en el que se tendrá en cuenta la sostenibilidad, el mantenimiento de la cohesión territorial y el mayor valor añadido en términos de creación de empleo y generación de riqueza para Andalucía” (Junta de Andalucía, 2010a) : Aunque la aplicabilidad de esta ley aún no se ha clarificado al haberse declarado como inconstitucional las competencias exclusivas de la Comunidad Autónoma de Andalucía sobre la cuenca del Guadalquivir (art. 51 del Estatuto de Andalucía). Con cara al futuro resulta primordial tener presente una eficiente asignación de los limitados recursos hídricos de la cuenca. Un ejemplo de asignación hacia actividades más productivas tuvo lugar ante la sequía de 2007-2008, donde se realizaron intercambios de derechos del agua del bajo y medio Guadalquivir a la Junta Central de Usuarios del Bajo Almanzora (Almería) para producir cosechas con una productividad muy superior (fundamentalmente cítricos y hortalizas a cielo abierto), siendo los acuerdos positivos para las partes.

En primer lugar se presenta el marco general del consumo de agua en la cuenca del río Guadalquivir. Posteriormente, se hace un análisis más detallado para los diferentes sectores: agricultura y ganadería, abastecimiento urbano e industria. Dentro del sector agrícola, sector con el mayor consumo de agua, se realiza un estudio más detallado tanto por zonas (tramo alto, medio y bajo de la cuenca) como también, por sistemas de explotación seleccionados (Campiña Sevillana, Alto Genil, Jaén y Almonte-Marismas). Finalmente, el trabajo concluye que la planificación y gestión de los recursos hídricos exige la integración de aspectos económicos, sociales y ambientales, identificando los posibles retos y oportunidades en la cuenca del Guadalquivir.



## 2 Objetivo//

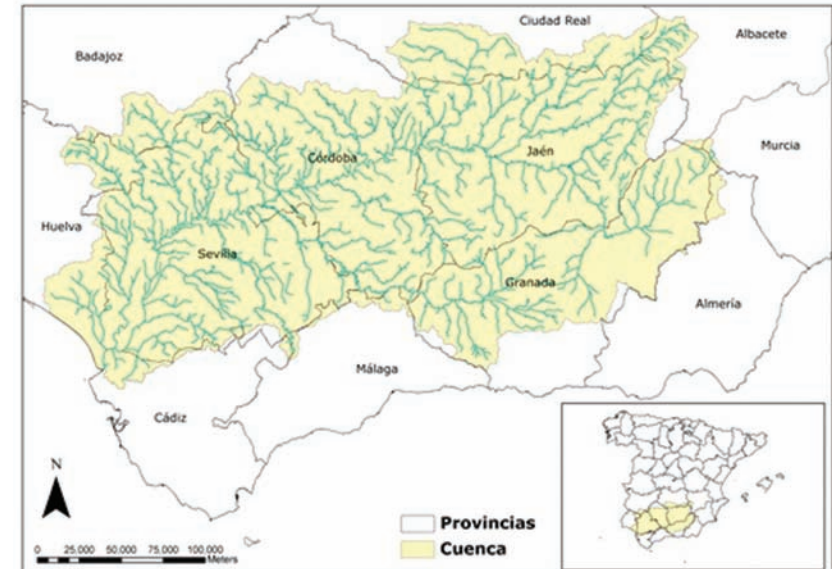
El objetivo del presente estudio es analizar la huella hídrica verde y azul (superficial y subterránea) y, en un sentido más amplio, la huella hídrica extendida en la cuenca del Guadalquivir, con el fin de facilitar información para conseguir una mejor asignación y gestión de los recursos hídricos en esta región. Se cuestiona si es posible alcanzar en la demarcación del Guadalquivir el lema que propone el Observatorio de Agua con carácter general para los países industrializados o emergentes “more cash and care of nature per drop”, es decir, más dinero y cuidado de la naturaleza por gota de agua consumida.

## 3 Área de Estudio//

### 3.1. RASGOS FÍSICOS E HÍDRICOS Y LOCALIZACIÓN GENERAL DE LOS REGADÍOS

La cuenca del Guadalquivir abarca una extensión de 57.527 km<sup>2</sup> y se distribuye por 12 provincias pertenecientes a 4 Comunidades Autónomas, de las que Andalucía representa el 90% de la superficie total (Figura 1). El clima de la cuenca es mediterráneo y se caracteriza por temperaturas cálidas (16,8 °C de media anual) y por la escasez relativa de las precipitaciones (media anual de 548 mm) junto con una irregularidad espacial y temporal en su distribución (CHG, 2009). Las precipitaciones son más abundantes en las montañas que rodean la cuenca y menores en los valles del interior, donde se encuentran la mayoría de la población y regadíos.

Figura 1: Situación geográfica de la cuenca del Guadalquivir.



Fuente: Elaboración propia.

Según la CHG (2009), la aportación fluvial media para la cuenca se estima en unos 6.700 Mm<sup>3</sup>/año, mientras que los recursos disponibles en la actualidad se estiman 3.300 Mm<sup>3</sup>/año (superficiales y acuíferos). La regulación superficial es del orden del 35% de la aportación natural y la utilización media incluyendo los acuíferos y el flujo de base de los cauces, procedente del drenaje de estos, del orden del 49%. Estos datos indican que el nivel de utilización en usos consuntivos en la cuenca es elevado y ello provoca cierta vulnerabilidad frente a las sequías, pudiendo incidir sobre la garantía de satisfacción de las demandas (CHG, 2008). Esta situación muestra la conveniencia de control y contención de la demanda, especialmente en el sector agrícola y de mejorar la gestión de los recursos disponibles.

La distribución espacial de los recursos de agua en la cuenca se concentra en la franja perimetral que está formada por el área de Sierra Morena, la cabeceira del Guadalquivir y las cordilleras Béticas. Sin embargo, las demandas más voluminosas se localizan en el Valle del Guadalquivir donde es más abundante la superficie agrícola y donde se han asentado las mayores poblaciones de la cuenca. Con este condicionante natural, la explotación y gestión de los recursos hidráulicos de la cuenca se ha organizado en sistemas de explotación (CHG, 2008). Un sistema de explotación se define, según el Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, como aquel que "...está constituido por elementos naturales, obras e instalaciones de infraestructura hidráulica, como por normas de utilización del agua derivadas de las características de las demandas y reglas de explotación que, aprovechando los recursos naturales, permiten establecer los suministros de agua que configuran la oferta de recursos disponibles del sistema de explotación...".

El riego se concentra alrededor del cauce del río Guadalquivir produciendo hortalizas, algodón, maíz, fresas, olivar, cítricos y otros frutales. Igualmente en el tramo bajo del Guadalquivir existen unas 35.000 hectáreas de arrozales (Junta de Andalucía, 2009). Estos arrozales se sitúan en las Marismas y en el Parque Nacional de Doñana. Doñana es un espacio natural protegido, declarado Patrimonio de la Humanidad y Reserva de la Biosfera e incluido en el Convenio Ramsar de Humedales, y su gran extensión de marismas continentales es de extraordinaria importancia siendo lugar de paso, cría o invernada para miles de aves europeas y africanas. El estudio de la huella hídrica de la Región de Doñana es objeto de otro estudio del observatorio de la FMB recogido en los Papeles de Agua Virtual (PAV) nº 5 (Aldaya et al., 2010).

### 3.2. MARCO SOCIOECONÓMICO

En cuanto al marco socioeconómico en el que se encuadra la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir, desde el punto de vista de Valor Añadido Bruto (VAB) por sectores y en orden de importancia, destaca la importancia de sector servicios (incluida la construcción) que ocupa con diferencia el primer lugar, seguido de la industria, agricultura, ganadería y pesca, y finalmente turismo (Tabla 1). La agricultura es un elemento importante en la economía de

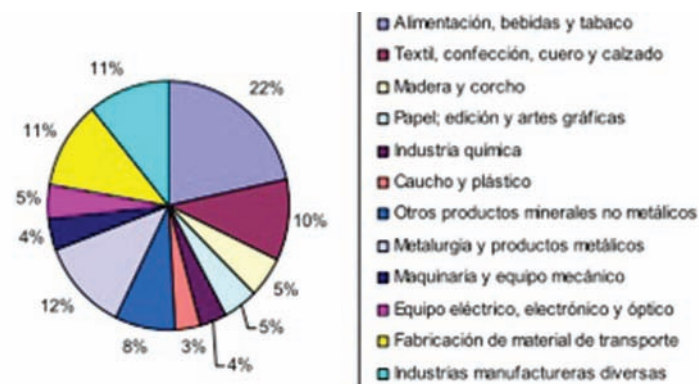
la Demarcación, especialmente desde el punto de vista del empleo pero menos relevante desde el punto de vista del VAB donde es casi igual al turismo. A esto hay que añadir, que la agroindustria es el subsector industrial más importante (con 22% del empleo industrial y un 29% del VAB de toda la industria) (CHG, 2008). No obstante, no se han hallado datos sobre qué proporción de las materias primas de la agroindustria se producen en Andalucía; es posible que una parte importante de esas materias procedan de otras regiones de España o del extranjero.

Tabla 1: Marco socioeconómico de los principales sectores económicos.

Sector económico	VAB (%)	Empleo (%)
Servicios (incluye construcción)	72	69
Industria	15	13
Agricultura, Ganadería y Pesca	7	12
Turismo	6	6

Fuente: CHG, 2008.

Figura 2: Los sectores de la industria en la cuenca del Guadalquivir.

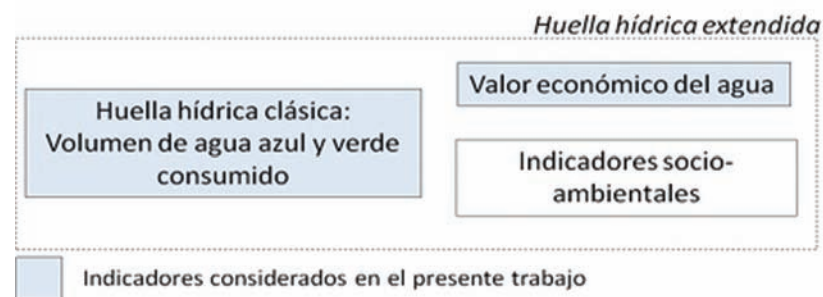


Fuente: CHG, 2010.

## 4 Metodología de la huella hídrica extendida //

El presente trabajo se centra en el estudio de la huella hídrica extendida (ver Glosario) de la cuenca del Guadalquivir, donde prevalece el análisis cuantitativo y económico de los recursos hídricos. Este apartado presenta con detalle la metodología empleada para el cálculo de la huella hídrica clásica a escala de cuenca (metodología basada en los estudios de Hoekstra et al. (2011) – sin considerar la huella gris – y Garrido et al. (2010)). Para la valoración económica del agua, componente clave de la huella hídrica extendida, la metodología está en línea con el marco establecido por Garrido et al. (2010) (Figura 3)<sup>2</sup>. Hay que apuntar que el concepto de huella hídrica extendida está todavía en evolución y que podría incluir más indicadores reflejando los componentes social y medioambiental del uso del agua, aunque en el presente trabajo nos limitamos a la vertiente económica.

Figura 3: El concepto de huella hídrica extendida.



Fuente: elaboración propia.

Para la estimación de la huella hídrica (agrícola, ganadera, industrial y doméstica) sobre los recursos de la cuenca del Guadalquivir se han distinguido las componentes azul y verde, tomando como período de estudio 1997-2008. Parte de este trabajo se ha basado en el estudio de la huella hídrica para toda España realizado por Garrido et al. (2010). Sin embargo, la metodología en cuanto a la consumo de agua azul y de agua verde en la agricultura ha sido refinada (Ver apartado 4.1.3.).

### 4.1. LA HUELLA HÍDRICA “CLÁSICA” A NIVEL DE CUENCA

#### 4.1.1. Precisiones terminológicas: uso, extracciones, consumo y huella hídrica

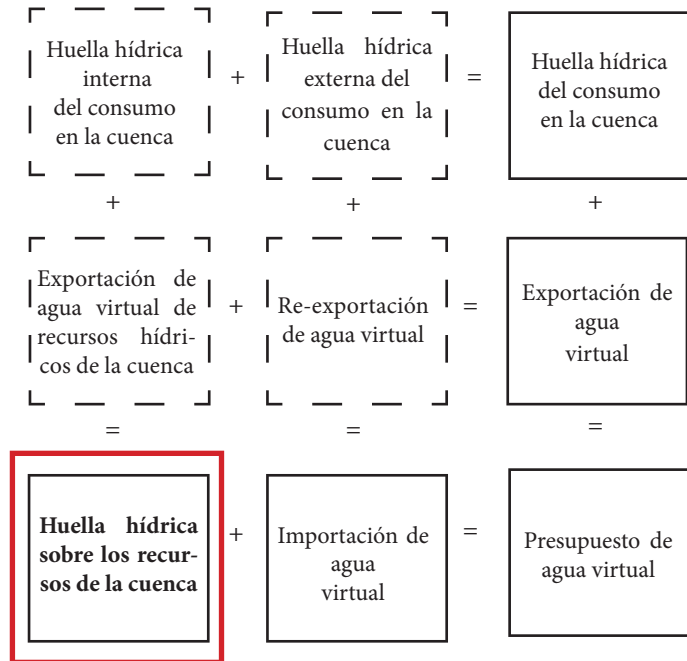
En una perspectiva de gestión a escala de cuenca la parte no consumida de las extracciones de agua vuelve al sistema, estando de nuevo disponible para un uso aguas abajo. Sin embargo, a nivel local (masa de agua superficial o subterránea, finca, fuentes de abastecimiento...) la consideración de las extracciones, la calidad del recurso y el destino de los retornos es de gran importancia. Así, la huella hídrica se utiliza como indicador de los consumos de agua, en contraste con el marco habitual donde se introduce generalmente las extracciones o incluso el impreciso término de “uso”. Éste término equivale muchas veces al de extracción. En este estudio, el empleo de la palabra uso es relativo al hecho de usar el agua (por un usuario...) pero no tiene relación con magnitud volumétrica. Para los volúmenes asociados se emplea los términos de “extracciones”, “consumo” y “retornos” (ver Glosario al final del presente trabajo).

#### 4.1.2. La huella hídrica dentro de una cuenca

La huella hídrica, y sus diferentes colores, puede ser estudiada según distintas perspectivas cuando se trata de un área geográfica determinada: la huella del consumo de la población de la zona, la huella sobre los recursos hídricos de la cuenca, o incluso el estudio de las importaciones y exportaciones de agua virtual (Hoekstra et al. 2011, ver Figura 4).

<sup>2</sup> Cuando se hace referencia a la huella hídrica extendida se menciona siempre de manera completa.

Figura 4: Las distintas perspectivas de la huella hídrica dentro de una cuenca hidrográfica y sus componentes.



Fuente: Adaptado de Hoekstra et al. (2011).

El presente trabajo se dedica al estudio de la huella hídrica sobre los recursos de la cuenca, relacionada con el consumo de agua propia de la cuenca en los procesos productivos y otros usos. Cada vez que se emplea el término de “huella hídrica” cabrá entender que se trata de esta perspectiva. Una parte de esta huella es destinada a la población de la cuenca, la cual conforma la huella hídrica interna del consumo; otra parte se exporta en forma de agua virtual (Figura 4).

Así la huella hídrica (HH) de la cuenca corresponde a la suma del consumo de agua directo del sector agrícola ( $HH_a$ ,  $m^3/año$ ), ganadero ( $HH_g$ ,  $m^3/año$ ), industrial ( $HH_i$ ,  $m^3/año$ ) y doméstico ( $HH_d$ ,  $m^3/año$ ):

$$HH = HH_a + HH_g + HH_i + HH_d$$

La huella hídrica en la agricultura se refiere al volumen de agua consumido para la producción de los cultivos de la cuenca. En el caso de la ganadería se refiere a la huella hídrica directa, que incluye el agua de consumo para el animal y el agua necesaria para su gestión. Por otro lado, en base al concepto de huella hídrica, los retornos correspondientes al uso industrial y doméstico del agua, han sido sustraídos con el fin de estimar tan solo la parte consuntiva en ambos sectores.

#### 4.1.3. La huella hídrica en la agricultura

El cálculo de la huella hídrica, con sus componentes verde y azul, se basa sobre el hecho que las necesidades hídricas de los cultivos se vean en cierta medida cumplidas por las precipitaciones (agua verde) y eventualmente por el regadío (agua azul).

Las necesidades hídricas de los cultivos (CWR, mm) se calculan siguiendo la metodología seguida por la FAO (Allen et al., 2006):

$$CWR = ET_o \cdot K_c$$

Donde,  $ET_o$  = Evapotranspiración de referencia  
 $K_c$  = Coeficiente del cultivo

(i) La huella hídrica verde /ha

La huella hídrica verde queda definida por la precipitación evapotranspirada ( $ET_g$ , mm/mes), calculada como el valor mínimo entre la lluvia efectiva ( $P_{eff}$ , mm/mes) y las necesidades hídricas.

$$ET_g = \min(CWR, P_{eff})$$

Se ha distinguido entre el agua verde asociada a las producciones de secano (consumo de agua verde únicamente) y el agua verde ligada a los cultivos de regadío. Los datos de precipitación y evapotranspiración mensual de las provincias incluidas en la cuenca han sido obtenidos de la Agencia Estatal de Meteorología (AEMET, 2010). Se ha empleado una estación meteorológica para cada una de las provincias incluidas total o parcialmente en la cuenca (Albacete, Cádiz, Ciudad Real, Córdoba, Granada, Huelva, Jaén, Málaga y Sevilla).

Hay que destacar que en los cálculos de Garrido et al. (2010) tan solo se tuvo en cuenta el consumo de agua durante el período de crecimiento y producción de la planta. Esto da lugar a valores de agua verde inferiores en el caso de cultivos leñosos, como son el olivar y cítricos, ya que no se considera la evapotranspiración durante el período que abarca desde que se recoge la cosecha hasta la siguiente floración. En el presente estudio, se han considerado nuevos coeficientes de cultivo para el olivar (Orgaz et al., 2005) y cítricos (Allen et al., 2006) que abarcan todo el año natural, al ser árboles de hoja perenne. También se ha incluido un coeficiente de cultivo que indica la evaporación desde el suelo para el resto de cultivos leñosos de hoja caduca (ibid).

(i) La huella hídrica azul/ha

En el caso del agua azul, no se ha asumido que los cultivos vean cubiertas sus necesidades de riego, ya que la cuenca del Guadalquivir se caracteriza por no poder ofrecer una completa garantía en el riego (Camacho et al., 2007). De hecho los regadíos andaluces presentan un coeficiente de riego deficitario medio del 77%, entendido éste como la relación entre el uso real y el uso teórico del agua de riego (Junta de Andalucía, 2010b). No se ha podido identificar el riego deficitario aplicado a cada zona de riego por grupo de cultivo. Por tanto, se ha optado por determinar el consumo de agua azul ( $ET_b$ , mm) en función de la dotación del agua de riego por cultivo y sistema de explotación, según la información recogida en el informe de Superficie de los Cultivos de Regadío y sus Necesidades de Riego, en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (AQUAVIR, 2005). Para estimar el consumo, se ha considerado un 7% de retornos para el riego (correspondiente a una eficiencia media de aplicación en parcela de 0,93), de acuerdo con estimaciones del Inventario de Regadíos de 2008 (Junta de Andalucía, 2010b). En el caso de los arrozales se ha tomado un

retorno de riego del 50% según indica el estudio “Escenarios de ahorro de agua de riego en el Guadalquivir” (Strosser et al., 2007). En el Anexo I se recogen los cultivos en estudio y así como al grupo de cultivo al que pertenecen, el cual lleva asignado una dotación de agua de riego en base al estudio de AQUAVIR (2005) (Ver Anexo II).

Las dotaciones de AQUAVIR (2005) se refieren al volumen entregado a la entrada de la zona regable. Por tanto queda excluido el transporte desde el embalse a la zona regable, aunque zonas regables de gran tamaño (de 10.000 a 75.000 ha) tienen un canal de transporte de 10 o 20 Km, del que se derivan las diversas redes de distribución de los sectores de riego del orden de 500 a 3000 ha. Sin embargo, a efectos de facilitar y homogeneizar el análisis sería aceptable considerar toda el agua de riego a la entrada de la zona regable.

