



**FUNDACIÓN MAPFRE**

**La huella hídrica  
española en el contexto  
del cambio ambiental**

# **LA HUELLA HÍDRICA ESPAÑOLA EN EL CONTEXTO DEL CAMBIO AMBIENTAL**

Diciembre 2010

**FUNDACIÓN MAPFRE**



**Fuentes mixtas**

Producto proveniente de bosques bien  
gestionados y otras fuentes controladas

**Elaboración:**

José Antonio Sotelo Navalpotro  
Jorge Olcina Cantos  
Alfredo Tolón Becerra  
Xavier Bolívar Lastra Bravo  
Fernando García Quiroga  
María Sotelo Pérez

**Coordinación:**

Fernando Camarero Rodríguez

**Fecha:**

Diciembre 2010

© FUNDACIÓN MAPFRE

Paseo de Recoletos, 23. 28004 Madrid (España)

Teléfono: 91 581 26 03

[www.fundacionmapfre.com](http://www.fundacionmapfre.com)

Impreso en LUFERCOMP, S.L.

Se autoriza la reproducción parcial de la información contenida en este estudio siempre que se cite su procedencia.

# INDICE

<b>PRÓLOGO ANTONIO GUZMÁN CÓRDOBA</b> .....	9
<b>PRÓLOGO JOSÉ ANTONIO SOTELO NAVALPOTRO</b> .....	11
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	13
<b>2. PRIMERA APROXIMACIÓN: LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA</b> .....	17
2.1. Demarcaciones hidrográficas .....	23
2.1.1. Parámetros climáticos por demarcación hidrográfica .....	25
2.1.2. Estado de los recursos hídricos por demarcación hidrográfica .....	26
2.2. Confederaciones hidrográficas y Administraciones Hidráulicas .....	28
2.3. Normativa y Planificación del agua .....	28
2.3.1. Directiva Marco del Agua .....	28
2.3.2. Programa A.G.U.A. ....	29
2.3.3. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible .....	32
2.3.4. Plan Hidrológico Nacional 2000-2008 .....	33
2.3.5. Planes Hidrológicos en vigor por Cuencas .....	36
<b>3. LA “HUELLA HÍDRICA” EN EL CONTEXTO DE LA SOSTENIBILIDAD: INDICADORES POR Y PARA EL DESARROLLO</b> .....	39
3.1. Contexto del sistema de indicadores .....	48
3.1.1. Ámbito Geográfico del Sistema de Indicadores .....	48
3.1.2. Enfoque sectorial del análisis .....	49
3.1.3. Contexto Político-Administrativo .....	49
3.1.4. Selección de Periodos cronológicos claves .....	50
3.2. Trabajos de investigación previos .....	51
3.2.1. Caracterización de Sistemas de Indicadores existentes de utilidad .....	51
3.2.2. Caracterización de las Bases de Datos útiles .....	51
3.3. Proceso de generación de indicadores .....	52
3.3.1. Estructura Inicial del Sistema de Indicadores en Áreas Temáticas .....	52
3.3.2. Generación de indicadores simples por áreas temáticas .....	54
3.3.3. Generación de indicadores complejos o sintéticos. Estructura final del Sistema de indicadores .....	54
3.4. Proceso de selección de indicadores .....	55
3.4.1. Caracterización .....	55
3.4.2. Valoración .....	56
3.4.3. Selección de Indicadores .....	56

3.5. Creación técnica y aplicación de los indicadores .....	56
3.5.1. Características y construcción técnica de los indicadores.....	56
3.5.2. Aplicación y desarrollo de los indicadores en las Áreas Geográficas.....	57
3.6. Obtención y estimación de los Valores Umbrales y Objetivos.....	57
3.6.1. Valores de Referencia .....	57
3.6.2. Estimación de Valores Umbrales: deseables y críticos .....	58
3.6.3. Estimación de Valores Objetivo o de aproximación pragmática hacia valores deseables .....	58
3.7. Discusión e interpretación de los resultados .....	58
3.8. Indicadores de desarrollo sostenible: un resumen .....	59
3.9. El agua virtual .....	62
3.9.1. Los colores del agua virtual.....	62
3.9.2. Flujos del agua virtual.....	64
3.10. La “Huella Hídrica” (water footprint).....	65
<b>4. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE LA “HUELLA HÍDRICA” .....</b>	<b>67</b>
4.1. “Huella Hídrica” (WFP).....	67
4.1.1. “Huella Hídrica” Interna (IWFP) .....	67
4.1.2. “Huella Hídrica” Externa (EWFP) .....	68
4.2. Contabilidad de la “Huella Hídrica”.....	68
4.3. “Huella Hídrica” de un consumidor o de un grupo de consumidores .....	69
4.4. “Huella Hídrica” de un proceso y de un producto .....	70
4.4.1. De una etapa del proceso .....	70
4.4.2. De un producto.....	73
4.5. Cálculo de la “Huella Hídrica” a diferentes escalas territoriales.....	74
4.5.1. “Huella Hídrica” de un área geográfica determinada .....	75
4.5.2. “Huella Hídrica” de un país .....	75
4.6. “Huella Hídrica” de la agricultura (WFAgr).....	75
4.6.1. Recursos hídricos utilizados en la agricultura (UAAgr).....	76
4.6.2. Flujo de agua virtual en la agricultura .....	76
4.7. “Huella Hídrica” de la ganadería (WFGan).....	78
4.7.1. Contenido de agua virtual de un animal vivo .....	78
4.7.2. Contenido de agua virtual de los productos ganaderos.....	79
4.7.3. Flujo de agua virtual de los productos ganaderos.....	80
4.8. Flujos monetarios de la “Huella Hídrica” .....	80
<b>5. “HUELLA HÍDRICA” MUNDIAL: ESTUDIOS PREVIOS .....</b>	<b>83</b>
5.1. “Huella Hídrica” de las Naciones – Water Footprint of Nations.....	83
5.2. Estudios realizados en España .....	86
5.2.1. “Huella Hídrica” y comercio de agua virtual.....	88
5.2.2. “Huella Hídrica” de la agricultura española .....	90
5.2.3. “Huella Hídrica” de la producción de tomate.....	92
5.2.4. Flujos de agua de los cereales españoles.....	93
5.2.5. Metabolismo hídrico del sector hortofrutícola de Andalucía.....	93
5.2.6. “Huella Hídrica” de la cuenca del Guadiana.....	95
<b>6. CONSUMO DE AGUA VIRTUAL EN ESPAÑA .....</b>	<b>97</b>
6.1. Metodología de cálculo .....	97
6.1.1. Consumo de Agua en la Agricultura Española .....	97
6.1.2. Consumo de Agua en la Ganadería Española.....	98
6.1.3. Consumo de agua industrial y doméstico .....	103
6.2. Consumo de agua virtual en España .....	103
6.2.1. Agricultura .....	103
6.2.2. Ganadería .....	110

6.2.3. Doméstica e Industrial.....	115
6.2.4. Consumo de agua total .....	117
6.3. Exportaciones e Importaciones de Agua virtual.....	120
<b>7. LAS DIFERENCIAS TERRITORIALES Y LA “HUELLA HÍDRICA” ESPAÑOLA.....</b>	<b>125</b>
<b>8. ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA, EN EL CONTEXTO DE LA “HUELLA HÍDRICA” ESPAÑOLA .....</b>	<b>161</b>
8.1. Sostenibilidad de la “Huella Hídrica”.....	161
8.2. Gobernanza y gestión del agua .....	164
8.3. Aguas residuales. Características y clasificación.....	166
8.4. Técnicas para la gestión del agua .....	167
8.4.1. Ahorro y Uso eficiente del agua .....	167
8.4.2. Depuración .....	168
8.4.3. Reutilización.....	168
8.4.4. Desalación de aguas en España: estado de la cuestión ante la realidad de la “Huella Hídrica” de nuestro país.....	169
<b>9. CONJUGUEMOS EL FUTURO IMPERFECTO, A MODO DE RESUMEN Y CONCLUSIONES.....</b>	<b>181</b>
<b>10. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>187</b>
<b>11. REFERENCIAS .....</b>	<b>207</b>
<b>12. ÍNDICE DE FIGURAS .....</b>	<b>213</b>
<b>13. ÍNDICE DE TABLAS .....</b>	<b>215</b>



## PRÓLOGO

Imprescindible para la vida y las actividades de los seres humanos, *el agua es “el vehículo de la naturaleza”*, escribió Leonardo da Vinci. Sin embargo, este elemento natural cuando es usado para cubrir distintas necesidades se transforma en un recurso. Ahora bien, no todas las personas disponen de él. Esto sucede por varios motivos como que la distribución de los recursos de agua dulce en el mundo es muy desigual. Esta situación lleva a situaciones de escasez, cuyo origen no es sólo el medio natural, sino que hunde sus raíces en complejas realidades sociales, económicas, políticas,..., dándose una importante relación entre abastecimiento y desarrollo (y es que hasta ahora, la escasez de agua se ha considerado como un problema hidrológico o a lo sumo económico).

La humanidad requiere el agua cada vez en mayores cantidades para realizar sus actividades. El mayor consumo de agua se debe al incremento de las prácticas de irrigación agrícolas, al gran desarrollo industrial o a la existencia de hábitos de consumo que, en ocasiones, implican su derroche, olvidándose de que menos del uno por ciento de los recursos de agua dulce del planeta están disponibles para el consumo (más del setenta por ciento del agua dulce está congelada en los glaciares, y la mayor parte del resto se presenta como humedad en el suelo, o en profundas capas acuíferas subterráneas de difícil accesibilidad); de éste, el dieciocho por ciento se usa para cultivar alimentos destinados a las crecientes poblaciones de los países en desarrollo, por lo que de mantenerse la tendencia, el consumo total del agua aumentará en más de un cuarenta por ciento, en los próximos años.

En los momentos actuales, las publicaciones que intentan evaluar y analizar los problemas y realidades que rodean al agua, en España, grosso modo, tratan de los recursos hídricos, de ecología y de ciencias ambientales. El libro que estamos presentando se encuadra en el primer y último de los grupos, mostrándonos un presente y un futuro que, como diría Ortega, se nos presenta al tratar del tema del agua, contingente, dependiendo del entreluzo de la circunstancia, el azar y el carácter.

En este sentido, señalar que a lo largo de los últimos años se están realizando investigaciones alrededor de lo que ha dado en denominarse “Huellas”. Entre ellas destacar la ecológica y la hídrica. Si por la primera entendemos la cantidad de terreno que necesita una comunidad para satisfacer todas sus necesidades, el de huella hídrica representa la cantidad de agua que hace falta para sostener la actividad de una población; junto a éstos añadir el concepto de “Agua Virtual” que implica producir donde el agua es abundante y vender donde el agua es escasa.

Desde FUNDACIÓN MAPFRE creemos que conocer la realidad que rodea a la problemática del agua en España, conforma un tema de gran actualidad científica en los momentos presentes, tal y como se pone manifiesto en la investigación que ahora presentamos. Se resalta en el mismo cómo a lo largo de la segunda mitad del siglo XX y en los prolegómenos del XXI, la expansión de regadíos, la urbanización, la industrialización, el desarrollo de las actividades turísticas y los aprovechamientos hidroeléctricos han favorecido un fuerte incremento de las demandas de agua, superando a veces la oferta natural de recursos disponibles, de esta forma se nos muestra como algo imprescindible estudiar el agua desde otras perspectivas que podemos calificar como “novedosas”, intentando interpretar una realidad que Jorge Luis Borges consideraba “compleja y contradictoria”.

Agradecer desde FUNDACIÓN MAPFRE el esfuerzo, dedicación y cariño puesto por los autores, en especial del profesor José Antonio Sotelo Navalpotro, en la realización de esta publicación, imprescindible para entender la verdadera importancia que adquiere el agua en nuestro país.

Antonio Guzmán Córdoba  
Director General del Instituto de Prevención, Salud y Medio Ambiente  
FUNDACIÓN MAPFRE



## PRÓLOGO

Todos los trabajos, y por ende, su publicación tienen una historia; en nuestro caso la de una investigación que se ha extendido a lo largo de dieciocho meses, marcados por la búsqueda de una forma para expresar los resultados alcanzados, al aplicar la “Huella Hídrica” a la compleja realidad territorial de España, en el contexto del Cambio Ambiental. Hoy la humanidad presta una atención vigilante a la superficie terrestre, quizá porque se es consciente de las limitaciones, pues el rechazo a las ilusiones pasadas subraya la afirmación de Paul Valéry en su plenitud: “la era del mundo concluido comienza”.

Es en el deseo universalmente compartido, de organizar el medio de nuestra existencia, en el que encontramos una posible respuesta a la afirmación de John Maynard Keynes quien en “La teoría general del empleo, el interés y el dinero” señalaba que “cuando el desarrollo del capital de un país se convierte en subproducto de las actividades propias de un casino, es probable que la tarea se realice mal”. Esto no tiene en sí mismo nada de revolucionario, pues es lo que está sucediendo con el capital físico de no pocos territorios, si bien algunos de los intentos más ambiciosos de dominio, como por ejemplo sobre el agua, son legado de la antigüedad. El problema es que el agua es un recurso muy escaso para los más de mil millones de personas que carecen de acceso al agua potable, a las que habría que sumar otros casi tres mil millones de personas que no poseen un saneamiento adecuado. En la mayoría de las regiones el problema no es la falta de agua dulce potable sino, más bien, la mala gestión y distribución de los recursos hídricos. La mayor parte del agua dulce se utiliza para la agricultura, mientras que una cantidad sustancial se pierde en el proceso de riego, pues, la mayoría de los sistemas funcionan de manera ineficiente.

La investigación que se presenta parte de la idea, de que tenemos que utilizar el agua de manera más eficiente, reduciendo el derroche. Los problemas del agua en la actualidad se centran tanto en la calidad como en la cantidad. Si bien las naciones industrializadas han tenido bastante éxito en el control de la contaminación proveniente de las industrias, siguen teniendo problemas con la escorrentía en las tierras de cultivos y con las aguas, que fluyen de los centros urbanos, cargadas con todo tipo de elementos nocivos. La situación es muy distinta en los países en desarrollo, donde hay un déficit notable de sistemas de alcantarillado y de controles de aguas residuales industriales. Así, pues, son muchos los temas que quedan por tratar (de hecho, resulta sorprendente que en los países con mayor capacidad económica, poco más de la mitad de la población cuente con el servicio de plantas de tratamiento de aguas residuales).

El Ser Humano desde sus inicios, ha tenido y tiene la necesidad de preservar sus huellas, en un soporte más robusto que su mera memoria. Es así como nos encontramos ante vocablos polisémicos que hoy permiten abstracciones que intentan dar respuesta a la complejidad. En nuestro caso con un punto de partida y de llegada: el agua. La línea seguida es la marcada por el profesor Ángel Ramos, gran impulsor de la defensa del medio natural, desde la crítica de un mundo materializado, cuya interpretación suele realizarse a partir de criterios exclusivamente económicos, lejos de los fundamentos filosóficos, y, naturalmente, del espacio geográfico, del territorio, o del propio cambio ambiental (como señalaron los profesores Casas Torres y Bosque Maurel). De hecho, surge así la línea de investigación “Planificación Integral vs. Sistemas de Gestión Medioambiental”, directriz del Grupo de Investigación de la Universidad Complutense de Madrid: “Desarrollo y Gestión Ambiental del Territorio”, en cuyo seno se ha realizado el presente estudio, a cargo de los profesores e investigadores Jorge Olcina Cantos (Dr. en Geografía, Catedrático de la Universidad de Alicante), Alfredo Tolón Becerra (Dr. Ingeniero Agrónomo, Profesor Titular de la Universidad Politécnica de Almería), Xavier B. Lastra Bravo (Ingeniero Agrónomo, Investigador de la Universidad Politécnica de Almería), Fernando García Quiroga (Dr. en Geografía., Profesor Titular interino de la Universidad Complutense de Madrid), María Sotelo Pérez (Economista, Diplomada en Geografía por la Universidad Complutense de Madrid), y, el que suscribe.

De esta forma, si el término “huella” se define como “la marca que produce el pie en el terreno en el que pisa”, desde la metáfora ensayística, el libro prologado muestra los resultados que dimanar de un estudio sobre la “Huella Hídrica”. Un indicador cuya aplicación a la realidad española debe hacerse desde la consciencia de que hasta hace relativamente poco, el pensamiento científico dominante era el reduccionismo, cuyo enfoque considera que basta un conocimiento detallado de cada uno de los componentes de un sistema y de sus leyes fundamentales, para entenderlo globalmente. El truco está en que esto sólo es posible si el sistema es lineal, de tal forma, que se puede descomponer en cada una de sus partes, cuyo comportamiento dinámico es conocido, analizarlas de forma independiente y volverlas a juntar para entender cómo se comporta el conjunto. A pesar de que todos ellos están formados por una cantidad ingente de partículas son sistemas tratables desde el punto de vista físico porque, en promedio, todas sus partículas se comportan igual. Pero, la mayoría de los sistemas son no lineales (I. Sendiña-Nadal). Y es aquí, en los sistemas complejos, donde nos encontramos con “Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos”, magnífico opúsculo de Ramón Llamas Madurga, punto de referencia para cualquier estudio sobre el agua, y sus huellas, en España, en el ámbito de unos cambios ambientales sugeridos por avances desmedidos, o no siempre medidos, cuyas huellas se pueden ver en el medio natural humanizado. Con el profesor Llamas podemos afirmar que “de acuerdo con lo aprobado en la Conferencia de 2002 sobre el Desarrollo Sostenible, la pobreza extrema es el principal problema ecológico de este planeta; al mismo tiempo es un tema ético de la máxima entidad. Su resolución requiere algo más que pomposas declaraciones internacionales, de las que muchos comienzan a estar saturados, por no decir hartos”.

La historia de nuestra investigación no habría pasado de sus inicios sin la existencia de un proyecto auspiciado por FUNDACIÓN MAPFRE, sensible ante los problemas que rodean al agua; y la constancia, el esfuerzo, la dedicación e ilusión de Antonio Guzmán Córdoba y Fernando Camarero Rodríguez, a los que nuestro reconocimiento.

José Antonio Sotelo Navalpotro  
Catedrático de la Universidad Complutense de Madrid  
Director Adjunto del Instituto Universitario de Ciencias Ambientales (UCM)

# 1. INTRODUCCIÓN

Señalaba Aristóteles que existían cuatro tipos de elementos (agua, aire, tierra y fuego) que sufrían un “*movimiento natural*”. De este modo, cada uno de ellos se dirigía hacia su “esencia”: la tierra hacia la tierra, el agua hacia el agua, el fuego.... La comprobación de la teoría era sencilla de realizar: la tierra cae hacia abajo, se hunde incluso en el agua hasta alcanzar al resto de la tierra; el fuego se escapa hacia arriba; el aire se esparce sobre la superficie terrestre, etc. De esto dedujo, que cada uno de los elementos tiende a volver a su “lugar natural”. La tierra, el fuego, el agua se han ido convirtiendo, sucesivamente, en objetos del comercio. A partir de la revolución industrial se pone de manifiesto diversas formas de contaminación ambiental en general y contra la atmósfera en particular. Estos atentados constituyen, en si mismos, una forma de apropiación del aire. Pero sus efectos no eran objeto hasta ahora de transacción oficial y podían cargarse en la cuenta de las “externalidades” negativas. Mientras el fenómeno era disperso, y de poca amplitud, sólo los ecologistas se preocuparon de él, así como algunos economistas y geógrafos preocupados por el bienestar de sus conciudadanos. Pero la multiplicación y el crecimiento desmesurado de estos atentados al medio ambiente han provocado una concienciación sobre la amplitud de los daños causados a la atmósfera, al agua y a la salud. Con las negociaciones climáticas, los industriales y las naciones más contaminantes se han visto obligadas a enseñar sus cartas. Admiten que ahora deben tener en cuenta lo que antes se les daba gratuitamente y, para hacerlo, se propició la aparición de un “mercado”. Y es que, si bien es cierto que buena parte de los errores de gestión de recursos naturales son consecuencia de una explotación o degradación excesiva de los ecosistemas, también existen casos en los que la supresión de intervenciones puede dar lugar a numerosísimos problemas. Por tanto, es imprescindible aceptar que las líneas generales del desarrollo equilibrado basado en un conocimiento de la realidad ecológica son el punto de partida, eso sí, sin olvidarnos de un peligro muy grave, el de la “tecnocratización” del medio ambiente (entendiendo por tal, la confiscación y apropiación de las cuestiones medioambientales por una élite, algo enormemente pernicioso).

Se habla, de esta manera de “recurso”, entendido como todo aquello que es o puede ser utilizado por la sociedad para satisfacer una necesidad. Suele distinguirse entre recursos naturales y recursos culturales; por naturales entienden los naturalistas —especialmente, zoólogos, botánicos, geólogos, geógrafos...— como aquellos integrados por todos los “bienes de la naturaleza”. De hecho, es por todos conocido que cuando una especie se asienta sobre un biotopo su población crece; al incrementarse esa población aumenta la resistencia ambiental, que provoca una disminución del número de individuos, alcanzándose un equilibrio que —en el mejor de los casos— lleva a un número estable de los mismos (población límite). En el caso de la especie humana, el hombre es capaz de generar y consumir, no sólo recursos naturales sino también recursos culturales y tecnológicos, que utiliza para disminuir la resistencia natural del medio, modificándolo. Sin embargo, a diferencia de lo descrito anteriormente, el ser humano se muestra capaz de adaptarse al medio natural, de lo que no está siéndolo es de re-

partir —adecuadamente— los distintos recursos existentes. Además, puede afirmarse que la primera modificación del medio fue la agricultura, conformando la segunda la “revolución industrial” (marcada por la tendencia a proporcionar a la sociedad recursos transformados). Sin embargo, pese a modas y defensa de intereses varios, el hambre en el mundo, el problema de la malnutrición, son ante todo problemas de justicia social y no de carencia de recursos, poniéndose de manifiesto en este sentido la trágica y lamentable diferencia entre países desarrollados y subdesarrollados. Para la F.A.O. “los datos examinados indican que los suministros globales de alimentos, aunque en la actualidad son abundantes, podrían ser suficientes para atender a las necesidades nutricionales de la población mundial, si la distribución entre los países y dentro de los mismos fuera ideal desde el punto de vista nutricional /.../ los grupos vulnerables no pueden comprar o cultivar bastantes alimentos para atender a sus necesidades, y tienden a tener menor acceso a los servicios sanitarios, sociales y educacionales, lo que empeora aún más su privación”.

Por otra parte, señalar que en los momentos actuales, las dos catástrofes que estamos padeciendo —la crediticia y la medioambiental— están totalmente ligadas y cada una de ellas se dirige hacia su propia “esencia”. En los primeros años del siglo XXI, el mundo está sufriendo las consecuencias de un modelo económico en declive, dando lugar a una plaga de dimensiones incalculable: la pobreza. Se está agrandando la brecha de la desigualdad entre ricos y pobres, a la par que una continua degradación ambiental del planeta. Sorprendentemente, el modelo de crecimiento económico basado en una mano de obra barata, una moneda infravalorada, exportaciones a ultranza, ..., empieza a parecer cuando menos insostenible, aunque siga subyaciendo en la decisión de muchos Estados, de no reconocer el derecho inalienable del acceso al agua por parte del ser humano, de todos los seres humanos. Este debe ser uno de los principios fundamentales, base de unos estilos de desarrollos diferentes, y de unos nuevos esquemas económicos capaces de sustituir a los actuales, que se han mostrado ecológicamente depredadores, socialmente injustos y económicamente inviables. El agua es, por tanto, un bien que se constituye en un derecho fundamental del hombre. David Hume, en su “Investigación sobre el conocimiento humano” afirmó que, al tratar del mismo “cuando inferimos una causa determinada a partir de un efecto, hemos de proporcionar la una a la otra”.

Desde esta perspectiva, el concepto de desarrollo sostenible se ha incorporado en múltiples facetas de nuestra sociedad en un intento de conciliación del crecimiento económico con la preservación del medio natural. En este sentido, y tal vez de forma pionera, es en el campo del desarrollo donde cobra especial importancia la aplicación de los principios de la sostenibilidad, acompañándose de numerosas declaraciones y estudios, desde la década de los setenta. El paradigma de la sostenibilidad no supone una aportación novedosa en el campo de la planificación, pero sus principios se han cohesionado dentro de un concepto integrador que ha calado en las instituciones, agentes sociales y opinión pública, en un contexto en el que las políticas de desarrollo obligan a un equilibrio irrenunciable entre el crecimiento económico, la preservación ambiental y la equidad social, por tanto, supone una revalorización y, en cierto modo, una reorientación de la planificación y gestión del desarrollo. Parafraseando al profesor Milton Santos (*La naturaleza del espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción.*, 2000., Barcelona., Edt. Ariel) destaca el hecho de que toda actividad productiva de los hombres implica una acción sobre la superficie terrestre, una creación de nuevas formas, de modo que «producir es producir espacio». Afirma también que la organización del espacio está determinada por la tecnología, la cultura y la organización de la sociedad objeto de estudio. De un modo concreto, señala que en la sociedad capitalista, la organización espacial viene impuesta por el ritmo de la acumulación que representa una dotación diferencial de instrumentos de trabajo en la superficie terrestre, una fijación de capital en el espacio de acuerdo con una distribución desigual y combinada. De este modo, los lugares constituyen una combinación de capital, trabajo, tecnología y trabajo muerto incluido en las «rugosidades». Milton Santos sugiere que en el mundo actual, la unidad de análisis ha de ser el Estado si se quiere comprender los diferentes contenidos regionales de un país. El Estado es agente de transformación, difusión y dotación e intermediario entre los agentes externos e internos de un territorio. Es el que orienta los estímulos y el gran creador de «rugosidades». Las diferencias de los lugares son naturales e históricas y la organización del espacio es una combinación variable de residuos vivificados en el tiempo y coordinados de un modo general por el Estado. La organización social del espacio es una constante articulación de elementos naturales, procesos históricos y presentes, hechos asincrónicos operando sincrónicamente. Así se explica que el

proceso de modernización no alcance a todos los lugares por igual y se vea estimulado por el Estado siguiendo la lógica de los intereses dominantes y no los de los intereses del conjunto de los humanos.

Como señala la Declaración europea por una nueva cultura del agua, “la escasez de agua es presentada a menudo como el problema más grave del siglo XXI. Sin embargo, el problema no es propiamente de escasez en términos de cantidad sino de calidad. Asistimos a las trágicas consecuencias de una de las crisis ecológicas más graves jamás conocidas por el ser humano: la crisis ecológica de los ecosistemas acuáticos continentales”. Hasta ahora, la escasez de agua se ha considerado como un problema hidrológico o a lo sumo económico; el 70 por ciento de la superficie del planeta está cubierta por agua, de ella tan sólo el 2.5 por ciento es dulce, mientras que el restante 97.5 por ciento es agua salada. Más del 70 por ciento del agua dulce está congelada en los glaciares, y la mayor parte del resto se presenta como humedad en el suelo, o en profundas capas acuíferas subterráneas de difícil accesibilidad. Así pues, menos del 1 por ciento de los recursos de agua dulce del planeta están disponibles para el consumo; de éste, el 17 por ciento se usará para cultivar alimentos destinados a las crecientes poblaciones de los países en desarrollo, por lo que de mantenerse la tendencia, el consumo total del agua aumentará en un 40 por ciento, en los próximos años. A esto hay que añadir, que la distribución de los recursos de agua dulce en el mundo es muy desigual. Las zonas áridas y semiáridas suponen el 40 por ciento de la masa terrestre, y éstas disponen solamente del 2 por ciento de la precipitación mundial. En esto como en tantas otras cosas, las narrativas no son neutrales sino que transmiten una cierta ideología y se centran en demarcar unos espacios con una comunidad imaginada de intereses políticos, económicos,..., en un mar de nexos cambiantes de relaciones globales, regionales, nacionales y locales.

Y es que el acceso al agua potable y al saneamiento es uno de uno de los Objetivos de Desarrollo del Milenio establecidos por la ONU para 2015; sin embargo, a falta de menos de un lustro para que expire este plazo, se está lejos de lograrlo, pues más de mil millones de seres humanos carecen de agua segura y casi la mitad de la población del mundo vive sin saneamiento básico. Es en este contexto en el que “el interés por la “Huella Hídrica” se origina en el reconocimiento de que los impactos humanos en los sistemas hídricos pueden estar relacionados, en última instancia, al consumo humano y que temas como la escasez o contaminación del agua pueden ser mejor entendidos y gestionados considerando la producción y cadenas de distribución en su totalidad” señala el profesor Arjen Y. Hoekstra, creador del concepto de la “Huella Hídrica” y director científico de la Red de la “Huella Hídrica”. “Los problemas hídricos están a menudo íntimamente relacionados con la estructura de la economía mundial. Muchos países han externalizado significativamente su “Huella Hídrica” al importar bienes de otros lugares donde requieren un alto contenido de agua para su producción. Este hecho genera una importante presión en los recursos hídricos en las regiones exportadoras, donde muy a menudo existe una carencia de mecanismos para una buena gobernanza y conservación de los recursos hídricos. No solo los gobiernos sino que también los consumidores, comercios y la sociedad en general pueden jugar un papel importante para alcanzar una mejor gestión de los recursos hídricos (Water Footprint).

Centrándonos en este recurso tan valioso, el agua, los países que más la consumen, y por tanto tienen la mayor “Huella Hídrica” son la India, China y Estados Unidos, ocupando España el número 25 en la lista. Si se mantiene un ritmo parecido, para el año 2030 necesitaremos dos planetas para producir lo que consumimos, que ya serían tres planetas para el año 2050. A pesar de lo negativo que puedan parecer estos datos, desde WWF se declara que la situación es grave pero no terminal, para solucionarlo necesitaríamos una mayor apuesta por las energías renovables y reducir el consumo de algunos productos como la carne o los lácteos, que son altamente costosos en recursos, en su producción.

En España el Programa AGUA del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, señala que el agua es, al mismo tiempo, un derecho y una responsabilidad. Todo ciudadano debe saber cómo participar de forma activa en la gestión del agua, y debe exigir a los poderes públicos que eviten todo abuso y degradación de este bien público. El agua tiene un valor económico, social y ambiental. Toda actuación debe tener en cuenta esa triple dimensión, así como la gestión integral del agua en cada cuenca. España forma parte de la Unión Europea, lo que comporta la posibilidad de obtener recursos económicos adicionales y obliga a cumplir las normas europeas: en materia de agua, la Directiva Marco 2000/60, así como todas las normas relativas a la calidad del agua y al cuidado del medio ambiente. La innovación tecnológica permite, cada vez más, un mayor ahorro y eficiencia en el uso del agua, así

como una mayor garantía de disponibilidad y de calidad en el suministro; favorece, asimismo, la preservación y la restauración de los ecosistemas asociados al agua. El agua no es un bien ilimitado, ni su disponibilidad en la cuantía y calidad adecuada es gratuita. El uso del agua debe tener en cuenta sus costes reales, así como el beneficio económico que puede generar su utilización; y debe respetar la exigencia de un caudal mínimo para mantener los ecosistemas de cada cuenca incluidos los costeros.