A fin de incluir variaciones en el volumen de dotación en función del volumen de recursos disponibles en la cuenca, se ha restringido anualmente el nivel de dotación de cada grupo de cultivo en función del estado de sequía de cada uno de los sistemas de explotación. Para ello, se ha tenido en cuenta el volumen de agua embalsada por sistema de explotación disponible en los Boletines Hidrológicos (MARM, 2008a), y reducido las dotaciones de acuerdo a las indicaciones del Plan Especial de Actuación en Situaciones de Alerta y Eventual Sequía de la Cuenca Hidrográfica del Guadalquivir (CHG, 2007). De este modo se restringen las dotaciones en los sistemas de explotación un 5%, 30% o 70% en caso de encontrarse éstos en situación de prealerta, alerta o sequía, respectivamente<sup>3</sup>. En el Anexo III se recoge el estado de sequía establecido para cada uno de los sistemas de explotación en el período de estudio. En los sistemas de explotación Campiña Sevillana y Almonte-Marismas no se tienen en cuenta restricciones de agua de riego pues se nutren principalmente de agua de riego de origen subterráneo. A modo de ilustración, la Tabla 2 presenta los consumos por ha considerados según el nivel de sequía.

<sup>3</sup> Se verá más adelante que esta restricción teórica se ha aplicado sólo en parte.



Tabla 2: Ejemplo de consumo real de los principales cultivos del Sistema de explotación de Jaén según el nivel de sequía.

Año 2004 (normal): nivel de sequía: normal			
Cultivos	Neceisdades hídricas <sup>1</sup> (m <sup>3</sup> /ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo real (m <sup>3</sup> /ha)
Olivar	4.032	2.213	2058
Hortícolas	5.960	6.344	5900
Algodón	8.606	6.954	6467
Cereales de invierno	3.235	1.500	1359
Año 2006 (seco): nivel de sequía: alerta (restricción de 30%)			
Cultivos	Neceisdades hídricas (m <sup>3</sup> /ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo real (m <sup>3</sup> /ha)
Olivar	5.554	1.549	1.441
Hortícolas	6.932	4.441	4.130
Algodón	9.329	4.868	4.527
Cereales de invierno	5.254	1.050	977
Año 2008 (seco): nivel de sequía: emergencia (restricción de 70%)			
Cultivos	Neceisdades hídricas (m <sup>3</sup> /ha)	Dotación (m <sup>3</sup> /ha)	Consumo real (m <sup>3</sup> /ha)
Olivar	5.554	664	618
Hortícolas	6.932	1.903	1.770
Algodón	9.319	2.086	1.940
Cereales de invierno	5.254	450	419

<sup>1</sup> AQUAVIR (2005)

<sup>2</sup> Se sustrae el 7% correspondiente a retornos.

(iii) Superficies de cultivo y huella hídrica de una zona determinada

La huella hídrica de la agricultura ( $HH_a$ , m<sup>3</sup>) quedaría calculada como la suma de la componente de evapotranspiración del agua verde y azul de cada cultivo, multiplicadas por las superficies de cultivo correspondientes. En el agua verde se diferencia entre los sistemas de producción en secano y regadío al aplicar sus respectivas superficies de cultivo. El factor 10 en la siguiente expresión se utiliza para pasar los valores de evapotranspiración de mm a m<sup>3</sup>/ha:

$$HH_a = \Sigma[10 \cdot ET_g \cdot S_{sec} + 10 \cdot ET_g \cdot S_{irr} + 10 \cdot ET_b \cdot S_{irr}]$$

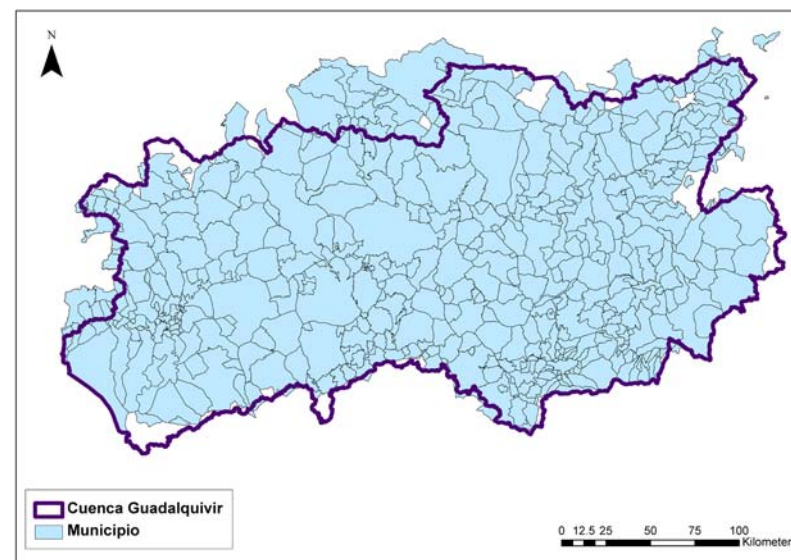
Donde,  $S_{sec}$  = superficie en secano (ha)

$S_{irr}$  = superficie en riego (ha)

Los datos relativos a superficies se han obtenido de las hojas 1T del MARM para el período 1997-2008. Las hojas 1T recogen la superficie en secano y regadío de los cultivos a nivel municipal. En la Figura 5 quedan plasmados los municipios incluidos en el presente estudio ofrecidos por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Las superficies de regadío del olivar han sido actualizadas en el período de estudio aplicando un ratio que relaciona la superficie de olivar recogida en las hojas 1T y la superficie del Inventario de Regadíos de Andalucía 2008, ofrecida éste última por Joan Corominas mediante comunicación personal (Corominas, 2010a).

Temporalmente se ha optado por un análisis de la evolución general entre los años 1997 y 2008, y un análisis detallado para los tres tramos de la cuenca en el año 2007 (precipitación 560 mm y general estado de alerta en llenado de embalses) y de los cuatro sistemas de explotación seleccionados en el año 2004 (precipitación 690 mm y estado de normalidad de llenado de embalses).

Figura 5: Municipios incluidos en el estudio.



Fuente: elaboración propia.

De los sistemas de explotación utilizados por la CHG<sup>4</sup> se han tomado cuatro sistemas de explotación representativos (Campaña Sevillana, Alto Genil, Jaén, y Almonte-Marismas.) Para este análisis se han usado las superficies de cultivo por municipio procedentes de las Hojas IT. La relación de municipios por sistema de explotación ha sido ofrecida por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir.

#### 4.1.4. La huella hídrica directa e indirecta en ganadería

Los cálculos de la huella hídrica de la ganadería han sido realizados en base al estudio de Rodríguez Casado et al. (2009). La huella hídrica total (HH), es decir incluyendo tanto el consumo directo como indirecto, queda definido por el contenido de agua virtual de cada animal ( $V_a$ , m<sup>3</sup>/animal) multiplicado por el número de animales registrados en el censo ( $N_s$ ) de cada especie:

$$HH = \sum V_{a,s} \times N_s$$

Para la determinación el contenido de agua virtual de cada animal, debe tenerse en cuenta el consumo de agua directo procedente del consumo para el animal ( $V_{\text{drink}}$ , m<sup>3</sup>/animal) y el agua necesaria para su funcionamiento ( $V_{\text{serv}}$ , m<sup>3</sup>/animal), y el consumo de agua indirecto relacionado con el agua utilizada en alimentación ( $V_{\text{alim}}$ , m<sup>3</sup>/animal). En el caso de aves, en lugar de los efectivos ganaderos, se contabilizan los animales sacrificados en ese año. Estos datos proceden de los Anuarios de Estadística Agroalimentaria (MARM, 2010).

Cuando se quiere tener en cuenta la huella hídrica que supone la ganadería sobre los recursos de la cuenca, se tiene en cuenta tan solo el consumo de agua directo. El consumo de agua indirecto, es decir el debido a la alimentación, procederá de producciones dentro de la cuenca y de importaciones de materias primas de otros países. Es decir, la huella hídrica indirecta de la ganadería tiene una componente de producción tanto interna como externa.

#### 4.1.5. La huella hídrica del abastecimiento urbano, del turismo y de la industria

El consumo de agua para abastecimiento urbano, el turismo y la industria se ha obtenido mayoritariamente de los datos presentados por la CHG (2008, 2010). En estos sectores se suele presentar los datos en forma de demanda o extracción y no de consumo. Sin embargo, CHG (2010) presenta una estimación del volumen de los retornos del abastecimiento urbano (314 Mm<sup>3</sup>) y del sector industrial (un 44% de la demanda). En el caso del turismo, se considera principalmente el golf por ser el mayor consumidor de agua en este sector. Por otra parte, para el sector de la producción eléctrica, los consumos asociados a las fuentes de producción térmica y las termosolares y su evolución en los próximos años están presentados directamente por la CHG (2010). En el caso de la energía hidráulica, se podría determinar el consumo de agua (evaporación en los embalses) ligado a la producción eléctrica. Sin embargo, en la cuenca del Guadalquivir, la producción se realiza aprovechando los desembalses regidos por otros usos (riego, abastecimiento, etc.) y no tiene influencia en la gestión de los volúmenes. En estas condiciones no se considera que este sector tenga huella hídrica.

#### 4.1.6. La huella hídrica asociada a los embalses

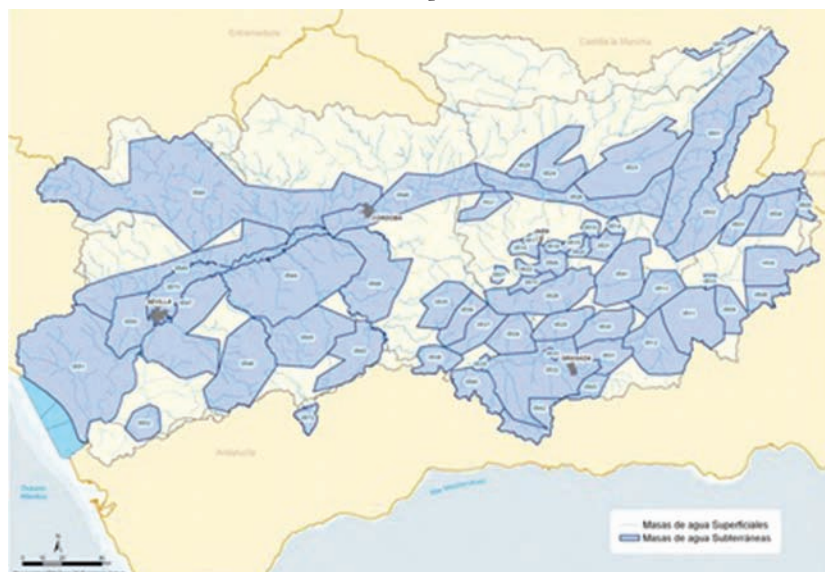
Debido a la situación climática de la cuenca, la evaporación de agua de los embalses representa un consumo de agua notable y parece necesario tomarlo en cuenta. Se trata de una nueva componente de la huella hídrica introducida por el presente trabajo no contemplada en estudios anteriores. La estimación de la evaporación se basa sobre el estudio realizado por Hardy and Garrido (2010) sobre la relación entre agua y energía en España (PAV no 6) y, más específicamente, se apoya sobre una relación entre la capacidad de los embalses y la evaporación asociada. No se ha atribuido esta huella hídrica a un uso particular. La finalidad predominante de los embalses de la cuenca es asegurar la disponibilidad de agua para regadío y abastecimiento urbano pero estas obras tienen otras funciones como regulación hidráulica, defensa frente a avenidas o producción de electricidad.

<sup>4</sup>El borrador del nuevo Plan hidrológico de cuenca (CHG, 2010) reforma la delimitación territorial de los Sistemas de explotación.

#### 4.1.7. La huella hídrica de las aguas subterráneas

Es una evidencia que los datos relativos a las aguas subterráneas y su uso son escasos en España, a pesar de su reconocido papel tanto para la economía como para el abastecimiento doméstico. La falta de información disponible explica que en trabajos realizados sobre la huella hídrica (p.ej. Garrido et al., 2010), no se haya tomado en cuenta explícitamente las aguas subterráneas, con la excepción notable del Papel de Agua Virtual no 3 (Aldaya et al., 2008) donde se analizó la comarca agraria de La Mancha, la cual tiene uso casi exclusivo de agua subterránea. El intento de la determinación de la huella hídrica extendida del presente estudio aparece entonces como novedoso y constituye un cierto desafío. En este sentido, los datos publicados en cumplimiento del proceso de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea (CHG, 2010) constituyen sin duda un avance notable al ofrecerse datos más recientes. El presente estudio se basa en gran parte sobre estos datos y por lo tanto sobre el marco territorial asociado: las masas de agua subterránea (Figura 6).

Figura 6: Masas de agua subterránea en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.



Fuente: CHG (2010).

Sin embargo, no ha sido posible asignar un uso particular (es decir, cultivo regado en el caso del uso agrario) a estas extracciones / superficies y el estudio económico derivado no ha podido ser desarrollado con los últimos datos. Por tanto, se utilizan datos procedentes del Inventario de Regadíos Andalucía del 2002 (Junta de Andalucía, 2003) y 2008<sup>5</sup> (Corominas, 2010a) con el fin de establecer rasgos básicos sobre los beneficios económicos de las aguas subterráneas en la cuenca. De este modo se puede llevar a cabo una comparación con las aguas superficiales. La importancia del Inventario de 2002 radica en que los datos son presentados a una escala territorial detallada y, sobre todo, se indica claramente la procedencia del agua de regadío, al contrario que en muchas otras fuentes de información.

Los resultados se presentan para el conjunto de la cuenca y las zonas alta, media y baja definidas en base al límite administrativo de las provincias de Jaén y Granada, Córdoba y Sevilla, respectivamente (pero incluyendo únicamente las zonas situadas dentro del perímetro de la cuenca del Guadalquivir). Los datos pertenecientes al 2008 han sido ofrecidos por J. Corominas (2010a), los cuales presentan un menor detalle de análisis y sólo abarcan los grandes grupos de cultivos a escala de cuenca.

Cara a los consumos de agua superficial se ha tomado el valor mínimo entre la dotación y las necesidades de riego para un año normal, de acuerdo a las dotaciones de AQUAVIR (2005) (ver Anexo IV). En este caso no se asumen restricciones de riego según el estado de llenado de los embalses. En cuanto a las aguas subterráneas, la hipótesis de partida ha sido que gracias a su disponibilidad continua a lo largo del año han sido cubiertas las necesidades hídricas de las plantas.

Hay que apuntar que nuevos resultados podrían ser obtenidos del Censo Agrario de 2009 del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el cual se distinguirá posiblemente la superficie regada por aguas subterráneas a nivel comarcal; sin embargo, estos resultados no han sido publicados a fecha de publicación del presente estudio.

<sup>5</sup> El Inventario de Regadíos de Andalucía realizado en 2008 ha sido únicamente publicado para el territorio fuera de la cuenca del Guadalquivir.



#### 4.2. VALOR ECONÓMICO DEL AGUA Y TIERRA

El campo de la economía aplicada a la valoración de los recursos hídricos es amplio y ha producido un gran número de estudios y publicaciones, particularmente en España, país donde el papel del regadío es primordial en la economía agraria. El presente trabajo no pretende desarrollar una metodología integrada y avanzada para la valoración de los recursos hídricos; más bien se trata de facilitar datos directos con el fin de obtener indicadores económicos relevantes dentro del marco de la huella hídrica extendida.

En el caso de la agricultura, se ha aplicado el concepto de productividad aparente del agua (AWP, €/m<sup>3</sup>) para estimar el valor de producción a precios corrientes por unidad de agua consumida (Ver Glosario). Este valor se estima dividiendo el precio de mercado del producto *j* ( $P_m$ , €) por su huella hídrica azul ( $V_b$ , m<sup>3</sup>).

$$AWP[j] = \frac{P_m[j]}{V_b[j]}$$

Donde la huella hídrica azul de un cultivo primario ( $V_b$ , m<sup>3</sup>/ton) se calcula como el ratio entre el consumo de agua azul ( $ET_b$ , mm) y el rendimiento del cultivo ( $Y$ , kg/ha).

$$V_b = \frac{ET_b}{Y[j]} \times 10^4$$

Los datos relativos a rendimientos y precios de los cultivos se han obtenido del Anuario de Estadística Agroalimentaria del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM, 2010). Para los demás sectores de la economía el indicador económico de la huella hídrica extendida está constituido por la tarifa del agua (uso urbano y uso industrial), el valor añadido generado por la actividad (golf dentro del sector turístico) o el valor de la producción eléctrica generada (sector energético).

Por otra parte, se incorpora también la productividad aparente de la tierra (ALP, €/m<sup>3</sup>). Ésta representa el valor económico a precios corrientes por hectárea de tierra cultivada. Este valor puede calcularse multiplicando el precio de mercado del producto *j* ( $P_m$ , €/ton) por su rendimiento ( $Y$ , kg/ha). Se calcula tanto para sistemas en secano como en regadío.

$$ALP[j] = P_m \times Y[j] \times 10^3$$

Como último indicador se ha empleado también el incremento de productividad del agua de riego ( $\Delta\epsilon/m^3$ ), definido como la diferencia de productividad bruta o aparente de la tierra en regadío y secano ( $ALP_{reg}$  y  $ALP_{sec}$  en €/ha) dividida por el volumen de agua de riego aplicado (m<sup>3</sup>/ha). Para ello se utiliza la siguiente expresión:

$$\Delta\epsilon / m^3 = \frac{ALP_{reg}[j] - ALP_{sec}[j]}{vol. \text{aguariago}}$$

Este indicador nos muestra la variación de productividad por cada metro cúbico de agua de riego aplicado, comparándose un cultivo de riego con secano.

## 5 Fuentes de datos y limitaciones //

La Tabla 3 recoge los principales datos utilizados en este estudio y sus fuentes. Una de los mayores limitantes de estos datos es que proceden de distintas escalas, o a escala muy amplia en relación con un estudio local. Particularmente para magnitudes agrarias que tienen una escala característica de variación muy local (coeficiente de cultivo o rendimiento) o cuando los límites geográficos no corresponden (p. ej., la cuenca no corresponden con los límites administrativos: municipios y provincias). Otro problema puede estar constituido por la suposición temporal asumida en cuanto a restricción de dotaciones.

Por otro lado, de manera general existe una incertidumbre inherente en las fuentes de datos empleadas, y la cifra final puede considerarse tan sólo como una aproximación (p.ej.: actualización de los registros y usos ilegales en el caso de las aguas subterráneas, superficies de cultivos basadas sobre muestreos, etc). Otro problema destacable es que no se considera el origen del agua (superficial o subterránea) en la casi totalidad de los datos relativos al regadío. El empleo de datos de diferente escala dificulta comparar zonas distintas o explicar variaciones espaciales y temporales. En resumen, hay que tomar en cuenta que existe un cierto nivel de incertidumbre, pero es relativo al factor considerado y bastante complicado de estimar.

Tabla 3: Fuentes y escalas de los datos.

Datos	Fuente	Escala
Superficies de cultivo	Hojas 1T (Junta de Andalucía)	Municipio
	Inventario de Regadíos de Andalucía 2008. Comun. personal Corominas (2010a)	Provincia y cuenca
Municipios por sistema de explotación	Confederación Hidrográfica del Guadalquivir	No relevante
Rendimiento de los cultivos	Anuarios de Estadística Agraria (MARM, 2010)	Provincia
Evapotranspiración de referencia y precipitación mensuales	AEMET (2010)	Provincia
Coeficientes de cultivo (Kc)	Allen et al. (2006), AQUAVIR (2005) y Orgaz et al. (2005)	Un único valor para toda la cuenca
Dotación agua riego	AQUAVIR (2005)	Sistema de explotación y grupo de cultivo
Nivel de sequía	Plan especial de sequía (CHG, 2007)	Sistema de explotación
Precio de cultivos (anual)	Anuarios de Estadística Agraria (MARM, 2010)	Nacional
Valoración económica de los usos no agrarios	CHG (2010)	Cuenca
<i>Estudio específico aguas subterráneas:</i>		
Extracciones de agua subterránea	CHG (2010)	Masa de agua
Superficie de cultivos por origen del agua	Inventario de Regadíos (Junta de Andalucía, 2003)	Provincia (adaptado)
Necesidades de riego	AQUAVIR (2005)	Por sistema de explotación predominante por provincia

## 6 La huella hídrica extendida de la agricultura en el conjunto de la cuenca del Guadalquivir//

### 6.1. DISTRIBUCIÓN Y EVOLUCIÓN DE LOS CULTIVOS EN LA CUENCA

Como especificado en la metodología, para determinar la superficie de los diferentes cultivos en la cuenca se han utilizado los datos municipales de las hojas 1T del MARM para el período 1997-2008. En la Tabla 4 se resumen los datos de superficie de los principales grupos de cultivo del Guadalquivir. Entre 1997 y 2008 la superficie en secano disminuyó un 10% mientras que la de regadío aumentó un 28%. Estas variaciones son bastante distintas según los cultivos. Por ejemplo, los cultivos industriales (ver Anexo I para clasificación) en secano casi han desaparecido; y los hortícolas de secano también han experimentado una fuerte reducción. El olivar es el cultivo con mayor presencia en la cuenca, tanto en secano como en regadío; en conjunto ocupa cerca del 60% de la superficie cultivada de la cuenca. La superficie de cultivo de olivo en regadío ha experimentado un gran crecimiento, de aproximadamente 250.000 ha, llegando a alcanzar el 61% % del total de la superficie regada en 2008; le siguen a mucha distancia los cereales de invierno en regadío con un 10%. La superficie del olivar en regadío presenta en el año 2008 una superficie de 468.500 ha; valor que ha sido estimado a partir de las Hojas 1T y la información facilitada por Corominas (2010a). Esta cifra es cercana a las 507.400 ha recogidas en Corominas (2010a). Sin embargo, las hojas 1T tan solo indican una superficie de olivar en regadío para el año 2008 de 288.600 ha, valor muy inferior al calculado en el presente informe.