Como señala el Informe Planeta Vivo (2010), la "Huella Hídrica" de la Producción es una medida del agua utilizada en diferentes países, así como un indicador de la demanda humana de los recursos hídricos (Chapagain, A.K. y Hoekstra, A.Y.). Está compuesta por el volumen de aguas verdes (lluvia) y azules (extraída) consumido para producir bienes agrícolas de los cultivos y ganado, el mayor uso del agua, así como las aguas grises (contaminadas) que genera la agricultura y los usos domésticos e industriales del agua. La "Huella Hídrica" de la Producción es el volumen de agua dulce utilizado para producir bienes, medida a lo largo de toda la cadena de abastecimiento, así como el agua empleada en los hogares y la industria, especificada geográficamente y temporalmente. Tiene tres componentes: "Huella Hídrica" verde", entendiéndose por tal el volumen de agua de lluvia que se evapora durante la producción de los bienes; para productos agrícolas, ésta es el agua de lluvia almacenada en el suelo que se evapora de los campos de cultivo; "Huella Hídrica" azul", es decir, el volumen de agua dulce extraído de fuentes superficiales o de aguas subterráneas que utiliza la gente y no es devuelta; para productos agrícolas se contabiliza sobre todo la evaporación del agua de riego de los campos, y la "Huella Hídrica" gris", el volumen de agua requerido para diluir los contaminantes liberados en los procesos de producción hasta tal concentración que la calidad del agua se mantenga por encima de los estándares de calidad acordados. Dado el insignificante volumen de agua que se evapora durante los procesos domésticos e industriales, la "Huella Hídrica" de la Producción incluye solamente la "Huella Hídrica" gris de los hogares y la industria. Los Estados utilizan y contaminan volúmenes de agua muy diferentes. Y lo que es más grave, tienen niveles de estrés hídrico muy diferentes sobre los recursos. El estrés hídrico es la suma proporcional de las huellas hídricas azul y gris disponibles. Los países están experimentando actualmente un estrés de moderado a grave sobre las fuentes de aguas azules. Entre estos se incluyen los productores de bienes agrícolas más importantes de los mercados nacionales y globales, como India, China, Israel y Marruecos. Esta presión sobre los recursos hídricos se acentuará con el aumento de población humana y el crecimiento económico, y se verá agravada por los efectos del cambio climático. Una limitación de este tipo de análisis es que se restringe a escala nacional, mientras que el uso del agua se realiza mucho más a escala local o de cuenca fluvial. De esta manera, países clasificados como sin estrés hídrico pueden tener áreas de mucho estrés y viceversa. Por esta razón, el análisis debería ser posteriormente refinado a escala local y de cuenca fluvial. Desde esta perspectiva señalar que la "Huella Hídrica" de España ha sido de 1.752,6 metros cúbicos por año per cápita, en 2007 (cifra notablemente inferior a los valores obtenidos por Chapagain y Hoekstra (2004), que ascendieron a 2.325 metros cúbicos por año per cápita para el período 1997-2001); hay que destacar, igualmente, que alrededor del treinta y cinco por ciento de la "Huella Hídrica" de nuestro país, se origina fuera de España.

Así, pues, aproximarnos a su análisis e interpretación va a permitirnos conocer mejor la realidad medioambiental de nuestro país, de su espacio geográfico considerado desde el ámbito físico, como desde el social y económico.

## 2. PRIMERA APROXIMACIÓN: LOS RECURSOS HÍDRICOS EN ESPAÑA

La especie humana ha venido y viene usando tanto el agua como el aire, al igual que el resto de las especies, para cubrir sus necesidades biológicas. Con sus más de 6.000 millones de habitantes en el 2009, atribuyendo una media de 55 kilogramos por habitante, vendría a suponer una biomasa total de casi trescientos millones de tm (compuesta en un 70% de agua y el 30% restante de materia seca). Una persona adulta necesita diariamente de unos 12 kilos de aire y entre 2 y 4 litros de agua.

El uso actual del agua, sin embargo, desborda notablemente las exigencias biológicas de la especie, pues se está utilizando en unos niveles sin precedentes, tanto para aumentar la producción de los sistemas agrarios mediante el riego, como para servirse de ella en las propias actividades extractivas, en los sistemas urbanos e industriales... Así, a pesar de ser el agua un elemento muy abundante en nuestro planeta, no por ello deja de ser problemática su gestión, tanto desde el punto de vista económico, como ecológico.

En el caso concreto de la Península Ibérica, la existencia de dos territorios biogeográficos distintos, la “Iberia seca” y la “Iberia húmeda”, influye muy notablemente en el uso del líquido elemento. Pues, el carácter “seco” no es tanto, consecuencia de unas precipitaciones escasas —que también en algunas zonas—, sino que éstas son irregulares, tormentosas y con una alta evapotranspiración, presentando un “balance hídrico natural” deficitario a lo largo de buena parte del año, con rasgos marcadamente mediterráneos. Éste se ha compensado a través del uso de agua subterránea, y, mediante la selección de plantas y especies animales que se adaptaban a este tipo de necesidades. Además, esto se ha visto complementado por dos hechos recientes: la expansión imparable del sector turístico residencial, y, de la agricultura hortofrutícola.

Nos encontramos por tanto ante una realidad tangible, todas las cuencas hidrográficas presentan un déficit natural de agua de calidad —excepción hecha del norte y noroeste—, dependiendo de cuestiones políticas el que haya o no excedentes de agua de calidad. Así, pues, cómo corregir el desequilibrio hídrico, solventando obstáculos orográficos que inciden notablemente en el reparto del agua. Además, la continua expansión de los regadíos en áreas como la Meseta está acortando aún más la posibilidad de trasvasar los excedentes.

El caso concreto del trasvase Tajo-Segura nos muestra la falta de previsión, ya que no se intuyó siquiera que en la Mancha se iban a poner en regadío casi 150.000 hectáreas, por lo que amén de la explotación de las aguas subterráneas, se necesitaría también el agua trasvasada.

Por otra parte, no podemos olvidarnos que tras un siglo de construcción de grandes obras hidráulicas promovidas por el Estado, no se ha conseguido satisfacer la demanda de la población, ni superar los efectos negativos de las sucesivas sequías, aunque sí transformar y degradar las cuencas hidrográficas (tanto en el ámbito superficial como en el subterráneo). Todo ello unido a un notable aumento del coste económico y ecológico de las nuevas obras; de hecho, al propugnarse una oferta de agua a bajo precio, se potenciaron políticas de gestión y uso muy poco racionales (al transmutar la cultura

tradicional que facilitaba a la población el convivir con la escasez de agua, característica del clima mediterráneo, por otra marcada por la abundancia sin límite, se ha caído en la indiferencia por el uso del agua, y por los costes de los proyectos).

A lo expuesto debemos añadir que durante los últimos años el interés por el hipotético “Cambio Climático” inducido por el efecto invernadero está suponiendo la realización de distintas investigaciones. Los aspectos más destacados en relación con este problema, desde el punto de vista socioeconómico, radica en sus posibles efectos. Según un trabajo de los profesores F. J. Ayala y A. Iglesias — (2000) “Impactos del posible cambio climático sobre los recursos hídricos, el diseño y la planificación hidrológica en la España peninsular”, BBVA, *El Campo*, pp. 201-222— uno de los mecanismos naturales que se vería afectado, sería el Balance Hídrico, y por tanto los recursos hídricos disponibles. Se trata de un tema de especial interés en los países de clima mediterráneo como España, donde, aparte del abastecimiento urbano, sectores importantes como el turismo y la agricultura de regadío, dependen del agua disponible. La agricultura de secano, al cambiar el agua disponible en el suelo y el régimen térmico resultaría también afectada.

Desde el punto de vista de las cuencas, teniendo en cuenta que los resultados son valores medios, el posible “Cambio Climático” produciría una reducción global de los Recursos Hídricos (superficiales + subterráneos) del 17% para el 2060 (Horizonte de proyecto medio de las grandes actuaciones hidráulicas) en la España peninsular, junto a un aumento de la variabilidad interanual de las mismas. Estos efectos serían mayores en la mitad Sur de España.

Respecto de los Recursos Regulados, las reducciones porcentuales serían del mismo orden de las de los Recursos Hídricos para demanda continua (abastecimientos urbanos e industriales y aguas para saltos hidroeléctricos), y algo menores para demanda variable (regadíos y demanda real). A ellos habría que sumar el aumento de la evaporación en los embalses. El diseño de actuaciones hidrológicas, superficiales o subterráneas, sin considerar los resultados que se producirían con “Cambio Climático”, conduciría a una sobreestimación de las demandas que podrían satisfacerse, y a un “sobredimensionamiento” de presas y embalses en la mitad Sur. Los trasvases planificados en el nonato Plan Hidrológico Nacional de 1993, serían globalmente inviables para mediados del siglo que viene por falta de excedentes para trasvasar, y los del Tajo y Guadiana para el 2020.

El efecto económico de los “sobredimensionamientos” de obras hidráulicas en esa hipótesis alcanzaría los 875.284 millones de pesetas de 1992 hasta el año 2020, correspondientes en su mayor parte a los trasvases planificados en 1993. La pérdida de regulación de las actuaciones ya existentes supondría, de mantenerse la demanda actual, un costo adicional de 293.862 Millones de pesetas de 1992 hasta el 2020, correspondiente a 1462 hm<sup>3</sup> regulados nuevos a reponer. La nueva regulación para sostener los regadíos actuales, 955.956 Mpta. Para mantener, simplemente, la situación actual en regadíos y abastecimiento, sería necesario regular 2.652 nuevos hm<sup>3</sup> hasta el 2020 y 10.604 hasta el 2060.

Se ha tomado como elemento de base para las evaluaciones el único documento global existente hoy por hoy de Planificación Hidrológica Nacional, el retirado Plan del 93, tomándose como costes unitarios del hm<sup>3</sup> los que se deducen de dicho documento. El posible Cambio Climático tendría un efecto directo de pérdida de la regulación hoy existente, que obligaría, conservando la demanda, a una nueva Regulación de Reposición, inevitable en esa hipótesis.

Por otra parte, haría que un conjunto de inversiones planificadas en dicho documento no cumplieran las finalidades para las que fueron diseñadas por falta de recursos hídricos: presas que nunca alcanzarían los llenados previstos o trasvases que no podrían trasvasar recursos excedentarios que en realidad no existirían. Estas inversiones fallidas serían evitables en la medida en que fueran predecibles, lo cual es hoy factible, con las limitaciones de la modelización climática repetidamente señaladas. Además, habría que contar con una demanda suplementaria de los actuales regadíos al aumentar el consumo por ha (en definitiva, necesitamos un nuevo modelo de desarrollo).

Amartya Sen, premio Nobel de Economía de 1998, en una conferencia impartida en la Facultad de Economía de la Universidad Complutense de Madrid, señaló la gran importancia que en la actualidad tiene poder medir el denominado “Desarrollo Humano”, destacando el valor del índice de desarrollo humano (IDH) elaborado anualmente por el Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD); este índice se recoge en el *Informe sobre Desarrollo Humano*, y sirve de medición alternativa del desarrollo, complementando al PNB, sobre la base de sus tres componentes distintos –indicadores de lon-

gevidad, educación e ingreso “per cápita”– no se concentra exclusivamente en la opulencia económica (como el PNB). Dentro de los límites de esos tres componentes el Índice de Desarrollo Humano (IDH), que está sirviendo para ampliar sustancialmente la atención empírica que recibe la evaluación de los procesos de desarrollo (PNUD, 1999: 23; y siguientes hasta el 2009).

El IDH pretende medir los progresos en cuanto a desarrollo humano reflejando los logros relacionados con las capacidades humanas básicas: vivir una vida larga (esperanza de vida), tener conocimientos (logro educacional) y disfrutar de un nivel decente de vida (ingreso).

Los modelos de desarrollo regional emanados del “Índice de Desarrollo Humano” (1999) y la “Estrategia Territorial Europea” (CE 1999), en connivencia con el progreso creciente en el diseño y aplicación de sistemas de indicadores de evaluación de procesos ambientales, propician este trabajo que discute sobre la validez y utilidad de las huellas ecológica e hídrica, en la valoración del cambio ambiental global. El desarrollo de innovaciones instrumentales de este tipo es esencial para una implementación efectiva de la información en la toma de decisiones, y para a su vez innovar en los mecanismos de gobernanza, participación e integración entre planificación sectorial (hidrológica) y planificación territorial. Utilizadas habitualmente para regiones o estados, en anteriores investigaciones, hemos constatado que dichos indicadores podían utilizarse también en las empresas y en cualquier tipo de organización.

El IDH es una medición más amplia que el ingreso “per cápita”. El ingreso no es sino un medio del desarrollo humano, no un fin. Tampoco es la suma total de la vida humana. De esta manera, al centrarse en esferas más allá del ingreso y al tratar el ingreso como un representante de un nivel decente de vida, el IDH ofrece un panorama más amplio de la vida humana que el ingreso. Con la normalización de los valores de las variables que componen el IDH, su valor va de cero a uno. El valor del IDH de un país indica la distancia que ya ha recorrido hacia el valor máximo posible de uno y permite además hacer comparaciones con otros países. La diferencia entre el valor logrado por un país y el valor máximo posible indica la insuficiencia de un país, la distancia que tiene que recorrer. La tarea de cada país es hallar la manera de reducir su insuficiencia (PNUD, 1999: 128).

Este criterio clasifica a los países en tres grupos: alto desarrollo humano, con valores del IDH de 0,800 y superiores; países de desarrollo humano medio, con valores del IDH de 0,500 a 0,799; y países de desarrollo humano bajo, con valores del IDH inferiores a 0,500. Así tenemos que el índice de esperanza de vida más alto pertenece a Japón (0,92) cuya esperanza de vida al nacer es de 80,0 años y el más bajo de Sierra Leona (0,20) con una esperanza de vida al nacer de 37,2 años. El índice de escolaridad más alto (0,99) lo comparten Canadá, Bélgica, Suecia, Australia, Países Bajos, Reino Unido y Finlandia; Níger tiene el más bajo (0,14). El índice de PIB más alto (0,96) es de Luxemburgo con un ingreso “per cápita” en dólares de 30.863, el más bajo (0,24) pertenece a Sierra Leona con un ingreso “per cápita” en dólares de 410 (PNUD, 1999: 134-137). Más allá del PIB, lo que evalúa este índice son los alcances en salud y educación de un país. Instrumento en constante perfeccionamiento, ofrece una mirada sobre el estado del mundo.

La sinopsis de la degradación ambiental publicada en los *Informes* de la última década ofrecen elementos para comenzar a hacer un juicio sobre el grado o potencial de destrucción ambiental de un país, con el fin de ampliar la evaluación del proceso de desarrollo, sin embargo, los datos expuestos sobre la tasa anual de deforestación, el papel de escritorio e imprenta consumido, y las emisiones de dióxido de carbono y azufre dirán poco si no se relacionan con el impacto global que causan.

Por otra parte, señalar que la biosfera y el ciclo global del agua se han visto alterados significativamente por las actividades humanas, a lo largo de las últimas décadas. La causa principal la encontramos en la ampliación de la frontera agrícola -para cultivos y pastizales- junto con una cada vez mayor extracción de agua superficial y subterránea para el riego de los cultivos (Scanlon et al., 2007; Ellis y Ramankutty, 2008; Rost et al., 2008). La conversión del uso del suelo ha producido una reducción global de la evapotranspiración de un 2.8% y un aumento del caudal de los ríos de un 5%, mientras que el riego ha incrementado en un 1.9% la evapotranspiración y ha producido una reducción de por lo menos un 0.5% en el caudal de los ríos (Rost et al., 2008). En el caso de España, el sector agrario ha perdido significativamente parte de su peso relativo en relación con el sector de servicios, hoy en día el turismo supone un valor económico y de puestos de trabajo superior al del sector agrario (Llamas et al., 2008).

Los recursos hídricos están sujetos y son parte del cambio global y la globalización, y presentan interdependencias con otros sistemas ecológicos y sociales a todas las escalas espaciales (Hoff, 2009).

Pero hay que considerar que el agua es un recurso renovable, que no es igual a que su disponibilidad sea ilimitada (Hoekstra et al., 2009). Las interdependencias existentes pueden exponer a los recursos hídricos a presiones exógenas originadas en otras regiones (teleconexiones), y las respuestas no lineales que se produzcan pueden alterar la hidrología de los ecosistemas o de regiones enteras, amenazar la seguridad hídrica y los bienes y servicios relacionados con el agua. Hoekstra et al. (2009) consideran que en un determinado período la cantidad de agua que recarga las reservas de aguas subterráneas, y que fluye a través de los sistemas pluviales, está siempre limitada a una cantidad determinada. El agua de los ríos y de los acuíferos puede ser utilizada para el riego de los cultivos, en actividades industriales o para su uso doméstico, pero está claro que en un determinado período no se puede consumir más agua que la que se encuentra disponible.

En nuestro país existen importantes conflictos sociales y políticos en relación con la gestión de los recursos hídricos (Llamas et al. 2008). En especial, por ser en su conjunto un país semiárido, con la menor disponibilidad de recursos hídricos por habitante de la UE (Garrido y Llamas, 2009). A esto, hay que añadir que España ha experimentado en los últimos 50 años importantes y profundos cambios sociales y políticos (Llamas et al. 2008), principalmente ha pasado de ser un país predominantemente rural y autárquico a ser un país democrático e industrializado, con una economía de peso global. De esta forma, cuando en agosto de 1985 fue finalmente aprobado por las Cortes el texto de lo que desde entonces hemos venido llamando la Nueva Ley de Aguas, se tuvo la percepción personal de que esencialmente se trataba de un documento llamado a legitimar una nueva escalada en el reparto de los ríos y las aguas del país, y que todas las referencias al medio ambiente y a la profunda reforma de la Administración eran simple retórica; bastaba el hecho de comprobar que la Ley no hacía referencia al concepto de río, solo al agua, concebida como un recurso, tan es así que sus siete primeras palabras lo dicen todo: *“El agua es un recurso natural escaso”*. Los términos “escasez” y “recurso” fueron suficientes para delatar el subconsciente del legislador.

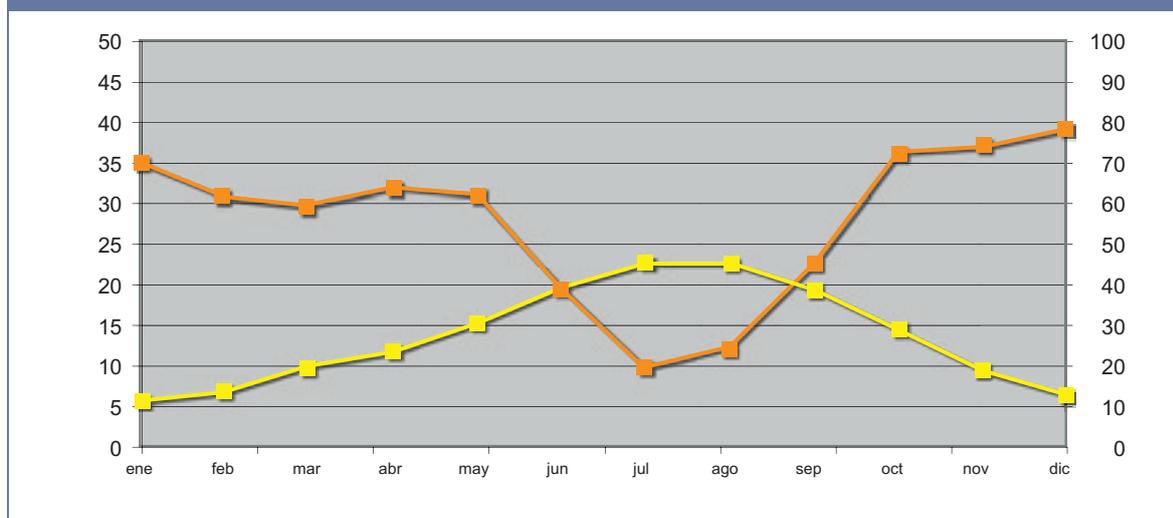
En la Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico Nacional (MMA, 2001) se destaca la presencia de importantes contrastes geográficos (en especial de los sistemas montañosos) y climáticos que condicionan la distribución y la disponibilidad de los recursos hídricos naturales en España. En especial, entre la parte norte y noreste, que poseen abundantes recursos hídricos, y la parte sur y este, zonas secas. Al respecto, en el diagnóstico ambiental de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible, se menciona que la disponibilidad de los recursos hídricos, la climatología, la irregularidad espacial y temporal de las precipitaciones y la elevada evapotranspiración provocan escasez de agua disponible en algunas regiones, situación que se ve agravada por la heterogeneidad en el consumo entre las distintas zonas (Ministerio de la Presidencia, 2007).

Las variables climáticas que inciden en la disponibilidad de recursos hídricos son la precipitación, la temperatura y la evapotranspiración. Durante el periodo 1941-2008, la precipitación media en España fue de 663.77mm año<sup>-1</sup>, con un valor máximo de 913mm año<sup>-1</sup> y mínimo de 438mm año<sup>-1</sup>. Para este mismo periodo, se calculó una evapotranspiración potencial de 1032,9mm año<sup>-1</sup> y una evapotranspiración de referencia de 394,16mm año<sup>-1</sup>. Para el periodo 1941-2009, la temperatura media fue de 13,5°C, la máxima de 24,9°C y la mínima de 1,8°C (MARM, 2008b).

La orografía incide directamente en la distribución espacial de la temperatura media anual, localizándose los mínimos, inferiores a 8°C, en los sistemas montañosos de la mitad norte peninsular, y las mayores temperaturas, delimitadas por la isoterma de 18°C, en el valle del Guadalquivir, la costa sur, costa sureste y el Levante español.

El periodo seco en España se presenta durante los meses de junio, julio, agosto y septiembre, cuando la temperatura media es el doble de la precipitación (Figura 1), considerando dos veces la temperatura media una estimación de la evapotranspiración.

FIGURA 1. Diagrama ombrotérmico de Gausson para España. Periodo 1940-2008.



Fuente: MARM, 2008b.

La escorrentía es consecuencia de la precipitación, y como tal sigue un patrón espacial similar al de las precipitaciones. Aunque, presenta una mayor variabilidad debido a las distintas características del terreno. En España, el valor medio estimado de la escorrentía total es de 214.75 mm año<sup>-1</sup> en el periodo 1941- 2008, con un valor mínimo de 108 mm año<sup>-1</sup> y un máximo de 378 mm año<sup>-1</sup>. Los valores de aportación específica (escorrentía) multiplicados por la superficie de España da como resultado el volumen de recursos hídricos totales que se generan en régimen natural en cada demarcación, siendo equivalente a 108.706 hm<sup>3</sup> de media, 191.213 hm<sup>3</sup> de máxima y 54.715 hm<sup>3</sup> de mínima.

El agua embalsada representa un recurso muy importante para poder satisfacer las demandas hídricas de la población. A enero de 2010, los embalses se encontraban a un 78.9% de su capacidad total (56.600 hm<sup>3</sup>), es decir, se disponía de 44.658 hm<sup>3</sup> de agua de reserva para los periodos más secos.

De acuerdo con la abundancia y la distribución de los recursos hídricos, se distinguen tres sectores o regiones hídricas en España: septentrional y noroccidental, central y mediterráneo (Tabla 1).

TABLA 1. Sectores hídricos de España.			
	Ubicación	Disponibilidad de recursos hídricos	Otros
<b>Septentrional y noroccidental</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Galicia y las regiones cantabro-pirenaicas</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abundantes y relativamente regulares</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Poco probable que este factor adquiriera carácter limitante desde un punto de vista ambiental o socioeconómico.</li> </ul>
<b>Central</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuencas hidrográficas interiores</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Abundancia de agua condicionada por las aportaciones que se producen desde los sistemas montañosos (Cantábrico y Pirineos).</li> <li>Lluvias modestas por la presencia de sombra pluviométrica de los sistemas montañosos circundantes</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Problemas de escasez con carácter local, atenuado por la presencia de áreas productoras de agua dentro de las mismas cuencas y por el papel distribuidor de los grandes sistemas fluviales.</li> <li>Incremento de la aridez en las áreas más continentales.</li> <li>Importantes recursos hídricos de los acuíferos detríticos.</li> </ul>
<b>Mediterráneo</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Cuencas pequeñas y medias que vierten en el mediterráneo</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Precipitaciones irregulares y prolongados periodos de sequía.</li> <li>Lluvias modestas por su localización en sombra respecto a los vientos húmedos de componente noroccidental.</li> <li>Mayor limitación en el ámbito suroriental (entre el Cabo de la Nao – Alicante, y Sierra Nevada – Granada).</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Carentes de grandes núcleos orográficos productores de agua.</li> <li>Episodios pluviométricos catastróficos de tipo convectivo.</li> <li>Importantes recursos subterráneos (acuíferos carbonatados).</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia a partir de MMA, 2001.

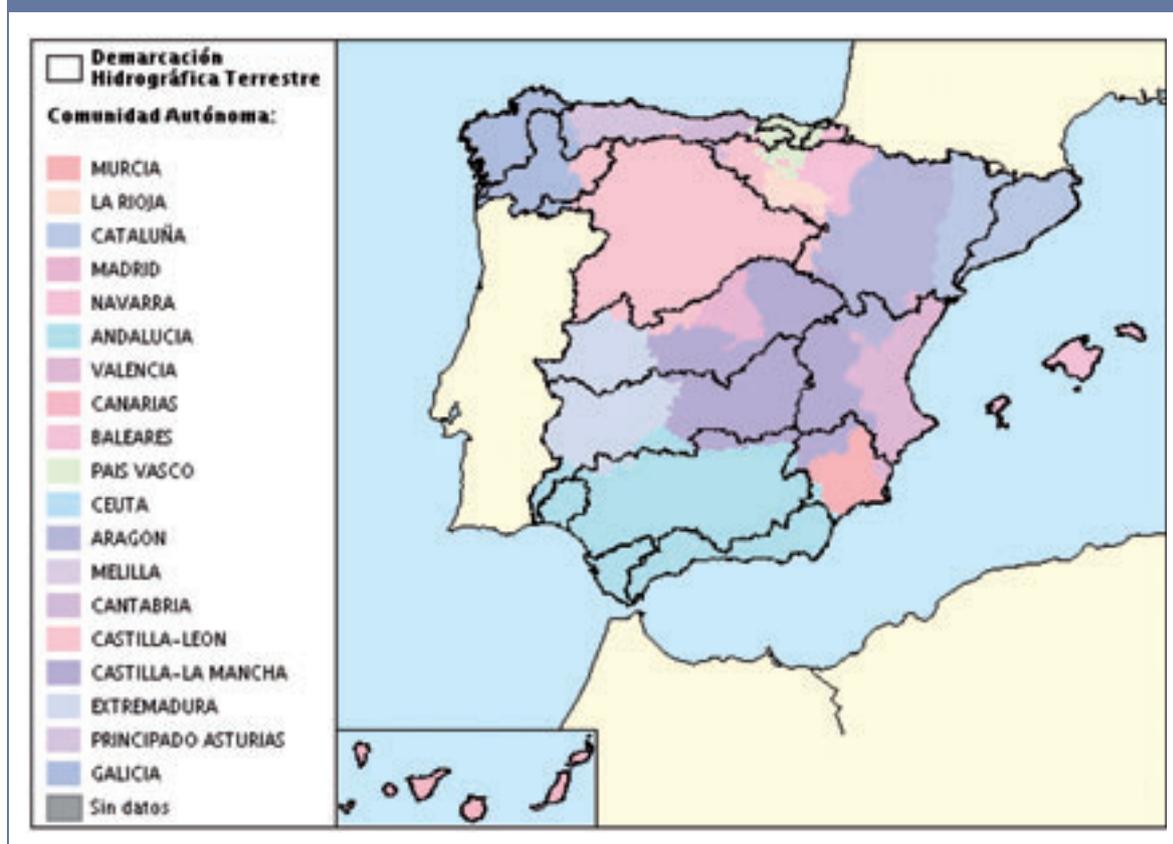
El análisis de la situación hídrica de los distintos sectores, pone de manifiesto el grave problema de disponibilidad hídrica del sector mediterráneo. La escasez de recursos hídricos es mayor en algunas cuencas, y debido al grado de agotamiento actual de todos estos recursos, esta situación no puede ser resuelta mediante la intensificación de sus propios recursos (convencionales y no convencionales).

## 2.1. DEMARCACIONES HIDROGRÁFICAS

La Demarcación Hidrográfica es la principal unidad de gestión de las cuencas hidrográficas y se define como “la zona marina y terrestre compuesta por una o varias cuencas hidrográficas vecinas y las aguas subterráneas y costeras asociadas a dichas cuencas”. Actualmente en España existen 24 demarcaciones hidrográficas terrestres que agrupan un total de 138 sistemas de explotación. Siendo los sistemas de explotación: “conjuntos de ríos o tramos de ríos, y unidades hidrogeológicas especialmente interrelacionados”.

Las demarcaciones hidrográficas territoriales en algunos casos abarcan territorios de una o más Comunidades Autónomas (Figura 2). En el Real Decreto 125/2007 se define el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas presentes en más de una Comunidad.

FIGURA 2. Demarcaciones hidrográficas por Comunidades Autónomas.



Fuente: Elaboración propia a partir de MARM, 2008b.

Seis demarcaciones hidrográficas ocupan aproximadamente el 75% de la superficie terrestre de España, tienen el 67% de los embalses y casi el 50% de los sistemas de explotación (Tabla 2). En el caso de Canarias, existe una demarcación hidrográfica por isla.

TABLA 2. Demarcaciones hidrográficas terrestres de España.						
Demarcación Hidrográfica Terrestre	Superficie terrestre		Longitud de costa	Longitud de ríos	CC.AA.	Sist. de explotación
	km <sup>2</sup>	%	km	km	#	#
Ebro	85.567	16,902	148	12.495	9	28
Duero	78.860	15,578	0	13.539	7	5
Guadalquivir	57.228	11,304	73	9.701	4	15
Tajo	55.764	11,015	0	10.130	5	5
Guadiana	55.389	10,941	34	8.046	3	5
Júcar	42.958	8,486	588	5.386	5	9
Cantábrico	20.885	4,125	807	4.699	6	22
Segura	18.897	3,733	395	1.469	4	1
Cuenca Mediterránea Andaluza	17.948	3,545	652	2.145	1	5
Miño-Sil	17.592	3,475	0	4.473	3	6
Cuencas Internas de Cataluña	16.494	3,258	795	2.786	1	4
Galicia Costa	13.217	2,611	2.120	2.875	1	19
Cuenca Atlántica Andaluza	10.679	2,109	494	2.066	1	3
Baleares	5.019	0,991	1.375	0	1	4
Cuencas Internas País Vasco	2.286	0,452	266	422	1	-
Tenerife	2.034	0,402	407	0	1	1
Fuerteventura	1.651	0,326	339	0	1	1
Gran Canaria	1.555	0,307	275	0	1	1
Lanzarote	843	0,167	290	0	1	1
La Palma	704	0,139	186	0	1	1
La Gomera	370	0,073	134	0	1	1
El Hierro	269	0,053	129	0	1	1
Ceuta	20	0,004	0	0	1	-
Melilla	13	0,003	0	0	1	-
<b>Total</b>	<b>506.242</b>	<b>100</b>	<b>9.507</b>	<b>80.231</b>	<b>19</b>	<b>138</b>

	Embalses		Masas de agua superficial			Masas de agua sub terrénea
	#	Río	Lago	Costera	Transición	
		#	#	#	#	
Ebro	194	699	95	1	3	105
Duero	76	342	17	-	-	31
Guadalquivir	106	325	4	3	11	58
Tajo	286	285	33	-	-	24
Guadiana	154	229	32	2	4	20
Júcar	47	296	20	43	3	79
Cantábrico	58	291	24	13	23	36
Segura	33	69	23	24	-	63
Cuenca Mediterránea Andaluza	35	120	5	26	9	67
Miño-Sil	53	249	3	-	1	6
Cuencas Internas de Cataluña	13	260	54	31	21	39
Galicia Costa	22	466	-	123	24	18
Cuenca Atlántica Andaluza	73	113	4	14	20	17
Baleares	2	-	5	31	35	90
Cuencas Internas País Vasco	11	48	-	4	14	14
Tenerife	31	-	-	7	-	4
Fuerteventura	2	-	-	6	-	4
Gran Canaria	52	-	-	6	-	10
Lanzarote	1	-	-	5	-	1
La Palma	5	-	-	5	-	5
La Gomera	19	-	-	4	-	5
El Hierro	1	-	-	3	-	3
Ceuta	2	-	-	-	-	-
Melilla	-	-	-	-	-	-
<b>Total</b>	<b>1.276</b>	<b>3792</b>	<b>319</b>	<b>351</b>	<b>168</b>	<b>699</b>

Fuente: MARM, 2008b

Los organismos responsables de la gestión de las cuencas hidrográficas, que exceden el ámbito territorial de una sola Comunidad Autónoma, son las Confederaciones Hidrográficas “intercomunitarias”. Éste es el caso de las cuencas del Cantábrico, Miño-Sil, Duero, Ebro, Tajo, Júcar, Guadiana, Guadalquivir y Segura. Para cada una de ellas existe un órgano de cooperación denominado Comité de Autoridades Competentes, donde están representadas la Administración General del Estado, las Comunidades Autónomas y las Entidades Locales. Su función es garantizar la adecuada cooperación en la aplicación de las normas de protección de las aguas.

Cuando las cuencas hidrográficas están comprendidas en una Comunidad Autónoma se denominan demarcaciones intracomunitarias, y las responsables de su gestión son las Comunidades Autónomas. Las demarcaciones intracomunitarias son: Atlántica Andaluza, Mediterránea Andaluza, Internas de Cataluña, Baleares, Canarias, Galicia-Costa e Internas del País Vasco.

Las demarcaciones hidrográficas que son compartidas con otros países son: Miño-Limia, Duero, Tajo y Guadiana con Portugal; del Norte, del Ebro y cuencas internas del País Vasco con Francia; del Ebro con Andorra; de Ceuta y de Melilla con Marruecos.

### 2.1.1. Parámetros climáticos por demarcación hidrográfica

El régimen de precipitaciones en España es muy variado, con una media superior a 2.000 mm en puntos como Galicia, cordillera Cantábrica, Pirineo Vasco Navarro, Sistema Central y Sierra de Ubrique) e inferior a 200 mm en otros puntos del sureste, principalmente Almería (Ministerio de la Presidencia, 2007). Se observa en la Tabla 3, que las demarcaciones del norte poseen en general una precipitación media superior a las demarcaciones del sur de España, y menores diferencias en la temperatura media. Valores que inciden en la evapotranspiración de referencia, con valores relativamente homogéneos. En el caso de las demarcaciones de las Islas Canarias, las bajas precipitaciones y las altas temperaturas producen una evapotranspiración de referencia baja.

TABLA 3. Precipitación, temperatura y evapotranspiración de las demarcaciones hidrográficas de España.								
Demarcación Hidrográfica	Precipitación			Temperatura			Evapotranspiración	
	Max	Min	Media	Max	Min	Media	Potencial	Referencia
	mm			°C			mm	
Miño-Sil	1.921	796	1.231	22	2	11	625	490
Galicia Costa	2.236	866	1.501	22	5	13	702	595
Cuencas Internas País Vasco	1.779	901	1.342	23	0	12	732	597
Cantábrico	1.656	853	1.270	21	0	11	701	524
Duero	854	377	614	23	-1	11	793	457
Tajo	942	348	636	26	0	13	961	464
Guadiana	753	267	522	28	3	15	982	433
Guadalquivir	989	289	579	28	4	16	1.042	441
Cuenca Mediterránea Andaluza	868	262	528	27	6	16	1.068	372
Cuenca Atlántica Andaluza	1.257	362	708	28	7	18	1.258	515
Segura	600	213	375	27	4	16	983	332
Júcar	816	332	511	26	2	14	908	439
Ebro	823	456	646	24	-1	12	790	461
Cuencas Internas de Cataluña	1.057	452	710	25	1	14	807	532
Baleares	1.159	315	552	28	6	17	934	453
Gran Canaria	577	121	274	28	10	17	1.355	216
Fuerteventura	220	28	115	27	11	20	1.396	113
Lanzarote	291	43	129	27	11	20	1.285	121
Tenerife	711	150	355	26	6	16	1.241	252
La Palma	1.263	230	680	26	6	18	1.325	362
La Gomera	913	100	358	26	5	18	1.320	250
El Hierro	761	98	341	26	6	19	1.514	254

Fuente: MARM, 2008b

### 2.1.2. Estado de los recursos hídricos por demarcación hidrográfica

Las cuencas de Miño-Sil, de Galicia Costa, Internas del País Vasco y del Cantábrico representan el 56,44% de la aportación específica anual de España (Tabla 4), mientras que por su superficie, las cuencas de Miño-Sil, de la costa de Galicia, del Cantábrico, del Duero y del Ebro, representan el 64,39% de los recursos hídricos totales que se generan en régimen natural.

TABLA 4. Aportación específica anual y recursos hídricos totales en régimen natural.							
Demarcación Hidrográfica	Superficie	Aportación específica anual			Recursos hídricos totales en régimen natural		
		Min	Media	Max	Min	Media	Max
	km <sup>2</sup>	mm			hm <sup>3</sup> año-1		
Miño-Sil	17.592	360	743	1.400	6.326	13.079	24.636
Galicia Costa	13.217	386	937	1.704	5.097	12.380	22.518
Cuencas Internas País Vasco	2.286	388	752	1.151	887	1.719	2.632
Cantábrico	20.885	397	751	1.117	8.284	15.692	23.338
Duero	78.860	63	163	348	4.952	12.832	27.472
Tajo	55.764	45	175	385	2.499	9.783	21.496
Guadiana	55.389	9	93	227	516	5.129	12.596
Guadalquivir	57.228	20	142	404	1.135	8.109	23.094
C. Mediterránea Andaluza	17.948	28	166	422	495	2.981	7.565
Cuenca Atlántica Andaluza	10.679	24	200	620	258	2.131	6.624
Segura	18.897	18	52	98	334	980	1.845
Júcar	42.958	33	81	169	1.423	3.471	7.254
Ebro	85.567	102	189	304	8.742	16.167	25.983
Cuencas Internas de Cataluña	16.494	74	186	419	1.224	3.076	6.916
Baleares	5.019	28	127	453	141	640	2.271
Gran Canaria	1.555	21	87	247	32	136	384
Fuerteventura	1.651	9	16	41	15	26	68
Lanzarote	843	10	18	83	8	15	70
Tenerife	2.034	31	123	396	64	251	805
La Palma	704	57	376	895	40	265	630
La Gomera	370	19	137	580	7	51	215
El Hierro	269	24	126	418	6	34	112

Fuente: MARM, 2008b

Los niveles de agua embalsada en las distintas demarcaciones hidrográficas, a enero de 2010, presentaron porcentajes superiores al 70%, con excepción de las cuencas del Segura y del Júcar (Tabla 5). Valores que concuerdan con los bajos niveles de precipitación.

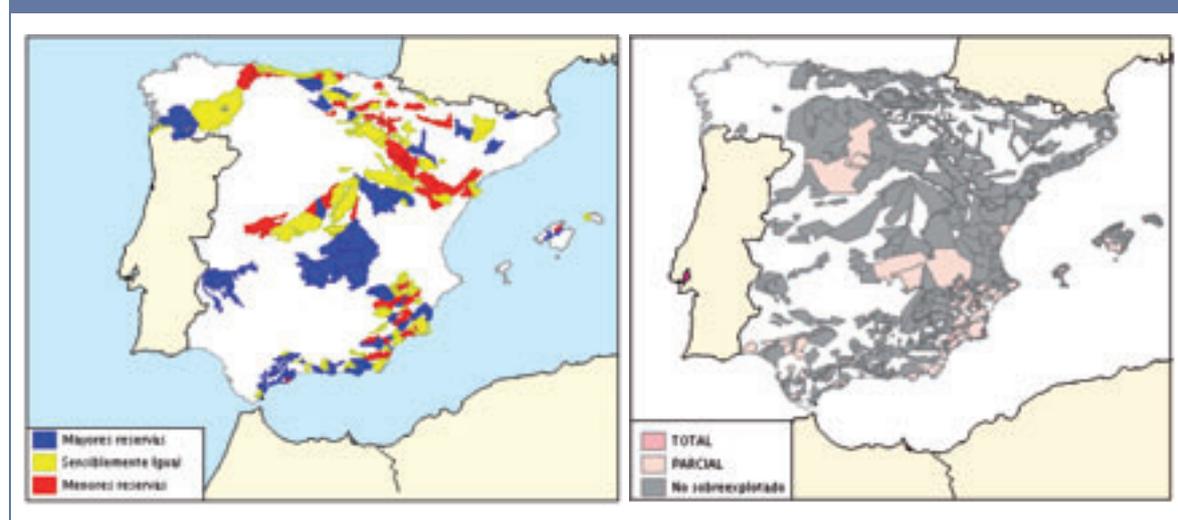
**TABLA 5.** Aportación específica anual y recursos hídricos totales en régimen natural (demarcación hidrográfica).

Demarcación Hidrográfica	Volumen de agua embalsada hm <sup>3</sup>	Capacidad de agua embalsada hm <sup>3</sup>	Uso del embalse %
Miño-Sil	2.402	3.022	79,5
Galicia Costa	515	684	75,3
Cuencas Internas País Vasco	20	21	95,2
Cantábrico	501	625	80,2
Duero	6.549	7.513	87,2
Tajo	7.991	11.012	72,6
Guadiana	7.504	9.430	79,6
Guadalquivir	6.475	7.377	87,8
Cuenca Mediterránea Andaluza	791	1.043	75,8
Cuenca Atlántica Andaluza	1.682	1.878	89,6
Segura	742	1.141	65,0
Júcar	1.836	3.330	55,1
Ebro	6.219	7.511	82,8
Cuencas Internas de Cataluña	605	740	81,8

Fuente: MARM, 2008b

Otra fuente importante de agua son las aguas subterráneas que se encuentran en los acuíferos. Esta fuente de agua es muy importante en las zonas más secas de España, y un recurso estratégico y complementario en las zonas más húmedas. En la Figura 3 se observa el estado de los acuíferos a enero de 2010, y la sobreexplotación a la que están sometidos algunos de ellos.

**FIGURA 3.** Reservas / Masas de agua subterráneas y su sobreexplotación.



Fuente: Elaboración propia a partir de MARM, 2008b.

## 2.2. CONFEDERACIONES HIDROGRÁFICAS Y ADMINISTRACIONES HIDRÁULICAS

Como se indicó anteriormente, las Confederaciones Hidrográficas u Organismos de cuenca son los Organismos encargados de la gestión de las demarcaciones hidrográficas. Estos organismos son entidades de Derecho público con personalidad jurídica propia y distinta de la del Estado, adscritas a efectos administrativos al Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino, y poseen plena autonomía funcional (Hispagua, 2010).

Las funciones de las Confederaciones son la elaboración del Plan Hidrológico de cuenca, su seguimiento y revisión; la administración y control del Dominio Público Hidráulico y de los aprovechamientos de interés general o que afecten a más de una Comunidad Autónoma; el proyecto, la construcción y explotación de las obras realizadas con cargo a los fondos propios del Organismo y las que les sean encomendadas por el Estado; las que se deriven de los convenios con Comunidades Autónomas, Corporaciones Locales y otras Entidades públicas o privadas, o de los suscritos con los particulares.

Las Confederaciones hidrográficas, que tienen a cargo la administración pública del agua de las cuencas intercomunitarias, son:

- Norte I, II, III. Comunidades autónomas de Navarra, País Vasco, Cantabria, Castilla y León, Asturias y Galicia.
- Duero. Comunidades autónomas de Castilla y León, Galicia.
- Tajo. Comunidades autónomas de Aragón, Castilla-La Mancha, Castilla y León, Madrid, Extremadura.
- Guadiana. Comunidades autónomas de Castilla-La Mancha, Andalucía, Extremadura.
- Guadalquivir. Comunidades autónomas de Andalucía, Castilla-La Mancha, Murcia, Extremadura.
- Segura. Comunidades autónomas de Murcia, C. Valenciana, Castilla-La Mancha, Andalucía.
- Júcar. Comunidades autónomas de Cataluña, C. Valenciana, Aragón, Castilla-La Mancha, Murcia.
- Ebro. Comunidades autónomas de Castilla y León, Cantabria, País Vasco, Rioja, Navarra, Aragón, Castilla-La Mancha, C. Valenciana, Cataluña.

Las Administraciones Hidráulicas, que administran las cuencas intracomunitarias, son:

- Cuencas Internas de Cataluña. Comunidad Autónoma de Cataluña.
- Islas Baleares. Comunidad Autónoma de Baleares.
- Islas Canarias. Comunidad Autónoma de Canarias.
- Galicia Costa. Comunidad Autónoma de Galicia.
- Cuencas Internas del País Vasco. Comunidad Autónoma de País Vasco.
- Cuenca Mediterránea Andaluza. Comunidad Autónoma de Andalucía.

## 2.3. NORMATIVA Y PLANIFICACIÓN DEL AGUA

Entre los principios generales inherentes a las políticas espaciales encontramos que el establecimiento de programas nos aproxima al método analógico, que coadyuva al logro de una ordenación territorial. Desde esta perspectiva entendemos la existencia y aplicación de la Directiva Marco del Agua, del Programa AGUA, de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible, del Plan Hidrológico Nacional o de los Planes Hidrológicos de Cuencas; detengámonos en su análisis.

### 2.3.1. Directiva Marco del Agua

La Directiva Marco Europea del Agua (DMA) entró en vigor el 22 de diciembre del 2000. Surgió como respuesta a la necesidad de unificar las actuaciones en materia de gestión de agua en la Unión Europea. El objetivo de la DMA es proteger las aguas en términos cualitativos y cuantitativos, garantizando así su sostenibilidad. Además permitirá establecer unos objetivos medioambientales homogéneos entre los Estados Miembros para las masas de agua. La DMA tiene como objetivos intermedios:

- Establecer medidas concretas para la reducción de vertidos, emisiones y pérdidas de sustancias prioritarias y la interrupción o supresión gradual de vertidos, emisiones y pérdidas de las sustancias peligrosas prioritarias. Las sustancias prioritarias se identifican en el Anejo X de la Directiva. Un subconjunto de ellas son las sustancias peligrosas prioritarias (tóxicas, persistentes y bioacumulables).
- Garantizar la reducción progresiva de la contaminación del agua subterránea y su uso sostenible.

- Contribuir a paliar los efectos de inundaciones y sequías.

Para implementarla se ha desarrollado una estrategia común para facilitar el cumplimiento por parte de todos los estados miembros de los plazos exigidos en la DMA. El objetivo principal de la Estrategia Común de Implantación (ECI) es garantizar una aplicación homogénea y lo más coordinada posible de la DMA, de manera que los países miembros y la propia Comisión Europea interpreten de manera similar sus preceptos. La aplicación de la DMA es responsabilidad exclusiva de cada país.

### **2.3.2. Programa A.G.U.A.**

El Programa A.G.U.A., Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua, se creó para resolver gradualmente las carencias en la gestión, en la disponibilidad y en la calidad del agua, presentes en toda España, en particular en las cuencas mediterráneas, con soluciones duraderas y responsables. Para superar los tópicos y el desconocimiento en materia de agua; para combatir la demagogia con la que se pretenden defender opciones obsoletas y contrarias a los criterios europeos. Y, para generalizar las tecnologías del agua más eficientes y más respetuosas con el medio ambiente.

El programa A.G.U.A. se aplica en toda España, y tuvieron como primera zona de actuación las cuencas mediterráneas (Cuencas Hidrográficas del Sur, Segura, Júcar, Ebro y Cuencas Internas de Cataluña), por los problemas que presentan. El Programa A.G.U.A. se caracteriza por incorporar actuaciones que históricamente fueron propuestas pero que en la práctica no fueron desarrolladas, que son coherentes con los objetivos del Programa, y que, por su viabilidad económica y ambiental son susceptibles de obtener financiación europea. También, incorpora un conjunto de nuevas actuaciones dirigidas a la optimización y mejora de la gestión del agua, a la generación de nuevos recursos, a la prevención de inundaciones y a la depuración y reutilización de agua. Y como un aspecto esencial de este programa, se apuesta por la participación social, por lo que la concertación de nuevas actuaciones está abierta a las sugerencias de los ciudadanos, pudiendo modificarse o ampliarse el Programa con las aportaciones que se introduzcan en el debate parlamentario.

Las actuaciones inversoras que se han puesto en marcha para incrementar la disponibilidad de los recursos hídricos en las cuencas mediterráneas se recogen en la Tabla 6.

La provincia en la que se debe aumentar en mayor medida la disponibilidad de recursos hídricos es Almería ( $165 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ), porque presenta mayores condiciones de sequía. Otras provincias con importantes actuaciones para incrementar la disponibilidad de agua son Alicante ( $141 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ) y Murcia ( $140 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ). Valencia es la provincia que menos debe incrementar la disponibilidad de recursos hídricos ( $3 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ) y la que mejor gestiona los recursos hídricos ( $107 \text{ hm}^3 \text{ año}^{-1}$ ). En Tarragona únicamente se pondrán en marcha actuaciones dirigidas a la mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental.

**TABLA 6.** Actuaciones puestas en marcha por el Programa A.G.U.A. en el litoral mediterráneo, mediante el RDL 2/2004.

Región	Actuaciones					
	Incremento de la disponibilidad de recursos hídricos		Mejora de la gestión de los recursos hídricos		Mejora de la calidad del agua, prevención de inundaciones y restauración ambiental	
	Volumen (hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup> )	Presupuesto (M€)	Volumen (hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup> )	Presupuesto (M€)	Volumen (hm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup> )	Presupuesto (M€)
Málaga	50	70	75	157		25
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Remodelación y puesta en servicio de la desaladora de Marbella</li> <li>Desalación en la Costa del Sol</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Corrección de vertidos salinos al embalse de Guadalhorce</li> <li>Reutilización de aguas residuales en la Costa del Sol</li> <li>Reutilización de aguas residuales en la ciudad de Málaga. 1ª fase</li> </ul>			
Almería	165	226	24	126		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desaladora del Campo de Dalías</li> <li>Desaladora en Níjar</li> <li>Desaladora de agua de mar de Carboneras. 2ª fase</li> <li>Desalación en el Poniente Almeriense</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Actuaciones complementarias de reutilización de aguas residuales en el Campo de Dalías</li> <li>Actuaciones de reutilización de aguas residuales en Almería</li> <li>Conexión presa Cuevas de Almanzora-Poniente Almeriense (Sector Norte)</li> <li>Mejora de las infraestructuras hidráulicas de los riegos de la zona de Poniente de Adra</li> <li>Conducciones en la zona regable del embalse de Cuevas de Almanzora</li> <li>Conducción Boca Sur del Túnel de El Saltador-Camino del Cerro Minado (Almanzora)</li> <li>Modernización de la infraestructura hidráulica de los regadíos de la comarca de Los Vélez</li> </ul>			
Murcia	204	876	140	402		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desaladora del Campo de Cartagena</li> <li>Planta desaladora para garantizar los regadíos del trasvase Tajo/Segura</li> <li>Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Murcia</li> <li>Planta desaladora en el Guadalentín</li> <li>Planta desaladora para riego en Murcia</li> <li>Desalación del Campo de Cartagena (red de distribución)</li> <li>Medidas urgentes para dotar de recursos al Altiplano</li> <li>Medidas urgentes para dotar de recursos al Alto Guadalentín</li> <li>Ampliación de la Estación Desaladora de Aguas Salobres -EDASde El Mojón y sus colectores</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Colector de evacuación de aguas salinas en el Valle del Guadalentín y desalobrador</li> <li>Reutilización de aguas residuales en el Mar Menor</li> <li>Terminación de la modernización de las infraestructuras hidráulicas de los regadíos de la Vega Media</li> <li>Modernización de las infraestructuras hidráulicas de los regadíos de La Vega Alta. Ojós Contraparada</li> <li>Modernización de las infraestructuras hidráulicas de los regadíos de la Vega Alta hasta Ojós</li> <li>Terminación de la modernización de las infraestructuras hidráulicas de las zonas regables de Lorca y Valle del Guadalentín</li> <li>Modernización de la infraestructura hidráulica de la zona regable de Librilla</li> <li>Conexión Fuensanta/ Taibilla</li> <li>Recrecimiento del Canal de la margen derecha del Postravase Tajo-Segura. Tramo Fin sifón Segura a inicio acueducto de Campos del Río</li> <li>Mejora de la calidad del agua para abastecimiento urbano proveniente del trasvase Tajo-Segura</li> <li>Remodelación del sistema de conducciones de la Mancomunidad de Canales del Taibilla</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Interceptores de aguas pluviales de los barrios norte y oeste de Cartagena</li> <li>Terminación de la recuperación ambiental del Segura entre Ojós y Contraparada</li> <li>Terminación de la conservación y acondicionamiento del dominio público hidráulico en el río Segura, Contraparada/Guardamar (tramo Murcia)</li> </ul>	
Albacete				8		6
			<ul style="list-style-type: none"> <li>Depósito, potabilizadora e instalaciones complementarias de abastecimiento de Hellín</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>Ampliación de la EDAR de Hellín</li> </ul>	

Alicante	141	292	71	318		8
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Planta desaladora de La Pedrera</li> <li>Planta desaladora. Mejora de la calidad en Pilar de la Horadada</li> <li>Desaladora para L'Alacanti y Vega Baja</li> <li>Desalación en la Marina Alta</li> <li>Desalación en la Marina Baja</li> <li>Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Alicante</li> <li>Ampliación de la desaladora de Jávea</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Colector de evacuación de aguas salinas en la Vega Baja y desalobrador</li> <li>Modernización de las infraestructuras hidráulicas de los regadíos de la Vega Baja del Segura ▶ Conexión Fuensanta/ Taibilla</li> <li>Mejora de la calidad del agua para abastecimiento urbano proveniente del trasvase Tajo-Segura</li> <li>Remodelación del sistema de conducciones de la Mancomunidad de Canales del Taibilla</li> <li>Reutilización y balsa de regulación en Villajoyosa</li> <li>Reutilización de aguas residuales de la EDAR de Novelda y Monforte del Cid</li> <li>Reutilización de aguas residuales en el sistema Vinalopó-Alacantí</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Terminación de la conservación y acondicionamiento del dominio público hidráulico en el río Segura, Contraparada/ Guardamar (tramo Alicante)</li> </ul>			
Valencia	3	6	107	216		206
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Azud de regulación diaria en el tramo bajo del río Turia</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Modernización de las infraestructuras hidráulicas de los riegos tradicionales de Escalona, Carcaixent, Suecia, Cullera y Cuatro Pueblos</li> <li>Reordenación de la infraestructura hidráulica de la huerta y red de saneamiento del área metropolitana de Valencia</li> <li>Modernización del Canal Júcar-Turia</li> <li>Gran reparación y automatización del canal principal del Campo del Turia</li> <li>Modernización del canal del Campo del Turia</li> <li>Terminación de la reutilización de las aguas residuales de Pinedo</li> <li>Refuerzo del sistema de abastecimiento del área metropolitana de Valencia y el Camp de Morvedre</li> <li>Reutilización de aguas residuales de la EDAR de Sueca</li> <li>Interconexión Manises-Picasent</li> <li>Reutilización de aguas residuales depuradas de la Albufera Sur</li> <li>Conducción Júcar-Vinalopó</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Presa de Villamarchante</li> <li>Alternativa a la presa del Marquesado</li> <li>Laminación y mejora del drenaje de la cuenca de la rambla Gallinera</li> <li>Acondicionamiento del Bajo Turia y nuevo cauce del río</li> <li>Laminación y control de avenidas en la cuenca medio del río Serpis</li> <li>Laminación y mejora del drenaje en la cuenca del río Vacas</li> <li>Prevención contra avenidas del Barranco de Benimodo</li> </ul>			
Castellón	46	109	32	58		6
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desarrollo de programas para captación de aguas subterráneas y desalación para abastecimientos y regadíos en Castellón</li> <li>Regulación para recarga de los excedentes invernales del río Belcaire</li> <li>Adecuación del embalse de Arenós</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Plan de modernización de riegos de la Plana de Castellón</li> <li>Prolongación del Canal de la Cota 100 del río Mijares</li> <li>Mejora de la depuración y reutilización de aguas residuales de la Plana de Castellón</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Potabilizadora del río Mijares</li> </ul>			
Barcelona	60	176	75	580		92
	<ul style="list-style-type: none"> <li>Desaladora del área metropolitana de Barcelona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Balsas de regulación para las ETAP de Sant Joan Despí y Abrera</li> <li>Ampliación y mejora del tratamiento en la potabilizadora de Abrera</li> <li>Balsas de recarga en el acuífero del Bajo Llobregat</li> <li>Descontaminación del acuífero del Besòs</li> <li>Abastecimiento desde la Llosa del Cavall. Tramo de Calaf hasta Igualada</li> <li>Prolongación de la conducción Abrebra/Fonsanta hasta el Prat de Llobregat</li> <li>Interconexión de redes de abastecimiento del Maresme Norte y ATLL</li> <li>Complementación de la conexión entre las ETAP de Abrera y Cardedeu: tramo Fonsanta/Trinitat</li> <li>Desdoblamiento de la arteria Cardedeu/Trinidad</li> <li>Programa de ahorro y gestión sostenible: Mejora de la estanqueidad de las redes de abastecimiento en alta</li> <li>Actuaciones adicionales de reutilización en el Llobregat y Tarragona</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Restauración hidrológico/ambiental de los residuos salinos del Llobregat para la mejora de la calidad del agua. 1ª fase</li> <li>Incremento del tratamiento en los sistemas de saneamiento para mejora ambiental y de la calidad de las aguas de abastecimiento en la cuenca del Llobregat</li> <li>Recuperación hidromorfológica en Cardener, Llobregat y Ter</li> </ul>			

Tarragona						215
						<ul style="list-style-type: none"> <li>• APrograma de calidad de las aguas del Delta del Ebro. Alimentación de las Bahías con agua dulce de los canales de riego. 1ª fase</li> <li>• Programa para corregir subsidencia y regresión del Delta del Ebro. 1ª fase</li> <li>• Programa para la implantación de redes de indicadores ambientales del Delta del Ebro</li> <li>• Eliminación de la contaminación química del embalse de Flix. 1ª fase</li> <li>• Restauración hidrológica de la continuidad del río Ebro</li> <li>• Programa de saneamiento de aguas residuales urbanas (PSARU 2002) en la cuenca del Ebro. 1ª fase</li> <li>• Programa de saneamiento de aguas residuales urbanas (PSARU 2002) en las CIC. 1ª fase</li> </ul>
Girona	10	25		22		
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Ampliación de la desaladora del Tordera</li> </ul>		<ul style="list-style-type: none"> <li>• Refuerzo del abastecimiento de la Costa Brava Centro</li> </ul>			

Fuente: Elaboración propia.

### 2.3.3. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible

En el apartado de Sostenibilidad Ambiental de la Estrategia Española de Desarrollo Sostenible (EEDS), se incluye como una prioridad, la conservación y gestión de los recursos naturales y ocupación del territorio (Ministerio de la Presidencia, 2007). Siendo el recurso hídrico uno de los principales ámbitos de actuación, estableciendo como objetivo: asegurar la sostenibilidad ambiental y la calidad del recurso hídrico, garantizando el abastecimiento a la población y el uso productivo sostenible del mismo dentro del marco de la Directiva Marco del Agua (DMA).

Las actuaciones previstas en la EEDS, que se encuentran en marcha o que están previstas de realizar, son:

- Gestión de la demanda y de conservación y restauración de los recursos hídricos.
  - Las principales actuaciones estratégicas se encuadran dentro del Programa Global de Actuaciones para la Gestión y Utilización del Agua (Programa A.G.U.A.), e incluyen la depuración de aguas residuales, la regeneración y reutilización de las aguas, la mejora y modernización de sistemas de abastecimiento y de riego y, la construcción de plantas desaladoras.
  - Se ha establecido que tienen prioridad las zonas con mayor desequilibrio hídrico (vrg. las cuencas mediterráneas).
- Recuperación y gestión medioambiental: Se busca asegurar la calidad de las aguas y la recuperación y gestión ambiental de los ríos.
  - Para asegurar la calidad de las aguas se ha establecido el Plan Nacional de Calidad de las Aguas: Saneamiento y Depuración 2007-2015, como nuevo mecanismo de gestión, cooperación y coordinación institucional y de solidaridad interregional entre Administraciones competentes en la gestión del recurso hídrico. Se prevé una inversión total de 19.000 millones de euros. También, se ha desarrollado el Plan de Tolerancia Cero de Vertidos.
  - Para la recuperación y gestión ambiental de los ríos, se ha establecido el Plan Nacional de Restauración de Ríos y el Plan de Conservación y Mejora del Dominio Público Hidráulico. En el Reglamento de Planificación Hidrológica se prevé mantener los caudales mínimos que aseguren la supervivencia de la vida piscícola y la vegetación de ribera, y determinar el régimen de caudales ecológicos de ríos y aguas de transición, incluyendo las necesidades de lagos y zonas húmedas.
- Reutilización y desalación.
  - Se busca fomentar la utilización de las aguas regeneradas en actividades como la agricultura, riego de parques y jardines, campos de golf, mantenimiento de caudales medioambientales, etc.

- En el área de la desalación, se prevén 100 actuaciones específicas con una inversión de 3.900 millones de euros y unas aportaciones previstas de 1.100 hm<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> adicionales, concentradas en las cuencas del Sur, Segura, Júcar, Ebro e internas de Cataluña (dentro del Programa A.G.U.A.).
- Uso sostenible de las aguas subterráneas.
  - Se persigue la mejora del conocimiento y del control de las aguas subterráneas, la ordenación de la explotación mediante la regulación legal de las extracciones en las masas en riesgo, la reducción paulatina de la contaminación y su prevención, la construcción de captaciones de recarga artificial de acuíferos para situaciones de emergencia por sequía, y la integración de su explotación con la de los recursos superficiales.
  - Como ejemplo, el Plan Especial del Alto Guadiana para la recuperación y uso sostenible de los acuíferos.
- Sequías e inundaciones.
  - Planes Especiales de Alerta y Actuación.
  - Directiva de Inundaciones.
    - Evaluación preliminar del riesgo de inundación (2011).
    - Mapas de peligrosidad y riesgo de inundaciones (2013).
    - Planes de gestión del riesgo de inundación (2015).
  - Sistema Nacional de Cartografía de Zonas Inundables.
    - Incluye las medidas del Plan Nacional de Restauración de Ríos
    - Integrará la cartografía de los Organismos de cuenca, las CC.AA., Protección Civil y demás entidades involucradas.

De acuerdo a la Directiva 91/271/CEE, para cuantificar la consecución de los objetivos se utilizarán como indicadores el índice de calidad general de las aguas y los índices de llenado de los acuíferos y de riesgo de sequía por cuencas hidrográficas.

#### **2.3.4. Plan Hidrológico Nacional 2000-2008**

Como respuesta a los problemas de déficit hídrico que fueron detectados en el Libro Blanco del Agua en España, se elaboró el Plan Hidrológico Nacional (PHN). El PHN en vigor se aprobó mediante la Ley 10/2001, de 5 de julio, y ha sido modificado posteriormente por la Ley 53/2002, de 30 de diciembre, la Ley 62/2003, de 30 de diciembre, el Real Decreto-Ley 2/2004, de 18 de junio, y la Ley 11/2005, de 22 de junio (MARM, 2008a). En este documento se estableció, principalmente, que los excedentes hídricos existentes pueden ser trasvasados hacia zonas donde se presentan desequilibrios hídricos.

Los objetivos del PHN, establecidos en la Ley de Aguas (artículo 38.1) y el Real Decreto 927/1988 (artículo 70), son;

- Resolver las situaciones en las que la grave escasez de recursos hídricos, acreditada en el tiempo, no es subsanable en el contexto del ámbito de planificación hidrológica en que se manifiesta, mediante procedimientos que permitan la satisfacción equitativa de diferentes demandas sectoriales y territoriales, y garantizando la sostenibilidad a largo plazo de las soluciones que se arbitren, para;
  - Conseguir la mejor satisfacción de las demandas de agua en cantidad, calidad y garantía de suministro con el menor coste posible.
  - Incrementar los recursos disponibles mediante nuevas obras de regulación, nuevas captaciones de aguas subterráneas, plantas de recarga artificial de acuíferos, reutilización de aguas residuales depuradas y la desalación para demandas de alta calidad.
  - Proporcionar un adecuado nivel de garantía a las explotaciones de regadío ya existentes, de modo que se subsanen las situaciones actuales de precariedad e insostenibilidad.
  - Prevenir los estrangulamientos que puede generar la escasez de recursos hídricos sobre otros sectores productivos.
- Contribuir al uso sostenible de los recursos hídricos, preservando los valores ambientales que se vinculan con el dominio público hidráulico, para;
  - Eliminar los problemas de degradación y sobreexplotación de acuíferos y de deterioro del dominio público hidráulico.