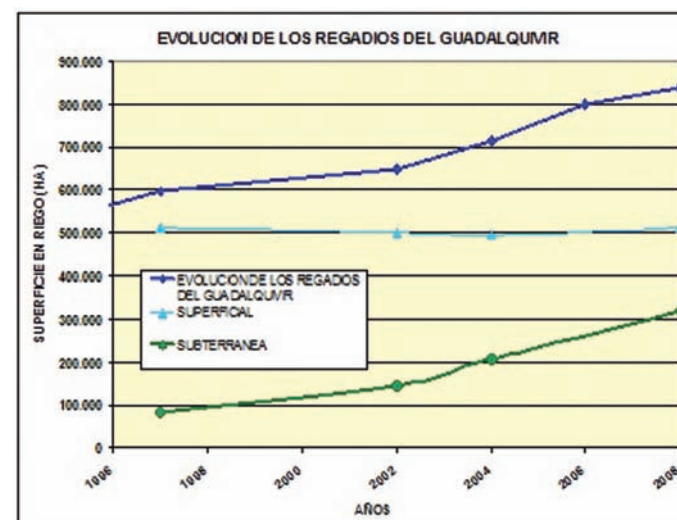
Según datos proporcionados por Corominas (2010b) y sintetizados en parte en la Figura 7, la superficie de regadío ha pasado de unos 320.000 ha en 1980 a unos 800.000 ha en 2007, es decir casi se ha triplicado. Sin embargo, la subida en superficie de los quince últimos años puede ser imputada casi únicamente a las superficies regadas por aguas subterráneas. La superficie regada con aguas subterráneas ha pasado de alrededor de menos de 100.000 hectáreas en el año 1997 a unas 300.000 hectáreas en el año 2008; es decir se ha triplicado. En el mismo período los regadíos con aguas superficiales se han mantenido casi constantes alrededor de 500.000 hectáreas. Los datos presentados aquí coinciden con las cifras de la CHG (2008) que estima la superficie regada con aguas subterráneas al 35% para el año 2007.

Tabla 4: Distribución de la superficie de los cultivos en la cuenca del Guadalquivir

	Superficie secano (ha)		Superficie regadío (ha)		%reg/total		$\Delta$ secano	$\Delta$ regadío
	1997	2008	1997	2008	1997	2008	1997/2008	1997/2008
Alfalfa	1506	1203	6921	5702	1.3	0.7	-25	-21
Algodón	2234	1869	64026	39980	11.6	5.2	-20	-60
Almendro	40843	49462	1215	3553	0.2	0.5	17	66
Arroz	0	0	18824	18885	3.4	2.4	0	0
Cereales invierno	538726	485214	51975	78325	9.4	10.1	-11	34
Cítricos	163	1022	18219	35222	3.3	4.6	84	48
Forrajeras invierno	63984	20813	7158	3817	1.3	0.5	-207	-88
Fresa	18	2	2051	2021	0.4	0.3	-800	-1
Frutales	2676	1521	10850	10583	2.0	1.4	-76	-3
Girasol	242664	181332	54702	37590	9.9	4.9	-34	-46
Hortícolas	12456	3017	27908	28052	5.0	3.6	-313	1
Leguminosas grano	47916	30932	3023	3315	0.5	0.4	-55	9
Maíz grano	571	290	37476	21553	6.8	2.8	-97	-74
Olivar	1005902	1019686	219557	468528	39.7	60.7	1	53
Patata	725	331	3067	4663	0.6	0.6	-119	34
Cultivos industriales	12031	1295	24963	8226	4.5	1.1	-829	-203
Viñedo	30375	20903	615	2007	0.1	0.3	-45	69
Sorgo	146	21	748	106	0.1	0.0	-595	-606
<b>TOTAL</b>	<b>2002936</b>	<b>1818914</b>	<b>553298</b>	<b>772128</b>	<b>100.0</b>	<b>100.0</b>	<b>-10</b>	<b>28</b>

Fuente: Propia elaboración en base a las Hojas IT del período 1997-2008 y actualización de superficie del olivar en base a Corominas (2010a).

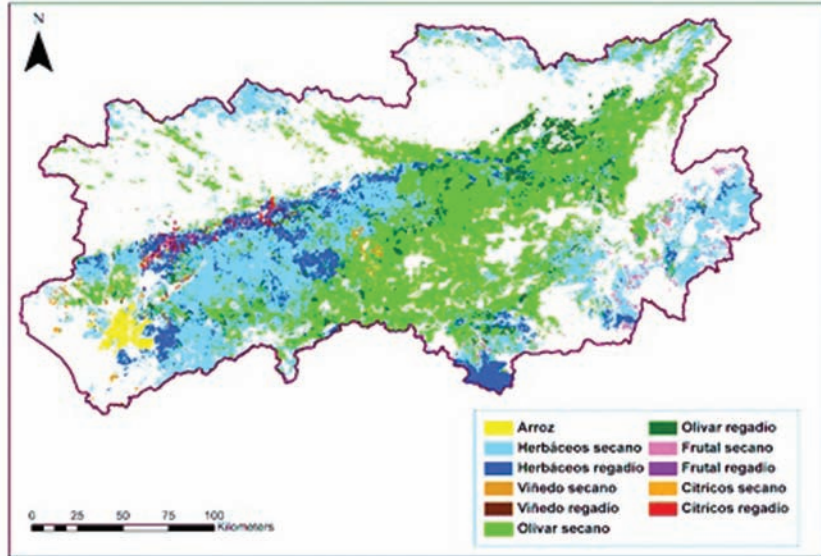
Figura 7: Evolución de los regadíos y origen del agua de riego en la cuenca del Guadalquivir (ha) (año 1997-2008).



Fuente: Corominas (2010b) (material no publicado).

La Figura 8 nos muestra la distribución de los principales grupos de cultivos en la cuenca recogidos en los datos provisionales del Sistema de Ocupación del Suelo Español (SIOSE) (IGN, 2010) que hace referencia al año 2005. Esta fuente recoge los principales grupos de cultivo por porcentaje de cobertura. Se ha tomado como presencia de grupo de cultivo aquel que ocupa más de un 1% de cobertura, a excepción de los herbáceos en secano donde se ha considerado a partir del 20%. En el caso del olivar en regadío tan solo se obtiene un superficie de 199,600 ha, mostrándose que la superficie de este cultivo en riego muestra valores muy inferiores a las 329.500 ha en 2002 del Inventario de Regadíos (Junta de Andalucía (2003) y de 507.400 ha en 2008 (Corominas, 2010a). También destaca la mayor superficie en riego recogida en SIOSE, en comparación con las hojas IT, para el arroz y frutales en regadío. En cuanto a cultivos en secano puede observarse la predominancia del olivar y herbáceos.

Figura 8: Distribución y superficie de los principales grupos de cultivo de la cuenca del Guadalquivir.



Fuente: Elaboración propia a partir de los datos provisionales del Sistema de Ocupación del Suelo Español (IGN, 2010).

## 6.2. LA HUELLA HÍDRICA EXTENDIDA DE LA AGRICULTURA EN EL CONJUNTO DE LA CUENCA: EVOLUCIÓN ENTRE 1997-2008

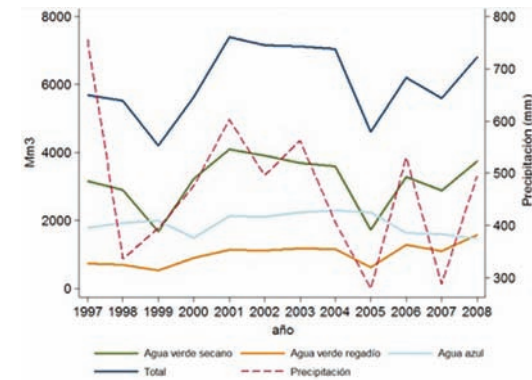
### 6.2.1. La huella hídrica “clásica”

En los doce años estudiados la huella hídrica total (verde y azul) de las cosechas varía entre 4.200 Mm<sup>3</sup> (año 1999) y 7.400 Mm<sup>3</sup> (año 2001) (Figura 9). Estas variaciones están estrechamente ligadas a la irregularidad de las precipitaciones, estando patente la simetría de la huella hídrica total con el volumen de precipitaciones, especialmente en referencia al agua verde. En el año 2005 el agua verde supone un 51% del total de la huella en comparación con el 2008 donde alcanza el 78%. Durante el período el consumo de agua medio en la agricultura se sitúa en torno a los 6.100 Mm<sup>3</sup>, de los cuales el 69% (alrededor

de 4.170 Mm<sup>3</sup>) corresponde a agua verde y el 31% (1.970 Mm<sup>3</sup>) a agua azul. El desarrollo de la superficie en regadío durante el período de estudio debería mostrar una tendencia de crecimiento de la huella hídrica azul. Esto no queda reflejado pues en los últimos años han sido reducidas las dotaciones, de acuerdo con el volumen de agua embalsada (Ver Anexo III).

En el presente estudio no se ha podido mostrar la influencia de la modernización de los regadíos en el consumo de agua. Sin embargo, es conocido que la modernización ha supuesto menos consumo de agua por hectárea pero aparentemente al mismo tiempo se han incrementado las hectáreas regadas.

Figura 9: La huella hídrica en Mm<sup>3</sup> de la producción agrícola.

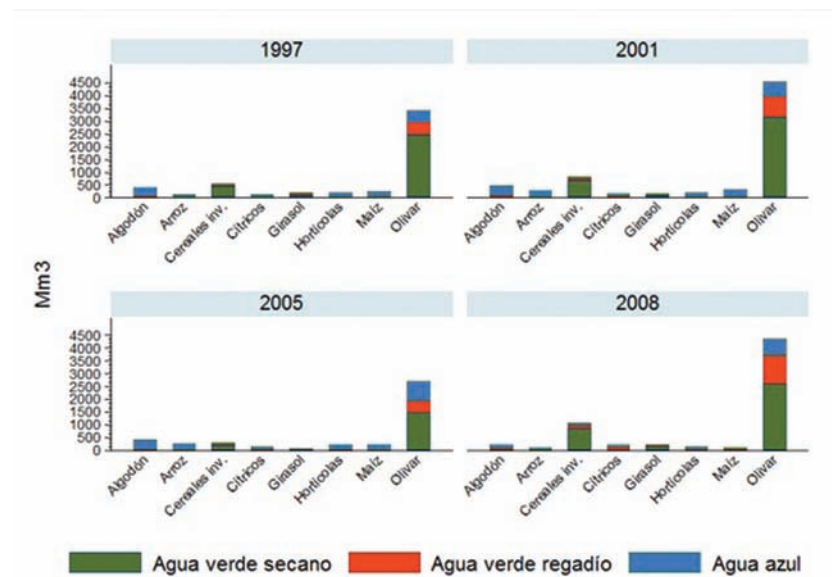


Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en el apartado 4.1.3.

Durante el período 1997-2008 el olivar predomina tanto en el volumen de agua verde como azul en la cuenca, suponiendo respectivamente un 72% y 31% del total. Un estudio sobre huella hídrica del aceite de oliva en España (Salmoral et al., 2010), objeto de un estudio del Observatorio del Agua de la FB, indica la importancia del agua verde para su producción. Además, casi la totalidad del consumo de agua azul en el olivar se encuentra localizado en Andalucía, estimándose que dicha región supone un 86% del consumo de agua azul nacional para la producción de aceituna. En Andalucía el incremento del consumo de agua subterránea para el olivar entre 1997 y 2008 ha sido de unos

100 Mm<sup>3</sup> a casi 400 Mm<sup>3</sup>. Por tanto, el aumento de agua de riego de origen subterráneo puede indicar un aumento no controlado de la presión que estas masas de agua subterránea podrían estar sufriendo.

Figura 10: La huella hídrica verde y azul para el año 1997, 2001, 2005 y 2008 de los grupos de cultivos de la cuenca que representan más de un 1% del consumo de agua (verde+azul).



1997: 1150 mm de precipitación anual y estado de normalidad en los embalses  
 2001: 870 mm de precipitación anual y en general estado normal de llenado de los embalses  
 2005: 404 mm y con sistemas de explotación en prealerta de sequía  
 2008: 600 mm y en general estado de alerta de los embalses

Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en el apartado 4.1.3.

La Figura 10 compara el año 1997 (1.150 mm de precipitación anual y estado de normalidad en los embalses), 2001 (870 mm y en general estado normal de llenado de embalses), 2005 (404 mm y con sistemas de explotación en prealerta de sequía), y finalmente el año 2008 (600 mm y en general estado de alerta de los embalses) (ver Anexo III). En cuanto a los cultivos puestos en riego, entre 1997 y 2005 se denota el incremento de la huella hídrica azul principalmente en el olivar. Esto se debe a la expansión que el cultivo ha sufrido en riego. A pesar de la expansión de cerca de 223.400 ha en regadío, debido principalmente al olivar, el consumo de agua azul disminuye en 2008 debido a las restricciones asumidas en función del llenado de los embalses. En el año 2008 el olivar y algodón fueron los cultivos con un mayor consumo de agua azul, suponiendo un 42% y 12% respectivamente del consumo de agua total de la cuenca. En 1997 el olivar tan solo suponía un 27% del consumo total de agua azul y el algodón un 20%.

#### 6.2.2. Valoración económica del agua: la productividad del agua

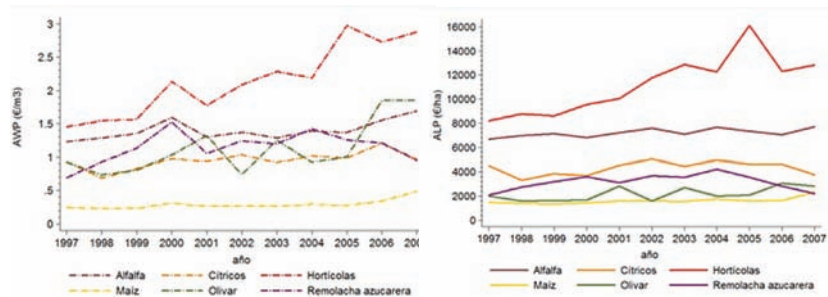
En el período de estudio el 46% del consumo de agua azul se corresponde con cultivos que generan  $\leq 0,4 \text{ €/m}^3$ , predominando en consumo el algodón, arroz y maíz. Cultivos que presentan más de  $1,5 \text{ €/m}^3$  representan el 10% del consumo, incluyéndose en ello, de menor a mayor productividad del agua, el viñedo, hortícolas, forrajeras de invierno y fresa. Es decir la mayor asignación de los recursos hídricos tiene lugar a cultivos con baja productividad del agua. La productividad aparente del agua azul en la cuenca ha tendido a aumentar desde  $0,7 \text{ €/m}^3$  entre 1997 y  $1,4 \text{ €/m}^3$  en 2007, lo cual indica un tendente aumento de la productividad del regadío. Sin embargo, esta productividad difiere a grandes rasgos según grupo de cultivo. Así por ejemplo, contrasta el valor de los hortícolas de  $2,9 \text{ €/m}^3$  en 2007 con el de  $0,5 \text{ €/m}^3$  del maíz. El notable crecimiento de la productividad del agua en 2006 y 2007 (Figura 11) se encuentra influenciado por las restricciones de agua de riego. Sin embargo, hay que tener en cuenta que las restricciones de agua de riego asumidas, podrían en realidad no haber sido puestas en práctica durante dichos años.

Para el total de la cuenca la productividad aparente de la tierra en regadío es del orden de 2 (año 1997) hasta 4 (año 2005) veces mayor que la del secano. Esto indica la mayor dependencia de la productividad del secano por la precipitación, pues los años 1997 y 2005 son los más húmedos y secos,



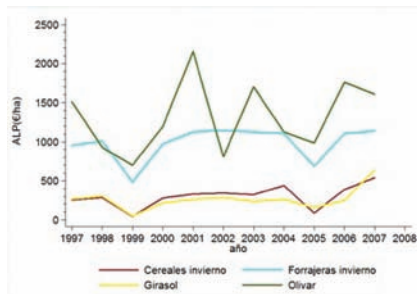
respectivamente. En condiciones de secano la producción en toneladas de los cultivos tiende a ser inferior a la de sistemas en regadío, a pesar de suponer la superficie del secano cerca de tres veces más que la del regadío. Durante 1997-2008 los principales cultivos en regadío (Figura 11) muestran un aumento de la producción más estable que en el caso del secano (Figura 12). La puesta en riego del olivar favorece la producción por hectárea de éste. Comparando la productividad aparente de la tierra del olivar en riego con la de secano existe un rango de beneficio que varía de 91 €/ha (1997) a 1.050 €/ha (2006). Denotándose así la existencia de los hortícolas, alfalfa y remolacha azucarera y cítricos, que a pesar de ser su presencia menor presentan en general una productividad de la tierra y el agua mayor que el olivar.

Figura 11: Productividad aparente del agua y de la tierra en regadío.



Se representa los cultivos que suponen en la cuenca más de un 5% de la producción en regadío durante el período 1997-2007.

Figura 12: Productividad aparente de la tierra en secano.



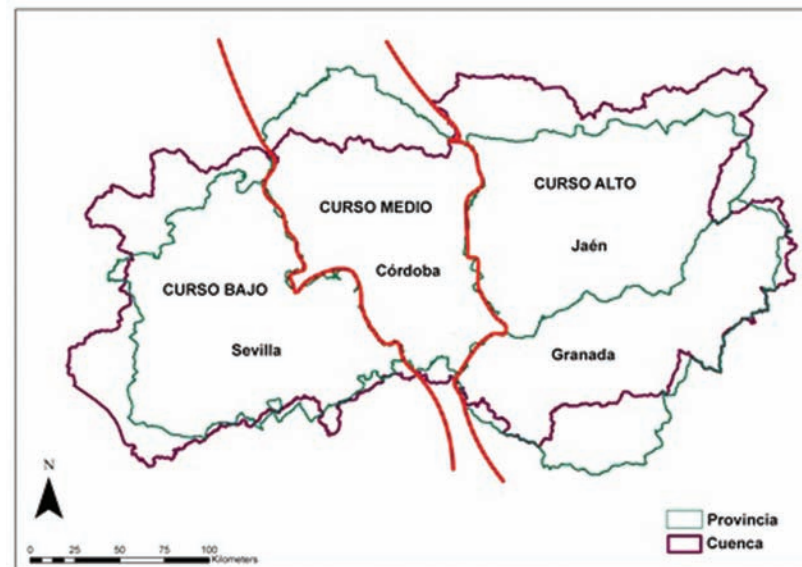
Se representa los cultivos que suponen en la cuenca más de un 5% de la producción en secano durante el período 1997-2007.

### 6.3. LA HUELLA HÍDRICA EXTENDIDA DE LA AGRICULTURA POR ZONAS: ALTA, MEDIA Y BAJA

Para el análisis de la huella hídrica extendida de la agricultura, y aprovechando la disponibilidad de datos a nivel de provincia, se ha optado por dividir la cuenca en tres zonas, que se han hecho coincidir aproximadamente con provincias (Figura 13):

- Curso Bajo, que se ha hecho corresponder con la provincia de Sevilla.
- Curso Medio, que incluye la provincia de Córdoba.
- Curso Alto, que corresponde a las provincias de Jaén y Granada.