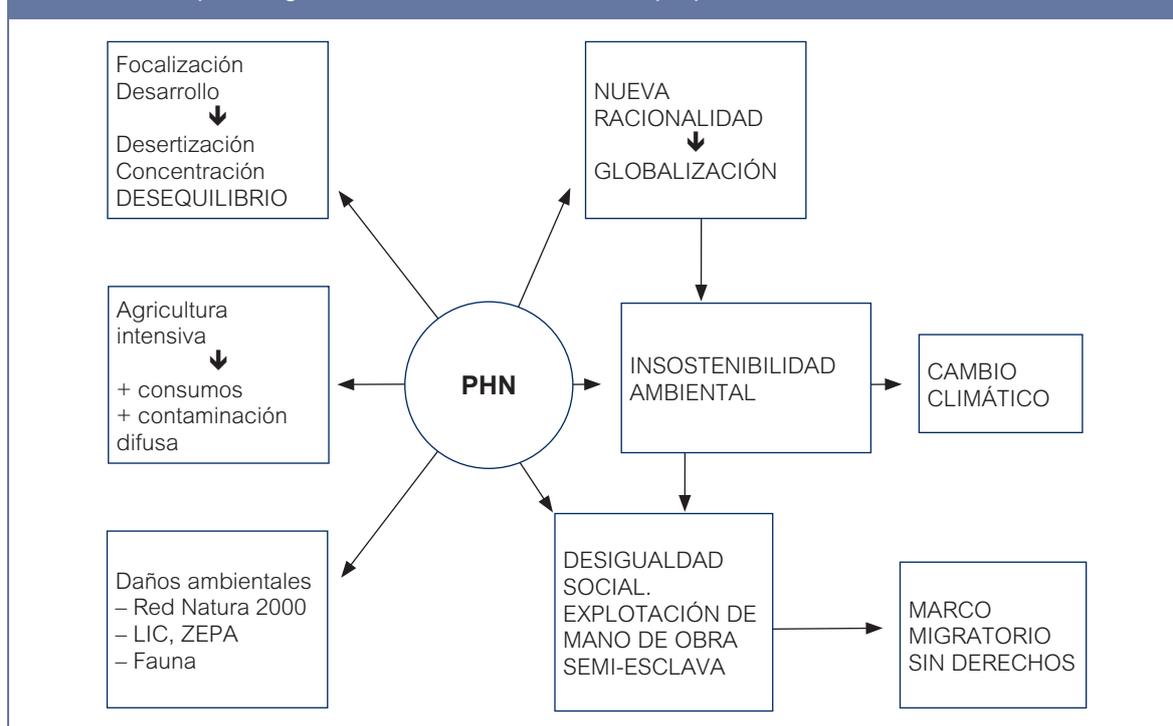
- Contribuir a la mejora de los niveles de calidad ambiental de los sistemas hidrológicos y, consiguientemente, de los ecosistemas y paisajes directamente vinculados con ellos
- Promover el ahorro de agua mediante una política que incentive el ahorro y penalice el despilfarrero.

El Plan Hidrológico Nacional está conformado por cinco volúmenes:

- Delimitación y asignación de recursos en acuíferos compartidos
- Análisis de antecedentes y transferencias planteadas.
- Análisis de los sistemas hidráulicos.
- Análisis ambientales.
- Análisis económicos.

En el volumen delimitación y asignación de recursos en acuíferos compartidos, se detallan los diferentes acuíferos compartidos, se evalúan sus recursos, y se describen las metodologías utilizadas empleadas en su análisis. En el análisis de antecedentes y transferencias planteadas se realiza, en primer lugar, un análisis histórico de las estructuras hidráulicas y los trasvases de agua que se han realizado desde la antigüedad. Posteriormente, se describen las que se consideran mejores alternativas para resolver los problemas hídricos planteados en el Libro Blanco del Agua en España. En el análisis de los sistemas hidráulicos, se estudian los sistemas hidráulicos que se verían afectados por las posibles transferencias, con el objetivo de analizar su viabilidad hidrológica. De manera complementaria se exponen las necesidades estrictas en las cuencas receptoras, los máximos trasvasables de las cuencas cedentes, y las condiciones técnicas del proceso (Figura 4).

FIGURA 4. Impactos globales del modelo contenido-propuesto en el PHN.



Fuente: Elaboración propia

El volumen de Análisis ambientales, está compuesto por cinco apartados. El primero recoge la normativa básica que es aplicable al PHN. En el segundo apartado se describen las alteraciones y los impactos ambientales que producirán las transferencias en las cuencas cedente y receptora, y en el sistema de conducción que las conecta en todas las fases del proyecto. En el tercer volumen se analizan las posibles afecciones en los lugares de origen, como consecuencia de la posible derivación de caudales. Las posibles afecciones en el transporte del agua, en especial en los espacios naturales protegidos, las zonas de especial protección para las aves, lugares de interés comunitarios, zonas hú-

medas con protección legal y todas aquellas zonas consideradas como hábitats naturales y de la fauna y flora silvestres, son expuestas en el cuarto apartado. Finalmente, en el quinto volumen se estudian las posibles afecciones (hidrológicas, biológicas y socioeconómicas) en las zonas de destino.

Finalmente, en los análisis económicos se incluyen los costes y los precios resultantes de las alternativas planteadas. Se comparan los costes y beneficios del proyecto, se contrastan estos precios con los pagados actualmente, los posibles precios según otros orígenes del agua, el nivel de demanda de agua que puede soportar diferentes niveles de precios, y se valora la racionalidad económica de los trasvases previstos en el PHN.

TABLA 7. Actuaciones del PHN 2000-2008.			
Actuaciones	Presupuesto M€	Porcentaje %	Objetivos
Modernización de regadíos	5.760	31,74	• Financiar las inversiones en mejora y modernización de regadíos, para una mejor gestión y ahorro de los recursos hídricos y para renovar parte de las envejecidas infraestructuras de riego.
Regulación de cuencas fluviales	3.015	16,61	• Desarrollar obras hidráulicas dirigidas en su mayor parte a adaptar el recurso hídrico a las necesidades de sus distintos usos, intentando solucionar situaciones de carencia, tanto en cuencas excedentarias como en deficitarias.
Contribuir a evitar los efectos adversos de las avenidas de ríos y cauces.			
Producir energías renovables.			
Aportar espacios de interés social.			
Saneamiento y depuración	2.572	14,17	• Incrementar los proyectos ya existentes para el saneamiento y depuración de núcleos urbanos.
Potenciar la reutilización de las aguas para el riego.			
Abastecimientos urbanos	2.456	13,53	• Paliar problemas como la carencia puntual de oferta de agua en algunas ciudades costeras, que cuentan con una alta demanda de consumo durante la temporada turística.
Regeneración hidrológico-forestal	1.723	9,50	• Reforestar en determinadas cuencas y riberas de entornos rurales y urbanos para la recuperación del equilibrio ambiental.
Acondicionamiento de cauces y prevención de avenidas	1.367	7,54	• Reducir los impactos derivados de una falta de prevención, ante los fenómenos naturales más adversos.
Mejora de los cauces, especialmente en las zonas urbanas.			
Programa de control y calidad de las aguas	1.253	6,90	
Inversión total	18.146	100	

Fuente: MARM, 2008a

Las actuaciones previstas en el PHN incluyen la modernización de regadíos, regulación de cuencas fluviales, abastecimientos urbanos, saneamiento y depuración de aguas residuales, acondicionamiento de cauces y prevención de avenidas, programa de control y mejora de la calidad de las aguas superficiales y subterráneas, regeneración hidrológico-forestal (Tabla 7). Se prevén inversiones globales públicas y privadas por un monto mayor a los 18.000 millones de euros.

El análisis de los diferentes planteamientos del último Plan nos aproxima a distintas posibilidades de interpretación; a saber:

#### VENTAJAS:

1. Retoma un tema «tabú» en el modelo de desarrollo español.
2. Pone las bases para el estudio y valoración de un ulterior «Plan Hidrológico Nacional».

3. Se plantea la necesidad de buscar el equilibrio entre la conservación del agua y de los ecosistemas asociados (ríos, lagos, deltas marismas...), muy castigados por la política hidráulica tradicional, basada en el hormigón.

4. Se acerca a las necesidades reales de la población.

5. Intenta aproximarse a la función social del agua, superando los postulados meramente económicos, amén de solucionar los distintos problemas emanados de su contaminación.

#### DESVENTAJAS:

1. El Plan beneficia, claramente, a las empresas constructoras, encargadas “a posteriori”, de ejecutar el centenar de embalses, más los trasvases propuestos.

2. Carece en líneas generales de credibilidad, pues no responde a la política hidráulica propuesta hasta el momento, incluso por los últimos Gobiernos (v.gr.: el Libro Blanco del Agua).

3. No da respuesta a la resolución de problemas como los emanados de la salinización de los acuíferos costeros (Cataluña, Andalucía, Baleares, Canarias...). Todo ello unido a que en el Plan no se dedica ni una sola línea al tema de la “desalación”.

4. El almacenamiento, canalización y transporte del agua, de una zona a otra del país, propuestos por el Plan, no tiene nada que ver con una verdadera gestión del agua (ésta debería basarse, principalmente, por criterios marcados por la escasez de este recurso).

5. En un país como el nuestro, en el que más del ochenta por ciento del agua es consumida por el sector agrícola, debería aprobarse —se está intentando— primero el Plan Nacional de Regadíos, después el Plan Hidrológico Nacional.

#### 2.3.5. Planes Hidrológicos en vigor por Cuencas.

Las Confederaciones Hidrográficas y las Administraciones Hidráulicas son las encargadas de elaborar los Planes hidrológicos de cada cuenca. Posteriormente; éstos han sido informados favorablemente por los Consejos de Agua de cada cuenca y/o la comisión de gobierno de la Junta de Aguas. Finalmente, el Consejo Nacional del Agua procedió a emitir su Dictamen favorable.

Los Planes Hidrológicos de cuenca forman también parte del PHN, y son, junto a la *Ley de Aguas* y el *Libro Blanco del Agua*, el instrumento de planificación más importante de los usos del agua para lograr el equilibrio y la armonización en las distintas regiones. En general, incluyen, entre otros aspectos, el inventario de los recursos hidráulicos, usos y demandas existentes, criterios de prioridad de utilización de agua, características de calidad y ordenación de vertidos residuales, además de considerar el establecimiento de caudales ecológicos y la conservación y recuperación medioambiental.

TABLA 8. Planes Hidrológicos en vigor.

Denominación	Organismo responsable	Decreto de aprobación
PH del Norte I	CH del Miño-Sil	1664/1998
PH del Norte II		
PH del Norte II	CH del Cantábrico	
PH del Norte III		
PH del Duero	CH del Duero	
PH del Tajo	CH del Tajo	
PH del Guadiana I	CH del Guadiana	
PH del Guadiana II		
PH del Guadalquivir	CH del Guadalquivir	
PH del Sur	Agencia Andaluza del Agua	
PH del Júcar	CH del Júcar	
PH del Ebro*	CH del Ebro	
PH de las Cuencas Internas de Cataluña	Agencia Catalana del Agua	
PH de las Illes Balears	Illes Balears	
PH de Galicia Costa	Aguas de Galicia	103/2003

\* Modificado por el RD 201/2002

PH: Plan Hidrológico.

CH: Confederación Hidrográfica

Fuente: MARM, 2008a

Desde esta perspectiva, desempeña un papel fundamental en la puesta en práctica de los Planes la Evaluación Ambiental Estratégica (E.A.E.) es un instrumento de prevención que prevé integrar los aspectos ambientales en la toma de decisiones de una determinada Política, Plan o Programa, con el objetivo de asegurar que se han tenido en cuenta junto a otros aspectos sociales y económicos, desde las primeras fases del proceso. Por lo tanto, el proceso de planificación hidrológica considera doblemente los aspectos ambientales, tanto como parte de los objetivos a alcanzar en el cumplimiento del buen estado de las masas de agua, como en el marco del proceso de EAE, que se desarrolla paralelamente a la redacción del Plan, junto al desarrollo del Programa de Medidas. En esta línea, se ha iniciado el desarrollo del proceso de Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico del Júcar, al que se asocia un periodo de consulta y participación pública. El objetivo del Plan Hidrológico del Júcar debe ser conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales. El Plan incluirá, entre otros aspectos los objetivos medioambientales para las masas de aguas, los programas de medidas y alternativas para alcanzar los objetivos. De hecho, la valoración a través de la EAE supone un gran avance en el tratamiento de los Planes (Figura 5).

FIGURA 5. Comparación de la EAE y la EIA.	
EIA	EAE
Se aplica a proyectos de relativo corto plazo (en su ciclo de vida), y a sus especificaciones.	Se aplica a políticas, planes y programas con una perspectiva estratégica, amplia y de largo plazo.
Ocurre en una etapa inicial de la planificación del proyecto, una vez fijados los parámetros.	Idealmente, ocurre en una etapa inicial de la planificación estratégica.
Considera una gama limitada de alternativas de proyecto.	Considera una gama amplia de escenarios alternativos.
Usualmente preparada y/o financiada por los proponentes del proyecto.	Realizada de manera independiente respecto de cualquier proponente de proyecto específico.
Concentrada en obtener el permiso para al proyecto, y raramente con retroalimentación en dirección de las políticas, el plan o el programa.	Concentrada en decisiones sobre las implicaciones de las políticas, planes o programas para las decisiones futuras de menor nivel.
Proceso definido, lineal, con comienzo y fin claros (es decir, de la factibilidad hasta la aprobación del proyecto).	Proceso multi-etapas interactivo con circuitos de retroalimentación (feedback).
La preparación de un documento de EIA, con formato y contenido prescritos, es usualmente obligatoria. Este documento proporciona una referencia de línea de base para el monitoreo.	Puede no documentarse formalmente.
Énfasis en los impactos ambientales y sociales mitigantes de un proyecto específico, pero con la identificación de algunas oportunidades, intercambios compensados (off-sets), etc. del proyecto.	Énfasis en cumplir objetivos ambientales, sociales y económicos equilibrados en políticas, planes y programas. Incluye la identificación de resultados de desarrollo en el nivel macro.
Revisión limitada de los impactos acumulativos, con frecuencia limitada a fases de un proyecto específico. No cubre desarrollos de nivel regional ni proyectos múltiples.	Inherentemente, incorpora la consideración de los impactos acumulativos.

FUENTE: OCDE. 2007. La Evaluación Ambiental Estratégica.

Para algunos autores (Enrique Conejero. El Plan Hidrológico Nacional: un enfoque neopluralista., VII Congreso Español de Ciencia Política y de la Administración: Democracia y Buen Gobierno), la elaboración y aprobación del Plan Hidrológico Nacional (PHN) por el Gobierno del Partido Popular (2001) y su posterior modificación por el Programa A.G.U.A. (Actuaciones para la Gestión y la Utilización del Agua, 2004) por el Gobierno encabezado por Partido Socialista Obrero Español, ha supuesto que la política de aguas se haya convertido recientemente en un nuevo *cleavage* de la política española. Y como eje de fractura, ha supuesto que los distintos actores de nuestra sociedad se hayan posicionado respecto a estos distintos proyectos de ordenación de los recursos hídricos de nuestro país. En este sentido, tanto del Plan Hidrológico Nacional como del Programa A.G.U.A., han resultado favorecedores a las expectativas y presiones de los distintos actores implicados en la solución de este problema público. Multiplicidad de actores que, atendiendo al *Modelo Grupal de la Teoría Pluralista*, son los principales autores de la configuración final de cualquier política pública, en nuestro caso, el PHN.

Para ello, y después de un desarrollo del marco teórico del modelo grupal, se analiza la política de aguas española como nuevo eje de fractura política. Una de las funciones del sistema político es manejar o dirigir el conflicto grupal de acuerdo a cuatro criterios:

- Establecer las reglas del juego en la lucha grupal.
- Acordar compromisos y equilibrar intereses.
- Establecer compromisos que se conviertan en políticas públicas.
- Reforzar esos compromisos velando por su cumplimiento.

Esta dialéctica es enfatizada por Lowi cuando señala que la teoría de grupos ofrece no sólo una explicación de las debilidades de los partidos y del proceso electoral, sino que proporciona una explicación inmediata, en términos más o menos generalizables de la política dominante en cada decisión (Lowi, 2000). Por su parte, para Lindblom una pluralidad de grupos es algo más, según este autor este enfoque presupone un elenco de actores necesario para proporcionar información y análisis a los problemas de las políticas públicas, haciendo énfasis en que los grupos constituyen un marco indispensable para el ejercicio de libre pensamiento, expresión, petición y reunión. La perspectiva pluralista ha estado también presente por ejemplo en los teóricos de la racionalidad limitada. Según estos autores la existencia de una multiplicidad de actores impide a los decisores públicos tomar la mejor elección pública (en términos racionales) lo que constituye una restricción al enfoque idealista de la racionalidad absoluta.

Para finalizar este apartado introductorio señalar que la política hidráulica del siglo XX se ha caracterizado por ser Regeneracionista, esto es, una política basada en la construcción de grandes infraestructuras para garantizar el abastecimiento de agua potable, su saneamiento, el aprovechamiento para generación de energía hidroeléctrica y la expansión de los regadíos. Una política constructiva, justificada por su orientación en combatir las hambrunas y el desabastecimiento. Nos encontramos, pues, ante una política profundamente endogámica, comandada por el cuerpo de los ingenieros y al servicio de las constructoras y las eléctricas, que carece de criterios económicos para las obras (desde esa perspectiva, serían inviables) y preconiza el permanente incremento de la regulación y unión de los ríos. En este sentido señalar que el Plan Hidrológico Nacional (PHN) actualmente vigente es la expresión más clara de los cambios registrados en política hidráulica. El Plan Hidrológico Nacional responde a un modelo de globalización, basado en el uso del agua en las actuaciones económicas más rentables, pero es ambientalmente no sólo insostenible, sino muy dañino y socialmente injusto. Se impone, por tanto, aproximarnos a nuevos conceptos que permitan gestionar más equitativamente un bien escaso, como es el agua.

### 3. LA “HUELLA HÍDRICA” EN EL CONTEXTO DE LA SOSTENIBILIDAD: INDICADORES POR Y PARA EL DESARROLLO

El mundo natural, mediante los intercambios de energía entre sus elementos, vive un movimiento perpetuo, por el cual su identidad se renueva mientras se modifican sus aspectos (es lo que se denomina diversificación de la naturaleza, proceso por el cual se constituyen unidades denominadas elementos naturales, productos cuyas características derivan en cada movimiento del respectivo modo de diversificación). Cuando introducimos otras unidades no naturales, en su estudio y valoración necesitamos nuevos contenidos que se concreten en conceptos; de esta forma entendemos que se haya generado el de “Desarrollo Sostenible”, nació en la década de los ochenta del pasado siglo, a partir de la “Estrategia Mundial para la Conservación” subtitulada: “La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido”. En este documento se definió al desarrollo como “la modificación de la biosfera y la aplicación de los recursos humanos, financieros, vivos e inanimados en aras de la satisfacción de las necesidades humanas y para mejorar la calidad de vida del hombre”. Pero, para que un desarrollo pueda ser sostenido, deberá tener en cuenta, además de los factores económicos, los de índole social y ecológica; deberá tener en cuenta la base de recursos vivos e inanimados, así como las ventajas e inconvenientes a corto y a largo plazo de otros tipos de acción” (Hueting y Reijnders, 2004; IUCN et al., 1980).

En 1987, la Comisión Mundial de Medio Ambiente y Desarrollo (World Commission on Environment and Development) publicó el informe “Nuestro futuro común: Informe de la Comisión Mundial sobre el Medio Ambiente” (WCED, 1987), también llamado Informe Brundtland. Gracias a este informe se afianzó a nivel mundial el concepto de desarrollo sostenible, definiéndolo como: “El desarrollo que satisface las necesidades del presente sin comprometer la capacidad de las generaciones futuras para satisfacer las suyas” (Hueting y Reijnders, 2004; Pearce and Atkinson, 1998).

A partir de la publicación del Informe Brundtland, distintos Organismos Internacionales como las Naciones Unidas, la Organización Mundial de Comercio, el Banco Mundial, la Unión Europea, etcétera, han incluido el concepto de desarrollo sostenible en sus programas, proyectos, normativas, decretos, etc. Su inclusión también ha llevado a que estos Organismos desarrollen herramientas que permitan medir y evaluar los progresos y avances hacia el desarrollo sostenible en los distintos países y regiones.

En la actualidad, los Indicadores e Índices de Sostenibilidad son aceptados, a nivel mundial, como un componente esencial o la mejor forma de analizar y evaluar la sostenibilidad y el progreso hacia un desarrollo sostenible. Roth et al. (2001) consideran que los indicadores de sostenibilidad deber ser capaces de medir el estado de los sistemas naturales y las posibles respuestas que se desarrollen para las presiones sobre los recursos que generan estos sistemas. Estos requisitos están en concordancia con lo propuesto por Pearce, et al. (1990), quienes establece que en una sociedad sostenible no debe haber un declive no razonable de cualquier recurso, un daño significativo a los sistemas naturales y un declive significativo de la estabilidad social.

Los indicadores y su metodología están condicionados en cada momento por los conceptos, que a su vez dependen de las ideas y de los intereses implícitos en cada visión y misión, y en última instancia en cada concepción del mundo. Hemos de basarnos por tanto en la evolución del consenso de intereses e ideas que subyace en dicha concepción del mundo y en los respectivos conceptos para llegar a trazar una tipología de los indicadores del desarrollo sostenible. El análisis de su evolución nos llevaría a añadir a la emergencia de lo que Tamames llamó conciencia medioambiental, otras tres dimensiones superpuestas posteriormente: la económica, la social y la institucional (Matías, G., 2004).

Entre los índices e indicadores que se han desarrollado para medir el impacto que el hombre y sus actividades generan sobre la tierra y los recursos naturales están:

- la Huella Ecológica o “Ecological Footprint”, que mide la superficie de tierra productiva y de ecosistemas acuáticos necesarios para producir los bienes, productos y recursos consumidos, y asimilar los residuos producidos por la población de un área geográfica determinada (Rees, 1992; Wackernagel, 1994; Wackernagel y Rees, 1996, Wackernagel et al., 1997),
- el Ahorro Genuino o “Genuine Saving” (Pearce y Atkinson, 1993; Hamilton et al., 1997), que mide el ahorro real de una economía, sustrayendo la degradación de los recursos naturales y la inversión en capital humano (gastos en educación).
- El Índice de Capital Ecológico o “Ecological Capital Index”, que evalúa el estado de los ecosistemas natural y cultural en relación con las actividades humanas (van der Perk and De Groot, 2000).
- el Índice del Planeta Vivo o “Living Planet Index” (WWF, 2002), que mide las tendencias de la diversidad biológica del planeta, mediante la media de tres subíndices de los ecosistemas terrestres (índice de población de especies forestales), marinos (índice de especies de poblaciones de especies marinas) y de agua dulce (índice de poblaciones de especies de aguas continentales).
- el Índice de Capital Natural o “Natural Capital Index” (RIVM, 2002), que se define como la superficie de ecosistema por su calidad, es considerado como una herramienta práctica para los gestores públicos para el manejo de los recursos naturales a nivel nacional e internacional. Es comparable con el Producto Nacional Bruto.
- el Ahorro Neto Ajustado o “Adjusted Net Savings” (Bolt et al., 2002), es una modificación del Ahorro Genuino, donde se descuenta del Ahorro Bruto Doméstico la degradación ambiental, y se incluyen los daños imputables a las emisiones de partículas.
- la Huella Hídrica o “Water Footprint” (Hoekstra y Hung, 2002), que se desarrolló para medir y evaluar la relación existente entre el uso del agua y el consumo humano. Este índice nació a partir del concepto de agua virtual desarrollado por Allan (1993, 1994).

Aún así, muchos de los aspectos de las conceptualizaciones, e incluso de los objetivos de acción declarados por las políticas inicialmente medioambientales y que ahora tienden a desembocar en políticas de desarrollo sostenible, no son todavía cuantificables, y en consecuencia no pueden aspirar siquiera a ser comparables internacionalmente. La conciencia de la insostenibilidad del sistema dominante ante el cambio ambiental global nos impele a la búsqueda de respuestas estratégicas, mediante un estilo de desarrollo que sea verdaderamente alternativo frente al modelo insostenible vigente. Desde esta perspectiva, los indicadores medioambientales y económicos, están hoy por hoy más logrados y son más fácil objeto de consenso en la confrontación de intereses, que los relativos a las perspectivas social e institucional, las últimas en ser incorporadas al concepto de sostenibilidad y a sus objetivos de acción (Matías, G, 2004).

No debemos olvidarnos que la sostenibilidad es equiparable al concepto ecológico de “resiliencia” (capacidad que tienen los sistemas para adaptarse al cambio, para mantener su integridad, vencer los colapsos o las fluctuaciones externas y recuperarse en el tiempo). Es este contexto en el que el proceso de generación y aplicación de los sistemas de indicadores, en el marco estratégico de la sostenibilidad, se nos presentan como una herramienta de notable utilidad; desde una perspectiva diacrónica pueden identificarse sistemas de primera, segunda, y tercera generación. Los primeros, desarrollaban y comunicaban indicadores ambientales, incluyendo la aproximación por medios (aire, agua, tierra y biodiversidad), por objetivos (acordes con mandatos legales y administrativos, Agenda 21) y por sectores (transporte, turismo, industria, etc.). Posteriormente en los sistemas de segunda y, actualmente, en los de tercera generación, el desarrollo y la comunicación se basan en la creación de nuevos índices que sintetizan de forma práctica la información del desarrollo sostenible (Gallopín, 2006).

### a) Los Sistemas de primera generación.

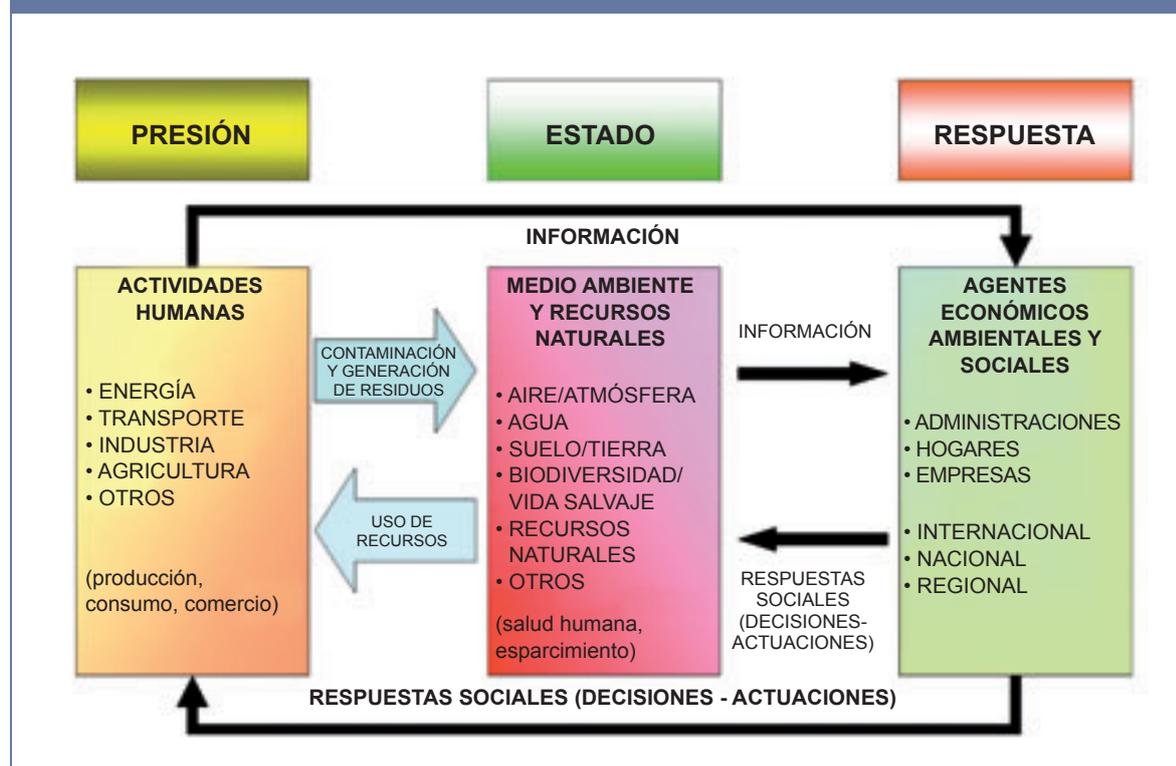
Se originan en la década de los ochenta, del pasado siglo, a partir de las publicaciones recogidas por la OCDE, y se caracterizan por ser muy teóricos y exclusivamente ambientales. Los principales “marcos ordenadores” utilizados fueron:

- Presión-Estado-Respuesta (PER)
- Fuerza Motriz-Estado-Respuesta (FER)
- Fuerza Motriz-Presión-Estado-Respuesta (FPER)
- Fuerza Motriz-Presión-Estado-Impacto-Respuesta (FPEIR)

De ellos, los más utilizados fueron el PER, por la OCDE, y el FPEIR, por la AEMA.

El Sistema de Indicadores de la OCDE, y su marco ordenador PER (Figura 6) está compuesto por indicadores considerados parciales, que dan cuenta del fenómeno complejo desde un sector productivo o bien desde la singularidad o un número reducido de dimensiones. Su importancia radica en la obtención de indicadores con un nivel de rigor y calidad similar a los indicadores económicos y sociales, desarrollados anteriormente, y su aplicación se limita a nivel internacional, de especial manera en países desarrollados. Es uno de los pioneros en el desarrollo de indicadores a nivel mundial, y su trabajo aporta una visión interesante que vincula los problemas y oportunidades ambientales a los procesos económicos (Quiroga, 2001).

FIGURA 6. Modelo Presión – Estado - Respuesta.



Fuente: Elaboración propia a partir de: MMA, 2000; OCDE, 2003.

El Sistema de Indicadores de la Agencia Europea de Medio Ambiente (AEMA), fue creado en 2004, con la finalidad de establecer un sistema manejable y estable de elaboración de informes basados en indicadores, dar prioridad a las mejoras de calidad y cobertura geográfica de los flujos de datos, especialmente los flujos de datos prioritarios de la Red de Observación e Información Medioambiental de Europa (EIONTE), y racionalizar las aportaciones de la AEMA y EIONET a otras iniciativas de indicadores europeos y mundiales (MMA, 2006). Utiliza el marco ordenador FPEIR (Figura 7) para sentar las bases del análisis de los factores interrelacionados que afectan al medio ambiente. Contempla indicadores básicos que abarcan seis temas medioambientales (contaminación atmosférica y agotamiento del ozono, cambio climático, residuos, agua, biodiversidad y medio terrestre) y cuatro sectores (agricultura,

energía, transporte y pesca) sin desarrollar indicadores sociales ni de salud. Los informes anuales se publican a través de los informes “Environmental Signals”, y se caracterizan por utilizar un lenguaje no técnico, para abarcar una mayor audiencia. La AEMA no realiza investigaciones medioambientales por sí misma, sino que trabaja a partir de datos proporcionados por los países. Parte de la información llega a través de organizaciones como Eurostat (la Oficina de Estadística de la Comisión) o la Organización Mundial de la Salud (OMS). El resto de la información se recopila en gran parte a través de EIONET, un enorme recurso adicional de cuya creación y coordinación es responsable la AEMA. El ámbito geográfico de aplicación del Sistema de Indicadores de la Agencia Europea de Medio Ambiente es el nacional.

FIGURA 7. Modelo Fuerza Motriz – Presión – Estado – Impacto - Respuesta.



Fuente: Elaboración propia a partir de: EEA, 2007.