Figura 13: Delimitación de las zonas estudiadas.



En la Figura 14 izquierda se puede observar que el curso bajo del río Guadalquivir (provincia de Sevilla) es el que más agua azul consume, debido

principalmente a los cultivos de arroz, algodón y olivar (Figura 15 izquierda). Este tramo presenta una huella hídrica para el periodo 1997-2008 de aproximadamente 2.100 Mm<sup>3</sup>, presentando el volumen total de agua verde (48%) y azul (52%) magnitudes similares. En el año 2007 los cultivos que presentan un mayor peso en la huella hídrica azul de esta zona son el algodón (180 Mm<sup>3</sup>), arroz (130 Mm<sup>3</sup>) y olivar (120 Mm<sup>3</sup>). Aunque el arroz y algodón suponen el mayor consumo de agua azul en la zona su productividad aparente no supera 0,2 €/m<sup>3</sup>. La fresa cuentan con la mayor productividad de agua azul (11,8 €/m<sup>3</sup>) seguida del viñedo (4,8 €/m<sup>3</sup>) (Figura 15 izquierda).

La región con menor consumo de agua azul en el sector agrario es el curso medio donde la agricultura tiene menos importancia, a excepción del olivar principalmente en secano. El consumo medio de agua en el periodo de estudio 1997-2008 es de 1.520 Mm<sup>3</sup>, siendo el 19% agua azul. En el 2007 el olivar consumió cerca de 1.120 Mm<sup>3</sup> (Figura 15 centro), con un 94% de consumo en forma de agua verde. La productividad aparente del agua azul en el olivar alcanza 1,8 €/m<sup>3</sup>. Forrajes de invierno, fresa y hortalizas suponen de nuevo los valores más importantes de agua azul variando entre 4 y 2,6 €/m<sup>3</sup>. También destaca la productividad aparente de la patata y alfalfa con 2,2 y 2 €/m<sup>3</sup>, respectivamente. Sin embargo, cultivos como el algodón suponen un consumo de agua azul mayor, aunque su productividad aparente tan solo toma valores de 0,2 €/m<sup>3</sup>.

Finalmente el curso alto (Jaén y Granada) presenta un consumo intermedio, donde predomina de forma casi absoluta el cultivo del olivar (ambos de secano y regadío). La huella hídrica de la producción agrícola presenta un valor medio de 2.400 Mm<sup>3</sup>, de los que un 28% pertenece a recursos hídricos azules disponibles. El olivar consume unos 2.000 Mm<sup>3</sup> anuales, de los cuales 460 Mm<sup>3</sup> pertenecen a recursos hídricos azules. En el año 2007 el olivar presenta una productividad aparente del agua de 2 €/m<sup>3</sup>, valor que coincide con el de las hortalizas. En cambio, las forrajes de invierno y fresa alcanzan valores de productividad aparente de 2.6 y 3.5 €/m<sup>3</sup> respectivamente, a pesar de suponer una huella hídrica azul mínima.

Figura 14: Huella hídrica verde (diferenciando secano y regadío), huella hídrica azul y precipitación del periodo 1997-2008 para el tramo bajo (izquierda), medio (centro) y alto (derecha) de la cuenca.

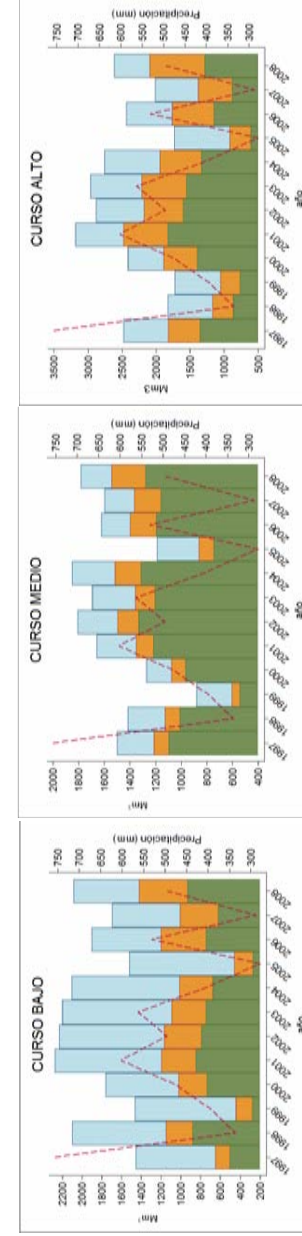
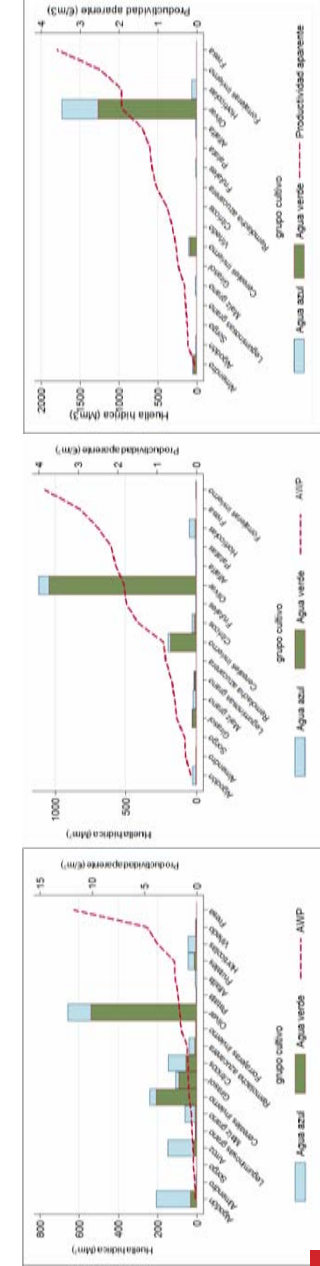


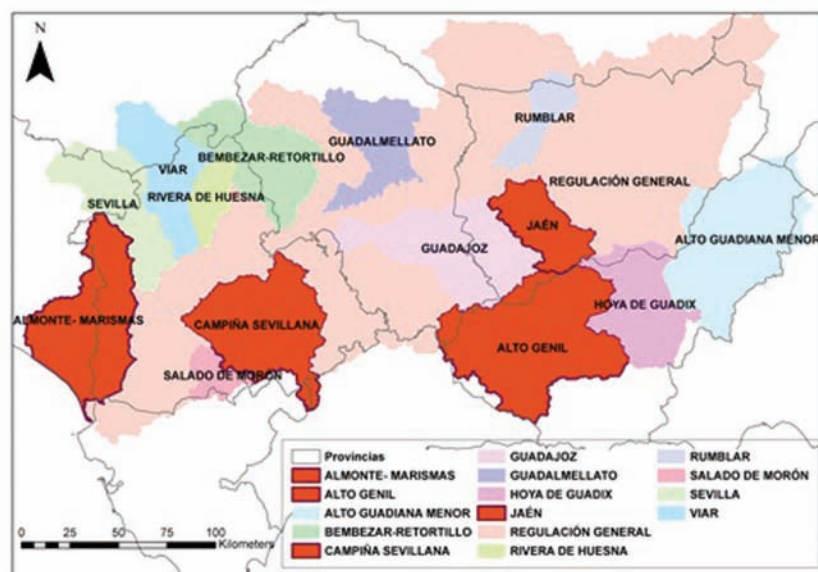
Figura 15: Huella hídrica verde (secano+ regadío), huella hídrica azul y productividad aparente del agua en el año 2007 para el tramo bajo (izquierda), medio (centro) y alto (derecha) de la cuenca.



#### 6.4. LA HUELLA HÍDRICA EXTENDIDA DE LA AGRICULTURA POR SISTEMAS DE EXPLOTACIÓN

Según se recoge en la sección de metodología, a la hora de analizar el consumo de agua a nivel de sistema de explotación se han elegido cuatro sistemas representativos (Campiña Sevillana, Alto Genil, Jaén, y Almonte-Marismas) de los sistemas de explotación utilizados por la CHG (Figura 16). Como año de referencia se ha tomado 2004 al caracterizarse por presentar estado de normalidad de llenado de embalses en cada uno de sus sistemas de explotación.

Figura 16: Sistemas de explotación en la cuenca del Guadalquivir



Fuente: Propia elaboración.

El análisis por sistema de explotación para el año 2004 (Tabla 5) pone de manifiesto que Viar, Almonte-Marismas y Jaén presentan la mayor productividad aparente del agua con 1,18 €/m<sup>3</sup>, 1,12 €/m<sup>3</sup> y 1 €/m<sup>3</sup>. En cuanto a productividad aparente de la tierra en secano destacan Rumblar y Jaén con aproximadamente

1.100 €/ha, seguidos por Viar y Rivera de Huesna con 1000 €/ha. En regadío los sistemas de explotación con elevadas productividad de la tierra son Alto Genil (3.180 €/ha) y Sevilla (3.130 €/ha). Estas diferencias se deben a la variable repartición de los cultivos en cada sistema. Sin embargo, estos valores fluctuarán a lo largo del tiempo debido a variaciones en el volumen de agua de riego, producción de las cosechas y precio de los cultivos.

Tabla 5: Superficie, consumo de agua y productividad del agua azul en el año 2004 por Sistema de explotación.

Sistema de explotación	Superficie (ha)		Huella hídrica (Mm <sup>3</sup> )			€/m <sup>3</sup>	€/ha secano	€/ha regadío
	Secano	Regadío	Verde	Azul	Total			
Salado del Morón	16233	524	16,5	1,3	17,9	0,89	560	2242
Campiña Sevillana	229498	43377	358,5	116,7	475,2	0,85	598	2276
Alto Genil	179111	40563	379,7	146,4	526	0,88	699	3186
Jaén	159734	68128	497,7	148,4	646,1	1	1065	2179
Hoya de Guadix	52735	24756	104,2	91,2	195,4	0,53	366	1963
Alto Guadiana Menor	71947	26877	131,6	91,3	222,9	0,82	328	2800
Rumblar	9809	3900	29,9	14	44	0,62	1112	2217
Guadalmellato	80227	15687	164,6	46,9	211,5	0,7	658	2105
Bembézar-Retortillo	19145	13220	52,3	57,7	109,9	0,53	706	2291
Rivera de Huesna	5230	3103	14,1	13	27	0,88	1022	3698
Viar	21341	797	44,2	2,4	46,6	1,12	1046	3399
Sevilla	59619	72233	162,5	323,3	485,8	0,55	705	2467
Almonte-Marismas	52009	21631	80,8	100,7	181,5	1,18	817	5506
Regulación General	946444	363249	2721,1	1138,8	3859,9	0,81	955	2525
TOTAL	1903082	698044	4758	2292	7050	0,8	829	2582

Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en los apartados 4.1.3 y 4.2



#### 6.4.1. Sistema de explotación: Campiña Sevillana

El sistema de explotación Campiña Sevillana es uno de los más extensos de la cuenca del Guadalquivir y se sitúa en la parte baja (Figura 16). La mayor parte de esta superficie del sistema de explotación de la CHG corresponde a la comarca agrícola de La Campiña. La superficie de regadío estimada por AQUAVIR (2005) para el año 2004 era de 22.533 ha, mientras que la CHG (2008) en el año 2007 la estima en unas 49.000 ha, lo cual es una diferencia muy importante. En este trabajo se ha obtenido una superficie regada en el año 2004 de 43.400 ha y de 47.700 ha en el 2007. Esto hace indicar la falta de actualización de la superficie en riego recogida en AQUAVIR (2005).

En el año 2004 el principal consumo de agua verde proviene del olivar (177 Mm<sup>3</sup>), cereales de invierno (133 Mm<sup>3</sup>) y girasol (24 Mm<sup>3</sup>), consumiendo el 90 % del agua verde del sistema de explotación. Esta agua verde es de una gran proporción de cultivos en secano, especialmente en los cereales y girasol. El consumo total de agua azul es de 117 Mm<sup>3</sup> que contrasta con los 51 Mm<sup>3</sup> de dotación para ese año según AQUAVIR (2005). Por lo que parte de esta brecha entre la dotación teórica y la calculada podría deberse a riegos subterráneos ilegales. Hay que mencionar que entre el 75 y el 85% del agua azul utilizada en el riego de los cultivos es de origen subterráneo (Berbel y Gutiérrez, 2005; AQUAVIR, 2005; CHG, 2008) ya que el sistema tan solo presenta recursos superficiales no regulados.

En el consumo de agua azul destaca el algodón (38 Mm<sup>3</sup>), olivar (32 Mm<sup>3</sup>) y cítricos (24 Mm<sup>3</sup>), los cuales suponen un 70% de la huella azul de producción del sistema. Sin embargo, el 30% del agua azul se asignaba al algodón que presentaba una productividad aparente de tan solo 0,2 €/m<sup>3</sup> en 2004.

Son importantes las diferencias en términos de productividad aparente de la tierra entre grupo de cultivos con productividades aparentes del agua similares (1,9 €/m<sup>3</sup>), como es el caso de la alfalfa, forrajeras de invierno y cultivos industriales. Donde se puede apreciar que la alfalfa seguida de los cultivos industriales serían cultivos con una productividad mayor que las forrajeras para la zona si se tienen en cuenta los factores agua y tierra. Es decir, el uso de un

solo indicador como es el consumo de agua podría darnos a tomar decisiones erróneas.

Por último el incremento de productividad de agua de riego destaca en el caso de las hortalizas (2,1 €/m<sup>3</sup>), viñedo (1,4 €/m<sup>3</sup>), frutales y alfalfa (1,3 €/m<sup>3</sup>). Es decir, son los cultivos que proporcionarían una mayor productividad del agua de riego en el caso de querer hacer una conversión de secano a regadío, establecimiento de nuevos regadíos o transformación del patrón de tipo de cultivo en riego.

Tabla 6: Resumen de resultados para la Campiña Sevillana. Año 2004.

Grupo cultivo	Superficie (ha)		Consumo de agua (Mm <sup>3</sup> )			€/m <sup>3</sup>	€/ha secano	€/ha regadío	Δ €/m <sup>3</sup> reg/sec
	Secano	Regadío	Verde	Azul	Total				
Alfalfa	52	225	0,1	1,1	1,2	1,93	2915	9139	1,31
Algodón	52	7278	7,2	37,5	44,7	0,19	195	968	0,15
Almendro	10	46	0,1	0,2	0,3	0,15	270	708	0,1
Cereales invierno	104141	3456	133,2	4,8	138	0,43	479	605	0,09
Cítricos	0	3730	8,5	15,6	24,1	1,08	0	4537	
Forrajeras invierno	410	1	0,4	0	0,4	1,85	1000	2577	1,13
Fresa	0	8	0	0	0	8,9	0	35760	
Frutales	28	999	1,4	4,2	5,6	2,35	4643	9934	1,25
Girasol	71288	2229	23,5	3,1	26,6	0,32	275	441	0,12
Hortícolas	165	440	0,5	2,2	2,7	2,65	2777	13506	2,11
Leguminosas grano	3168	2273	5	3,2	8,2	0,23	462	323	-0,1
Maíz grano	70	2155	0,7	11	11,8	0,34	490	1767	0,25
Olivar	49169	19923	176,5	32,1	208,6	1,44	1270	2315	0,65
Patata	15	95	0	0,5	0,5	1,21	1680	6070	0,88
Cultivos industriales	807	506	1,3	1,1	2,4	1,96	2689	4253	0,72
Viñedo	117	10	0,2	0	0,2	3,47	3384	5589	1,37
Sorgo	6	3	0	0	0	0,21	321	1086	0,15
TOTAL	229498	43377	359	117	475	0,85	598	2276	0,62

Fuente: Elaboración propia según la metodología descrita en los apartados La huella hídrica en la agricultura y Valor económico del agua y tierra.

#### 6.4.2. Sistema de explotación: Alto Genil

El sistema de explotación Alto Genil es el más extenso de la cuenca del Guadalquivir, después del Sistema de Regulación General, y se encuentra en la parte alta de la cuenca. La superficie de regadío se estima en 56.000 ha en el año 2004 (AQUAVIR, 2005) y en 60.000 ha en el año 2007 (CHG, 2008). En este trabajo, se ha obtenido una superficie regada en el año 2004 de 40.500 ha y de 47.600 ha en 2007. La significativa menor superficie en regadío a partir de las Hojas 1T, parece indicar también una falta de actualización de la superficie en riego en dicha zona.

Tabla 7: Resumen de resultados para Alto Genil, Año 2004.

Grupo cultivo	Superficie (ha)		Consumo de agua (Mm <sup>3</sup> )			€/m <sup>3</sup>	€/ha secano	€/ha regadío	Δ €/m <sup>3</sup> reg/sec
	Secano	Regadío	Verde	Azul	Total				
Alfalfa	6	1866	1,4	11,1	12,5	1,14	1475	6824	0,9
Almendro	14292	18	17,3	0,1	17,3	0,15	61	654	0,14
Cereales invierno	27740	2588	37	3,6	40,6	0,36	369	496	0,09
Cítricos	0	8	0	0	0,1	0,36		1831	
Forrajeras invierno	1364	1095	2	1,5	3,5	3,43	1246	4791	2,54
Fresa	0	4	0	0	0	2,19		9560	
Frutales	794	457	1,8	2,6	4,4	1,58	4380	9034	0,82
Girasol	2663	498	1,5	0,7	2,1	0,19	123	263	0,1
Hortícolas	1159	7272	6,5	43,6	50,1	1,59	4098	9548	0,91
Leguminosas grano	4297	269	3,9	0,4	4,3	0,37	137	514	0,27
Maíz grano	2	3513	1,6	22,3	23,9	0,21	403	1313	0,14
Olivar	126116	22424	305,5	57,6	363,1	0,5	814	1273	0,18
Patata	59	372	0,2	2,3	2,5	1,01	1489	6346	0,77
Cultivos industriales	13	6	0	0	0	0,07	121	234	0,03
Viñedo	606	169	1	0,4	1,4	1,28	660	3292	1,02
Sorgo	0	4	0	0	0	0,12		787	
TOTAL	179111	40563	380	146	526	0,88	699	3186	0,69

Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en los apartados 4.1.3 y 4.2

Como puede verse en la Tabla 7 el olivar ocupa el 70% de la superficie de secano. El olivar, junto con las hortalizas, maíz grano y cereales de invierno, son los grupos predominantes en regadío. El consumo total de agua azul se estima en 146 Mm<sup>3</sup> anuales, de los cuales entre el 20 y el 30% procederían de aguas subterráneas (Berbel y Gutiérrez, 2005; AQUAVIR, 2005; CHG, 2008). Es importante el consumo de agua azul por parte de las hortalizas (50 Mm<sup>3</sup>) tomando valores de productividad de 1,6 €/m<sup>3</sup> y 9.500 €/ha en regadío. En contraste, el olivar en regadío con una componente de agua azul ligeramente superior (58 Mm<sup>3</sup>) tan solo presenta 0,5 €/m<sup>3</sup> y 1,300 €/ha de productividad aparente del agua y tierra, respectivamente. Llama la atención que en este sistema de explotación algunos cultivos como la alfalfa, forrajeras de invierno, y frutales tienen una productividad del agua y de la tierra sensiblemente más alta que la del olivar y cítricos.

#### 6.4.3. Sistema de explotación: Jaén

El sistema de explotación Jaén se encuentra en la parte alta de la cuenca del Guadalquivir y se caracteriza por el predominio absoluto del olivar, tanto en secano como en regadío. La superficie de regadío en este sistema presenta un incremento de superficie de 20.000 ha en el año 2004 (AQUAVIR, 2005) a 51.000 ha en el año 2007 (CHG, 2008). En este trabajo la superficie regada en el año 2004 fue de 68.100 y en el año 2007 de 76.900, cifras significativamente superiores a las recogidas en ambas fuentes.

Según nuestros cálculos el olivar ocupaba en 2004 el 90% de la superficie total y consumía unos 130 Mm<sup>3</sup> anuales. En este sistema de explotación el consumo total de agua azul de los cultivos (160 Mm<sup>3</sup>) también excede a su dotación teórica de 50 Mm<sup>3</sup> para el año 2004 estimada por AQUAVIR (2005). El uso de agua subterránea se estima entre el 10 y el 20% del total (Berbel y Gutiérrez, 2005; AQUAVIR, 2005; CHG, 2008). La productividad aparente del agua es de 0,88 €/m<sup>3</sup> influenciada en gran medida por la productividad aparente del olivar de 1 €/m<sup>3</sup>. Es curioso observar que la productividad del agua de regadío en el olivar en Jaén es el doble que en el sistema de explotación del Alto Genil. Proviene del hecho de que la dotación de riego de AQUAVIR (2005) utilizada es menor en Jaén y además el rendimiento del olivar mayor que en la provincia de Granada según el Anuario de Estadística Agraria (MARM, 2010).

Tabla 8: Resumen de resultados para Jaén, Año 2004.

Grupo cultivo	Superficie (ha)		Consumo de agua (Mm <sup>3</sup> )			€/m <sup>3</sup>	€/ha secano	€/ha regadío	Δ€/m <sup>3</sup> reg/sec
	Secano	Regadío	verde	azul	Total				
Alfalfa	0	82	0,1	0,4	0,5	1,49		8142	
Algodón	12	496	0,4	3,2	3,6	0,13	332	818	0,08
Almendro	1538	8	2,3	0	2,3	0,18	135	202	0,06
Cereales invierno	11140	574	17	0,8	17,8	0,38	351	524	0,12
Forrajeras invierno	62	160	0,2	0,2	0,4	2,35	1064	3276	1,59
Frutales	120	499	1	2,2	3,1	1,09	3161	4706	0,36
Girasol	4323	238	2,5	0,3	2,8	0,27	216	376	0,11
Hortícolas	44	828	0,7	4,9	5,5	1,61	1891	9490	1,29
Leguminosas grano	1183	145	1,8	0,2	2	0,26	218	367	0,11
Maíz grano	0	248	0,1	1,6	1,7	0,28		1838	
Olivar	141221	64493,93	471,3	132,7	604,1	1,01	1163	2080	0,45
Patata	3	161	0,1	1	1,1	0,72	988	4695	0,57
Cultivos industriales	0	195	0,2	0,7	0,9	1,15		4270	
Viñedo	88	0	0,1	0	0,1		1184		
TOTAL	159734	68128	498	148	646	1	1065	2179	0,51

Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en el apartado correspondiente,

#### 6.4.4. Sistema de explotación: Almonte-Marismas

El sistema de explotación Almonte-Marismas se sitúa en la parte baja de la cuenca del Guadalquivir (Figura 16) entre las provincias de Sevilla y Huelva. La superficie de regadío en el año 2004 se estima en 28.000 ha (AQUAVIR, 2005) y en 31.000 ha en el año 2007 por la CHG (2008). Sin embargo en el año 2002 la superficie de regadío calculada en La Elaboración de las Cuentas del Agua en Andalucía (Sáez y Martín Mesa, 2005) corresponde a unas 52.600 ha. En este trabajo, basados principalmente en las hojas 1T, la superficie regada se estima en 21.600 ha en el año 2004 y de 18.600 en el año 2007. Es decir, las diferencias en los datos de las diferentes fuentes no son tan grandes en este sistema de explotación para el año 2004, aunque sí en el 2007.

El arroz es el cultivo que más agua consume en este sistema de explotación con un total de 65 Mm<sup>3</sup> (el 96% correspondiente a agua azul). En contra, este cultivo tan solo presenta una productividad aparente de 0,1 €/m<sup>3</sup>. El consumo de agua azul sí se encuentra dentro del rango de la dotación teórica de 120 Mm<sup>3</sup> estimada en AQUAVIR (2005).

Tabla 9: Resumen de resultados para Almonte-Marismas, Año 2004

Grupo cultivo	Superficie (ha)		Consumo de agua (Mm <sup>3</sup> )			€/m <sup>3</sup>	€/ha secano	€/ha regadío	Δ€/m <sup>3</sup> reg/sec
	Secano	Regadío	verde	azul	Total				
Alfalfa	12	21	0	0,1	0,1	1,13	2494	5268	0,6
Algodón	29	1369	1,1	6,5	7,6	0,2	206	926	0,15
Almendro	207	18	0,3	0	0,3	1,35	540	1757	0,94
Arroz	0	8985	2,5	62,9	65,4	0,12		864	
Cereales invierno	16095	781	18,2	1,1	19,2	0,39	394	544	0,11
Cítricos	0	1379	3	6,4	9,4	1,04		4855	
Forrajeras invierno	2738	179	1,5	0,2	1,7	1,87	1089	2604	1,09
Fresa	0	1767	2	7,1	9	11,43		45716	
Frutales	297	517	1	2,1	3,1	2,03	986	8364	1,79
Girasol	12925	661	2,5	0,9	3,4	0,36	256	498	0,17
Hortícolas	136	1145	0,5	5,2	5,8	1,96	2599	8934	1,39
Leguminosas grano	356	666	0,7	0,9	1,6	0,24	257	334	0,06
Maíz grano	65	142	0	0,7	0,7	0,31	515	1529	0,21
Olivar	12190	3743,4	39,1	5,9	45	0,9	590	1418	0,53
Patata	23	38	0	0,2	0,2	0,65	1678	2883	0,27
Cultivos industriales	295	174	0,4	0,4	0,8	1,59	1564	3391	0,85
Viñedo	6641	46	8,1	0,1	8,1	3,05	3201	4797	1,02
TOTAL	52009	21631	81	101	182	1,18	817	5506	1,01

Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en el apartado correspondiente.

## 7 La huella hídrica extendida de la ganadería//

Como se ha indicado previamente, este apartado ha sido realizado en base al estudio de la huella hídrica de la ganadería española, objeto de una publicación PAV de la Fundación Botín (Rodríguez-Casado et al. (2009). En la metodología general del presente estudio no se considera la distinción entre agua verde y azul de la alimentación del animal.

En la Demarcación son muy importantes las cabañas de ovino y porcino, cuyas explotaciones son mayoritariamente extensivas. Prácticamente toda la producción de ganado vacuno es también extensiva, ya que resulta adecuada a los recursos naturales (dehesas) en combinación de agricultura, ganadería y silvicultura (CHG, 2008). Dentro de la Comunidad Autónoma de Andalucía los sectores con mayor peso específico en la producción final ganadera son el porcino (29,12%), el sector lácteo (17,64%) y vacuno de carne (15,31%) (Junta de Andalucía, 2007).

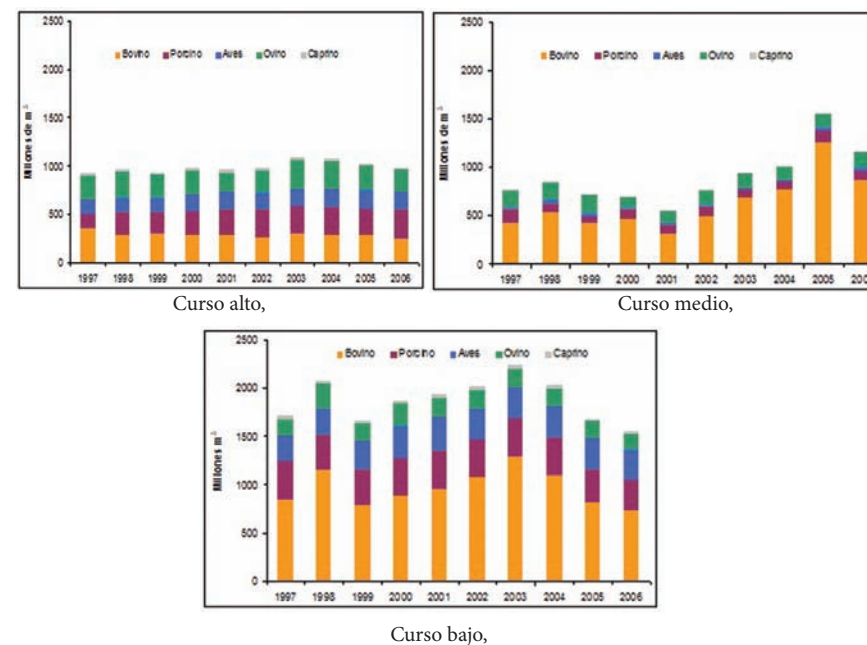
La huella hídrica directa (para beber y para el manejo de la explotación) se estiman en unos 19 Mm<sup>3</sup>, es decir prácticamente irrelevantes (CHG, 2009), Sin embargo la huella hídrica directa como indirecta en la ganadería supone una media de 3.600 Mm<sup>3</sup> para el período 1997-2006. Parte de la huella hídrica de la ganadería es externa, debido a que el sistema ganadero importa materias primas básicas para la fabricación de piensos y concentrados (Rodríguez-Casado et al., 2009). El bovino es el mayor consumidor de agua virtual de la cuenca con unos 2.000 Mm<sup>3</sup> anuales, seguido del porcino con 750 Mm<sup>3</sup>.

El curso alto (provincias de Granada y Jaén) se caracteriza por la estabilidad a lo largo del período 1997-2006 en el consumo de agua virtual (Figura 17). En el caso de la zona media del Guadalquivir (provincia de Córdoba) se puede observar un aumento espectacular del censo de vacas nodrizas entre los años 2001 y 2005 (de 7.000 a 56.000) (Figura 20). En el curso bajo de la cuenca (provincia de Sevilla) tiene lugar la mayor producción ganadera, la cual queda reflejada en su consumo de agua virtual. Destaca el consumo de agua virtual en el bovino con una media de 800 Mm<sup>3</sup>. En definitiva el ganado bovino es el de mayor huella hídrica en la cuenca, siendo el ganado ovino el de menor consumo de agua.

Tabla 10: Huella hídrica del consumo de la ganadería en la cuenca del Guadalquivir en Mm<sup>3</sup>.

Años	Porcino (Mm <sup>3</sup> )	Bovino (Mm <sup>3</sup> )	Ovino (Mm <sup>3</sup> )	Caprino (Mm <sup>3</sup> )	Aves (Mm <sup>3</sup> )	Total (Mm <sup>3</sup> )
1997	669	1637	598	66	437	3140
1998	689	1971	710	64	461	3645
1999	647	1527	616	47	477	3072
2000	725	1655	587	63	526	3288
2001	734	1569	520	72	559	3187
2002	761	1849	578	71	516	3513
2003	781	2272	633	74	510	3997
2004	752	2164	602	60	540	3861
2005	720	2386	576	54	534	4051
2006	721	1855	559	53	511	3483

Figura 17: Huella hídrica de la ganadería en los curso alto, medio y bajo de la cuenca (Mm<sup>3</sup>).



A nivel de Comunidad Autónoma, Andalucía produjo en el año 2006 el 12% del total de la producción de piensos compuestos (INTERAL, 2008), lo que equivale a una cantidad aproximada de agua virtual de 3000 Mm<sup>3</sup>. El pienso para porcino supuso un consumo de agua virtual de unos 1400 Mm<sup>3</sup> anuales. En la Comunidad Autónoma de Andalucía, la carne y los despojos comestibles suponen 115 millones de euros, siendo apenas un 2 % del total del valor exportado (Junta de Andalucía, 2007).

## 8 La huella hídrica extendida del abastecimiento urbano y turismo//

El abastecimiento a la población incluye los servicios de agua a los usuarios domésticos, industriales, institucionales, turismo urbano y servicios conectados a la red de distribución municipal (CHG, 2008). La población abastecida con recursos de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir asciende a más de 4,24 millones de habitantes. El 82% de los municipios abastecidos tienen menos de 10.000 habitantes, y el 37% tienen menos de 2.000 habitantes (CHG, 2008). Los usos de agua urbana se estiman en unos 436 Mm<sup>3</sup> anuales (CHG, 2010), mayoritariamente concentrados en la provincia de Sevilla. En 1998 esos usos se situaban en 414 Mm<sup>3</sup>, por lo que se ha producido un aumento de 30 Mm<sup>3</sup> a lo largo de esta década. Se estima un retorno al medio hídrico como recurso disponible para otros usos de 314 Mm<sup>3</sup> (72% de la demanda) (CHG, 2010). Así, la huella hídrica (consumo) del abastecimiento urbano es de 122 Mm<sup>3</sup>. De este volumen se puede atribuir 26 Mm<sup>3</sup> a las industrias en red urbanas (ver apartado siguiente sobre usos industriales). Presentando por tanto, los usos domésticos, servicios e instituciones una huella hídrica de 96 Mm<sup>3</sup>.

Referente al valor económico, componente de la huella hídrica extendida, puede determinarse la importancia económica de la demanda urbana a través del precio medio de los servicios de agua urbanos en la cuenca de 1,23€/m<sup>3</sup> (CHG, 2010). Aunque éste se trate de un precio subvencionado relacionado con los costes de transporte y potabilización del agua y que no integra el valor de recurso y ni las externalidades ambientales.

El sector doméstico tiene incidencia en el estado de las masas de agua debido tanto a las detracciones del recurso como a la contaminación producida por el vertido de los efluentes de las depuradoras, incluso en algunos casos, de vertidos sin tratar o tratados de una manera deficiente. Actualmente, de las 288 aglomeraciones urbanas con más de 2.000 habitantes equivalentes que existen en la demarcación, un total de 187 no tienen un nivel de depuración adecuado, con el consecuente riesgo de contaminación de aguas superficiales de cauces y subterráneas de los acuíferos (CHG, 2008). De manera general, se puede afirmar que el abastecimiento urbano tiene poca importancia volumétrica pero mucho valor relativo a su papel en la economía en comparación con el uso agrario, aunque los posibles problemas cualitativos que acabamos de apuntar tienen efectos sobre el estado químico de los ríos.

En cuanto a la huella hídrica del sector turístico, según la CHG (2010) la población estacional (equivalente a un 6% de la población) y las residencias secundarias no tienen un impacto relevante en la demanda de agua. Se identifican tres componentes del turismo: urbano y cultural, rural-ocio (Sierra Nevada, etc.) y campos de golf. Éstos representan un consumo estimado de 10 Mm<sup>3</sup> de los cuales 6 Mm<sup>3</sup> están integrados en la red urbana de abastecimiento y 4 Mm<sup>3</sup> corresponden a los campos de golf en funcionamiento (CHG, 2010). Este volumen representa un 0,3% del consumo global de la cuenca. La huella hídrica de los campos de golf se estima en 13 Mm<sup>3</sup> para 2027. La importancia económica del uso del agua en el sector del golf queda reflejada por el valor que genera: 2 millones de euros en actividades directas (explotación de campos, torneos, instalaciones, etc.) y más de 6 millones de euros en actividades indirectas (inmobiliaria y turismo asociado al golf), lo que supone en términos de valor añadido bruto por m<sup>3</sup> en 2002 la cantidad de 331,3 €/m<sup>3</sup>, significando un 6% del VAB de la cuenca. En otras palabras, el valor económico aparente del agua utilizada para el turismo es entre cien y mil veces superior al del agua utilizada en la mayor parte de los cultivos de la Demarcación.

Con esta situación, el agua no puede considerarse como factor limitante en la implantación de un campo de golf, en caso de existir la posibilidad de transferencia de agua desde el sector agrario. Pero esta implantación tiene otros componentes ambientales y territoriales asociados que van más allá de su impacto sobre los recursos hídricos.

Estas consideraciones parecen clave en base a la Ley de Aguas de Andalucía (Junta de Andalucía, 2010a). De hecho esta ley acaba con la prioridad del uso agrario que prevalecía hasta ahora y pretende evaluar la “sostenibilidad, el mantenimiento de la cohesión territorial y el mayor valor añadido en términos de creación de empleo y generación de riqueza para Andalucía”.

## 9 La huella hídrica extendida del sector industrial//

El sector industrial en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir supone un 15% del VAB en el ámbito de la demarcación y da empleo a 188.000 personas, equivalente a un 13% de la población activa. La tasa de crecimiento del sector industrial es de un 3% anual, siendo la agroindustria el subsector industrial más importante, con un 22% del empleo industrial y 30% del VAB total de la industria (CHG, 2008).

Este sector no supone una demanda significativa (83 Mm<sup>3</sup> con 44% de retornos (CHG, 2010) significando una huella hídrica de 46 Mm<sup>3</sup>) respecto a los otros sectores y actividades, pero podría suponer una presión sobre las masas de agua debido a la contaminación causada por los vertidos industriales.

Los principales usos industriales demandantes de agua son: sector de alimentación, bebida y tabaco, el metalúrgico y el químico. En la demarcación ocupa un lugar destacado el complejo industrial de Puertollano con una demanda sobre el embalse de Montoro de 13,3 Mm<sup>3</sup>/año (CHG, 2008). Además, suele tener unos requisitos de garantías elevados para evitar la paralización de líneas de producción. De hecho, el 30 % de las extracciones realizadas directamente por industrias son de aguas subterráneas. Hay que apuntar que 56 % de la demanda se realiza en los redes de abastecimiento urbano y tiene que ser descontado de este. En cuanto al valor económico, la tarifa media aplicada al uso industrial en la cuenca es de 1,40€/m<sup>3</sup> (CHG, 2010).

Tabla 11: Demanda industrial por procedencia del recurso en Mm<sup>3</sup>.

Sistema de explotación	Superficiales	Subterráneos	Suministro de Red	Total
Guadamar	0	0	0,77	0,77
Abastecimiento Sevilla	1,33	1,59	18,57	21,49
Abastecimiento Córdoba	0,83	0,04	3,24	4,11
Abastecimiento Jaén	0,12	0,06	2,89	3,06
Hoya de Guadix	0	0,18	0,41	0,51
Alto Genil	0,82	4,12	5,24	10,18
Regulación General	21,62	5,09	15,92	42,63
Total CHG	24,72	11,06	47,05	82,84

Fuente: CHG, 2010

El uso no consuntivo del agua para la generación de electricidad se estima en unos 10.000 Mm<sup>3</sup> anuales (hidroeléctricas y unos 500 Mm<sup>3</sup> de la central térmica de Puente Novo) (CHG, 2010). Sin embargo, la huella hídrica de la energía hidráulica (el consumo derivado de la evaporación en los embalses) está constituida sólo por una fracción de este volumen. Además, en el presente estudio no se atribuye huella hídrica a este sector, la finalidad de los embalses siendo otra que la producción de electricidad (ver apartado sobre metodología).

Por otra parte, la huella hídrica de las demás fuentes de energía es de aproximadamente 30 Mm<sup>3</sup> para el año 2007 (CHG (2010), ver Tabla 12). Hardy et al. (2010) afirman que a escala de España para el año 2007 la producción de unos 291.000 GWh (incluyendo 31.000 GWh de fuente hidroeléctrica) supuso el consumo de unos 1550 Mm<sup>3</sup> (290 Mm<sup>3</sup> sin considerar la energía hidráulica). La productividad del agua en este sector sería entonces de unos 1000 kWh/m<sup>3</sup>, es decir 140 €/m<sup>3</sup>, introduciendo una tarifa eléctrica de 0,14€/kWh (BOE del 29 de diciembre del 2010).

Dentro de los usos para la industria de la energía, destacan los numerosos proyectos de plantas termosolares en diferentes estados de ejecución y desarrollo. En la Demarcación hay al menos unas 40 plantas en avanzado estado de desarrollo (CHG, 2008). Datos presentados por Hardy et al. (2010) apuntan que el consumo de agua ligado a la energía termosolar es de 3000 m<sup>3</sup>/GWh, lo que nos permite deducir que genera 330 kWh/m<sup>3</sup>, es decir 47 €/m<sup>3</sup>.



Tabla 12: Huella hídrica de la generación eléctrica.

Tipología de la Central	2005	007	2015	2021	2027
Generación Térmica Rég. Ordinario	12,99	12,99	12,99	36,99	36,99
Cogeneración Rég. Especial	13,26	10,02	15,37	17,37	19,63
Generación con Gas Rég. Especial	0,3	0,5	0,5	0,5	0,5
Generación Renovables (Biomasa y Biogás)	2,31	3,6	11,34	13,61	16,33
Solar Termoeléctrica	0,15	3,8	18,66	18,66	18,66
Total Industria para Generación Eléctrica	29,01	30,91	58,86	87,13	92,11

Fuente: CHG, 2010

Como ya se ha indicado para el caso de la instalación de un campo de golf, estas cifras ponen de manifiesto que en la cuenca el agua no es un factor limitante para la instalación de una industria, a condición de que el agua consumida se obtenga de una reducción del uso agrario (con las compensaciones adecuadas) y que no signifique una presión adicional sobre el medioambiente, tanto de manera cuantitativa como cualitativa. En la actualidad, estos datos son particularmente relevante en referencia al tema de las placas termosolares y son de utilidad para las nuevas consideraciones introducidas por la Ley de Aguas de Andalucía, como ya ha sido comentado en este trabajo.