#### b) Sistemas de segunda generación.

Su utilización empezó en la década de los noventa, mediante el desarrollo de sistemas a nivel nacional, destacando las iniciativas realizadas por México, Chile, Estados Unidos, Reino Unido, España (OSE 2005 y 2006), etc. Se incorpora el enfoque multidimensional (económico, ambiental y social) del desarrollo sostenible. En los últimos años toma fuerza una cuarta dimensión, la institucional, debido a la relevancia e influencia que toman las políticas dictadas por los organismos de control (gobiernos locales, nacionales, organismos internacionales, etc.). El desarrollo de estos sistemas ha sido liderado por la Comisión de Desarrollo Sostenible de las Naciones Unidas, con indicadores que se engloban en cada una de las dimensiones del desarrollo, pero sin estar vinculados entre sí.

El Sistema de Indicadores de la Comisión de Desarrollo Sostenible-Naciones Unidas se puso en marcha para desarrollar el capítulo 40 de la Agenda 21 a través del “Programa de Trabajo en Indicadores de Desarrollo Sostenible”, y produjo un listado de Indicadores de Sostenibilidad, desarrollados por hojas metodológicas, que fueron publicados en 1998 en el libro “Indicators of Sustainable Development. Framework and Methodologies” o también conocido como “libro azul de los indicadores” (Quiroga, 2001). Inicialmente utilizó el marco ordenador FER hasta el año 2001 cuando desarrolla un nuevo marco ordenador basado en dimensiones, temas y subtemas (ONU, 2001, CSD, 2006 a; CSD, 2007; Quiroga, 2001).

En el año 2006 se reunió el Grupo de Expertos en Indicadores de Sostenibilidad para revisar la lista publicada en el año 2001, dando como resultado 14 temas, que agrupan los 96 indicadores desarrollados (ONU, 2001, CSD, 2006b; CSD, 2007). Los Indicadores, aplicados en un ámbito geográfico nacional, han sido clasificados en básicos y no básicos, siendo los básicos aquellos que tienen importancia o son relevantes para la mayoría de países, mientras que los no básicos o complementarios proporcionan información adicional o se refieren a problemas que son relevantes en algunos países. Los catorce temas acordados son: Pobreza, Gobierno, Salud, Educación, Demografía, Riesgos Naturales, Atmósfera, Tierra, Océanos, mares y costas; Agua potable, Biodiversidad, Desarrollo Económico, Cooperación económica mundial y Patrones de consumo y producción (CDS, 2006 b).

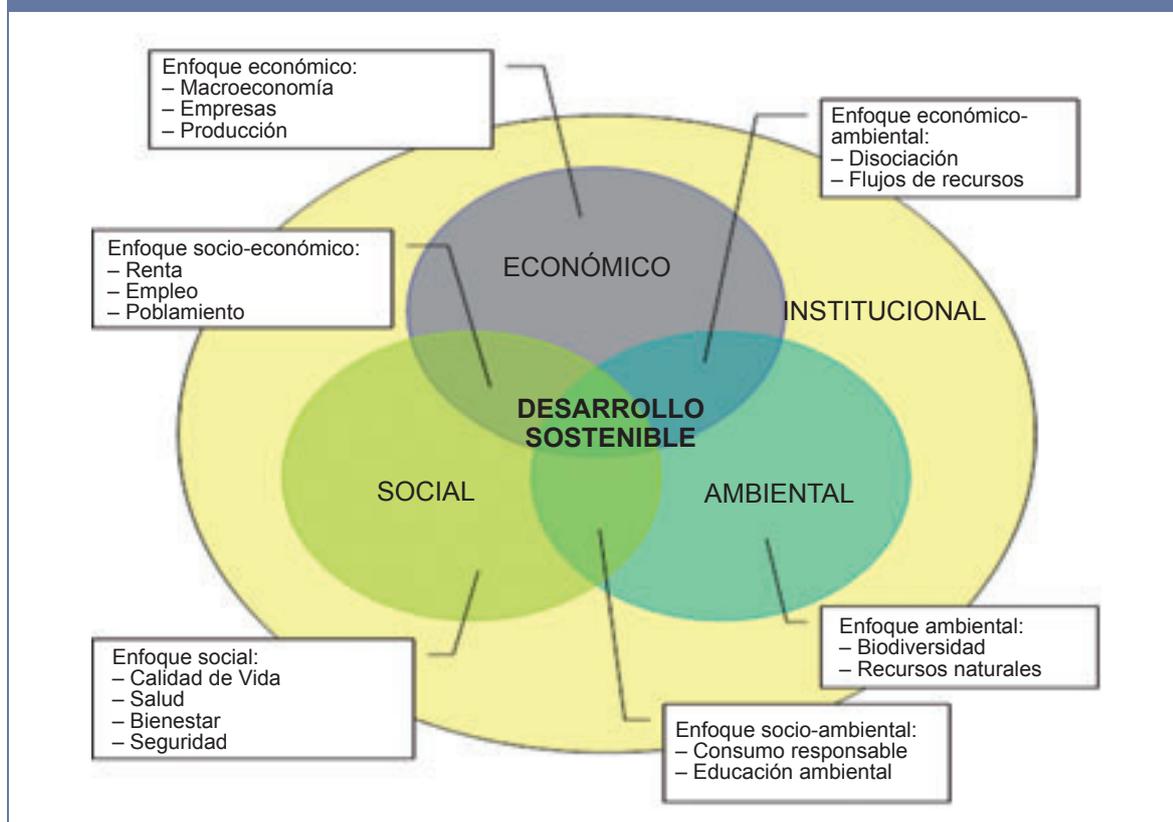
Los criterios para la selección de indicadores son:

- Referirse a temas o cuestiones relevantes para el desarrollo sostenible en la mayoría de países.
- Proporcionar información esencial no disponible de otros indicadores básicos.
- Pueden calcularse para la mayoría de los países con los datos existentes, o que podrían estar disponible en un plazo y costes razonables.

### c) Indicadores de tercera generación.

En los últimos años, la necesidad de vincular las dimensiones del desarrollo y de sus indicadores entre sí, generó sistemas de indicadores que permitan tener un acceso rápido a un mundo de significados mucho mayor, y que los agrupe en temas o áreas multidimensionales, de forma transversal y sistemática (Figura 8). Se destacan las iniciativas realizadas por la Unión Europea, a través del Grupo de Trabajo sobre Indicadores de Desarrollo Sostenible, y su adaptación en España por parte de la OSE en su informe 2007. Si bien se generaron a nivel internacional, los nuevos sistemas de indicadores propician un mayor componente territorial, que facilite su uso y aplicación a nivel local y promueva una mayor participación social.

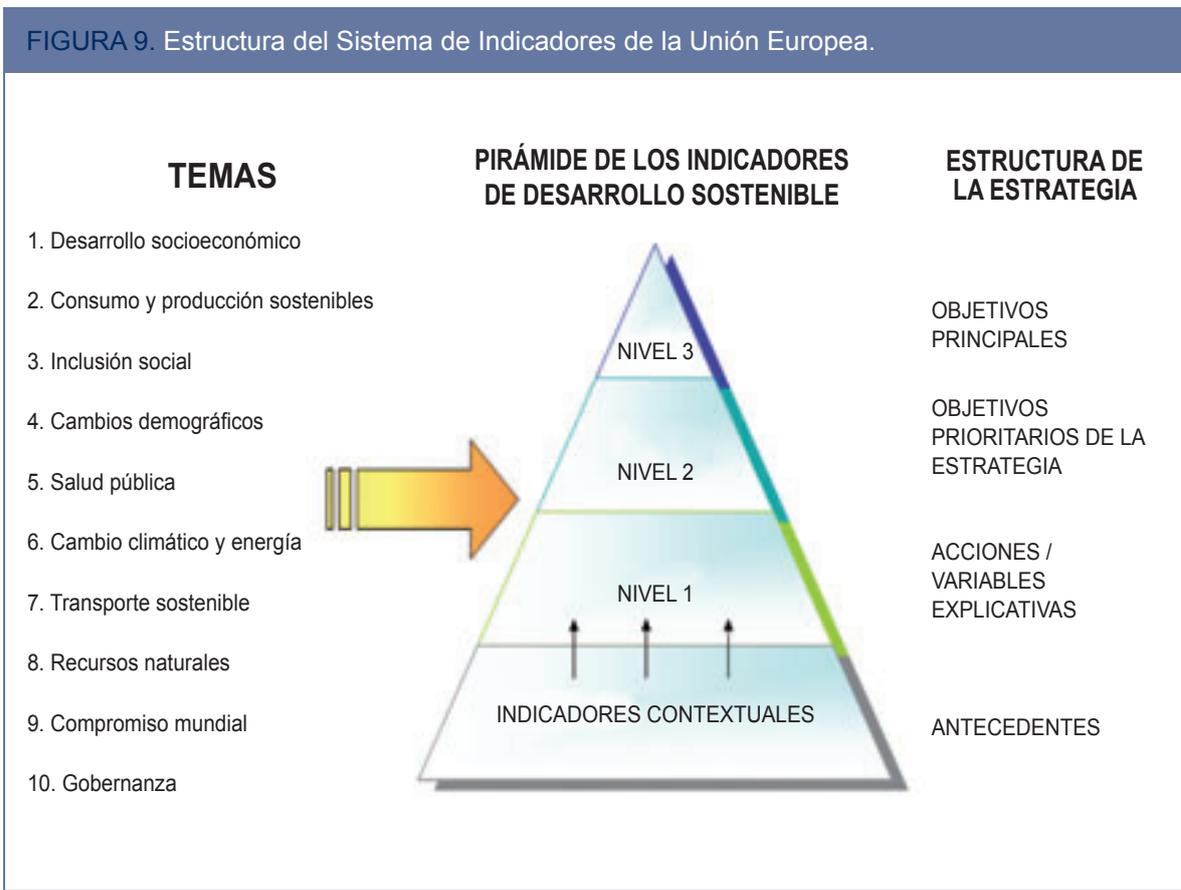
FIGURA 8. Enfoque transversal de los Sistemas de tercera generación.



Fuente: Elaboración propia a partir de:  
Fernández, 2006; Gallopin, 2006; OSE, 2006.

El Sistema de Indicadores de la Unión Europea fue creado bajo la consigna de mejorar la calidad de vida y el bienestar para las generaciones presentes y futuras, al amparo de la Estrategia de Desarrollo Sostenible, aprobada por el Consejo Europeo en junio de 2001 en Gotemburgo, y renovada en junio de 2006. En esta Estrategia, se establece desarrollar un Sistema de Indicadores para su seguimiento, bajo la responsabilidad de Eurostat. Aplica un sistema de indicadores de tercera generación, basado en diez temas, que reflejan los siete retos clave de la estrategia, el objetivo clave de la prosperidad económica, y los principios rectores en materia de buena gobernanza.

Para facilitar el manejo de los indicadores, y por ende mejorar su comunicación, el conjunto de indicadores se distribuye en una pirámide de tres niveles, que reflejan la estructura de la estrategia (objetivos generales, objetivos operativos y acciones), complementando la información con indicadores contextuales, que proporcionan información de los antecedentes de cada tema, pero que no inciden directamente sobre los objetivos de la estrategia (Figura 9). Los indicadores son revisados cada dos años, determinando su funcionalidad y si responden a las necesidades de los países miembros de la UE.



Fuente: Elaboración propia a partir de EUROSTAT, 2007.

El Observatorio de la Sostenibilidad en España (OSE) ha publicado tres informes (2005, 2006 y 2007) que pretenden evaluar los procesos de sostenibilidad del desarrollo en España y analizar los logros y carencias actuales y previsibles (a nivel autonómico y nacional) con el objetivo de progresar hacia un desarrollo más sostenible. Responde a los requerimientos realizados por la Unión Europea a través de la llamada Agenda para el Cambio constituida por la revisada Agenda Socioeconómica de Lisboa y la Estrategia de Desarrollo Sostenible de Gotemburgo.

Adopta el marco FPEIR (Fuerzas Motrices - Presión - Estado - Impacto - Respuesta) para los indicadores ambientales y su disociación de los sector-es económicos. En cambio, los indicadores económicos y sociales son analizados de manera cualitativa y se pone de manifiesto su importancia dentro del desarrollo sostenible del país. El ámbito geográfico de aplicación del Sistema de Indicadores del Observatorio de la Sostenibilidad en España es nacional y regional (Comunidades Autónomas). En el informe del 2007 se adapta el marco temático de la UE, compuesto por diez áreas temáticas, a la realidad española, y se añade el área de Cultura y Desarrollo sostenible.

Los tres informes han mantenido la siguiente estructura de presentación:

Objeto y metodología del informe, donde se analiza la sostenibilidad a nivel mundial, comunitario y nacional para definir los objetivos trazados por el OSE, y se presenta la metodología para obtener los indicadores desarrollados.

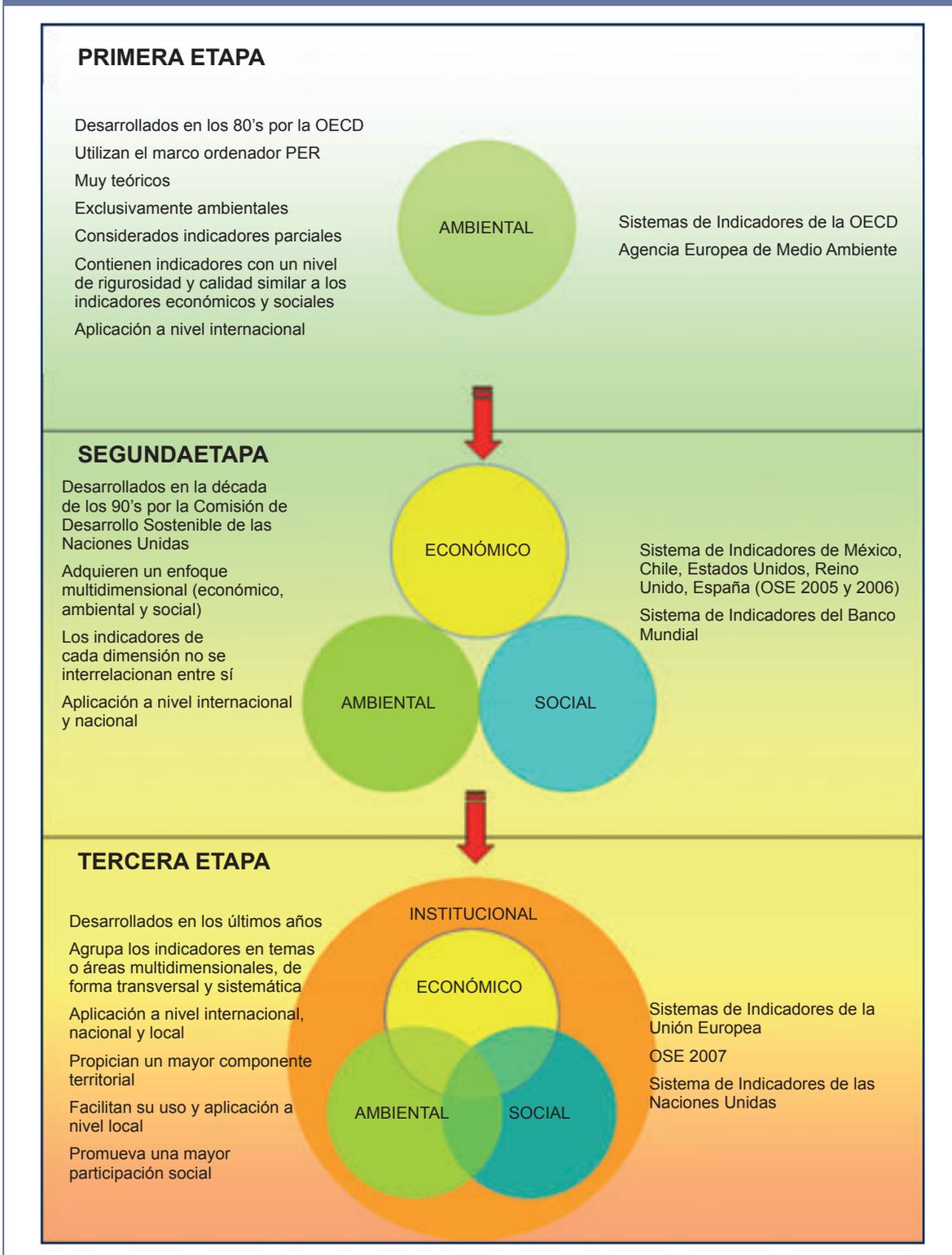
Evaluación integrada, que contiene las conclusiones generales obtenidas del proceso de análisis de los indicadores desarrollados, poniendo especial énfasis en áreas de interés actual y político. Incluye un sistema de evaluación de cada uno de los indicadores desarrollados en cuanto a su estado actual y tendencias, valorándolos según el análisis de la ficha (Progreso positivo o negativo, o situación indefinida o no evaluable).

El Marco de referencia, incluido en los informes de los años 2005 y 2006 que contextualizaba los procesos de desarrollo, identificaba las principales características del entorno físico y ambiental, junto con la estructura económica de los sectores productivos y la estructura administrativa de España, desapareciendo en los informes del 2007 y 2008, de tal forma que los temas tratados en ellos se incluyen en el ámbito de las áreas temáticas.

Así pues, a lo largo de los últimos años, el Observatorio de Sostenibilidad, ha modificado la organización de sus indicadores en áreas o sectores (en los dos primeros) hasta llegar a un marco ordenador por áreas temáticas (en los dos últimos), generando y aplicando nuevos indicadores y temas económicos, ambientales e institucionales (sirvan de ejemplo los de dependencia, sobrepeso, gasto social, parámetros macroeconómicos, transporte, buen gobierno, cultura,...).

En definitiva, los Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad llevan a su haber cerca de treinta años de continuos cambios y avances hacia modelos interdimensionales que permitan evaluar de forma fácil y fiable los procesos de desarrollo. Los primeros modelos de Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad, fundamentalmente de tipo ambiental y de carácter nacional o supranacional, han evolucionado hacia sistemas recientes que abordan la triple dimensión económica, ambiental y social de manera integral (Figura 10).

FIGURA 10. Evolución de los Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad.



Fuente: Elaboración propia.

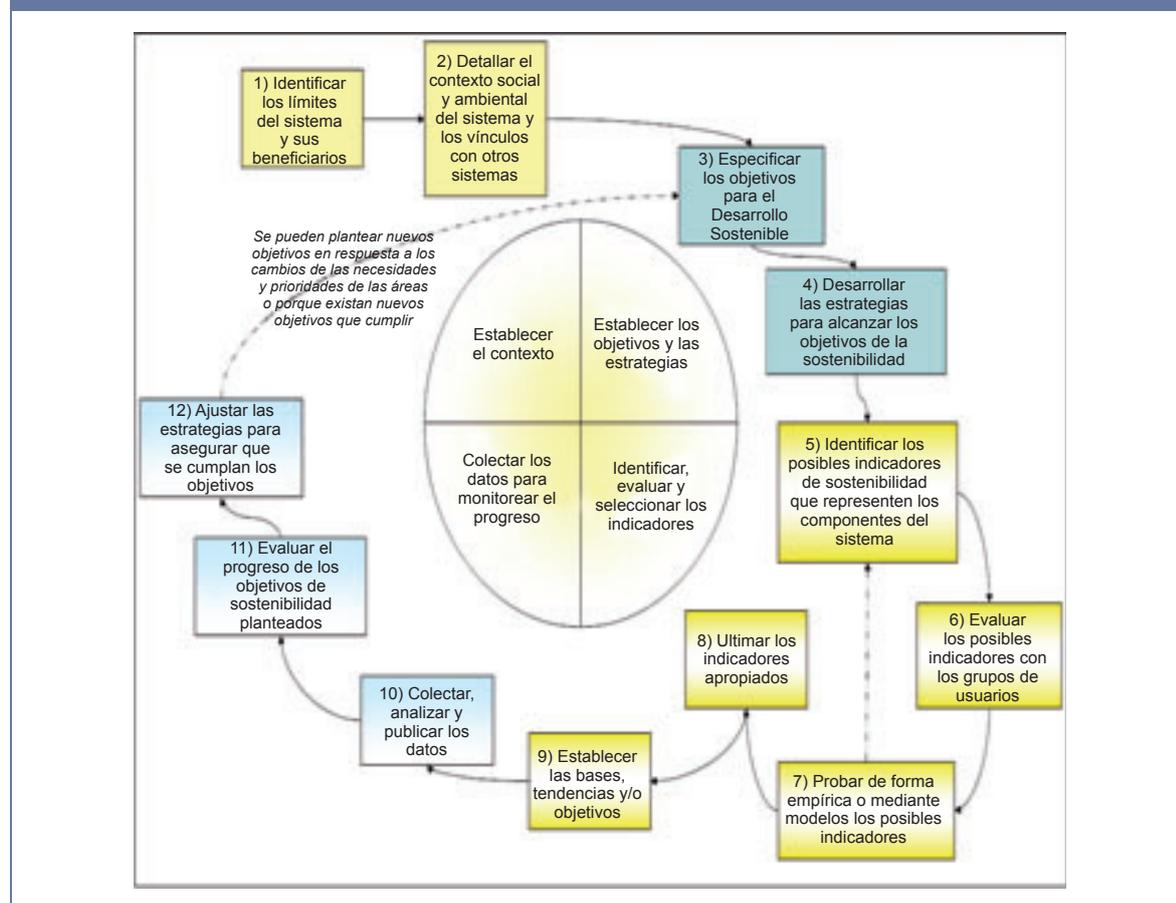
Los sistemas internacionales (OECD, ONU, UE) se han erigido como un importante referente para la elaboración de sistemas nacionales y regionales, sobre todo en los países desarrollados. Han desarrollado nuevos marcos ordenadores y han dictado las pautas a seguir para adaptarlos a otras escalas geográficas, y aportan gran cantidad de valores de referencia y procedimientos técnicos de cálculo de

los indicadores. Generalmente, toman como valores objetivos aquellos que se han trazado en los distintos tratados, convenios u objetivos a nivel mundial (Protocolo de Kyoto, Objetivos del Milenio, Agenda 21, Estrategia de Gotemburgo, etc.) y se busca que los países tomen como guía sus indicadores para el desarrollo de Programas y Planes de Desarrollo Sostenible. Permiten ser desagregados a nivel sectorial y territorial, facilitando el enlace con otros sistemas y modelos. Pero para ello es necesario contar con datos suficientes y, actualmente, las bases de datos presentan varias deficiencias, especialmente en los temas ambientales y a nivel local, lo que dificulta el cálculo de los indicadores.

En España existen municipios que han implementado las Agendas 21 locales, basadas en el sistema de indicadores de la ONU, pero el uso del marco ordenador PER ha provocado que la mayor parte de indicadores sean de índole ambiental y mantengan la linealidad del sistema. Por otro lado no se aportan metas ni objetivos a medio y largo plazo, como medida para llegar a la sostenibilidad. Además, es necesario generar indicadores de percepción en todas las dimensiones o áreas temáticas del sistema de indicadores, con el fin de evaluar la satisfacción de la población con el estado actual, de conocer el grado de aceptación de las actuaciones de los organismos públicos, y de buscar formas de comunicación que permitan una mayor proximidad a la sociedad en general y de forma particular a los gestores locales. Por último, las Agendas 21 han priorizado su trabajo en grandes ciudades, a nivel urbano, y en menor medida en los pequeños municipios rurales, de ahí el interés de la metodología que se propone.

Reed, *et al.* (2006) describen el proceso de desarrollo y aplicación de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad, mediante una aproximación Top down-Bottom up., sirviéndonos de base a lo que podríamos denominar “ciclo del indicador y metamodelo”. Éste consta de cuatro etapas compuestas por doce fases que cierran un ciclo iterativo de evaluación de la sostenibilidad; es un marco de referencia empírico, en el cual se debe incluir las herramientas para su aplicación, de acuerdo con contexto de las áreas de estudio. En la Figura 11 se observa el proceso o ciclo del indicador.

FIGURA 11. Ciclo de desarrollo y aplicación de un Sistema de Indicadores.



Fuente: Reed, *et al.* 2006.

Se propone un Metamodelo, o modelo de modelos, de construcción de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad de Procesos de Desarrollo en espacios territoriales, que consta de ocho fases iterativas. El planteamiento permite adaptarlo a distintas escalas, a distintos sectores, y a enfoques bottom-up y top-down. Las fases generales del metamodelo se agrupan de acuerdo con la Tabla 9:

**TABLA 9. Fases del Metamodelo de construcción de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad.**

1. CONTEXTO DEL SISTEMA DE INDICADORES
  - 1.1. Ámbito Geográfico del Sistema de Indicadores
  - 1.2. Enfoque sectorial del Sistema de Indicadores
  - 1.3. Contexto Político-Administrativo
  - 1.4. Selección de Periodos cronológicos claves
2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PREVIOS
  - 2.1. Caracterización de Sistemas de Indicadores existentes de utilidad
  - 2.2. Caracterización de las Bases de Datos útiles
3. PROCESO DE GENERACIÓN DE INDICADORES
  - 3.1. Estructura inicial del Sistema de Indicadores. Clasificación. Áreas temáticas prioritarias
  - 3.2. Generación de Indicadores simples por áreas temáticas
  - 3.3. Generación de Indicadores complejos. Estructura final del Sistema de Indicadores.
4. PROCESO DE SELECCIÓN DE INDICADORES
  - 4.1. Caracterización y Valoración de Indicadores
  - 4.2. Selección de indicadores
5. CONSTRUCCIÓN Y APLICACIÓN DE LOS INDICADORES SELECCIONADOS
  - 5.1. Características, construcción técnica y selección de los indicadores relativos
  - 5.2. Datos necesarios para el cálculo de los indicadores relativos
  - 5.3. Cálculo y aplicación de los indicadores en las áreas geográficas.
6. DESARROLLO DEL SISTEMA DE INDICADORES
  - 6.1. Valores de Referencia.
  - 6.2. Estimación de los Valores Umbrales: críticos y deseables.
  - 6.3. Estimación de los Valores Objetivos de aproximación hacia el Valor Deseable
7. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS
  - 7.1. Análisis temático: análisis por áreas temáticas en el conjunto de la red
  - 7.2. Análisis geográfico: análisis de todo el sistema de indicadores en cada área geográfica
8. COMUNICACIÓN DEL SISTEMA DE INDICADORES
  - 8.1. Estructura de la información de cada indicador y divulgación
  - 8.2. Uso del Sistema de Indicadores.

Fuente: Elaboración propia.

A continuación, se exponen las características del metamodelo, y se realiza la adaptación a los procesos de desarrollo en áreas rurales españolas LEADER y PRODER. En este caso, el principal objetivo del Sistema de Indicadores es ofrecer a los gestores de los programas comarcales de desarrollo rural y a la población local las herramientas necesarias para la toma de decisiones.

### **3.1. CONTEXTO DEL SISTEMA DE INDICADORES**

El contexto en el que se enmarcan los procesos y las dinámicas derivadas de las interacciones socioeconómicas y ambientales, de acuerdo con las características biogeográficas y socioeconómicas del área de estudio, determinará el cumplimiento de los objetivos del Sistema de Indicadores (OSE, 2006). Por eso es necesario definir, en primer lugar, el contexto de los mismos, en particular el ámbito geográfico, el enfoque sectorial, el tipo de desarrollo, el contexto político-administrativo y los periodos cronológicos de evaluación.

#### **3.1.1. Ámbito Geográfico del Sistema de Indicadores**

Teniendo en cuenta que la sostenibilidad de un sistema debe procesarse en la globalidad del sistema, no en la de sus dimensiones, se entiende y se acepta el estudio de la sostenibilidad atendiendo a diferentes escalas espacio-temporales y dimensiones de análisis (Fernández, 2006). Cada nivel de escala posee diferentes problemas, cuestiones a resolver y teorías a formular (Dollfus, Mayr, 2006). Por

tanto, la forma de comprender y analizar los fenómenos tiene valor cuando se los colocan en escalas de magnitud comparables, aun cuando el estudio de las transferencias entre distintas escalas, puede perder valor.

La clasificación más extendida establece los siguientes ámbitos: Internacional, Nacional, Regional y Local. De acuerdo con la realidad española, se pueden establecer los siguientes niveles de escalas:

- Internacional:
  - Mundial
  - Continental (UE)
- Nacional y Regional:
  - Nacional
  - Comunidades Autónomas
  - Provincial
- Local:
  - Comarcal
  - Municipal (Agenda 21 local)

Fraser *et al.* (2005) sostienen que la elección del ámbito geográfico es determinante para la construcción del sistema y su aplicación. Consideran que la provincia resulta un ámbito geográfico muy grande para ser significativa, porque no analiza las variaciones locales existentes, que resultan importantes para el desarrollo de un sistema de indicadores. En cuanto a la comarca, consideran que se debe evitar que los datos obtenidos escondan las tendencias reales de los indicadores y conduzcan a la duplicación de los servicios y a una falta de armonización de la región. También es necesario, en el momento de construir los indicadores, especificar su ámbito o ámbitos unitarios más frecuentes, generalmente determinados por el alcance de la base de datos o el trabajo de campo utilizado (Bakkes *et al.*, 1994; OSE, 2005; Reed *et al.*, 2006).

El ámbito geográfico de un Sistema de Indicadores estará determinado por la estructura político-administrativa de las áreas sobre las que se aplica. En consecuencia, el ámbito geográfico del sistema de indicadores para áreas rurales LEADER y PRODER de España debe ser el comarcal, y el ámbito unitario más frecuente, aunque éste dependerá de la disponibilidad de datos del indicador, es el término municipal.

### 3.1.2. Enfoque sectorial del análisis

Una vez delimitado el ámbito geográfico, conviene determinar los sectores principales y las actividades preponderantes de desarrollo de las áreas analizadas, o el tipo de desarrollo principal del análisis, al objeto de orientar la naturaleza del sistema de indicadores. El enfoque sectorial dependerá del objetivo del sistema de indicadores, y en la actualidad se pueden citar como ejemplos los sistemas desarrollados para los sectores turístico, urbano, agrícola intensivo, industrial, energético, de la atmósfera, del transporte, forestal, para costas y medio marino, cuencas hidrográficas, suelos y residuos, de aplicación de la agenda 21, etc...

De acuerdo con las características de las comarcas rurales LEADER y PRODER españolas, el enfoque sectorial es claramente de tipo rural extensivo o de montaña. La aplicación de los Indicadores en las áreas rurales nos permitirá extraer conclusiones sobre la sostenibilidad de los Procesos de Desarrollo y evaluar la efectividad de las políticas de desarrollo rural de la UE, apoyándonos en los resultados en estas áreas piloto.

### 3.1.3. Contexto Político-Administrativo

Una vez determinados el ámbito geográfico, y el enfoque sectorial del Sistema de Indicadores, el metamodelo considera necesario establecer el contexto político-administrativo. Éste influirá sobre el análisis de los indicadores porque reflejan elementos externos al Sistema, que condicionan su actividad y resultados. Las áreas rurales españolas se corresponden con el contexto político-administrativo de gestión descentralizada por las Comunidades Autónomas, coordinada por el Estado español e insertado en el contexto de la Unión Europea (organismo que determina las políticas y directrices de desarrollo rural que son aplicadas en las áreas españolas).

### 3.1.4. Selección de Periodos cronológicos claves

Bossel (1999) expresa que el desarrollo sostenible implica cambios constantes, y los Sistemas de Indicadores por sí mismos tienen que adaptarse a las nuevas condiciones. Es por lo tanto necesario establecer periodos cronológicos claves fundamentales de análisis, a partir de hitos, hechos o acontecimientos claves, tanto en el área como en el sector en el que se inserta el sistema de indicadores. Al menos se deberán establecer los siguientes periodos: pasados para la evaluación Ex-Post, actuales o pasados recientes, y futuros para la evaluación Ex-Ante. En definitiva, se analizará la evolución histórica de los indicadores, que permitirá su evaluación diacrónica para tener una perspectiva global y conocer sus tendencias.

En el caso de las áreas rurales LEADER y PRODER, se ha fijado el periodo 1991-2001 como periodo cronológico pasado, por coincidir con las primeras políticas de desarrollo rural en la UE, en particular la iniciativa LEADER I, LEADER II, y primeros PRODER. La evaluación ex-post de este periodo permitirá, como indica González (2000): “una valoración a posteriori sobre la pertinencia, eficacia, eficiencia y efectos del proyecto en el contexto de sus objetivos declarados”.