## 10 La huella hídrica asociada a los embalses//

El consumo de agua en los embalses (evaporación) constituye una componente no despreciable de la huella hídrica a escala de cuenca. El estudio realizado por Hardy et al. (2010) sobre la relación entre agua y energía en España (PAV no 6) presenta una relación entre la capacidad de los embalses y la evaporación asociada.

$$VE = 0,047 \cdot CE - 0,415$$

con VE, Volumen evaporado (Mm<sup>3</sup>)  
CE, Capacidad del embalse (Mm<sup>3</sup>).

Según la CHG (2010), la cuenca dispone de una capacidad total de 7.145 Mm<sup>3</sup>, lo que permite calcular una huella hídrica de unos 315 Mm<sup>3</sup> (tomando en cuenta 50 embalses<sup>8</sup>).

## 11 La huella hídrica extendida de las aguas subterráneas en la cuenca//

### 11.1. IMPORTANCIA Y ESTADO GENERAL DEL AGUA SUBTERRÁNEA

Las aguas subterráneas gracias a su disponibilidad espacial y temporal tienen un papel decisivo en relación a la seguridad de abastecimiento de agua y a su peso en la economía agraria de una cuenca, en donde las variaciones estacionales (el verano siendo época de escasez) e interanuales (p. ej. sequía de los años 1992-1995) son muy marcadas. Las aguas subterráneas ayudan a paliar la falta de recursos superficiales en las épocas de sequía; aunque muchas veces de manera “desordenada” y “abusiva” (CHG, 2007). De hecho, actualmente el 75% de las extracciones tienen lugar en acuíferos definidos en mal estado cuantitativo (ver Tabla 13). Este papel “paliativo” no debe ocultar el hecho que las aguas subterráneas constituyen cada vez más un recurso base para muchos usos. En el sector agrario particularmente, su importancia se ha acentuado en los últimos años, con un incremento de las superficies de regadío durante la última década relacionado casi exclusivamente con las aguas subterráneas (Figura 7, p.29 - Corominas, 2010b). A fecha de hoy unos 300.000 ha (40 % de la superficie regada) se riegan con aguas de origen subterránea, suponiendo una triplicación de las superficies con dicho origen desde el año 1997. Este incremento en gran parte está relacionado con los regadíos de olivar en Jaén (sobre todo el aumento exponencial a partir del año 2000). Sin embargo, las aguas subterráneas constituyen también un recurso imprescindible para el abastecimiento urbano de numerosos municipios aislados o también grandes núcleos como la bahía gaditana, Granada, Jaén, etc. (CHG, 2007).

<sup>8</sup>Según: <http://www.chgualquivir.es/opencms/portalchg/laDemarcacion/infraestructurasHidraulicas/embalses/index.html#apartado2>, consultado marzo 2011.

Tabla 13: Masas de agua subterránea en mal estado (2009) y extracciones asociadas.

	Número (% sobre el total)	Volúmen extraído (% sobre el total)
Masas de agua subterránea	60	822,6 Mm <sup>3</sup> /año
Masas de agua subterránea en mal estado	19 (32%)	618,5 Mm <sup>3</sup> /año (75%)

Fuente: Dummont et al. (2001) a partir de los datos de CHG (2010).

Así, la aplicación de la huella hídrica extendida a las aguas subterráneas constituye una oportunidad para obtener una visión detallada y una cuantificación de los distintos usos y de los beneficios que suponen con el fin de facilitar datos claves para caracterizar su papel esencial en la gestión del agua a escala de cuenca.

### 11.2. HUELLA HÍDRICA A PARTIR DE LOS DATOS DE LA PROPUESTA DE PLAN HIDROLÓGICO DE CUENCA

Los requisitos de la Directiva Marco del Agua implican el control del estado cuantitativo y químico de las masas de agua subterránea con el fin de lograr el “buen estado” de éstas. Así la CHG (2010) presenta los recursos disponibles y las extracciones según uso del agua (agrario, abastecimiento e industria) a escala de masa. La suma de estas extracciones para el conjunto de la cuenca esta presentada en la Tabla 14. Para el cálculo de la huella hídrica a partir de estos datos, han sido supuestos los siguientes consumos:

-Sector agrario: dado el mayor coste volumétrico para el regante en caso de procedencia subterránea del agua, la eficiencia de los sistemas de riego es muy alta en comparación con el origen superficial, y se estima un consumo del 90% de las extracciones.

-Abastecimiento y uso industrial: los consumos se estiman a 28% y 56% respectivamente de las extracciones (ver apartados correspondiente a cada uno de estos usos).

Tabla 14: Extracciones de aguas subterránea en Mm<sup>3</sup> por uso en el conjunto de la cuenca (2009).

	Extracción agraria	Extracción abastecimiento	Extracción industria	Total extracciones
Suma en masas	756,8	54,7	11,1	822,6
Fuera de masas	74,5	1,3	0,0	75,9
TOTAL Cuenca	831,3	56,1	11,1	898,5
% extr.uso / Total extr.	92,5	6,2	1,2	

Fuente: CHG, 2010

La Tabla 15 presenta la huella hídrica final por sector para la cuenca del Guadalquivir: de los 770 Mm<sup>3</sup> de agua subterránea consumida, 97% se debe a uso agrario; las huellas hídricas del abastecimiento y de la industria son de 2 Mm<sup>3</sup> y 0,8 Mm<sup>3</sup> respectivamente.

Tabla 15: Huella hídrica (HH) en Mm<sup>3</sup> del agua subterránea en la cuenca del Guadalquivir (2009.)

	HH agraria	HH abastecimiento	HH industria	HH total
Suma en masas	681,1	15,3	6,2	67,4
Fuera de masas	67,1	0,4	0	67,4
TOTAL Cuenca	748,2	15,7	6,2	770,1
% HH uso / HH total	97,2	2	0,8	

Sin embargo, hay que recordar que esta perspectiva de la huella hídrica supone que los retornos están disponibles aguas abajo para otros usos. En el ámbito de una masa en particular, se podría considerar el hecho de que generalmente la parte no consumida por parte del sector abastecimiento o industria se vierte a los cauces superficiales. Sin embargo, en el caso del uso agrario los retornos por infiltración pueden volver a la masa de agua subterránea.



### 11.3. HUELLA HÍDRICA EXTENDIDA DE LA AGRICULTURA PARA LOS AÑOS 2002 Y 2008

Esta parte del estudio se basa en los datos detallados del Inventario y Caracterización de los Regadíos de Andalucía (Junta de Andalucía, 2003) y los datos no publicados del Inventario de Regadíos 2008, ofrecidos por J. Corominas (2010a). Para la campaña 2001-2002, se ha estimado una superficie de regadío de 630.000 ha, incluyendo 140.000 ha (22 %) que se aprovechan de aguas subterráneas. La repartición entre origen superficial y subterráneo para las tres zonas de la cuenca y los cultivos regados por procedencia del agua se presentan en la Figura 18. A propósito de los cultivos regados por agua subterránea, se puede destacar la predominancia marcada del olivar con una superficie de unos 90.000 ha, seguido por las hortalizas al aire libre, con unas 13.000 ha. A diferencia, el origen superficial presenta altas superficies de extensivos de verano y semi-intensivos (algodón, remolacha, ...) con alrededor de 80.000 ha cada uno. Cara a la repartición zonal, el olivar es claramente predominante en la zona alta, aunque también primer consumidor de agua subterránea en cada una de las zonas. Las hortalizas al aire libre están sobre todo presentes en la parte alta de la cuenca. La parte baja de la cuenca presenta más diversidad, con un uso notable para semi-intensivos y extensivos de verano y la presencia de cítricos y arroz.

Para el año 2008 (y siempre refiriéndose a aguas subterráneas) la superficie de olivar sigue siendo predominante alcanzando 246.000 ha, las cuales suponen el 76 % de la superficie regada con agua subterránea (Figura 20 y Figura 21). Por otra parte, la superficie de frutales se triplica, tomando un valor de 25.500 ha, el cual supera a la superficie de las hortalizas.

En el año 2002 la huella hídrica total es de 600 Mm<sup>3</sup> para aguas subterráneas y 1.620 Mm<sup>3</sup> para las superficiales (Tabla 16). En el año 2008, con 1.500 Mm<sup>3</sup>, la huella hídrica superficial puede considerarse constante. Sin embargo, la huella hídrica subterránea se duplica (1.270 Mm<sup>3</sup>), hecho relacionado con el incremento de la superficie de olivar, como ya ha sido comentado<sup>9</sup>.

<sup>9</sup> La cifra de 1.270 Mm<sup>3</sup> parece muy alta. Se debe considerar como una huella hídrica máxima, relacionada con la hipótesis principal del presente apartado (la disponibilidad de agua subterránea permite al regante de satisfacer las necesidades de regadío), hipótesis discutida en el apartado 11.4. "Comparación de los resultados".

Figura 18: Superficie por zona y origen del agua (ha) (año 2002).

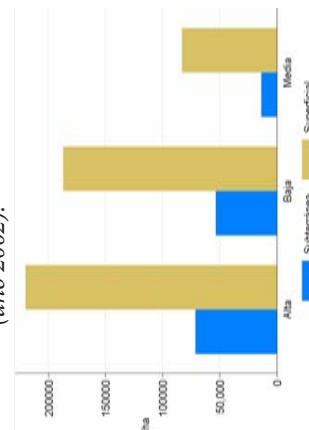


Figura 19: Superficie por grupo de cultivo y origen del agua (ha) (año 2002).

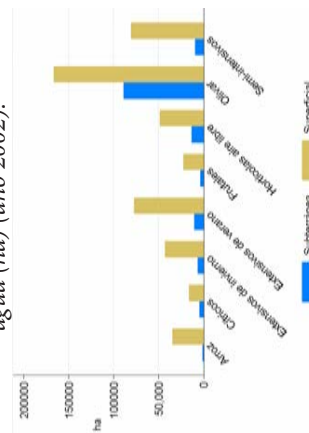


Figura 20: Superficies por cultivos según origen del agua (ha) (año 2008).

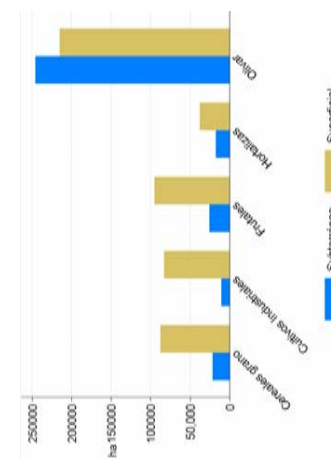
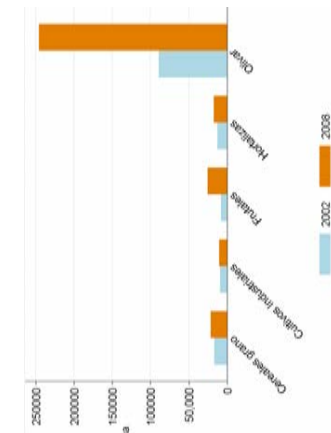


Figura 21: Evolución de la superficie regada por agua subterránea entre 2002 y 2008



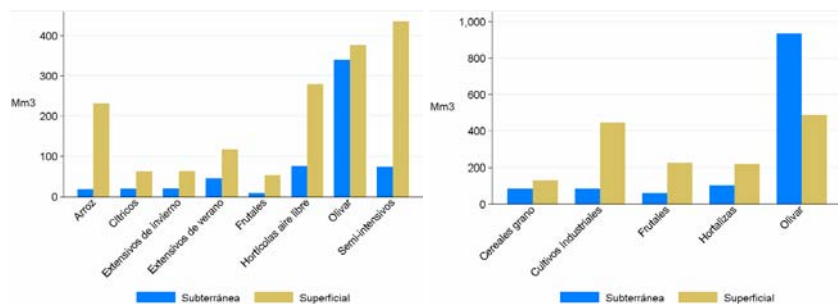
Fuente: elaboración propia según la metodología descrita en el apartado correspondiente

La distribución de la huella hídrica azul entre grupo de cultivos según el origen de agua (Figura 22) es similar a la comentada en las figuras precedentes de superficies con la diferencia de que las aguas subterráneas aparecen de forma más marcada para algunos cultivos, al haberse considerado que el consumo de agua está limitado por las dotaciones en el caso del agua superficial y no en el caso del agua subterránea; lo que implica una huella hídrica más alta por hectárea para esta última.

Tabla 16: Huella hídrica (Mm<sup>3</sup>) según origen del agua para los años 2002 y 2008

	2002	2008
HH Superficial	1620	1270
HH Subterránea	600	1270
HH total	2220	2270

Figura 22: Huella hídrica (Mm<sup>3</sup>) por grupo de cultivos según procedencia del agua para el año 2002 (izquierda) y 2008 (derecha).



El análisis de la productividad aparente del agua por cultivo para los años 2002 y 2008, se ha realizado de manera conjunta para aguas subterráneas y superficiales. Esto se debe principalmente por la imposibilidad de distinguir la producción según la procedencia del agua. El ratio de superficie entre aguas subterráneas y superficiales para las distintas categorías de cultivo se encuentra también recogido (Tabla 17).

Tabla 17: Huella hídrica, productividad del agua y porcentaje de superficies regadas con aguas subterráneas - año 2002 y 2008.

	Arroz	Extensivos de invierno	Semi-intensivos	Extensivos de verano	Cítricos	Olivar	Hortícolas aire libre	Frutales	Fresa	Total	Subt.	Superficial
HH total (Mm <sup>3</sup> )	248,3	85	509,7	161,7	82,7	714,3	355,2	62,6	0,6	2220	600	1620
Productividad aparente (€/m <sup>3</sup> )	0,33	0,35	0,46	0,52	0,76	0,86	1,22	1,71	7,25	0,74	0,81	0,72
Superficie Sub / Total (%)	3,8	13,7	10,5	11,6	21,8	34,9	21,3	14	24,4	22		

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de Junta de Andalucía (2003).

	Cultivos Industriales	Cereales grano	Olivar	Hortalizas	Total	Subterránea	Superficial
HH total (Mm <sup>3</sup> )	529	215	1421	321	2771	1270	1500
Productividad a parente (€/m <sup>3</sup> )	0,47	0,49	0,76	3,02	1,08	1	1,11
Superficie Sub / Total (%)	11,5	19,8	53,3	31,9	38,3		

Fuente: elaboración propia a partir de los datos de J. Corominas (2010a) y los datos del Anuario de estadísticas del MARM del año 2009.

Nota: los métodos son distintos para los dos años; resulta complicado comparar las cifras de 2002 y 2008.

Desde el punto de vista económico, para el año 2002, se puede comentar que de manera general las aguas subterráneas parecen ser utilizadas para riego de cultivos de mayor valor que el agua superficial. Los cultivos de menor valor como arroz, extensivos y semi-intensivos presentan la menor parte de uso de agua subterránea (Tabla 17). Sin embargo, los frutales, cultivo con mayor productividad, si no consideramos la fresa, no presentan un porcentaje de uso de agua subterránea mucho más alto. Todos los demás cultivos, de mayor productividad, presentan un uso de agua subterránea entre el 27% y 53%. Esta situación resulta una productividad media del agua subterránea de 0,81 €/m<sup>3</sup> frente a los 0,72 €/m<sup>3</sup> del regadío de origen superficial. Los resultados para el año 2008 presentan rasgos similares: los cultivos de mayor productividad presentan un ratio de uso de agua subterránea más alto. Sin embargo, el peso del regadío de olivares en los aprovechamientos de agua subterránea, considerando que no se trata del cultivo con mayor productividad, hace que la productividad media del agua subterránea sea más baja que la del agua superficial.

Se puede apuntar también que el porcentaje de superficies regadas con agua subterránea se ha incrementado entre 2002 y 2008 para casi todas las categorías de cultivo (aparte de los cultivos industriales / semi-intensivos, de menor valor).

Un análisis económico más avanzado distinguiendo valor y productividad de los cultivos por origen del agua no ha podido realizarse. Aunque el origen del agua no tenga un efecto en sí sobre el rendimiento del cultivo, sí es importante la capacidad del manejo de riego que poseen los agricultores según la procedencia del agua. Así, en el caso de períodos en sequía los regantes con riego de aguas subterráneas probablemente no verán mermadas sus producciones. Los datos de rendimiento disponibles no distinguen la procedencia del agua, incluso en el Inventario de 2002 donde el método empleado no parece integrar esta distinción. De hecho, además de la diferencia en la elección de los cultivos hacia cultivos de mayor valor, la continuidad de acceso al recurso subterráneo debería traducirse supuestamente en un mayor rendimiento (y entonces beneficio económico). Todavía más si consideramos la diferencia de consumo por hectárea que ha estado planteada: este consumo mayor, debido a la hipótesis que se satisfacen las necesidades de riego, tendría que traducirse en un incremento sustancial del rendimiento, aunque no puede verificarse con los datos disponibles.

#### 11.4. COMPARACIÓN DE LOS RESULTADOS

Para el año 2002, la huella hídrica de las aguas subterráneas ha sido de unos 600 Mm<sup>3</sup>. Los datos estimados a partir de las extracciones (CHG, 2010) permiten determinar una huella hídrica de la agricultura de unos 750 Mm<sup>3</sup>, en comparación con los 1.270 Mm<sup>3</sup> calculados para el año 2008. Esta diferencia puede resultar de la posible no consideración de superficies de regadío no declaradas en los datos de extracciones presentados por la CHG (2010)<sup>10</sup>. Sin embargo, es muy probable que la cifra de 1270 Mm<sup>3</sup> sea una sobreestimación debida al hecho que hemos considerado como hipótesis de partida que las necesidades de riego de los cultivos se ven satisfechas en su totalidad cuando se hace uso de las aguas subterráneas. De hecho, tanto por razones técnicas (riego deficitario) o económicas (coste de bombeo), los volúmenes aplicados pueden situarse debajo de las necesidades máximas de riego, particularmente en el caso de los cultivos de mayor superficie en la cuenca: olivar (ver estudio de Salmoral et al., 2010) y cereales. De hecho, Berbel et al. (2009, p.63) afirman que “la mayoría de los olivares regados tienen una dotación de 1.500 m<sup>3</sup>/ha, que viene a ser un 40% de la ETP máxima del cultivo (3.750 m<sup>3</sup>/ha)”. Aplicando esta dotación en nuestro estudio se obtendría una huella hídrica de las aguas subterráneas de unos 700 Mm<sup>3</sup>, mucho más parecida a la huella hídrica determinada a partir de las extracciones (CHG, 2010). De manera general, la evolución entre los años 2002 y 2008 está principalmente ligada a la puesta en riego de cerca de 200.000 ha de olivar.

La comparación de los resultados de la estimación basada sobre el Inventario de 2002 (aguas superficiales y subterráneas) y los del estudio general del presente trabajo muestra resultados muy similares. La huella hídrica y la productividad aparente del agua se estiman en 2.220 Mm<sup>3</sup> y 0.74€/m<sup>3</sup> en el presente apartado, mientras que anteriormente se obtiene 2130 Mm<sup>3</sup> y 0.68€/m<sup>3</sup>. Para el año 2008, la comparación de los resultados de este apartado sobre aguas subterráneas con el resto del estudio no es posible, pues no se ha aplicado las restricciones de dotación vigentes para el año 2008, al usar datos de superficie a escala de cuenca.

<sup>10</sup> Contactos con la CHG han confirmado que la estimación de las extracciones se basan sobre superficies “reales” (de un inventario de campo).

## 12 Síntesis de la huella hídrica extendida en la cuenca del Guadalquivir//

La Tabla 18 recoge un resumen de la huella hídrica extendida total para un año climatológico normal y con estado de normalidad de llenado de embalses. Para ello se ha tomado como referencia el año 2003 para el sector agrícola, y 2007 para el resto de sectores económicos estudiados. Además se ha hecho una distinción entre el agua de origen superficial y subterráneo. También queda recogido el rango que la huella hídrica de la agricultura alcanzó durante el período 1997-2008. Los valores en cursiva son subcategorías de un sector, por lo que no están incluidos en la suma total. Para más detalles, referirse a los apartados correspondientes a huella hídrica del abastecimiento urbano, turismo, industria, así como de la agricultura de origen subterráneo.

La agricultura predomina como el mayor consumidor tanto en términos de agua verde y azul. La mayor proporción del total de la huella hídrica se refiere al agua verde la agricultura con un 65%. Además de los recursos hídricos azules consume un hasta un 80%. La evaporación desde embalses es importante estimándose un valor de cerca del 11% de la huella azul. Sectores como turismo y golf suponen una proporción ínfima de la huella con valores menores al 1% del total, a pesar de la mayor productividad del agua que generan.

\*Notas referidas a la Tabla 18

<sup>1</sup> Año 2008

<sup>2</sup>ALP<sub>sec</sub>: Productividad aparente de la tierra en secano.

<sup>3</sup>AWP: Productividad aparente del agua.

<sup>4</sup>ALP<sub>reg</sub>: Productividad aparente de la tierra en regadío.

<sup>5</sup>Δ€/m<sup>3</sup>: Incremento de productividad del agua del regadío respecto al secano.

%<sup>a</sup>: Incluyendo huella hídrica verde en el total.

%<sup>b</sup>: Sin incluir huella hídrica verde en el total.

Tabla 18: Resumen de la huella hídrica extendida para un año climatológico normal.

	Huella hídrica				Indicador económico	Comentarios	
	Componente	(Mm <sup>3</sup> )	% <sup>a</sup>	% <sup>b</sup>			
Agricultura	Verde	Secano	3690 Mm <sup>3</sup>	48,8		<sup>2</sup> ALP <sub>sec</sub>	Cereales invierno: 540 €/ha Girasol: 630€/ha Olivar: 1610 €/ha
		Regadío	1190 Mm <sup>3</sup>	15,7			
		Total	Min.: 2200 Mm <sup>3</sup> en año 1999				
			Máx.: 5345 Mm <sup>3</sup> en año 2008				
	Azul (superficial y subterránea)		2240 Mm <sup>3</sup>	29,6	80	<sup>3</sup> AWP	Algodón: 0,2 €/m <sup>3</sup> Arroz: 0,4€/m <sup>3</sup> Citricos: 1€/m <sup>3</sup> Olivar: 1,9€/m <sup>3</sup> Viñedo: 2,5€/m <sup>3</sup> Hortícolas: 2,9 €/m <sup>3</sup> Fresa: 11 €/m <sup>3</sup>
			Min.: 1470 Mm <sup>3</sup> en año 2008			<sup>4</sup> ALP <sub>reg</sub>	Maíz: 2320 €/ha; Olivar: 2840 €/ha; Hortícolas: 12650 €/ha
			Máx.: 2290 Mm <sup>3</sup> en año 2004			<sup>5</sup> Δ€/m <sup>3</sup>	Girasol: 0,2€/m <sup>3</sup> ; Olivar: 0,8€/m <sup>3</sup> ; Hortícolas: 2,1 €/m <sup>3</sup>
		Azul (subterránea) <sup>1</sup>	750	9,9	26,8		
		Total	7120	93,2			
	Ganadería	Azul	19	0,3	0,7		Sólo consumo directo (bebida y funcionamiento).
Abast. urbano	Azul (superficial)	83	1,1	3	1,23 €/m <sup>3</sup> (tarifa)	Sin incluir las industrias en red.	
	Azul (subterránea)	13	0,2	0,5			
Industria	Azul (superficial)	35	0,5	1,2	1,40 €/m <sup>3</sup> (tarifa)	Parte por abastecimiento propio y parte en red urbano.	
	Azul (subterránea) <sup>1</sup>	9	0,1	0,3			
Turismo sin golf	Azul	4	0,1	0,1	-	Incluido en abastecimiento urbano.	
Golf	Azul	6	0,1	0,2	331,3 €/m <sup>3</sup>	Economía inducida total.	
Embalses	Azul	315	4,2	11,2		Asociado a todos los usos precedentes derivados de agua superficial regulada.	
Generación eléctrica	Azul	31	0,4	1,1		Previsión 2015: 11,3 Mm <sup>3</sup> .	
	Termosolares	3,6	0	0,1	47 €/m <sup>3</sup>		
	Otros (térmicas)	27	0,4	1	140 €/m <sup>3</sup>		
Total		7.631	100				
Total sin agua verde		2.751		100			

### Integración de la huella hídrica dentro del ciclo hidrológico

Con el objetivo de integrar los distintos componentes de la huella hídrica “clásica” en un marco más general e integrado se presenta este apartado. De hecho, un carácter esencial de la huella hídrica en comparación con la mayoría de los estudios hidrológicos “clásicos” enfocados en la demanda, es su enfoque en el consumo real del agua. Y esta visión permite establecer una visión global articulando la huella hídrica con el ciclo hidrológico. Se podría considerar incluso como un marco nuevo para abordar la metodología de la huella hídrica: en lugar de enfocarse sobre la descripción y la suma de usos particulares, se trata de considerar las grandes magnitudes del ciclo hidrológico en función de la repartición del agua procedente de las precipitaciones entre los distintos consumos. Este apartado resulta de la colaboración especial de J. Corominas (2011) y de las cifras resumidas de nuestro estudio.

Los datos de partida para este cálculo del balance a escala de cuenca están constituidos por la precipitación media y su repartición entre escorrentía y evapotranspiración (Tabla 19). Estos datos presentados en el Plan hidrológico (CHG, 2010) fueron calculados con el modelo hidrológico SIMPA. La escorrentía representa el 19 % de las precipitaciones. En el caso del presente estudio, se ha considerado el año 2003, por no sufrir de restricciones en las dotaciones, pero con precipitaciones un poco superiores a la media (se considera que la escorrentía sigue siendo el 19% de las precipitaciones). La escorrentía o agua azul total de la cuenca se reparte entre el agua azul consumida por los usos humanos (huella hídrica azul) y el agua azul vertida al mar. En caso de no existir transferencias de agua azul de cuencas externas, el agua verde total de la cuenca se puede estimar como la diferencia existente entre la precipitación y la escorrentía. La evapotranspiración media procedente de agua verde se calcula repartiendo el agua verde total de la cuenca entre los distintos usos del suelo incluidos en la cuenca (Tabla 20). En el estudio de Corominas (2011) la huella hídrica de la agricultura es calculada por el método expuesto en el presente trabajo incluyendo además la reserva de agua en el suelo. Del mismo modo utiliza un método similar para la estimación del agua verde de los pastos (los cuales no han sido incluidos a día de hoy en nuestro estudio). Finalmente, el agua verde de los bosques viene calculada restando estas componentes al agua verde total. El resultado de este balance hídrico a escala de cuenca se presenta en la Tabla 21 y la Figura 23.

Tabla 19: Precipitaciones, escorrentía y evapotranspiración media (Corominas, 2011) para el año 2004 (presente estudio) en la cuenca del Guadalquivir (CHG, 2010).

	Pluviometría	Escorrentía	Evapotranspiración
Media	536 mm	101 mm	435 mm
(modelo SIMPA)	30.524 Mm <sup>3</sup>	5.752 Mm <sup>3</sup>	24.772 Mm <sup>3</sup>
2003	563 mm	107 mm*	456 mm
(año referencia presente estudio)	32.042 Mm <sup>3</sup>	6.088 Mm <sup>3</sup> *	25.955 Mm <sup>3</sup>
	Precipitaciones	HH Azul: agricultura, abast., industria	Agua verde: agricultura, bosques, pastos

\*se supone que la repartición entre escorrentía y evapotranspiración sigue la misma que para los datos de la “media” del Plan hidrológico (CHG, 2010).

Tabla 20: Usos del suelo de la cuenca del Guadalquivir (km<sup>2</sup>)

SECANO	15.632
REGADIO	9.288
PASTOS	6.111
FORESTAL	23.639
URBANO E INFRAESTRUCTURAS	2.278
Total	56.948

Fuente: Corominas (2011) según datos de Anuario de estadísticas Agrarias y pesqueras 2008, CAP – El borrador del Plan hidrológico (CHG, 2010) presenta valores muy similares.

La diferencia entre las cifras de la huella verde en ambos estudio en agricultura se debe a la diferente metodología empleada. Así en el presente trabajo no se ha incluido un balance de agua en el suelo para los cultivos agrícolas, lo cual resultaría en una huella verde mayor al no tenerse en cuenta la reserva de agua en el suelo a lo largo del ciclo de la planta. La diferencia observada para la huella hídrica del regadío, tanto para agua verde como agua azul, resulta de la discrepancia entre las superficies de regadíos considerados entre los dos estudios.

El consumo total de agua verde atribuido a bosque y demás vegetación parece un poco alto si consideramos su presencia en la cuenca. La sobrevaloración de este consumo puede derivar de distintas razones, como la infravaloración de



Tabla 21: Balance de las componentes de la huella hídrica y del ciclo hidrológico (Mm<sup>3</sup>)

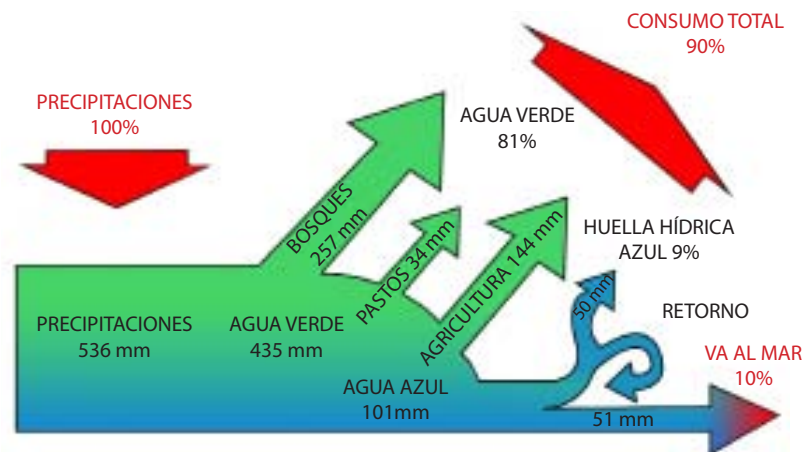
Verde	Presente estudio			Corominas (2011)		
	Mm <sup>3</sup>	mm	%	Mm <sup>3</sup>	mm	%
Agricultura de secano	3.690	65	14	5.166	91	21
Agricultura de regadío	1.190	21	5	3.020	53	12
Total Agricultura	4.880	86	19	8.186	144	33
Pastos	1.930*	34	7	1.930	34	8
Bosques	19.145	336	74	14.656	257	59
Total	25.955	456	100	24.772	435	100
<b>Azul</b>						
Regadío	2.290	40	83	2.761	48	96
Abastecimiento	96	1,7	3	91	1,6	3
Industria, energía, otros	50	0,9	2	14	0,2	0,5
Embalses	315		11	-		-
Total	2.751	48	100	2.866	50	100
Verde	25.955	456	81	24.772	435	81
Azul	2.751	48	9	2.866	50	9
Total Verde + Azul	28.706	504	90	27.638	485	91
Va al mar	3.337	59	10	2.886	51	9
Precipitaciones	32.042	563	100	30.524	536	100

\*se supone el mismo valor que Corominas (2011).

los demás componentes del balance (huella hídrica de la agricultura y de los pastos). También se puede apuntar que de manera general las zonas de bosques corresponden a las zonas con más precipitaciones en la cuenca. Sin embargo, podemos considerar el valor de este primer intento en la articulación de la huella hídrica con el balance de los distintos componentes del ciclo hidrológico aceptable, refinándose tanto la metodología como cifras en próximos estudios del Observatorio del Agua de la FMB.

Finalmente se puede comparar los resultados de la Figura 23 con la figura presentada por Falkenmark (2009) a escala mundial (Figura 24). Las principales diferencias están constituidas por una repartición muy distinta entre agua azul y verde (80 % de agua verde en el caso del Guadalquivir, 65 % de manera general) y del porcentaje de agua azul consumido (50% en un caso, 10% en el otro).

Figura 23: La huella hídrica dentro del ciclo hidrológico y su balance



Fuente: elaboración propia. Inspirada de una figura equivalente a escala mundial presentada por Falkenmark (2009).

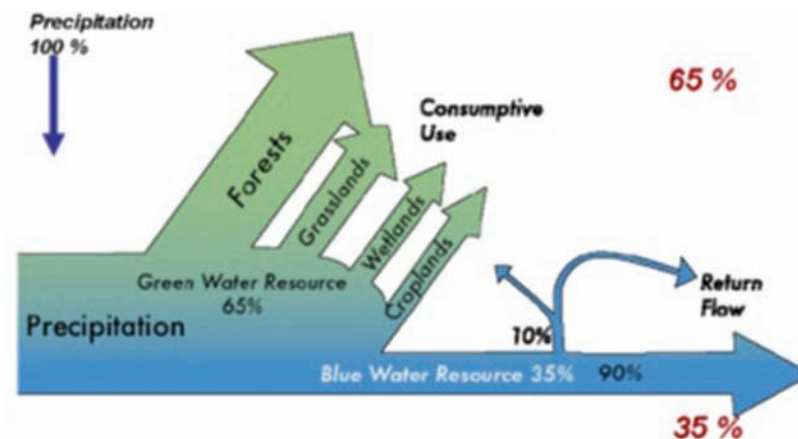


Figura 24: Repartición de las precipitaciones entre Agua verde y Agua azul a escala mundial. Fuente: Falkenmark, 2009.

## 13 Conclusiones//

### PRIMERA. CARÁCTER INNOVADOR DE ESTE ESTUDIO

**A**nuestro entender este es el primer trabajo que conocemos en el que se ha hecho una evaluación no sólo del agua verde y azul necesaria para los usos humanos sino también un primera estimación del agua que utilizan los ecosistemas de toda la cuenca del Guadalquivir y que asciende a unos 16.600 Mm<sup>3</sup>/año (291 mm – sólo considerando agua verde de los bosques y pastos), es decir un poco más de la mitad de toda el agua de precipitación que recibe la cuenca (ver box sobre la integración de la huella hídrica dentro del ciclo hidrológico, p.70). Los consumos asociados a los usos humanos representan el 36 % de las precipitaciones, con la mayoría asociada a la huella verde de la agricultura, con 144 mm (27 % de las precipitaciones). Así, el manejo del agua verde mediante la ordenación y el uso del territorio parece fundamental tanto en relación a la conservación de los espacios naturales como para el desarrollo de la agricultura.

### SEGUNDA. LOS USOS CONSUNTIVOS AGRÍCOLAS

Como era de esperar en la cuenca del Guadalquivir la agricultura es el mayor consumidor de agua azul y verde pudiendo representar en un año climatológico medio el 92% de la huella hídrica (7.000 Mm<sup>3</sup>, de los que 34% son agua azul y 66% verde). La agricultura junto con ganadería y pesca suponen el 7% del Valor Añadido Bruto del PIB de la cuenca y el 12% del empleo; en otras palabras la agricultura no es el sector económico más remunerado en la cuenca. Hay que destacar la gran importancia del agua verde en la cuenca tanto en el caso de la agricultura de secano como en la de regadío. El agua verde en secano está ligada principalmente a la producción de olivar y a otros cultivos como cereales de invierno y girasol.

### TERCERA. EVOLUCIÓN DEL REGADÍO

De acuerdo con los datos obtenidos para el presente trabajo, entre 1997 y 2008 la superficie de regadío aumentó en 219.000 ha lo cual no ha permitido una

contención del consumo de agua azul en la cuenca, como al parecer demandaba la Unión Europea. Además, este incremento de superficie se debe primordialmente a la expansión del olivar con agua de riego de origen subterráneo, en gran parte probablemente sin disponer de concesión de agua por la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Entre el año 2002 y la actualidad, el consumo de aguas subterráneas ha pasado de 600 Mm<sup>3</sup> a 750 Mm<sup>3</sup> (10% de la huella hídrica azul total). Como en otros lugares, las aguas subterráneas suelen tener una productividad más alta que las aguas superficiales. Sin embargo, para el conjunto de la cuenca la productividad económica es inferior a la de las aguas superficiales; esto se debe al valor relativamente bajo del olivar que es el uso predominante.

### CUARTA. PRODUCTIVIDAD DEL AGUA Y REASIGNACION DE RECURSOS HÍDRICOS

Gran parte de los recursos hídricos están asignados a cultivos con baja productividad económica. Para el período 1997-2008, el 46% del consumo de agua azul corresponde con cultivos de mediana o baja productividad del agua ( $\leq 0,4 \text{ €/m}^3$ ), principalmente debido al algodón, arroz y maíz. El cultivo del olivar es predominante en la cuenca con una productividad aparente de un rango de 0,7-2 €/m<sup>3</sup>, valores bajos en comparación con los hortícolas 1,5-3 €/m<sup>3</sup>. En un año climatológicamente medio el abastecimiento urbano e industrial representaría el 3,5% y 1,5% del consumo de agua azul, suponiendo la industria el 15% del VAB y 13% del empleo. Por otro lado, es importante considerar también las altas productividades del turismo (331 €/m<sup>3</sup>) (6% del VAB y 6% del empleo) y de otras industrias, como por ejemplo la energía termosolar (47 €/m<sup>3</sup>). Estas productividades se deben analizar a la vista de las nuevas consideraciones introducidas por la Ley de Aguas de Andalucía. Sin embargo, debido a una reciente sentencia del Tribunal Constitucional que declara inconstitucional el artículo 51 del Estatuto de Andalucía, base de la aplicación de esta Ley, no está claro hasta qué punto se va a poder aplicar esta nueva Ley de Aguas de Andalucía.

Parece que sería conveniente una mejor asignación de los recursos hídricos utilizando el agua en actividades con mayor valor económico. No obstante, el valor económico no es el único a tener en cuenta y hay que considerar también otros efectos sociales o ambientales. Por ejemplo, el arroz tiene una baja

productividad aparente del agua, pero son relevantes los beneficios ambientales que genera en la configuración territorial del Parque Nacional de Doñana. Se podría garantizar el buen estado ecológico de las masas de agua comprando a los arroceros parte de los derechos de uso de agua pero estas adquisiciones no tienen porqué ser con carácter permanente, habiendo muchas modalidades de contrato que permitirían un reparto dependiente de condiciones objetivas preestablecidas (aportes, precipitación acumulada,...).

De manera general y teniendo en cuenta las reservas sobre su aplicabilidad antes mencionadas, la nueva Ley de Aguas de Andalucía ha introducido nuevas disposiciones que acaban con la prioridad dada al regadío en la Ley de Aguas Nacional para las concesiones nuevas o para la venta de derechos de agua. De este modo se busca favorecer la cohesión territorial y valor añadido en términos de creación de empleo y riqueza. La nueva Ley va a facilitar la venta de derechos de aguas, de modo que se puedan atender los usos más productivos económicamente; sin embargo dadas las cantidades relativamente pequeñas de agua que necesitan, esa transferencia de usos no va a modificar sensiblemente el empleo o la actividad en el mundo rural. Si se coordinan las políticas de agua con las de ordenación del territorio, medio ambiente, agricultura, energía y comercio parece posible acercarse a una política de “more cash and care of nature per drop”, que promueva tanto el crecimiento de la economía agrícola como el cuidado de la naturaleza.

## Agradecimientos//

Los autores desean expresar su agradecimiento a todas las personas que han contribuido a la realización de este informe. En primer lugar nos gustaría agradecer los consejos y sugerencias de los expertos Agustín Argüelles y Alberto Norzagaray de la Oficina de Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir, Joan Corominas de la Junta de Andalucía y Francisco García Novo catedrático de la Universidad de Sevilla. El contenido y las opiniones aquí expresadas son responsabilidad de los autores.

## Bibliografía//

AEMET (2010) Datos suministrados por la Agencia Estatal de Meteorología [www.aemet.es/es/portada](http://www.aemet.es/es/portada)

Aldaya, M. y Llamas, M. R. (2008). Water Footprint analysis for the Guadiana Basin, Papeles de Agua Virtual, Núm. 3, Fundación Marcelino Botín, Santander, 112 p.

Aldaya, M.M., Martínez-Santos, P y Llamas, M. R. (2009) “Incorporating the Water Footprint and Virtual Water into Policy: Reflections from the Mancha Occidental Region, Spain”, *Water Resources Management*, Springer, published on line 15 July, 2009.

Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., Novo, P. y Casado, R.R. (2009) Water footprint and virtual water trade in Spain, En: A. Garrido y M.R. Llamas (eds.), *Water policy in Spain*, CRC Press, Leiden, Holanda, pp. 49-59.

Aldaya, M.M., García-Novo, F. and Llamas, M.R. (2010) Incorporating the water footprint and environmental water requirements into policy: reflections from the Doñana region (Spain). *Papeles de Agua Virtual* nº5. Fundación Marcelino Botín.

Allen, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (2006) *Evapotranspiración del cultivo – Guías para la determinación del requerimiento de agua de los cultivos - FAO Riego y Drenaje 56*. Organización de la Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma.