El periodo actual o pasado reciente abarca el periodo 2002-2006, y permitirá la evaluación de la sostenibilidad del proceso actual de desarrollo. Se fijó este periodo por coincidir con las políticas recientes de desarrollo rural, en particular la iniciativa LEADER+ y los PRODER II.

Como periodo futuro, se fija el periodo 2007-2013, que es objeto de las nuevas políticas de desarrollo rural determinadas por la Unión Europea, que se centran en tres ámbitos que corresponden a tres ejes temáticos del nuevo Reglamento: mayor competitividad del sector agrario y forestal, mejora del medio ambiente y el entorno rural y mejora de la calidad de vida en las zonas rurales y diversificación de la economía rural y se apoya en cuatro ejes, siendo uno de ellos el LEADER, compatible con los otros tres (Comunidades Europeas, 1995-2007) (Ver tabla 10). En este periodo se analizarán las tendencias, con el objeto de determinar y contrastar los valores:

- Futuros (por estimaciones estadísticas)
- Umbrales (críticos y deseables)
- Posibles (u objetivos de progreso realista hacia los valores deseables)

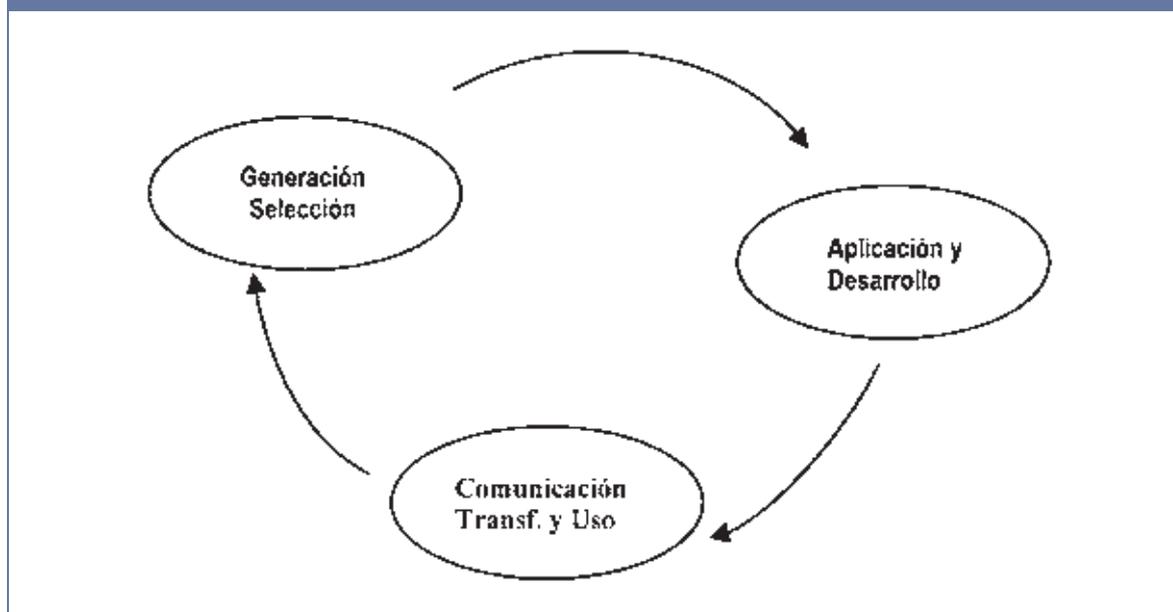
TABLA 10. Contexto del Sistema de Indicadores para áreas rurales españolas.	
<b>Ámbito Geográfico</b>	- Ámbito total: <b>Comarcal</b> - Ámbito unitario: <b>Municipal</b> (generalmente)
<b>Enfoque sectorial</b>	De tipo <b>rural extensivo o de montaña</b>
<b>Contexto político-administrativo</b>	- Directrices Europeas - Coordinación Estatal - Gestión por las Comunidades autónomas
<b>Periodos de análisis diacrónico</b>	- Pasado: <b>1991-2001</b> - Reciente: <b>2002-2006</b> - Futuro: <b>2007-2013</b>

Fuente: Elaboración propia.

Una vez fijado el contexto del Sistema de Indicadores, resumido en la Tabla 10, se recomienda recurrir a un ciclo iterativo (Figura 12), que consta de los pasos fundamentales siguientes:

- Generación de posibles indicadores.
- Selección de los indicadores óptimos.
- Construcción y aplicación de los indicadores seleccionados
- Desarrollo del Sistema de Indicadores (valores umbrales y objetivos).
- Comunicación, transferencia y uso de los Indicadores
- Generación de nuevos Indicadores.

FIGURA 12. Ciclo iterativo de la construcción de un Sistema de Indicadores.



Fuente: Elaboración propia.

## 3.2. TRABAJOS DE INVESTIGACIÓN PREVIOS

### 3.2.1. Caracterización de Sistemas de Indicadores existentes de utilidad.

Se analizarán, clasificarán y caracterizarán los Modelos de Indicadores disponibles en la bibliografía, relacionados con el Sistema que se pretende definir y desarrollar. Éstos nos servirán en la fase de generación de indicadores y como valores de referencia para analizar los resultados obtenidos.

### 3.2.2. Caracterización de las Bases de Datos útiles

Una base de datos o banco de datos es un conjunto organizado de datos o valores estadísticos que pertenecen al mismo contexto, almacenados sistemáticamente para facilitar su uso. Para recopilar datos de fuentes de información primaria y secundaria, se precisa analizar, clasificar y caracterizar cada una de las bases de datos disponibles, en particular:

- Información bibliográfica.
- Registros administrativos procedentes de diversas administraciones.
- Mediciones técnicas y estadísticas realizadas en trabajos científicos.
- Información cartográfica y analógica.

En la construcción del sistema de indicadores es necesario recopilar toda la información disponible, principalmente de la escala de aplicación, y sistematizarla, para lo cual es importante conocer, para cada base de datos, la estructura, los datos disponibles, en particular de sus ámbitos total y unitario: municipio, provincia,... y las series de años disponibles.

Finalmente, se deberá realizar una valoración general del conjunto de las Bases de Datos: calidad y fiabilidad, facilidad para operar,... con el objeto de conocer los déficits detectados y realizar propuestas de búsqueda y obtención de datos complementarios a través de otras fuentes: direcciones de correos electrónicos y/o teléfonos de administraciones, empresas, etc...

### 3.3. PROCESO DE GENERACIÓN DE INDICADORES

#### 3.3.1. Estructura Inicial del Sistema de Indicadores en Áreas Temáticas

La estructura inicial de un Sistema de Indicadores debe establecerse bajo una clasificación que permita la especialización por áreas temáticas en la generación inicial de indicadores y en el análisis de la sostenibilidad económica, ambiental y social del proceso de desarrollo. La estructura debe tener como base la identificación de los diferentes sectores o áreas temáticas, así como los sistemas sobre los que depende la sociedad humana (Bossel, 1999).

Se propone como primera clasificación general de los indicadores un sistema compuesto por cuatro grandes subsistemas: medio económico, medio natural, medio social y un marco de referencia, que incluye los temas institucionales, para caracterizar cada una de las áreas de estudio que permita el análisis adecuado de los resultados obtenidos.

Se trata de realizar una primera desagregación en medios y bloques. El medio corresponde al primer nivel de desagregación, de acuerdo con los tres principios básicos de la sostenibilidad: económica, ambiental y social; y el bloque, al segundo nivel, con posibilidad de matizar, en su caso, en subbloques o subgrupos. Así, obtendríamos, con carácter genérico:

- Marco de referencia natural y antrópico (que incluye el institucional).
- Medio Económico.
  - Sectores productivos (primario, secundario y terciario)
  - Sectores auxiliares (energía, transporte y equipamientos)
  - Estructura económica
- Medio Natural.
  - Suelo, agua, atmósfera
  - Biodiversidad: vegetación y fauna
  - Costas y medio marino.
- Medio Social.
  - Población. Estructura demográfica. Poblamiento
  - Economía de la población. Mundo laboral.
  - Bienestar social

Posteriormente, se puede desglosar la estructura en conceptos, perfiles e indicadores, donde el concepto corresponde al tercer nivel de desagregación, con posibilidad de matizar, en su caso, en subconceptos; el perfil corresponde al cuarto nivel de desagregación, con posibilidad de matizar, en su caso, en subperfiles, y el indicador corresponde al último nivel de desagregación. El desglose progresivo de la estructura del sistema de Indicadores en áreas temáticas se realiza en función de su naturaleza, del tipo de desarrollo.

Aplicando estas directrices generales a las comarcas de desarrollo rural, la clasificación adaptada deberá hacer mayor énfasis en el suelo: residuos, erosión,..., en la utilización y la calidad del agua y en las aguas residuales, en la biodiversidad, especialmente la gestión forestal y de los ENP (Espacios Naturales Protegidos), en la participación social dado el carácter local, en los sectores productivos ligados a la agricultura y ganadería y en el turismo rural. Por otro lado, se suprime el apartado de costas y medio marino. De esta forma, la estructura inicial quedaría tal y como se puede observar en la Tabla 11.

**TABLA 11. Estructura Inicial del Sistema de Indicadores en Áreas Temáticas, aplicada para espacios rurales.**

**A. MARCO DE REFERENCIA**

1. CONTEXTO. Administrativo: superficies, población. Características físicas y climáticas (altitud,...). Instituciones.
2. USOS. Superficies de usos del suelo (Naturales y Antrópicos).

**B. MEDIO ECONÓMICO Y SECTORES PRODUCTIVOS. SOSTENIBILIDAD ECONÓMICA.**

1. SECTORES PRODUCTIVOS CON BASE AGRARIA
  - A. Agricultura. Estructura. Agricultura ecológica.
  - B. Ganadería. Vías pecuarias. Alimentación animal. Aspectos económicos, sociales y ambientales.
  - C. Industria agroalimentaria. Aspectos económicos, sociales y ambientales.
  - D. Sanidad y Seguridad alimentaria.
2. SECTORES PRODUCTIVOS NO AGRARIOS
  - A. Turismo. Recursos. Oferta. Demanda. Aspectos económicos, sociales y ambientales.
  - B. Otros sectores. Doméstico. Industria no agroalimentaria. Comercio. Artesanía. Servicios. Actividades extractivas y mineras. Construcción. Aspectos económicos, sociales y ambientales.
3. ESTRUCTURA ECONÓMICA DEL ÁREA
  - A. Parámetros macroeconómicos: PIB, sectores productivos,...
  - B. Estructura empresarial. PYMES y familiares. Calidad y Gestión integrada. Tecnología. Competitividad. Impuestos.
4. SECTORES AUXILIARES
  - A. Energía. Primaria. Alternativas. Final. Aspectos económicos, sociales y ambientales.
  - B. Transporte. Infraestructura. Actividad. Aspectos económicos, sociales y ambientales.

**C. MEDIO NATURAL. SOSTENIBILIDAD AMBIENTAL.**

1. SUELO
  - A. Calidad del suelo. Degradación. Contaminación. Erosión. Riesgos: inundación, sísmico.
  - B. Residuos. Generación. Gestión. Materiales.
2. AGUA
  - A. Aguas superficiales y subterráneas. Recursos y explotación. Gestión. Precio del agua. Calidad del agua: contaminación, salinización. Gestión de la calidad del agua.
  - B. Aguas residuales: generación y gestión.
3. ATMÓSFERA
  - A. Calidad del Aire. Contaminación. Salud ambiental. Contribución a la contaminación global y el cambio climático.
4. BIODIVERSIDAD
  - A. Biodiversidad. Espacios Naturales. Espacios forestales. Degradación. Gestión. Incendios.
  - B. Flora y Fauna. Especies. Endemismos. Hábitats faunísticos.
  - C. Espacios Naturales Protegidos. Superficies. Presiones. Planificación de ENP. Gestión.

**D. MEDIO SOCIAL. SOSTENIBILIDAD SOCIAL.**

1. POBLACIÓN
  - A. Demografía. Estructura. Natalidad. Envejecimiento. Migraciones.
2. ECONOMÍA DE LA POBLACIÓN
  - A. Renta. Mundo laboral. Población Activa. Paro. Seguridad laboral.
3. BIENESTAR SOCIAL
  - A. Salud. Servicios públicos sociales. Salud ambiental.
  - B. Educación. Cultura. Deporte. Cohesión social.
  - C. Democracia local y participación social. Educación ambiental. Igualdad de género.
4. POBLAMIENTO, VIVIENDA Y URBANISMO.
  - A. Poblamiento. Pequeños núcleos urbanos. Urbanismo. Vivienda en el medio rural.
  - B. Vertebración Territorial.

**E. OTROS INDICADORES: TRANSVERSALES, INTEGRADOS, DE BALANCES...**

- A. Fortaleza Institucional.
- B. Ecoeficiencia. Disociación, etc.

Fuente: Elaboración propia.

### 3.3.2. Generación de indicadores simples por áreas temáticas

El proceso de generación de indicadores es eminentemente creativo y se basa en la motivación, la información y la flexibilidad. Teniendo en cuenta estos criterios, en el desarrollo de esta etapa, en primer lugar se deben recoger todos los indicadores propuestos en los modelos analizados, evitando redundancias. En segundo lugar, definir los indicadores a partir de los datos disponibles identificados, y finalmente, generar nuevos indicadores como consecuencia de una tormenta de ideas (se recomienda que esta fase final sea realizada por un equipo multidisciplinar para abarcar la mayor cantidad de enfoques posibles).

Bossel (1999), considera que un sistema viable de indicadores de sostenibilidad debe articularse en subsistemas (o niveles de desagregación) de forma que cada uno de ellos sean también viables. Por consiguiente, la tarea fundamental será encontrar los indicadores adecuados o idóneos, para cada subsistema. Por otra parte, debemos identificar los indicadores que proporcionan información acerca de la contribución de cada subsistema a la viabilidad del sistema.

En un inicio, la generación de los indicadores debe partir de la clasificación establecida en la estructura inicial, es decir, especializándose por áreas temáticas. El Área temática se concibe como una parte más o menos amplia de la clasificación de indicadores, y no necesariamente tendrá que coincidir con un medio, grupo o concepto. Su definición será en función de su importancia y su carácter homogéneo para su estudio de forma inicialmente aislada. Redd *et al.* (2006), consideran que la generación e identificación de indicadores potenciales a menudo se encuentra a cargo de investigadores y responsables de formular políticas (top-down), debiendo ser necesario una aproximación bottom-up, mediante la inclusión de las partes interesadas, ya sea en la fase de generación o en la evaluación de los indicadores potenciales de la lista profusa.

### 3.3.3. Generación de indicadores complejos o sintéticos. Estructura final del Sistema de indicadores

Posteriormente, se generarán, a partir de los resultados de la aplicación de los indicadores simples, nuevos indicadores complejos o índices que permitan el análisis de la sostenibilidad de forma más global. De esta forma, se generarán áreas temáticas complejas.

En la construcción de índices o indicadores sintéticos de sostenibilidad existe una pérdida de información al agregarla o ponderarla en un solo valor; generalmente se desestima esta pérdida, dado el grado de avance hacia el objetivo del desarrollo sostenible en términos generales (Castro, 2004). Existen varios inconvenientes en la construcción de índices, principalmente los derivados de la heterogeneidad de los mismos, así como la simplificación excesiva, lo cual dificulta el poder recoger todas las interrelaciones entre los subsistemas (Gallopín, 1997). También pueden existir problemas de inconmensurabilidad y pérdida de información al sintetizar la misma. Para reducir el impacto de estos problemas, se utilizan las técnicas multicriterio en la ponderación y agregación de información multidimensional (Munda *et al.*, citados por Castro, 2004).

Debido a la subjetividad presente en los métodos de ponderación, es necesario que estén relacionadas las reglas de agregación de los indicadores simples con las reglas que definen las interrelaciones entre el conjunto de indicadores seleccionados, constituyendo un auténtico modelo de la realidad (Castro, 2004). Gallopín (1997) refuerza este concepto al proponer que los indicadores seleccionados representen variables o propiedades del sistema completo, es decir, indicadores holísticos.

Al utilizar ponderaciones se puede diferenciar entre:

- a. La distancia cuantificada entre el indicador simple y su valor de referencia (se consideran cuatro las posibles referencias: el nivel objetivo marcado por la política hacia la sostenibilidad, el nivel máximo/mínimo observado, el valor umbral o el nivel medio observado).
- b. La opinión de expertos o bien el reflejo de las preferencias sociales basándose en algún tipo de encuesta (Castro, 2004).

La bibliografía recoge varios métodos para la generación de índices:

- Agregación objetiva o matemática, mediante técnicas de análisis factorial.
- Superposición gráfica de los indicadores.
- Medida directa de los componentes de los indicadores con pesos implícitos en el modelo.
- Selección de ponderaciones exógenas sobre la base de determinadas hipótesis.

En definitiva, a partir de la estructura de los Indicadores por áreas temáticas de la primera generación, el proceso de generación de Indicadores avanzará de acuerdo con una estructura más compleja y culminará con la propuesta de Índices de Síntesis mediante agregación ponderada de Indicadores que facilite el análisis de la sostenibilidad de procesos de desarrollo de forma más global.

De esta forma, se obtendrán áreas temáticas complejas, cuyo objetivo es englobar todas las dimensiones de la sostenibilidad, como por ejemplo: Desarrollo Socioeconómico, Sostenibilidad financiera pública, Innovación y Competitividad, Inclusión social, Demografía, Envejecimiento Demográfico, Salud Pública, Medio ambiente y Salud, Cambio climático y efecto invernadero, Energía, Producción y consumo sostenible, Ecoeficiencia, Gestión de los recursos naturales, Transporte, Buen Gobierno, Cultura, Bienestar social, Seguridad alimentaria, etc...

### 3.4. PROCESO DE SELECCIÓN DE INDICADORES

#### 3.4.1. Caracterización

Para iniciar la selección de los indicadores, primero deben definirse los grupos de atributos que servirán para su caracterización. Se recomienda adaptar los atributos recomendados por la literatura especializada, para posteriormente aplicarlos al sistema que se desea construir. Se propone agrupar los atributos en tres grupos considerados básicos para la selección de Indicadores y la construcción del Sistema de Indicadores:

- Objetivos del Sistema de Indicadores.
- Calidad de los datos necesarios para el indicador.
- Interés para la sociedad.

Los principales atributos a considerar pueden ser:

#### **Sobre los objetivos del Sistema de Indicadores:**

- **Evaluación de la sostenibilidad.** El indicador contribuye a la evaluación de la sostenibilidad del desarrollo desde los puntos de vista económico, ambiental y/o social; y ayuda a la consolidación de los procesos institucionales de cambio.
- **Objetivos del sistema.** Asimismo, permite evaluar los efectos de las políticas sectoriales a las que pertenece el área de estudio.
- **Significativo.** Debe ser relevante y no redundante frente a otros similares, del mismo tipo o grupo.
- **Cobertura geográfica.** Es válido para el ámbito geográfico del sistema de indicadores considerado, en este caso, el local.
- **Integración.** A pesar de lo expresado anteriormente, este atributo permite que los indicadores puedan ser integrados en otros Sistemas de Indicadores. En este sentido, se distingue la integración:
  - Vertical, esto es susceptible de integrarse directa o indirectamente en sistemas superiores (nacionales, UE,...) o inferiores: (Agenda 21 municipales)
  - Horizontal, esto es susceptible de integrarse directa o indirectamente, para el mismo ámbito geográfico considerado, en otros sistemas sectoriales: turismo, agrícola...

Sobre la calidad de los datos necesarios para el Indicador:

- **Disponibilidad.** Se valora el que exista disponibilidad de datos en todas las áreas de estudio, y en todos sus niveles, y que existan valores de un periodo suficiente de años, actuales y pasados.
- **Coste razonable.** Prima la obtención del dato dentro de un ratio coste/beneficio razonable.
- **Fiabilidad y consistencia metodológica.** La metodología de obtención de los datos se deberá contrastar y determinar las fuentes seguras.

Relacionados con la Sociedad:

- **Interés social.** El indicador deberá ser de interés social.
- **Impacto y resonancia.** Considerado importante, urgente o de especial interés por la sociedad y las administraciones.
- **Comprensible.** De fácil comprensión por personas no expertas.
- **Comunicación.** Transmite de forma clara y amigable su contenido e importancia (las fichas resúmenes son una forma de comunicación de los indicadores).
- **Metas.** Permite la propuesta de metas futuras a alcanzar en sucesivos proyectos.

### 3.4.2. Valoración

La valoración de los indicadores simples y complejos requiere un proceso de análisis de sus atributos y valoración, por áreas temáticas, mediante encuestas y entrevistas a expertos.

A cada experto entrevistado se le explicará en primer lugar el contenido global del Sistema de Indicadores y sus objetivos, el objetivo concreto de la encuesta, y las características de los grupos de atributos o criterios de valoración de los indicadores.

Posteriormente, se le presentará la lista de indicadores generados, que podrá ser ampliada con nuevos indicadores propuestos por el experto, y se le pedirá que haga una preselección, eliminando los indicadores que considere que deban ser excluidos por tener una valoración muy baja en uno o varios de sus atributos (ya sea por no tener validez desde el punto de vista de la evaluación de la sostenibilidad al no se disponen de datos de calidad o, porque no sean de ningún interés para la sociedad).

Sobre esa lista, se le pedirá que realice, para cada indicador, una valoración de 1 a 5 de acuerdo con cada grupo de atributos. Si lo prefiere, y al objeto de no alargar excesivamente el proceso, podrá realizar una valoración global de 1 a 5. Si ha optado por el primer caso, se tomará como valor final la media aritmética de las valoraciones. La escala de valores será adaptada a la realidad del medio, permitiendo variaciones de un grupo de indicadores a otro.

### 3.4.3. Selección de Indicadores

Se contemplan dos etapas para la selección de indicadores:

- **Selección por áreas temáticas:**

En cada área temática, a partir de las caracterizaciones y valoraciones anteriores, se seleccionará un conjunto de indicadores que conformarán los subsistemas de indicadores correspondientes a las distintas áreas temáticas.

- **Selección para todo el sistema de indicadores:**

A partir de todos los subsistemas de indicadores de la primera fase, se seleccionará un conjunto completo de indicadores simples y complejos, que cubra todas las áreas temáticas, y equilibrado, con un número adecuado de indicadores y una distribución por áreas temáticas acorde a su importancia.

La lista de indicadores seleccionados será depurada mediante un proceso de caracterización y posterior valoración mediante atributos por parte de expertos y los actores involucrados en la construcción del sistema de indicadores (actores políticos, gestores, sociedad, etc.).

## 3.5. CREACIÓN TÉCNICA Y APLICACIÓN DE LOS INDICADORES

En relación con lo que estamos presentando, la creación técnica y la consiguiente aplicación de indicadores coadyuva a la aproximación de la evaluación de lo que hemos dado en denominar sostenibilidad, detengámonos, pues, en su análisis.

### 3.5.1. Características y construcción técnica de los indicadores

En primer lugar, se pondrán de manifiesto todas aquellas características que describen las principales cualidades del indicador, entre los que destacamos su definición; su significado y justificación; su clasificación, su interacción y relación con otros indicadores; y su grado de madurez.

La construcción técnica de los indicadores permite cuantificarlos para realizar la evaluación de la sostenibilidad, en particular para poder efectuar las comparaciones a diferentes escalas (internacional, nacional, regional, local) en un año determinado (comparación sincrónica) y para analizar las tendencias del desarrollo en el tiempo (comparaciones diacrónicas). El contar con una base de datos completa y actualizada, permitirá que la cuantificación del indicador aporte resultados reproducibles y analizables (Bossel, 1999).

La construcción técnica del indicador se realizará de forma que éste cumpla una serie de características:

- Consistencia metodológica en la construcción del indicador.
- Predictivo, es decir, sensible a los cambios de tendencia.

- Comparable, debiendo permitir las comparaciones diacrónicas a lo largo del tiempo y, sincrónicas entre distintas áreas geográficas (términos municipales, comarcas, provincias, Comunidades, países, etc.), en fechas claves.

Para que el indicador cuantificado sea comparable y predictivo, deberá expresarse en términos relativos, utilizando preferentemente las unidades del Sistema Internacional. Para cada indicador es necesario seleccionar la relativización más apropiada, de acuerdo con los siguientes criterios generales:

- Los valores relativos por superficie son más apropiados para los indicadores ambientales (erosión, vegetación, fauna,...) pues tienen una fuerte componente territorial.
- Los valores relativos por población se utilizarán principalmente para las variables sociales (parámetros demográficos, renta,...)
- Los valores relativos por superficie y población sirven para indicadores con fuerte implicación territorial y social.
- Las variaciones temporales son útiles en todos los indicadores pues indican su tendencia, sobre todo en aquellos que demostraron ser especialmente variables en el tiempo.
- Los valores que se expresen en función de otro indicador son especialmente apropiados para los indicadores de respuesta institucional, pues miden su eficacia. Por ejemplo, frente al indicador de presión ambiental “volumen de aguas residuales”, expresaremos en porcentaje, el indicador de respuesta en función de la presión; esto es, “el volumen de aguas residuales que son tratadas”.
- Por otra parte, la densidad superficial es más fiable que la densidad por población pues el dato de la superficie lo es en relación con el de población.
- Asimismo, los indicadores cuyos datos se obtengan por estimación indirecta en función de la población no se expresan en términos relativos poblacionales por carecer de sentido.

Por último, para evitar valores excesivamente altos o bajos que dificulten su manejabilidad, se recomienda ponderarlos, magnificando o reduciendo el valor de forma lineal, esto es, multiplicando o dividiendo por una constante, de forma que los valores se muevan en una franja entre dos o tres decimales y mil unidades (0,01-1000); la homogenización debe ser igual para todos los indicadores similares dentro de un mismo bloque, con el objetivo de facilitar el trabajo de comparación y agregación de indicadores.

### **3.5.2. Aplicación y desarrollo de los indicadores en las Áreas Geográficas**

Para el cálculo de cada indicador y en cada área de estudio se podrá utilizar el siguiente esquema de trabajo:

- Obtención y exposición de una serie suficiente de datos del área.
- Obtención de valores estadísticos, característicos y singulares.
- Obtención de los valores relativos en todas las áreas unitarias.
- Representación gráfica (p.ej. media móvil) de los Indicadores relativos.
- Regresión de los valores totales del área, y estimación de valores futuros.
- Cálculo de los Indicadores Relativos seleccionados.
- Selección del año o años más adecuados para la comparación sincrónica entre áreas.

Se realizarán los valores más característicos y singulares.

## **3.6. OBTENCIÓN Y ESTIMACIÓN DE LOS VALORES UMBRALES Y OBJETIVOS.**

En este apartado se procederá a la obtención de los valores umbrales y objetivos, para un área concreta, o para un conjunto de áreas de características similares, o incluso para áreas geográficas superiores que tendrán carácter de referencia.

### **3.6.1. Valores de Referencia.**

Para la obtención de valores umbrales y objetivos, se tendrán en cuenta los Valores de Referencia que permitan realizar una primera estimación o aproximación, mediante la evaluación en términos de distancia. Estos valores de referencia pueden ser:

- Valores normativos o propuestos por la literatura científica:
  - Valores Legales: o combinación de valores presentes en leyes o tratados regionales, nacionales e internacionales.

- Valores Administrativos, recomendados por organismos especializados, establecidos en Políticas, Planes, Estrategias,...
- Valores establecidos o propuestos en otros modelos de indicadores y en trabajos científicos.
- Valores Medios:
  - Espaciales: áreas de la Red, superiores al área (Provincial, Regional, Nacional, Internacional), otras áreas similares, etc.
  - Medias temporales: de las áreas de la Red...
- Opinión de expertos, representantes institucionales, científicos, actores sociales, opinión popular, etc.

### 3.6.2. Estimación de Valores Umbrales: deseables y críticos.

El valor umbral es aquel que se considera límite desde el punto de vista de la sostenibilidad. Por tanto, en principio, existirá un valor límite negativo, o crítico, y otro valor óptimo, o deseable. A partir de los valores anteriores, se propondrá una jerarquía de valores, obtenida de forma razonada y motivada, en:

- Valor Deseable (u Óptimo)
- Valor Crítico (negativo)

El primero se define como el valor numérico normativo de un indicador de sostenibilidad que asegura el equilibrio con la capacidad de carga del medio ambiente de la región objeto de estudio (Nijkamp y Vreeker, citados por Castro, 2002). Al no existir una medida oficial operativa del desarrollo sostenible, en la mayoría de estudios se elaboran índices basados en una definición relativa, comparando a la mejor situación existente en el ámbito de estudio o superior, para cada indicador de base (Castro, 2002).

El segundo indica el mínimo o máximo valor que puede tener un indicador, bajo o sobre el cual existe una clara situación de insostenibilidad, por tanto de signo contrario a los valores deseables que se corresponden con una situación positiva que se puede alcanzar.

### 3.6.3. Estimación de Valores Objetivo o de aproximación pragmática hacia valores deseables.

Los valores objetivos aluden específicamente a la intención, representando un valor (o intervalo), no necesariamente observado, que se espera alcanzar como objetivo final de la política a implementar (Castro, 2002). Se determinan para fechas o periodos determinados, deben ser valores realistas, posibles de alcanzar, y que signifiquen progresos razonables hacia el umbral deseable de sostenibilidad. Se estiman, por tanto, a partir de este último.

Partiendo de los valores de referencia y de los valores deseables obtenidos de forma razonada y de los periodos y valores objetivos de progresos considerados en Instituciones, organismos, otros modelos,... que se extraerán de la literatura científica y de Instituciones mundialmente reconocidas como: ONU, OCDE, AEMA, OSE, Estrategias de gobiernos, etc., se fijará el periodo de referencia o intervalo de tiempo considerado para alcanzar la meta, y se hará una propuesta realista y pragmática de valores objetivos que deberán alcanzar los indicadores en el periodo determinado.

## 3.7. DISCUSIÓN E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS

Los trabajos concretos para el desarrollo de esta tarea se diferenciarán según dos tipos de especializaciones:

1. Especialización Geográfica (EG).
2. Especialización Temática (ET).

En el primer caso, se elaborará una valoración global de la sostenibilidad de cada Área Temática en los espacios rurales, relacionando los resultados de los distintos Indicadores y Conjuntos de Indicadores, y resaltando los elementos más significativos en las áreas piloto de aplicación. Esta valoración se debe hacer en función de los criterios y límites de la sostenibilidad (económica, social, ambiental e integrada) fijados inicialmente y de las consideraciones y conclusiones obtenidos en otros modelos. En particular, se pondrán de manifiesto:

- a. La evolución en periodos pasados.
- b. Para el periodo actual y futuro:
  - b.1. Situaciones claramente insostenibles o aspectos a mejorar.
  - b.2. Situaciones sostenibles o signos para la esperanza.

En el segundo caso, para cada una de las áreas geográficas de estudio consideradas se evaluará la sostenibilidad (económica, social, ambiental e integrada o global) del desarrollo en relación con el Indicador de acuerdo con los valores obtenidos, los valores umbrales estimados, y los criterios y límites de la sostenibilidad (económica, social, ambiental e integrada o global) fijados inicialmente.

### 3.8. INDICADORES DE DESARROLLO SOSTENIBLE: UN RESUMEN.

La presentación de los indicadores que a continuación se muestra, sigue el esquema propuesto por EUROSTAT en su publicación *“Measuring progress towards a more sustainable Europe. Proposed indicators for sustainable development”*. Esta estructura es heredera de las dimensiones que subyacen al concepto de Sostenibilidad y permite identificar cuatro grandes áreas –Social, Económica, Medioambiental e Institucional– en las cuales se ubican los indicadores. A su vez, en cada área los indicadores se clasifican por temas y subtemas. La ubicación de un indicador en un área determinada no es excluyente para que esté relacionado con otras, de forma que podremos encontrar indicadores del ámbito social intrínsecamente ligados con los del ámbito económico. Esto es así por la propia naturaleza del problema que se pretende medir, en el cual en ocasiones todas las dimensiones confluyen sobre un mismo eje. En cuanto al cálculo de indicadores se hace imprescindible, seguir una metodología armonizada y única que permita garantizar la comparabilidad de los resultados entre unas áreas y otras. En este caso se han seguido las directrices establecidas por EUROSTAT que han sido aceptadas internacionalmente. La armonización de métodos y nomenclaturas tiene indudables ventajas que han sido ampliamente elogiadas y las cuales compartimos en su totalidad. Sin embargo, la armonización metodológica también presenta limitaciones que es importante tener presente. La principal, hace referencia al uso de fuentes estadísticas que han sido diseñadas para áreas nacionales y cuya utilidad para espacios geográficos más pequeños como es el caso de las regiones conlleva problemas asociados al tamaño de muestras y consecuentemente a la fiabilidad de los resultados.