AQUAVIR (2005) Superficie de los Cultivos de Regadío y sus Necesidades de Riego, en la Demarcación de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir. Convenio de Colaboración entre la Sociedad Estatal Aguas de la Cuenca del Guadalquivir S.A. y la Empresa Pública Desarrollo Agrario y Pesquero S.A. Berbel, J. y Gutiérrez, C. (2005) *I Estudio de Sostenibilidad del Regadío del Guadalquivir*. Ed. Feragva. ISBN: 84-688-9335-8.



Berbel, J. y Gutiérrez, C. (2005) I Estudio de Sostenibilidad del Regadío del Guadalquivir. Ed. Feragua. ISBN: 84-688-9335-8.

Berbel, J. Mesa, P. y Martín-Ortega, J. (2009) El análisis coste-eficacia en los Programas de Medidas de la DMA. En: La economía del agua de riego en España. Una perspectiva regional. Fundación Cajamar. Almería. pp. 55-74

Camacho, E., Rodríguez, J.A., Perez, L. and Parias, P. (2007) Debilidad del regadío en la cuenca del Guadalquivir. Agricultura. 448-452 pp.

CHG (2007). Plan especial de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía de la cuenca hidrográfica del Guadalquivir. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino. Secretaria General de Medio Rural. Available from: <http://www.chguadalquivir.es/opencms/portalchg/index.html> [acceso junio 2010].

CHG (2008) Esquema Provisional de Temas Importantes. Demarcación hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Julio 2008. 296 pp.

CHG (2009) Confederación hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. <http://www.chguadalquivir.es/opencms/portalchg/index.html>

CHG (2010) Propuesta de Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Demarcación hidrográfica del Guadalquivir, Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Diciembre 2010.

Corominas, J. (2008) ¿Modernización o reconversión de regadíos? Dimensiones socio-económicas, ambientales y territoriales. 6º Congreso Ibérico sobre planificación y gestión del agua. Vitoria 4-7 diciembre 2008.

Corominas, J. (2010a) Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía. (Com. Personal).

Corominas, J. (2010b) Datos presentados en Seminario sobre la Huella Hídrica extendida (no publicados todavía) en Seminario sobre la Huella Hídrica extendida. Madrid, Abril 2010 ([www.fundaciónmbotin.org/agua](http://www.fundaciónmbotin.org/agua))

Corominas J. (2011) Estimación de la huella hídrica y ciclo hidrológico de las cuencas andaluzas. (No publicado).

Declaración Brisbane (2007) Brisbane Declaration on Environmental Flows. <http://www.eflownet.org/viewinfo.cfm?linkcategoryid=4&linkid=64&siteid=1&FuseAction=display>

Dumont, A., De Stefano, L. y López-Gunn, E. (2011) El agua subterránea en España según la Directiva marco del agua: una visión de conjunto. 7º Congreso Ibérico sobre planificación y gestión del agua. Talavera de la Reina. 16-19 febrero 2011.

Falkenmark, M. (2003) Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges, Philosophical Transaction of the Royal Society of London B 358(1440): 2037-2049.

Falkenmark, M. y Rockström, J. (2004) Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology, Earthscan, London, UK.

Falkenmark M. (2009) Water for a Starving world: time to grasp the 1977 warning. Presentación 4º Seminario de Aguas: Seguridad hídrica y alimentaria. Seminarios internacionales del Observatorio del agua de la FMB.

FAO (2009) AQUASTAT. Organización de las Naciones Unidas para la agricultura y la alimentación. Roma, Italia. <http://www.fao.org/nr/water/aquastat/countries/index.stm>

Garrido, A., M.R. Llamas, C. Varela, P. Novo, R. Rodríguez Casado y M.M. Aldaya (2010) Water footprint and virtual water trade in Spain: policy implications. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín. Santander.

Hardy, L. y Garrido A. (2010) Análisis y evaluación de las relaciones entre el agua y la energía en España, Papeles de Agua Virtual, Núm. 6, Fundación Marcelino Botín, Santander, 208 p.

Hoekstra, A.Y. (ed.) (2003) Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, Holanda, 12–13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K. (2010) Globalización del Agua: Compartir los recursos de agua dulce del planeta, Marcial Pons, Madrid / Barcelona / Buenos Aires.

Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. y Mekonnen, M.M. (2009) Water footprint manual: State of the art 2009, Water Footprint Network, Enschede, Holanda. <http://www.waterfootprint.org/downloads/WaterFootprint-Manual2009.pdf>

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.

IGN (2010). Bloques provisionales del Sistema de Ocupación del Suelo Español para las cuencas del Guadalquivir y Júcar. Servicio de Ocupación del Suelo. Instituto Geográfico Nacional. Información disponible a partir de: <http://www.siose.es/siose/contacto.html>

INTERAL (2008) Estudio de posicionamiento estratégico para el sector de la alimentación animal en el escenario actual. INTERAL, Organización Interprofesional Española de la Alimentación Animal, 93 pp.

Junta de Andalucía (1999) Inventario y caracterización de los regadíos en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla.

Junta de Andalucía (2003) Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía: actualización 2002 [Software: 18 files and 33 megabytes]. Servicio de Regadíos e Infraestructuras, Junta de Andalucía. Cádiz : Servicio de Publicaciones y Divulgación.

Junta de Andalucía (2007) Caracterización del sector ganadero en Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía.

Junta de Andalucía (2008) Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía. Distritos Mediterráneos y Atlánticos. Actualización 2008. Consejería de Agricultura y Pesca.

Junta de Andalucía (2009) Inventario y caracterización de los regadíos de Andalucía. Consejería de Agricultura y Pesca, Junta de Andalucía. [http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms//portal/DGRegadios/1\\_DATOS\\_REGADIOS/2\\_INVENTARIO/3\\_DATOS\\_SIGNIFICATIVOS](http://www.juntadeandalucia.es/agriculturaypesca/portal/opencms//portal/DGRegadios/1_DATOS_REGADIOS/2_INVENTARIO/3_DATOS_SIGNIFICATIVOS)

Junta de Andalucía (2010a) LEY 9/2010, de 30 de julio, de Aguas para Andalucía, BOJA núm. 155 Sevilla, 9 de agosto, pp.6-40

Junta de Andalucía (2010b) Inventario de Regadíos 2008 y su evolución en la última década. Consejería de Agricultura y Pesca. Sevilla, 09 de noviembre de 2010.

MARM (2008a) Boletines Hidrológicos. Reserva Hidráulica. Datos de reserva: desglose por embalses [online] Disponible en: <http://www.marm.es/> [Acceso diciembre 2010]

MARM (2008b) El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Ministerio de Medio Ambiente, y Medio Rural y Marino Secretaría General Técnica. Centro de Publicaciones. ISBN: 9788483204504. 320 pp.

MARM (2010) Anuarios de Estadística Agroalimentaria. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. Madrid, España. [online] Disponible en: <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm> [Acceso diciembre 2010]

ORDEN ARM/2656/2008 de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica. Boletín Oficial del Estado. núm. 229.

Orgaz, F., Villalobos, F., Testi, T., Pastor, M., Hidalgo, J.C. and Ferreres, E (2005) Programación de riego en plantaciones de olivar. Metodología para el cálculo de las necesidades de agua de riego en el olivar regando por goteo. In: Pastor, M. (editor) Cultivo del olivo con riego localizado. Junta de Andalucía, Consejería de Agricultura y Pesca. 83-137 pp.

Rodríguez-Casado, R., Novo, P. y Garrido, A. (2009) La huella hídrica de la ganadería española. Papeles de Agua Virtual n.º 4, Fundación Marcelino Botín, Santander.

Sáez, F.J. y Martín Mesa, A. (2005) Elaboración de las Cuentas del Agua en Andalucía (Cuentas económicas). Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía.

Salmoral, G., Aldaya, M.M., Chico, D., Garrido, A., and Llamas, M.R. (2010). The water footprint of olive oil in Spain. Papeles de Agua Virtual. Observatorio del Agua. Fundación Marcelino Botín. ISBN: 978-84-96655-79-9.

Strosser, P., Roussard, J., Grandmougin, B., Kossida, M., Kyriazopoulou, I., Berbel, J. Kolberg, S., Rodriguez-Diaz, J.A., Montesinos, P. Joyce, J., Dworak, T., Berglund, M. and Laaser C. (2007) EU Final report. Water saving potential (Part 2 - Case studies). Ecologic - Institute for International and European Environmental Policy, Berlin.

## Glosario//

**Agua azul** – Agua dulce superficial y/o subterránea, es decir, el agua de los lagos, ríos y acuíferos (Hoekstra et al., 2009).

**Agua verde** – La precipitación en la tierra que no forma parte de la escorrentía o recarga las aguas subterráneas, sino que se almacena en el suelo o se queda temporalmente en la parte superior del suelo o la vegetación (Falkenmark, 2003). Finalmente, esta parte de la precipitación se evapora o es transpirada por las plantas. El agua verde puede ser productiva para el crecimiento del cultivo (pero no toda el agua verde puede ser absorbida por los cultivos, porque siempre habrá la evaporación del suelo y porque no todas las épocas del año o zonas son adecuadas para el crecimiento del cultivo).

**Consumo de agua** – El volumen de agua dulce utilizada y luego evaporada o incorporada a un producto. También incluye el agua extraída de aguas superficiales y/o subterráneas en una cuenca y devuelto a otra cuenca o al mar. Corresponde a la componente azul de la huella hídrica.

**Exportación de agua virtual** – La exportación de agua virtual de un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual relacionados con la exportación de bienes o servicios de la zona, Es el volumen total de agua dulce consumida o contaminada para producir los productos de exportación (Hoekstra et al., 2009).

**Extracción de agua** – El volumen de agua dulce extraída de aguas superficiales o subterráneas. Parte del agua dulce extraída se evapora, otra parte regresa a la cuenca donde fue extraída y otra parte puede regresar a otra cuenca o al mar.

**Huella hídrica azul** – El volumen de agua superficial o subterránea consumido como resultado de la producción de un bien o servicio. Consumo se refiere al volumen de agua dulce utilizada y evaporada o incorporada en un producto. También incluye el agua extraída de fuentes subterráneas o superficiales en una cuenca y devuelta a otra cuenca o al mar. Es la cantidad de agua extraída del suelo o de agua superficial que no regresa a la cuenca donde fue extraída (Hoekstra et al., 2009).

**Huella hídrica verde** – Volumen de agua de lluvia consumido durante el proceso de producción. Esto es particularmente relevante para los productos agrícolas y forestales (productos a base de vegetales o madera). Donde se refiere a la evapotranspiración total del agua de lluvia (de los campos y plantaciones), más el agua incorporada en el cultivo o de madera (Hoekstra et al., 2009).

**Huella hídrica “clásica”** – La huella hídrica es un indicador de uso de agua dulce que considera tanto el uso de agua directo como indirecto de un consumidor o productor. La huella hídrica de una persona, comunidad o empresa se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza para producir los bienes y servicios consumidos por el individuo o la comunidad o producidos por la empresa. El uso del agua se mide en términos de volumen de agua consumida (evaporada) y/o contaminada por unidad de tiempo. La huella hídrica puede ser calculada para un determinado producto, para un grupo definido de consumidores (por ejemplo, un individuo, familia, pueblo, ciudad, provincia, estado o nación) o productores (por ejemplo, un organismo público, empresa privada o sector económico). La huella hídrica es un indicador geográfico explícito, que no sólo muestra los volúmenes de uso del agua y la contaminación, sino también las ubicaciones (Hoekstra et al., 2009).

**Huella hídrica en un área geográficamente delimitada** – Se define como el consumo total de agua dulce y la contaminación dentro de los límites de la zona. El área puede ser por ejemplo una unidad hidrológica, como una cuenca o una unidad administrativa, como un municipio, provincia, estado o nación (Hoekstra et al., 2009).

**Huella hídrica extendida** – Es un conjunto de indicadores incluyendo por una parte la huella hídrica “clásica”, y por otra otros indicadores económicos, sociales y ambientales que vienen a reforzar esta última para lograr un análisis más profundo (elaboración propia).

**Importación de agua virtual** – La importación de agua virtual en un área geográficamente delimitada (por ejemplo, una nación o cuenca) es el volumen de agua virtual asociado a la importación de bienes o servicios en el área. Es el volumen total de agua dulce utilizada (en las zonas de exportación) para producir los productos. Desde la perspectiva del área de importación, este agua puede considerarse como una fuente adicional de agua parte de los recursos hídricos disponibles en la misma área.

**Productividad aparente del agua** – El valor económico de los productos producidos por unidad de agua consumida (Garrido et al., 2010).

**Precipitación efectiva** – La parte de la precipitación total que es retenida por el suelo de manera que esté disponible para la producción de cultivos (FAO, 2009).

**Requerimientos ambientales** – La cantidad, calidad y ritmo temporal de los flujos de agua necesarios para mantener los ecosistemas de agua dulce y estuarinos y los medios de vida humana y el bienestar que dependen de estos ecosistemas (Declaración Brisbane, 2007).

**Uso** – La acción de emplear una cierta cantidad de agua a un fin determinado. No se trata de una magnitud volumétrica. Según la perspectiva planteada, el volumen de agua movilizadada asociado a un uso es la extracción o el consumo de dicho volumen.

Anexo I: Cultivos en estudio y grupo de cultivo asignados

Cultivo	Grupo de cultivo	cultivo	Grupo de cultivo
Alfalfa	Alfalfa	Girasol	Girasol
Algodón	Algodón	Fresa y fresón	Fresa
Arroz	Arroz	Patata	Patata
Cebada	Cereales de invierno	Col y repollo	Hortícolas
Avena	Cereales de invierno	Espárrago	Hortícolas
Centeno	Cereales de invierno	Lechuga	Hortícolas
Triticale	Cereales de invierno	Escarola	Hortícolas
Trigo	Cereales de invierno	Espinaca	Hortícolas
Naranja	Cítricos	Acelga	Hortícolas
Naranja amargo	Cítricos	Sandía	Hortícolas
Mandarino	Cítricos	Melón	Hortícolas
Manzano	Cítricos	Calabacín	Hortícolas
Lino textil	Cultivo industrial	Pepino	Hortícolas
Lino oleaginoso	Cultivo industrial	Berenjena	Hortícolas
Soja	Cultivo industrial	Tomate	Hortícolas
Pimiento para pimentón	Cultivo industrial	Pimiento	Hortícolas
Colza	Cultivo industrial	Alcachofa	Hortícolas
Remolacha azucarera	Cultivo industrial	Coliflor	Hortícolas
Cereales de invierno	Forrajeras de invierno	Ajo	Hortícolas
Maíz forrajero	Forrajeras de invierno	Cebolla	Hortícolas
Sorgo forrajero	Forrajeras de invierno	Zanahoria	Hortícolas
Otras gramíneas	Forrajeras de invierno	Judías verdes	Hortícolas
Otras gramíneas	Forrajeras de invierno	Guisantes verdes	Hortícolas
Trébol	Forrajeras de invierno	Habas verdes	Hortícolas
Veza para forraje	Forrajeras de invierno	Judías secas	Leguminosas grano
Otras leguminosas para forraje	Forrajeras de invierno	Habas secas	Leguminosas grano
Nabo forrajero	Forrajeras de invierno	Lentejas	Leguminosas grano
Remolacha forrajera	Forrajeras de invierno	Garbanzos	Leguminosas grano
Praderas polifitas	Forrajeras de invierno	Guisantes secos	Leguminosas grano
Col forrajera	Forrajeras de invierno	Veza	Leguminosas grano
Peral	Frutales	Altramúz	Leguminosas grano
Níspero	Frutales	Yeros	Leguminosas grano
Albaricoque	Frutales	Maiz	Maíz grano
Cerezo	Frutales	Sorgo	Sorgo
Melocotón	Frutales	Viñedo de uva de mesa	Viñedo
Ciruelo	Frutales	Viñedo de uva para vino	Viñedo
Higuera	Frutales	Olivar aceituna de mesa	Olivar
Granado	Frutales	Olivar aceituna aceite	Olivar
Avellano	Frutales	Almendro	Almendro



*Anexo II: Dotación por cultivo y sistema de explotación*

Dotación en m<sup>3</sup>/ha de los principales grupos de cultivos.

Grupo de cultivo	Salado del Morón	Campaña Sevillana	Alto Genil	Jaén	Hoya de Guadix	Alto Guadiana Menor	Rumblar	Guadalmellato	Bembézar-Retortillo	Rivera de Huesna	Viar	Sevilla	Almonte-Marismas	Regulación General	Media Guadalquivir
Alfalfa	6444	5097	6422	5889	5828	5429	6734	5134	5967	5597	5027	5006	5005	5920	5907
Algodón		5538		6954			6997	5689	6675	5215	6520	5524	5081	5990	6048
Almendro			4566	1218	5799	4044					7000		1396	3261	4956
Arroz	14000												14000	14000	14000
Cereales invierno	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Cítricos		4508						4500	6409	4488	6478	5108	5021	5319	5501
Forrajeras invierno	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Fresa		4318	4700	4660	4500		4700		4695		4700		4300	4665	4315
Frutales		4545	6133	4659	5015	5186	7000	5694	6069		5134	4384	4441	5289	5386
Girasol	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500
Hortícolas	5640	5475	6448	6344	6759	5415	6774	5351	6563	6071	6551	5953	4900	6161	6621
Leguminosas grano	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	1500	2282
Maíz grano	6945	5509	6811	6936	6768	6887	6996	5734	6733	5970	6869	6058	5285	6577	6342
Olivar	1934		2762	2213	4515	3797	3941	2753		3695			1690		5142
Patata		5353	6777	6973	6870	6141	6188	4962	5785	7000	4967	4617	4799	6488	3730
Remolacha azucarera	3316	2336		3980			6847	2514	5846	2300	5097	2597	2300	3756	6875

**Fuente: AQUAVIR (2005)**

Se ha tomado la dotación media del Guadalquivir en caso de que exista un cultivo en un sistema de explotación pero no quede recogida la dotación en AQUAVIR (2005).

Anexo III: Estado de sequía de cada uno de los sistemas de explotación de recursos para el periodo 1997-2008

Sistema de explotación	1997	1998	1999	2000	2001	2002	2003	2004	2005	2006	2007	2008
Salado del Morón	Normalidad	Normalidad	Alerta	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Alerta	Prealerta
Campaña Sevillana*												
Alto Genil	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Prealerta	Emergencia
Jaén	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Emergencia	Emergencia
Hoya de Guadix	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Prealerta	Alerta
Alto Guadiana Menor	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Normalidad	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Prealerta	Alerta
Rumblar	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Prealerta	Alerta	Emergencia	Alerta
Guadalme-lato	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Alerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Prealerta	Alerta
Bembézar- Retortillo	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad
Rivera de Huesna	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Prealerta	Normalidad
Viar	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Alerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Alerta	Normalidad	Normalidad
Sevilla	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Alerta	Alerta
Almonte- Marismas*												
Regulación General	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Normalidad	Prealerta	Alerta	Alerta	Alerta

\* Los Sistemas de explotación Campiña Sevillana y Almonte-Marismas se nutren principalmente de recursos subterráneos, por lo que no se consideran restricciones de riego.

Fuente: MARM (2008a).

Anexo IV: Consumo de agua azul ( $m^3/ha$ ) utilizados para huella hídrica subterránea

Dotación de riego por grupo de cultivo y tramo alto, medio y bajo del Guadalquivir en  $m^3/ha$ .

	Agua superficial									
	Arroz	Cítricos	Extensivos de invierno	Extensivos de verano	Fresa	Frutales	Hortícolas aire libre	Olivar	Semi-intensivos	
Alto			1,5	1,500,00	4,210,20	2,124,40	5,960,10	2,213,30	3,980,00	
Medio		4,426,20	1,500,00	1,500,00	4,210,20	5,465,70	4,890,40	2,752,50	5,688,90	
Bajo	6,598,00	4,402,50	1,500,00	1,500,00	4,210,20	2,223,40	5,841,90	1,965,80	5,524,40	
Agua subterránea										
	Arroz	Cítricos	Extensivos de invierno	Extensivos de verano	Fresa	Frutales	Hortícolas aire libre	Olivar	Semi-intensivos	
Alto			3,235,00	4,755,20	4,210,20	2,124,40	5,960,10	4,032,00	5,946,80	
Medio		4,426,20	3,148,20	4,242,80	4,210,20	5,465,70	4,890,40	3,648,90	7,723,90	
Bajo	13,196,30	4,402,50	2,908,90	4,429,90	4,210,20	2,223,40	5,841,90	3,368,30	7,961,20	