Por suerte este problema solo afecta a aquellos indicadores que toman su información de encuestas diseñadas para ámbito nacional y no influye en ninguna medida sobre el resto. Al mismo tiempo se incluyen comentarios metodológicos que enriquecen la interpretación de cada indicador. Uno de los ejes de la política europea en materia de Medio Ambiente es el proceso de integración de las variables ambientales, conocido como proceso de Cardiff. Por esta razón, en materia de estadística e información ambiental de diversos organismos e instituciones comunitarios se están centrando en el desarrollo de indicadores que permiten analizar y evaluar el proceso de integración a la vez que ofrecer una información sobre el estado y tendencias del medio ambiente de forma simple y sencilla.

El PNB se muestra como un indicador económico incapaz de hacer frente a la representatividad de la economía real, en cuanto a su relación con el sistema ambiental. Por esta razón, la doctrina ha comenzado a elaborar nuevos indicadores más apropiados a una realidad más compleja que la definida por la economía. Los sistemas naturales y los sistemas económicos funcionan como sistemas abiertos, que además están interrelacionados; los indicadores deben reflejar estas relaciones dentro de un marco integral. Podemos encontrar muchos ejemplos de indicadores representativos.

#### A. Índice de Desarrollo Humano (IDH).

Tal y como señalamos anteriormente, se generó en el Informe sobre “Desarrollo Humano”, en 1990, en el contexto de las actividades del Programa de las Naciones Unidas para el Desarrollo (PNUD), atendiendo a las investigaciones del economista Mahbub ul Haq, que se basó para su elaboración en las ideas de Amartya Sen, destacando la idea de que “la verdadera riqueza de una nación está en su gente”.

Este índice clasifica el nivel relativo de desarrollo de los distintos países atendiendo a variables, que no sean las tradicionales y exclusivas económicas, para el análisis de dicho desarrollo, sino que incorporen nuevas variables sociales. En este sentido, el “Índice de Desarrollo Humano” está compuesto por tres parámetros estadísticos fundamentales; a saber: “larga vida saludable” (medida a través de la esperanza de vida al nacer), “educación” (analizada mediante la tasa de alfabetización y la tasa bruta de matriculación en educación primaria, secundaria y superior) y “nivel de vida digno” (medido por el Producto Interior Bruto “per cápita” y la “Paridad de Poder Adquisitivo”, en dólares). Todo ello calculado tras el análisis de distintos factores tales como las finanzas públicas, el Medio Ambiente, el género, la

gubernabilidad, la salud (VIH), la seguridad humana, el conocimiento y la cultura, la cooperación, la pobreza y la desigualdad, los grupos sociales y la inclusión social.

La interpretación del índice a través de los Informes anuales publicados por las Naciones Unidas, desde el mencionado año 1990, ha sido y es de gran diversidad temática, ya que cada uno de los mismos se ha centrado en el análisis, estudio y valoración de diferentes factores tales como las migraciones y su incidencia en el concepto y la medición del desarrollo humano del año 1990; la financiación del desarrollo humano (1991); los mercados mundiales (1992); participación popular (1993); la seguridad humana (1994); la igualdad de sexos (1995); crecimiento económico como medio de obtención de desarrollo humano (1996); desarrollo humano para erradicar la pobreza (1997); las pautas del consumo (1998); mundialización en términos monetarios y humanos (1999); derechos y desarrollo humano (2000); adelanto tecnológico (2001); profundizar la democracia en un mundo fragmentado (2002); Objetivos de Desarrollo del Milenio, un pacto entre las naciones para eliminar la pobreza (2003); la libertad cultural (2004); la cooperación internacional y el comercio (2005); poder, pobreza y escasez de agua (2006); lucha contra el cambio climático (2007/08); los aspectos demográficos (2009); y, la verdadera riqueza de las naciones: camino al desarrollo humano (2010).

En este último Informe, publicado en el pasado mes de noviembre del 2010, se analizan aspectos que consideramos de gran importancia para el futuro de la Humanidad; grosso modo, éstos van desde las libertades y el empoderamiento hasta la sostenibilidad y la seguridad humana, y esboza un programa más amplio de investigaciones y políticas para responder a estos desafíos. Según el parafraseado Amartya Sen, tras veinte años de la aparición del primer *Informe sobre Desarrollo Humano*, los logros conseguidos son notables, si bien debemos mantenernos alertas para encontrar formas de mejorar la evaluación de la realidad pasada, amén de reconocer y responder, a las nuevas amenazas que ponen en riesgo el bienestar y la libertad.

#### B. Índice de bienestar Económico Sostenible (IBES).

Este índice pretende introducir modificaciones en la valoración del PNB con objeto de contemplar la economía no registrada por el mercado, sector informal, como es el trabajo doméstico. Además incluye las externalidades ambientales, los recursos naturales y los bienes de la biosfera, aunque la valoración de estos fenómenos se hace bastante problemática.

Índice de Sostenibilidad Ambiental. (ESI).

El Ministerio de Medio Ambiente, participando en diversas iniciativas internacionales, se ha planteado la conveniencia de disponer de un documento con información sobre el estado del medio ambiente, basado en la construcción de indicadores, que representen de forma fiel el perfil ambiental de nuestro país y permita fundamentar la toma de decisiones y evaluar la integración del medio ambiente en los sectores de actividad.

Se ha realizado en un proceso de consenso la selección de una serie de indicadores para la Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET); y se ha aprobado una primera versión en septiembre de 2000 de los indicadores que se van a utilizar de forma homogénea por todos los Estados de la Unión Europea: son indicadores ambientales, e indicadores socioeconómicos y sectoriales (Ver Tabla 12).

**TABLA 12.** Indicadores para la Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET).

INDICADORES AMBIENTALES	AIRE	CALIDAD AIRE CAMBIO CLIMÁTICO ACIDIFICACIÓN CAPA O3	
	AGUAS	CALIDAD AGUAS RECURSOS HÍDRICOS HUELLA HIDROLÓGICA	
	COSTAS Y MEDIO MARINO		
	RESIDUOS		
	SUELO	SUELOS CONTAMINADOS DEGRADACIÓN DEL SUELO	
	NATURALEZA	BIODIVERSIDAD	ESPECIES HABITATS
		ECOSISTEMAS	BOSQUES
	RUIDO		
	MEDIO AMBIENTE URBANO		
INDICADORES SOCIO-ECONÓMICOS Y SECTORIALES	PRODUCTO INTERIOR BRUTO Y POBLACIÓN ENERGÍA TRANSPORTE AGRICULTURA INDUSTRIA TURISMO GASTO EN MEDIO AMBIENTE		

FUENTE: elaboración propia, a partir de datos publicados por el Ministerio de Medio Ambiente.

La necesidad de elaborar un tronco común de indicadores medioambientales se tiene que ir desarrollando de forma paulatina a medida que avanzan diversos sistemas de medición de los aspectos sociales, económicos y ambientales. En una iniciativa del Foro Económico Mundial en Davos, Suiza, se presentó la elaboración de un Índice de Sostenibilidad Ambiental integrado, que tuvo en cuenta diversas dimensiones del medio ambiente (Ver Tabla 13).

**TABLA 13.** Dimensiones del Medio Ambiente consideradas por el Índice de Sostenibilidad Ambiental.

<b>Sistema ambiental</b>	Un país es ambientalmente sostenible para alcanzar un sistema ambiental vital si mantiene unos niveles de salud, y para alcanzar dichos niveles deberá mejorar más que deteriorarse.
<b>Reducción del estrés ambiental</b>	Un país es ambientalmente sostenible si los niveles de estrés antropogénico son suficientemente bajos como para no generar peligro demostrable hacia el medio ambiente
<b>Reducción de la vulnerabilidad humana</b>	Un país es ambientalmente sostenible si alcanza un sistema social no vulnerable (en el sentido de necesidades básicas tales como nutrición y salud); el ser menos vulnerable es un signo de que la sociedad va por el camino de alcanzar la Sostenibilidad.
<b>Capacidad social e institucional</b>	Un país es ambientalmente sostenible si tiene instituciones capaces, mecanismos y actitudes que supongan una herramienta efectiva ante cambios en el medio ambiente.

FUENTE: Main Report of World Economic Forum. 2004 Environmental Sustainability Index. 2004

El Índice de Sostenibilidad Ambiental (ESI) es una medida del progreso hacia un desarrollo sostenible ambiental. Se define Sostenibilidad ambiental como la posibilidad para responder de forma acertada en cada dimensión que afecte al medio ambiente. Un alto ESI indica el camino hacia un alto nivel de Sostenibilidad en términos ambientales, un bajo ESI indicará la existencia de problemas sustanciales de cara a combatir los problemas medioambientales.

El ESI se compone de un conjunto de 22 indicadores, cada uno de los cuales está compuesto de entre dos y seis variables, en total se cuenta con 167 variables. El ESI permite realizar una comparación internacional, y representa un primer paso hacia la búsqueda de herramientas útiles para lograr la toma acertada de decisiones. Este indicador permite:

- a) Identificar si los resultados de las políticas ambientales nacionales están por encima o por debajo de sus expectativas.
- b) Identificar áreas de éxito y de fracaso de éstas políticas.
- c) Comparación en las actuaciones ambientales.
- d) Identificar cuáles son “las mejores prácticas disponibles”.
- e) Investigar acerca de las relaciones existentes entre las actuaciones ambientales y las económicas.

La Sostenibilidad ambiental podrá ser representada como función de cinco fenómenos:

- a) El estado de los sistemas ambientales: aire, agua, suelo, ecosistemas.
- b) Nivel de estrés de los sistemas en términos de contaminación y niveles de explotación.
- c) Vulnerabilidad humana hacia cambios en el medio ambiente.
- d) Capacidad social e institucional para adaptarse a cambios en el medio ambiente.
- e) Posibilidad de responder a las demandas de un sistema global a través de esfuerzos colectivos (p.e. frente al cambio climático, deforestación...)

### 3.9. EL AGUA VIRTUAL

Los recursos del mundo constituyen, juntos, una totalidad, tal y como sucede al tratar de los recursos de un país. Si vemos el agua como un recurso, nos encontramos con el concepto de Agua Virtual, que se define como el volumen de agua requerido para producir un bien o un servicio (Allan, 1998a). Este concepto fue introducido por Allan (1993, 1994) cuando analizaba la “importación” de Agua Virtual, en lugar de agua real, en los productos de los países del Medio Oriente. Allan consideró que exportar un producto que tiene altos requerimientos hídricos (Agua Virtual) es equivalente a exportar agua, de manera, que el país importador no necesita utilizar agua nacional para obtener un determinado producto y, por tanto, puede dedicarla a otros ámbitos.

Como antecedente, varios autores concluyeron en el libro “Economic Cooperation in the Middle East - Westview Special Studies on the Middle East. Boulder” (Fishelson, 1989), que no era muy inteligente que países con problemas de escasez hídrica, exportaran productos para cuya producción había sido necesario consumir grandes cantidades de agua, proponiendo como solución, potenciar la producción especializada, y por consiguiente su exportación de productos con bajos requerimientos hídricos. A pesar de que el concepto de Agua Virtual ha tomado importancia en los últimos años, el comercio de agua se ha realizado desde la antigüedad, con países importadores y países exportadores, de agua contenida en los productos.

Velásquez (2009) considera que la potencialidad del concepto de Agua Virtual, más allá de la aplicación agrícola de requerimiento hídrico del cultivo, se basa en dos factores: en primer lugar, en la información proporcionada de los requerimientos de agua de todos los bienes y servicios, permitiendo cuantificar la cantidad de agua necesaria para producir una cantidad de un determinado producto (por ejemplo: kilo de maíz, tonelada de carne de porcino, litro de cerveza, etc.). En segundo lugar, en que puede ser relacionada con el comercio (alcanzando todo su potencial), permitiendo analizar la información de los flujos de Agua Virtual entre regiones (principalmente países). Hanasaki et al. (2010) consideran que el concepto “agua virtual” es un complemento útil para el análisis de los recursos hídricos, de su disponibilidad y de su uso en una región determinada.

#### 3.9.1. Los colores del agua virtual

En un magnífico trabajo realizado en el año 2005, y publicado bajo el título “Los colores del agua, el Agua Virtual y los conflictos hídricos”, el profesor Ramón Llamas señalaba que el estudio de las huellas hidrológicas de los diversos países está aportando nuevos datos y perspectivas que están permitiendo obtener una visión bastante más optimista de la tan frecuentemente difundida inminente “crisis del agua”. Se verá que los datos disponibles confirman lo que algunos ya anunciaron hace años (Llamas, 1992 y 1995): que esa supuesta y fuertemente voceada crisis del agua no es una crisis debida a la escasez física de este recurso sino que esencialmente se trata de un problema de mala gestión.

No son pocos los autores que consideran (Hughes, 2009) que los principales componentes del agua (colores) son el agua azul, el agua verde y el agua blanca. Por agua azul consideraríamos el agua

dulce superficial y subterráneas, es decir, el agua de lagos, ríos y acuíferos (Llamas, 2005; Water Footprint Network, 2010). El agua verde es el agua procedente de las precipitaciones que no se pierde o alimenta a las aguas subterráneas, y que se almacena en el suelo o permanece, de manera temporal, en la parte superior del suelo o de la vegetación (Water Footprint Network, 2010) debido a que se evapora directamente desde el suelo o por la transpiración de las plantas, también se le llama agua del suelo (Llamas, 2005). El agua blanca es aquella que se evapora directamente a la atmósfera, sin haber sido utilizada de manera productiva, e incluye a las pérdidas en aguas abiertas y en la superficie del suelo, también es considerada como la parte no productiva del agua verde (Hughes, 2009).

En la literatura también se mencionan otros colores del agua, como son el agua gris, el agua negra o el agua dorada. El agua gris es el agua que proviene de los desagües de bañeras, lavabos, pilas de la cocina, lavavajillas o lavadoras (generalmente aguas residuales), que no son aptas sanitariamente para el consumo humano (Rodríguez Vivanco, 2004). Pero, gracias a sus características organolépticas y de limpieza de sólidos en suspensión, pueden ser reutilizadas y distribuidas por conducciones y mecanismos de pequeño calibre para usos auxiliares como riego, evacuación de inodoros, limpieza de vehículos con un tratamiento sencillo, etc.,... Como agua negra se define a aquellas aguas que están tan contaminadas, generalmente con microbios, y que son nocivas para los seres humanos y los ecosistemas, o al menos económicamente no pueden ser reutilizadas (Hughes, 2009). El agua dorada hace referencia a los recursos hídricos que tienen una coloración amarillo dorado, y que a pesar de su alta salinidad o componentes tóxicos pueden ser utilizadas mediante su transformación en aguas potables o aptas para la agricultura (Shamir, 2000).

El profesor Llamas (2005) considera que el agua azul es la parte del ciclo hidrológico, que la sociedad ha modificado para su aprovechamiento, principalmente, mediante la construcción de estructuras más o menos convencionales, como son los canales de riego, pozos, trasvases, embalses y presas. Hoekstra et al. (2009) consideran que el aprovechamiento del agua azul se define como uso consuntivo del agua, pero esto no significa que el agua desaparezca porque la mayor parte del agua en la tierra se mantiene dentro del ciclo y retorna siempre a algún lugar. Siebert y Döll (2010) definen el uso consuntivo del agua azul en los cultivos como la cantidad de agua de riego evapotranspirada en las tierras de cultivo, extraída de los cuerpos de agua superficiales o subterráneas (arroyos, embalses, lagos, acuíferos, etc.). Entendiéndose como uso consuntivo el uso del agua que no se devuelve de manera inmediata al ciclo del agua. Las Naciones Unidas estima que 200 km<sup>3</sup> de agua de los embalses artificiales se evaporan al año (UNESCO, 2009). Además, Llamas y Martínez-Santos (2005) consideran que en las últimas décadas se ha producido un aumento considerable del uso de las aguas subterráneas, estimándose el agua utilizada en 2005, en 800 km<sup>3</sup> (Shah, 2005).

El agua verde o agua del suelo permite que la vegetación natural (bosques, praderas, selvas, matorrales, tundras, etc...) y los cultivos de secano se desarrollen normalmente (Llamas, 2005). El agua verde puede ser aprovechada por los cultivos (principalmente de secano), pero no en su totalidad, porque un volumen importante se evaporará directamente desde el suelo y porque no todas las épocas del año y regiones son las más adecuadas para el crecimiento de determinados cultivos (Water Footprint Network, 2010). El uso consuntivo del agua verde del cultivo se define como la evapotranspiración del agua procedente de la precipitación en el suelo de cultivo (Siebert y Döll, 2010).

Es importante distinguir la "Huella Hídrica azul" de la "Huella Hídrica verde", porque los impactos hidrológicos, ambientales y sociales, y los costos de la oportunidad económica del uso en la producción de las aguas superficiales y subterráneas difieren significativamente de los impactos y los costos de utilizar el agua de las precipitaciones (Falkenmark y Rockström, 2004; Hoekstra y Chapagain, 2008; Hoekstra et al., 2009).

En el informe "Water in a changing world", se indica que a nivel mundial se estima el uso total de agua dulce (agua azul) en 4.000 kilómetros cúbicos (km<sup>3</sup>) al año (Margat and Andréassian 2008), y que otros 6.400 km<sup>3</sup> de agua procedente de las precipitaciones (agua verde) también son utilizados "directamente" en las actividades agrícolas (UNESCO, 2009). Zimmer y Renault (2003) estimaron en 5.200 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> el volumen de agua azul y verde necesario para producir todo tipo de alimentos a nivel mundial. También, se resalta que la naturaleza es el usuario más importante de agua, con un volumen estimado de 70.000 km<sup>3</sup> de agua que se evapora al año en los bosques, las superficies con vegetación natural (sin cultivar) y los humedales (Comprehensive Assessment of Water Management in Agricultura, 2007).

Pero, estos valores hacen referencia a las estimaciones de agua utilizada, mas no al agua que realmente es consumida, entendiéndose por tal, aquella que no vuelve a la fase superficial o subterránea del ciclo hidrológico, porque regresa a la atmósfera en forma de vapor o bien, regresa a la fase superficial o subterránea con un grado de contaminación que la hace inutilizable (Llamas, 2005).

Esta cifra es del mismo orden de magnitud que los 6.000 km<sup>3</sup>/año que estima Naciones Unidas (2003) como volumen de agua necesario para la producción de alimentos para los seis mil millones de personas del planeta. Según Zimmer & Renault, de esa cantidad el 29% se utiliza para producir carne, un 17% para la producción de productos animales elaborados; los cereales sólo suman el 23%. Hay que tener en cuenta que en las carnes y en los productos animales elaborados se incluye el agua virtual utilizada para la producción de forrajes que han alimentado a esos animales. En cambio, desde el punto de vista del valor energético, la situación es diferente (los cereales suponen el 51% del valor energético y la carne y los productos animales elaborados sólo el 15%).

El uso consuntivo total de agua en la agricultura es la suma del uso consuntivo del agua azul y del agua verde, y representa la evapotranspiración total y real del cultivo (Siebert y Döll, 2010). Aproximadamente, el 70% del agua azul es utilizada en la agricultura, siendo mayor su porcentaje en países áridos y semiáridos ((Comprehensive Assessment of Water Management in Agricultura, 2007), y mayor aún si se considera el agua verde (Aldaya et al., 2008). Llamas (2005) cree que entre el 80 y el 90% del agua de riego se pierde por evapotranspiración, y que la eficiencia del riego en los cultivos tradicionales no suele ser superior al 50%. También, se menciona que el uso consuntivo del agua en los cultivos (evapotranspiración), tanto de agua verde como de agua azul, se ha incrementado principalmente por la ampliación de la frontera agrícola y de las zonas de regadío (L'Vovich and White, 1990; Klein Goldewijk y Ramankutty, 2004; Freydank y Siebert, 2008). Respecto al agua gris, se estima que el 80% del agua utilizada en los hogares regresa a la red de alcantarillado, que puede ser reutilizada (Llamas, 2005).

### 3.9.2. Flujos del agua virtual

La aparición del concepto de agua virtual añadió una nueva dimensión al comercio internacional, y puso de manifiesto una nueva perspectiva de la escasez y la gestión de los recursos hídricos (Novo et al., 2008). Más aún, cuando el creciente comercio mundial de alimentos estrecha en mayor medida el vínculo entre el consumidor y las regiones productoras mediante los flujos del agua virtual (Allan, 2003). En función de los flujos comerciales del agua virtual, y del agua contenida en los productos comercializados, se puede diferenciar entre el agua virtual exportada y el agua virtual importada (Velásquez, 2009). Además, de acuerdo con la región productora de un determinado producto, se puede diferenciar entre el agua virtual real y el agua virtual teórica (Hoeskstra, 2003). Siendo, el agua virtual real el volumen de agua utilizado en la producción de un bien o servicio en el país de producción del mismo, y el agua virtual teórica el agua que se utilizaría en el país de destino si se produciría en ese país el producto importado.

Gracias a los flujos de agua virtual, el acceso a los recursos hídricos, inclusive al agua azul, ya no se limita únicamente a un sistema hídrico o región donde viven un grupo de personas (Siebert y Döll, 2010). Esto ayuda a relajar la escasez de agua en muchas regiones áridas, pero manifiesta al mismo tiempo la dependencia de recursos hídricos externos. En la Figura 13 se presenta un esquema de los flujos de agua virtual que se producen en un sistema hídrico territorial (país, región, provincia, etc.) como resultado de las actividades económicas que en él se desarrollan. En el sistema hídrico existen unos recursos hídricos propios que son extraídos para las actividades agrarias, la industria y el consumo doméstico, y a estos recursos se debe añadir el agua virtual contenida en los productos importados. Como producto de las actividades dentro del sistema hídrico, se exporta agua virtual a través del comercio de los productos producidos dentro de este sistema y de aquellos que son transformados a partir de otros productos importados (reexportación de agua virtual), además se producen pérdidas del recurso hídrico por los vertidos y su evaporación. También, existe una reutilización de los recursos hídricos mediante el tratamiento de aguas residuales, la recarga de acuíferos y riegos.

FIGURA 13. Flujo del agua virtual en un Sistema Hídrico territorial.



Fuente: Madrid, 2007.

A nivel mundial existe un flujo de agua virtual desde los países o regiones exportadoras hacia los países o regiones importadoras. Siendo Estados Unidos, Australia, Canadá, Argentina y Tailandia, los países que mayor volumen de agua virtual exportan, y Japón, Sri Lanka, Italia, Corea del Sur y los Países Bajos, los países que más la importan. Para Chapagain y Hoekstra (2004) el análisis del flujo comercial del agua virtual constituye un enfoque innovador para hacer frente al déficit hídrico que existe en determinadas regiones a nivel mundial, debido a que incluye el consumo real de agua en la producción de un determinado producto. Además, este análisis puede ser una herramienta eficaz para guiar a los Gestores públicos en la planificación de su economía, en función de la disponibilidad de recursos hídricos. De manera, que en los países con abundancia de recursos hídricos se impulse la exportación de productos “caros en agua” (water-expensive products), y que se fomente la importación de estos productos en los países que presentan un déficit hídrico (Hispagua, 2006), como es el caso de España o de los países de Medio Oriente.

### 3.10. LA “HUELLA HÍDRICA” (WATER FOOTPRINT)

Hoekstra y Chapagain (2007) consideran que para evaluar la demanda de agua en un determinado país o región, se debe añadir la extracción de agua por parte de los diferentes sectores de la economía. Pero las bases de datos sobre el uso del agua, generalmente, solo presentan información del uso de agua en los sectores doméstico, agrícola e industrial (Gleick, 1993; Shiklomanov, 2000; FAO, 2003). Esta información es útil pero no suficiente para analizar en profundidad la situación de los recursos hídricos necesarios por los habitantes de una región en relación con sus patrones de consumo (Hoekstra y Chapagain, 2007). Se requiere incluir el agua utilizada en la producción de los bienes consumidos por los habitantes de una determinada región, que se han producido en otras regiones, siendo la demanda real de agua superior a la extracción de los recursos hídricos de la región. Además, se debe incluir el caso contrario, el agua utilizada en la producción de bienes que se exportan.

En este sentido, para medir el volumen total de agua utilizada por los habitantes de una determinada región, se desarrolló el índice "Huella Hídrica". Chapagain y Hoekstra (2004) definieron a la "Huella Hídrica" como un indicador del uso de agua en relación con el consumo de la población, que generalmente se expresa en volumen de agua utilizada por año. Una definición más completa de la "Huella Hídrica" de un individuo, de un grupo de personas o de un país es "volumen total de agua utilizada para producir los bienes y servicios consumidos por un individuo, por un grupo de personas o por un país, respectivamente" (Hoekstra, 2003, Chapagain y Hoekstra, 2004). Chapagain y Orr (2009) consideran que la "Huella Hídrica" es la expresión del contenido de agua virtual, y que permite evaluar dónde se origina el agua. Además, sirve para poner de manifiesto la idoneidad de una región productora para exportar agua.

La "Huella Hídrica" también es útil para cuantificar y evaluar los flujos de agua virtual, de las importaciones y de las exportaciones (Hoekstra y Chapagain, 2007). Por tanto, la "Huella Hídrica" está compuesta de dos partes: la "Huella Hídrica" interna (internal water footprint) cuando se considera el agua procedente de los recursos hídricos endógenos de una región, y la "Huella Hídrica" externa (external water footprint) cuando se toma en cuenta la cantidad de agua necesaria para desarrollar los productos o servicios consumidos en una región, cuando éstos han sido producidos en el exterior (Hispagua, 2006). Además, en varios estudios realizados (Allan, 2003; Hoekstra y Hung, 2002; Yang y Zehnder, 2002) se destaca la importancia de este índice para alcanzar la seguridad hídrica y alimentaria de las regiones áridas y semiáridas (Rodríguez, et al., 2008).

Los primeros estudios realizados de la "Huella Hídrica" fueron llevados a cabo por Hoekstra y Hung (2002) y Chapagain y Hoekstra (2003; 2004). Inicialmente se estimó el flujo de agua virtual del agua azul (ríos, lagos y acuíferos) de cada país en relación con el comercio de los productos agrícolas y de los productos ganaderos; posteriormente, se han ido desarrollando nuevas metodologías de cálculo de la "Huella Hídrica", incluyendo nuevos parámetros y formas de consumo de agua.

De esta forma, con la globalización, la especialización agrícola basada en la ciencia y en la técnica, nos encontramos que el uso de índices como la "Huella Hídrica", nos aproxima a una lógica competitiva que acelera la entrada de la racionalidad en todos los aspectos de la actividad productiva (desde la reorganización del territorio a los propios modelos de desarrollo). Detengámonos, pues en las metodologías de cálculo.

## 4. METODOLOGÍAS DE CÁLCULO DE LA “HUELLA HÍDRICA”

El estudio de la “Huella Hídrica” en los ámbitos locales permite conocer exactamente cuánta agua, y en qué condiciones, se utiliza de los sistemas de agua locales, y cuánta agua sería necesaria para contrarrestar las corrientes contaminadas (Chapagain y Orr, 2009). Más importante aún, podemos ver de dónde procede el agua en el ciclo hidrológico, a la vez que se relacionan los productos comercializados con las zonas de producción. La base metodológica de este trabajo es la metodología desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004), y actualizada en Hoekstra et al. (2009). Ésta metodología ha sido adaptada a los datos disponibles en España, para realizar un análisis más detallado y preciso, a nivel municipal, provincial, autonómico y nacional. Los años de estudio son 1996, 2000 y 2007.

### 4.1. “HUELLA HÍDRICA” (WFP)

La “Huella Hídrica” (Water footprint – *WFP*; m<sup>3</sup>) es el volumen de agua necesaria, directa o indirectamente, para la producción de los productos y servicios consumidos por los habitantes de un área geográfica determinada o industria, o persona.

Como la población de un área geográfica determinada se abastece de productos elaborados domésticamente e importados, la “Huella Hídrica” tiene dos componentes: el agua doméstica y el agua foránea:

- “Huella Hídrica” interna (internal water footprint - *IWFP*): el agua procedente de los recursos nacionales de un área geográfica determinada.
- “Huella Hídrica” o externa (external water footprint - *EWFP*): cantidad de agua necesaria para desarrollar los productos o servicios consumidos en un área geográfica determinada, cuando éstos han sido producidos en el exterior.

De manera que la fórmula para su cálculo es:

$$WFP = IWFP + EWFP$$

Tanto para el cálculo de la “Huella Hídrica” interna como para la “Huella Hídrica” externa, se debe tener en cuenta el agua superficial y la subterránea.

#### 4.1.1. “Huella Hídrica” Interna (*IWFP*)

La “Huella Hídrica” interna se define como el uso de los recursos hídricos domésticos para producir bienes y servicios consumidos por los habitantes de un área geográfica determinada. Es la suma del volumen total de agua utilizada de los recursos de agua doméstico en la economía nacional, menos el volumen de agua virtual exportada a otras áreas geográficas (mediante la exportación de productos producidos en el área geográfica determinada):

$$IWFP = AWU + IWW + DWW - VWE_{dom}$$

Donde:

- *AWU* son los usos agrícolas del agua (Agricultural Water Use)
- *IWW* son los usos industriales (Industrial Water Withdrawal)
- *DWW* son los usos domésticos (Domestic Water Withdrawal)
- *VWEdom* es la exportación de agua virtual a otras áreas geográficas (Virtual water export related to export of domestically produced products)

Los usos industriales del agua se refieren a todo el volumen de agua consumido en cualquier proceso industrial, y los usos domésticos se refieren al consumo de agua potable y la utilizada por los gobiernos locales. Llamas (2005) considera que todavía es necesario avanzar en las metodologías de cálculo del agua virtual de los usos urbanos, para la producción de alimentos manufacturados y de los productos industriales.

#### 4.1.2. “Huella Hídrica” Externa (*EWFP*)

Se define como el volumen anual de recursos hídricos usados en otras áreas geográficas para manufacturar los productos o prestar los servicios consumidos en una determinada área geográfica. Es igual al agua virtual importada (*VWEI*) menos el volumen de agua virtual exportada a otras áreas geográficas determinadas como resultado de la reexportación de productos importados ( $VWE_{re-export}$ ):

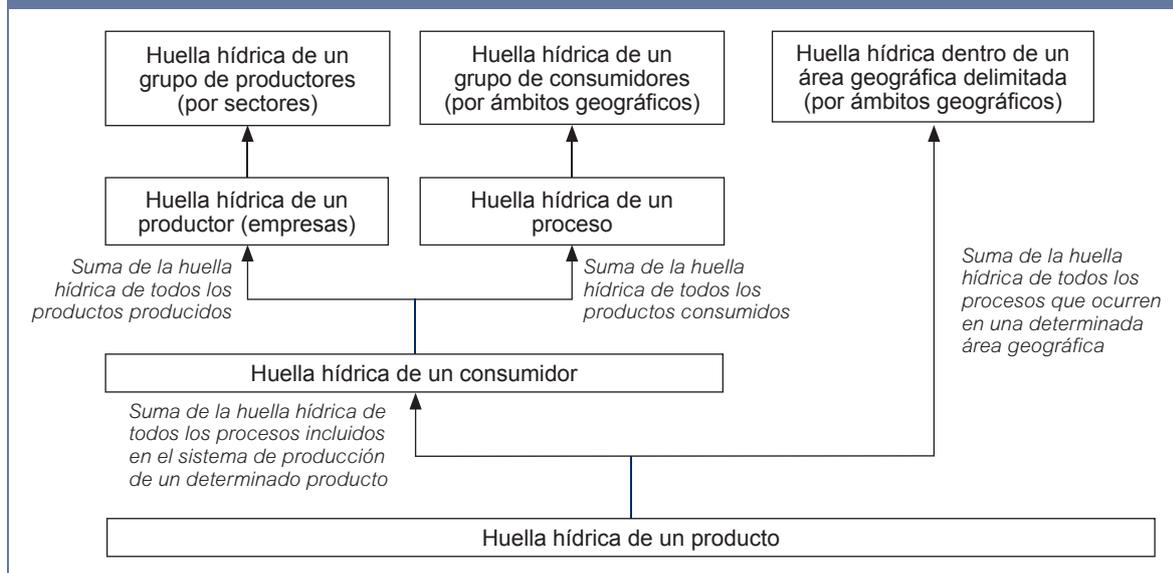
$$EWFP = VWI - VWE_{re-export}$$

#### 4.2. CONTABILIDAD DE LA “HUELLA HÍDRICA”

Hoekstra et al. (2009) establecieron algunas premisas para mantener la coherencia entre los diferentes tipos de contabilidad de la “Huella Hídrica”:

- La “Huella Hídrica” de un “proceso o etapa” es el elemento básico para calcular la “Huella Hídrica” (Figura 14). Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$  o  $m^3 \text{ unidad de producto}^{-1}$ .
- La “Huella Hídrica” de un producto es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de los distintos procesos o etapas necesarios para producir un determinado producto, considerando toda la producción y la cadena de suministro. Se puede expresar en  $m^3 \text{ unidad de producto}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ kg}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ t}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ , o  $m^3 \text{ unidad de producto}^{-1}$ .
- La “Huella Hídrica” de un consumidor es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de todos los productos consumidos por el consumidor. Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ , o  $m^3 \text{ “per cápita”}$ .
- La “Huella Hídrica” de una comunidad o conjunto de consumidores (municipio, provincia, Comunidad Autónoma o país) es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de todos sus miembros o integrantes. Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ , o  $m^3 \text{ “per cápita”}$ .
- La “Huella Hídrica” de una empresa o negocio es la suma de la “Huella Hídrica” de los productos finales o transformados que produce la empresa. Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ , o  $m^3 \text{ “per cápita”}$ .
- La “Huella Hídrica” de un área geográfica determinada (cuena hidrográfica, municipio, provincia, país) es la suma de la “Huella Hídrica” de todos los procesos que tienen lugar en esa área geográfica. Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$  o  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ .
- La “Huella Hídrica” total de la humanidad es la suma de la “Huella Hídrica” de todos los consumidores del mundo (habitantes), o lo que es lo mismo, es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de todos los bienes y servicios de consumo finales que se consumen anualmente. También es igual a la suma de toda el agua consumida o contaminada en los procesos que se llevan a cabo a nivel mundial. Se puede expresar en  $m^3 \text{ año}^{-1}$ ,  $m^3 \text{ EUR}^{-1}$ , o  $m^3 \text{ “per cápita”}$  (Ver Figura 14).

FIGURA 14. Esquema del proceso de cálculo de la “Huella Hídrica”, considerando como elemento básico la “Huella Hídrica” de un proceso.



Fuente: Elaboración propia a partir de Hoekstra et al., 2009.

Para evitar la doble contabilidad de la “Huella Hídrica” de un producto final (listo para su consumo), se asigna siempre la “Huella Hídrica” del proceso al producto final, o se la divide entre los productos que requieren de dicho proceso. No se debe sumar la “Huella Hídrica” de productos intermedios para evitar la redundancia en la contabilidad de la “Huella Hídrica”. Por ejemplo, la “Huella Hídrica” de los tejidos de algodón ya incluye la “Huella Hídrica” del algodón cosechado, o la “Huella Hídrica” del queso ya incluye una parte de la “Huella Hídrica” de la leche.

#### 4.3. “HUELLA HÍDRICA” DE UN CONSUMIDOR O UN GRUPO DE CONSUMIDORES

La “Huella Hídrica” de los consumidores está relacionada con la “Huella Hídrica” de los productores en la cadena de suministro. La “Huella Hídrica” total de un consumidor es la suma de su “Huella Hídrica” directa e indirecta. Siendo la “Huella Hídrica” directa de un consumidor o productor, o de un grupo de consumidores o productores, el consumo de agua dulce y la contaminación asociada a su uso por el consumidor o el productor (Water Footprint Network, 2010). La “Huella Hídrica” indirecta de un consumidor o productor se define como el consumo de agua dulce y la contaminación que está detrás de los productos que son, consumidos o producidos. Se considera que es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de todos los productos consumidos por el consumidor o de todos los insumos (no hídricos) utilizados por el productor.

La “Huella Hídrica” de un consumidor ( $WF_{cons}$ ) se define como el volumen total de agua dulce consumida y contaminada para la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor. La “Huella Hídrica” de un grupo de consumidores es igual a la suma de la “Huella Hídrica” de los consumidores individuales. Se calcula sumando la “Huella Hídrica” directa de la persona y su “Huella Hídrica” indirecta:

$$WF_{cons} = WF_{cons.dir} + WF_{cons.indir}$$

Donde:

- $WF_{cons.dir}$  es la “Huella Hídrica” directa, que se refiere al consumo y la contaminación del agua relacionada con su uso en el hogar o en el jardín.
- $WF_{cons.indir}$  es la “Huella Hídrica” indirecta, que se refiere al consumo y la contaminación del agua asociada con la producción de los bienes y servicios consumidos por el consumidor. Es decir, el agua que se utilizó para producir la comida, la ropa, el papel, la energía y los bienes industriales consumidos.

El uso indirecto del agua se calcula multiplicando todos los productos consumidos por sus respectivas huellas hídricas:

$$WF_{cons.indir} = \sum_p (C(p) * WF_{prod}^*(p))$$

Donde:

- $C(p)$  es el consumo del producto  $p$  (unidades del producto / tiempo).
- $WF_{prod}^*(p)$  es la “Huella Hídrica” de ese producto (volumen de agua / unidad de producto).

El volumen total consumido de  $p$  generalmente procede de diferentes lugares  $x$ . La “Huella Hídrica” promedio de un producto consumido  $p$  es:

$$WF_{prod}^*(p) = \frac{\sum_x (C(x, p) * WF_{prod}^*(x, p))}{\sum_x C(x, p)}$$

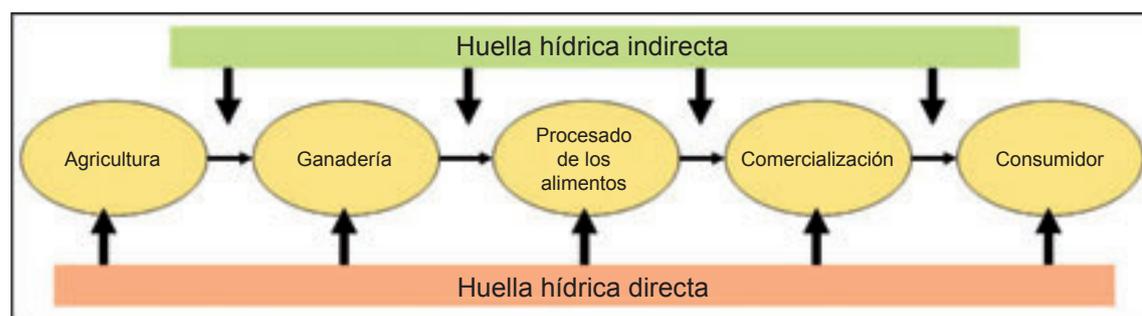
Donde:

- $C(x, p)$  es el consumo de productos  $p$  procedentes de  $x$  (unidades de producto/tiempo).
- $WF_{prod}^*(x, p)$  es la “Huella Hídrica” de los productos  $p$  procedentes de  $x$  (volumen de agua/unidad de producto). Para su cálculo ver el apartado 6.b.

La “Huella Hídrica” de los bienes y servicios privados se calcula para cada consumidor. La “Huella Hídrica” de los bienes y servicios públicos o compartidos se asigna a cada consumidor en base a la cuota de consumo de cada uno.

Como ejemplo, en el consumo de carne o de otros productos derivados de la producción ganadera, la “Huella Hídrica” directa del consumidor es el volumen de agua consumida o contaminada al preparar y cocinar la carne. La “Huella Hídrica” indirecta del consumidor de carne depende de la “Huella Hídrica” directa del minorista que vende la carne, del procesador de alimentos que prepara la carne para la venta, de la explotación ganadera que alimenta el animal y de los cultivos necesarios para alimentar a los animales. La “Huella Hídrica” indirecta del minorista depende de la “Huella Hídrica” directa del procesador de alimentos, las explotaciones ganaderas y los cultivos, etc. En la Figura 15 se esquematiza la relación del agua directa e indirecta en la cadena de suministro de un producto.

**FIGURA 15.** “Huella Hídrica” directa e indirecta en cada etapa de la cadena de suministro de un producto animal.



Fuente: Elaboración propia a partir de Hoekstra et al., 2009.

#### 4.4. “HUELLA HÍDRICA” DE UN PROCESO Y DE UN PRODUCTO

##### 4.4.1. De una etapa del proceso

En el cálculo de la “Huella Hídrica” de un proceso, Hoekstra et al. (2009) incluyen a la “Huella Hídrica” azul, la “Huella Hídrica” verde y la “Huella Hídrica” gris. La “Huella Hídrica” azul se incluye porque cuantifica la cantidad de agua disponible que es consumida en un período de tiempo determinado, por

un grupo de personas. Entendiéndose, que las aguas superficiales y subterráneas no consumidas o utilizadas, sirven para mantener los ecosistemas que dependen de ellas.

En el caso de los productos agrícolas, el contenido azul de una cosecha se define como la suma de la evaporación del agua de riego en campo y del agua de los canales de riego. En el caso de la producción industrial y el uso doméstico de agua, el contenido de agua azul del producto o servicio es igual a la fracción de agua tomada de aguas superficiales o subterráneas que se evapora y, por lo tanto, no regresa al sistema del que provino.

#### 4.4.1.1. “Huella Hídrica” azul

La “Huella Hídrica” azul ( $WF_{proa,blue}$ ) es un indicador del uso consuntivo de agua azul en los siguientes procesos:

- Evaporación ( $BWE$  – Blue water evaporation).
- Agua incorporada en un producto ( $BWI$  – Blue water incorporation)
- Flujo de retorno perdido ( $LRF$  - Lost return flow):
  - Agua que no está disponible para su reutilización dentro de una misma área geográfica, porque no retorna al mismo cauce (por ejemplo cuando se vierte al mar o a otro sistema hídrico)
  - Agua que no está disponible para su reutilización dentro de una misma área geográfica, porque no retorna en el mismo período (por ejemplo cuando se extrae agua en un periodo de sequía y se devuelve en un período húmedo)

Generalmente, el agua azul evaporada es igual al uso consuntivo del agua, siendo incluidos los otros tres componentes cuando son relevantes en un proceso determinado. Siendo, la evaporación es el uso más significativo del agua azul. La “Huella Hídrica” azul de una etapa o proceso se calcula mediante la siguiente expresión:

$$WF_{proc, blue} = BWE + BWI + LRF$$

Hoekstra et al. (2009) consideran que se pueden distinguir tres diferentes tipos de fuentes de agua azul en la evaluación de la “Huella Hídrica” azul de un proceso. Aunque, en la práctica por la falta de datos es difícil hacer la distinción entre aguas superficiales (“Huella Hídrica” azul claro), aguas subterráneas libres o renovables (“Huella Hídrica” azul oscuro) y aguas subterráneas fósiles (“Huella Hídrica” negra<sup>1</sup>).

#### 4.4.1.2. “Huella Hídrica” verde

El agua verde es la precipitación que llega al suelo y que no se pierde por escorrentía, almacenándose temporalmente en la parte superior del suelo o en la vegetación. Por tanto, la “Huella Hídrica” verde ( $WF_{proc,green}$ ) es el volumen de agua de lluvia consumida durante el proceso de producción. Este tipo de huella es relevante en los productos agrícolas y forestales, donde es igual a la evapotranspiración en los cultivos y plantaciones más el agua incluida en el producto cosechado. La “Huella Hídrica” verde en una etapa o proceso es igual a:

$$WF_{proc, green} = \text{Green Water Evaporation} + \text{Green Water Incorporation}$$

#### 4.4.1.3. “Huella Hídrica” gris

La “Huella Hídrica” gris es un indicador del grado de contaminación del agua dulce en un determinado proceso. Se define como el volumen de agua dulce que se necesita para asimilar la carga de contaminantes, basados en las normas vigentes de calidad ambiental del agua. Se calcula como el volumen de agua que se requiere para diluir los contaminantes hasta el punto de que la calidad del agua ambiental se mantenga por encima de lo estipulado en las normas de calidad del agua.

La “Huella Hídrica” gris se calcula dividiendo la concentración del contaminante ( $L$ , masa/tiempo) por la diferencia entre la calidad ambiental del agua para este contaminante (concentración máxima

<sup>1</sup> Este color del agua puede prestarse a confusión con la definición de agua negra de Hughes (2009). Generalmente se asocia agua negra a aguas contaminadas.

aceptable  $C_{max}$ , masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua receptor ( $C_{nat}$ , masa/volumen):

$$WF_{prod, grey}^* = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}}$$

La cantidad de producto químico que se ha liberado directamente en una masa de agua superficial, puede ser cuantificado directamente. Cuando un químico se aplica sobre o se incorpora al suelo, como en el caso de los residuos sólidos o el uso de fertilizantes o pesticidas, puede suceder que sólo una fracción de él se filtre en las aguas subterráneas o se escurra superficialmente hacia una corriente de agua superficial. En este caso, la carga contaminante es la fracción de la cantidad total de químicos aplicados que se vierte en las aguas superficiales o subterráneas.

Al ser la “Huella Hídrica” gris un indicador de la adecuada capacidad de asimilación, se utiliza como referencia la concentración natural antes que la real, porque la capacidad de asimilación de un cuerpo de agua receptor depende de la diferencia entre el máximo permitido y la concentración natural de una sustancia. Entendiéndose como concentración natural en un cuerpo de agua receptor, la concentración en el cuerpo de agua que se produciría si no existiese intervención humana en el sistema hídrico. Por el contrario, si se compara la concentración máxima permitida con la concentración real de una sustancia, se observará la capacidad de asimilación restante, que cambia constantemente en función del nivel de contaminación real en un momento determinado.

La concentración crítica ( $L_{crit}$ , masa/tiempo) es la concentración de contaminantes que tiene la mayor capacidad de asimilación de un cuerpo de agua. Se obtiene multiplicando la escorrentía del cuerpo de agua ( $R$ , volumen/tiempo) por la diferencia entre la concentración máxima aceptable ( $C_{max}$ ) y la concentración natural ( $C_{nat}$ ):

$$L_{crit} = R * (C_{max} - C_{nat})$$

Esta ecuación y la anterior asumen que la reducción de la concentración es insignificante en cortos periodos de tiempo, por lo que con el tiempo se incrementará la concentración en el cuerpo de agua receptor. Cuando la concentración en un cuerpo de agua alcanza la concentración crítica, la “Huella Hídrica” gris será igual a la escorrentía, lo que significa que la escorrentía total es adecuada para asimilar los residuos.

Cuando los contaminantes son parte del efluente vertido en un cuerpo de agua, la concentración del contaminante es igual al volumen de efluentes ( $Effl$ , volumen/tiempo) multiplicado por la diferencia entre la concentración del contaminante en el efluente ( $c_{effl}$ , masa/volumen) y su concentración natural en el cuerpo de agua receptor ( $C_{nat}$ , masa/volumen). En este caso, la “Huella Hídrica” gris se calcula con la siguiente fórmula:

$$WF_{proc, grey} = \frac{L}{C_{max} - C_{nat}} = \frac{Effl * (c_{effl} - c_{nat})}{C_{max} - C_{nat}}$$

La concentración del contaminante ( $L$ ) es igual al incremento en la concentración natural de un cuerpo de agua receptor. Para las sustancias artificiales que naturalmente no se encuentran en el agua,  $C_{nat} = 0$ , por tanto:

$$WF_{proc, grey} = \frac{Effl * c_{effl}}{C_{max}}$$

Esta ecuación también se puede utilizar cuando las concentraciones naturales no se conocen con precisión pero se consideran que son relativamente bajas. Esta hipótesis da una “Huella Hídrica” gris sobreestimado cuando  $c_{effl} < C_{max}$  y subestimada cuando  $c_{effl} > C_{max}$ .

En el caso de contaminación térmica, se aplica un método similar al utilizado para la contaminación por productos químicos. La “Huella Hídrica” gris es igual a la diferencia entre la temperatura del efluente y la del cuerpo de agua receptor ( $^{\circ}C$ ) multiplicado por el volumen de aguas residuales (volumen/tiempo) y dividido por el aumento de la temperatura máxima aceptable ( $^{\circ}C$ ):

$$WF_{proc, grey} = \frac{Effl * \Delta T_{effl}}{\Delta T_{max}} = \frac{Effl * (T_{effl} - T_{nat})}{T_{max} - T_{nat}}$$

#### 4.4.2. De un producto

La “Huella Hídrica” de un producto se define como el volumen total de agua dulce que se utiliza directa o indirectamente para producir un determinado producto. En su cuantificación se considera el consumo de agua y su contaminación en todas las etapas de la cadena de producción. No se incluye el agua consumida cuando se utiliza el producto, o aquella que se reutiliza, recicla o elimina.

El cálculo de la “Huella Hídrica” de un producto se aplica tanto a los productos de la agricultura, como de la industria o del sector servicios. Por tanto, se compone de agua verde, azul y gris. Su cálculo puede realizarse bajo dos enfoques: de cadena productiva en conjunto o por etapas o procesos, obteniéndose el mismo resultado.

##### 4.4.2.1. Por cadena productiva en conjunto

Esta metodología es la más simple, pero sólo puede aplicarse cuando se obtiene un único producto transformado dentro de un sistema productivo. Se atribuye la “Huella Hídrica” de cada etapa del proceso productivo al producto que resulta del sistema. En este sistema de producción simple, la “Huella Hídrica” del producto transformado  $p$  es igual a la suma del agua utilizada en el proceso dividida por la cantidad producida del producto transformado ( $p$ ):

$$WF_{prod}(p) = \frac{\sum_{s=1}^k WF_{proc}(s)}{P(p)}$$

Donde:

- $WF_{prod}(p)$  es igual a la “Huella Hídrica” del producto transformado  $p$  (volumen/peso)
- $WF_{proc}(s)$  es igual a la “Huella Hídrica” del proceso de la etapa  $s$  (volumen/tiempo)
- $P(p)$  es igual a la producción del producto transformado  $p$  (masa/tiempo).

##### 4.4.2.2. Por etapas o procesos

Esta metodología es una forma genérica para el cálculo de la “Huella Hídrica” de un producto. Se basa en la “Huella Hídrica” de los insumos que fueron necesarios en la última etapa de obtención del producto transformado y la “Huella Hídrica” del proceso actual. Se consideran tres situaciones:

- Cuando se obtiene un único producto transformado a partir de una serie de insumos. De esta manera, se obtiene la “Huella Hídrica” del producto transformado sumando las huellas hídricas de los insumos y del proceso.
- Cuando se obtiene una serie de productos transformados a partir de un insumo. En este caso, es necesario distribuir la “Huella Hídrica” del insumo para cada uno de los productos transformados, en proporción a su valor.
- Cuando se obtiene un producto transformado  $p$  a partir de varios insumos ( $y$ ). Éste es el caso más genérico.

Si durante la obtención del producto transformado se usa agua, la “Huella Hídrica” del proceso se suma a las huellas hídricas de los insumos, antes de que el total sea distribuido a los productos transformados. La “Huella Hídrica” del producto transformado  $p$  se obtiene con la siguiente fórmula:

$$WF_{prod}(p) = \left[ WF_{proc}(p) + \sum_{s=1}^k \frac{WF_{prod}(i)}{f_p(p, i)} \right] * f_v(p)$$

Donde:

- $WF_{prod}(p)$  es igual a la “Huella Hídrica” (volumen/peso) del producto transformado  $p$ .
- $WF_{prod}(i)$  es igual a la “Huella Hídrica” del insumo  $i$  ( $i=1$ , hasta  $y$ ).

- $WF_{proa}(p)$  es igual a la “Huella Hídrica” del proceso o etapa donde se transforman los insumos y en los productos transformados  $z$  ( $i=p$ , hasta  $z$ ), expresada en el uso de agua por unidad de producto transformado  $p$  (volumen / peso).
- $f_p(p,i)$  es el parámetro que expresa la fracción de producto transformado  $p$  que se obtiene a partir del insumo  $i$  (peso/peso). Se define como la cantidad de producto transformado ( $w(p)$ , peso) obtenido por cantidad de insumo ( $w(i)$ , peso):

$$f_p(p, i) = \frac{w(p)}{w(i)}$$

- $f_v(p)$  es el parámetro que expresa la fracción de valor del producto transformado  $p$  (unidad monetaria/unidad monetaria). Es el ratio entre el valor de mercado del producto  $p$ , que se obtiene al multiplicar el precio o valor del producto  $p$  ( $price(p)$ ) por la cantidad de producto transformado ( $w(p)$ ), y el valor agregado de mercado de todos los productos transformados obtenidos ( $p=1$ , hasta  $z$ ) a partir de los insumos:

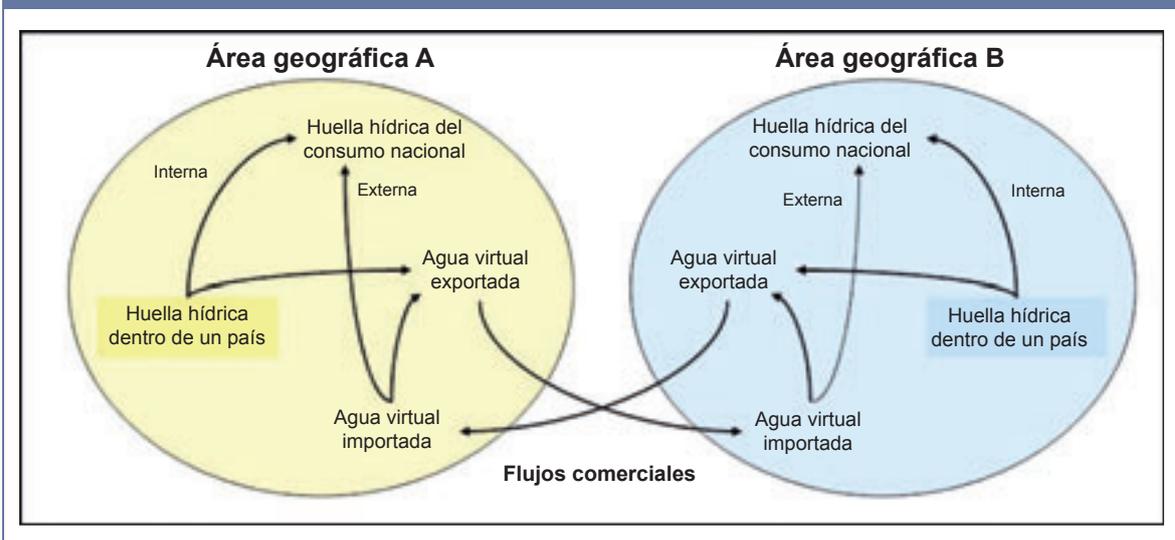
$$f_v(p) = \frac{price(p) * w(p)}{\sum_{p=1}^z (price(p) * w(p))}$$

El precio de un producto es un indicador de su valor económico, pero no siempre es el caso, como por ejemplo cuando no existe un mercado para un producto determinado o cuando se distorsiona el mercado. Por tanto, es mejor utilizar el valor económico real.

#### 4.5. CÁLCULO DE LA “HUELLA HÍDRICA” A DIFERENTES ESCALAS TERRITORIALES

Hoekstra et al. (2009) diferencian de manera clara la “Huella Hídrica” de los consumidores en un área geográfica y la “Huella Hídrica” dentro de un área geográfica. Estos dos conceptos están relacionados, como se muestra en la Figura 16, debido a que la “Huella Hídrica” interna de un área geográfica es igual a la “Huella Hídrica” dentro de ella, en la medida en que no está relacionada con la producción de productos de exportación. La “Huella Hídrica” externa del consumo nacional se obtiene de los productos importados (contenido de agua virtual) y la “Huella Hídrica” asociada dentro de otra área geográfica (Figura 16).

FIGURA 16. Esquema de la relación entre la “Huella Hídrica” de un país y la “Huella Hídrica” dentro de un país.



“Huella Hídrica” de un área geográfica determinada

#### 4.5.1. La “Huella Hídrica” de un área geográfica determinada

La “Huella Hídrica” de un área geográficamente delimitada ( $WF_{area}$ ) es:

$$WF_{area} = \sum_q WF_{proc}(q)$$

Donde,  $WF_{proc}(q)$  es igual a la “Huella Hídrica” de un proceso  $q$  dentro de un área geográfica delimitada. La fórmula suma toda el agua consumida o contaminada por los procesos que tienen lugar en esa área geográfica.

#### 4.5.2. “Huella Hídrica” de un país

La “Huella Hídrica” de un país ( $WF_{cons,nat}$ ) tiene dos componentes:

$$WF_{cons,nat} = WF_{cons,nat,int} + WF_{cons,nat,ext}$$

Donde,  $WF_{cons,nat,int}$  es la “Huella Hídrica” interna del consumo nacional. Se define como el uso de los recursos hídricos nacionales para producir bienes y servicios consumidos por la población nacional. Es la suma de la “Huella Hídrica” en un país ( $WF_{area,nat}$ ) menos el volumen de agua virtual exportada a otros países, en lo relacionado con la exportación de productos elaborados con recursos hídricos domésticos ( $V_{e,d}$ ):

$$WF_{cons,nat,int} = WF_{area,nat} - V_{e,d}$$

La “Huella Hídrica” externa del consumo nacional ( $WF_{cons,nat,ext}$ ) se define como el volumen de los recursos hídricos utilizados en otros países para producir bienes y servicios consumidos por la población en el país considerado. Es igual a la importación de agua virtual en el país ( $V_i$ ) menos el volumen de exportación de agua virtual a otros países, como resultado de la reexportación de productos importados ( $V_{e,r}$ ):

$$WF_{cons,nat,ext} = V_i - V_{e,r}$$

El agua virtual exportada de un país ( $V_e$ ) es la suma del agua de origen doméstico exportada ( $V_{e,d}$ ) y el agua de origen extranjero reexportada ( $V_{e,r}$ ):

$$V_e = V_{e,d} + V_{e,r}$$

Hay que considerada que sólo una parte del agua virtual importada por un país será consumida, y por tanto será la “Huella Hídrica” externa del consumo nacional ( $WF_{cons,nat,ext}$ ), y la otra parte será reexportada ( $V_{e,r}$ ):

$$V_i = WF_{cons,nat,ext} + V_{e,r}$$

La suma de  $V_i$  y  $WF_{area,nat}$  es igual a la suma de  $V_e$  y  $WF_{cons,nat}$ . Al resultado de esta suma se le denomina balance de agua virtual de un país (virtual-water budget -  $V_b$ ):

$$V_b = V_i + WF_{area,nat} = V_e + WF_{cons,nat}$$

#### 4.6. “HUELLA HÍDRICA” DE LA AGRICULTURA (WFAgr)

Rodríguez Casado et al. (2008) incorporaron una serie de aportaciones a la metodología desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004), para adaptarla de la mejor manera posible al modelo de agricultura española. Primero, se consideró que la “Huella Hídrica” ( $m^3$ ) de la agricultura es la suma de los recursos hídricos utilizados en la agricultura ( $UA_{Agr}$ ) y de las importaciones de agua virtual contenida en los productos agrícolas y ganaderos ( $VW_{I,Agr}$ ), menos el agua virtual exportada en estos productos ( $VW_{E,Agr}$ ):

$$WF_{Agr} = UA_{Agr} + VW_{I,Agr} - VW_{E,Agr}$$

#### 4.6.1. Recursos hídricos utilizados en la agricultura ( $UA_{Agr}$ )

$UA_{Agr}$  ( $m^3$ ) es la suma de las demandas evaporativas de los cultivos producidos, sin contabilizar las pérdidas de agua que puedan producirse en el riego, asumiendo que en un porcentaje alto pueden ser reutilizadas.  $UA_{Agr}$  incluye tanto el agua azul como el agua verde. La demanda evaporativa de un cultivo es la suma de la evaporación directa del agua del suelo y de la transpiración de las plantas, considerando que es equivalente a sus necesidades hídricas.

$$UA_{Agr} = \sum_{j=1}^z (ETb_j * S_{reg\_j}) + (ETg_j * S_{total\_j})$$

Donde:

- $ETb$  = evapotranspiración de agua azul ( $m^3 ha^{-1}$ )
- $S_{reg}$  = superficie en regadío (ha)
- $ETg$  = evapotranspiración de agua verde ( $m^3 ha^{-1}$ )
- $S_{total}$  = superficie total (ha)
- $n$  = número de cultivos ( $j$ )

Las necesidades hídricas mensuales ( $CWR_j$ ) son la suma de la evapotranspiración mensual de agua verde ( $ETg_j$ ) y la evapotranspiración mensual de agua azul ( $ETb_j$ ).  $CWR_j$  en  $m^3 ha^{-1}$ , se obtiene al aplicar el factor de corrección 10 a la evapotranspiración mensual de cada cultivo ( $ETc$ ):

$$CWR_j = (ETg_j + ETb_j) = 10 * ETc$$

Donde,  $ETc$  se mide en  $mm mes^{-1}$ , y se obtiene al multiplicar el coeficiente del cultivo ( $Kc$ ) por la evapotranspiración de referencia ( $ETo$ ):

$$ETc = ETo * Kc$$

$ETg_j$  es igual a la precipitación efectiva ( $P_{eff}$ ), en el caso de que esta cantidad no supere las necesidades hídricas del cultivo ( $CWR$ ). La  $P_{eff}$  es el agua procedente de la lluvia que realmente puede ser aprovechada por la planta y se expresa en  $m^3 ha^{-1} mes^{-1}$ .

$$ETg_j = \min (CWR_j ; P_{eff})$$

Para el régimen de producción en regadío se supuso que todos los cultivos ven cubiertas sus necesidades hídricas. De esta manera, la evapotranspiración de agua azul se corresponde con el riego realizado y compensa la diferencia, si existiese, entre sus necesidades hídricas y la precipitación efectiva.

$$ETb_j = \max (0, CWR_j - P_{eff})$$

#### 4.6.2. Flujo de agua virtual en la agricultura

El contenido de agua virtual ( $V$ ;  $m^3 t^{-1}$ ) de cada cultivo se calcula en función del tipo de agricultura, dividiendo sus necesidades hídricas ( $CWR$ ) por el rendimiento del cultivo ( $R$ ;  $t ha^{-1}$ ):

- En régimen de secano se considera que  $V$  es igual al valor del contenido de agua virtual verde ( $Vg_{sec}$ ), que se obtiene al dividir la evapotranspiración de agua verde ( $ETb$ ) por el rendimiento en secano ( $R_{sec}$ ).
- En régimen de regadío se considera tanto al agua azul como al agua verde. El contenido de agua virtual azul ( $Vb_{reg}$ ) se obtiene al dividir la evapotranspiración de agua azul del cultivo ( $ETg$ ) entre su rendimiento en regadío ( $R_{reg}$ ).
- Para los cultivos protegidos se considera  $V$  igual al valor del contenido de agua virtual azul ( $Vb_{prot}$ ).

En función del contenido de agua virtual de los cultivos, se calcula el volumen de agua virtual exportada en la agricultura ( $VW_{E,Agr}$ ) al multiplicar la cantidad de producto exportado ( $X_j$ ;  $t$ ) por su contenido en agua virtual ( $V_j$ ;  $m^3 t^{-1}$ ):

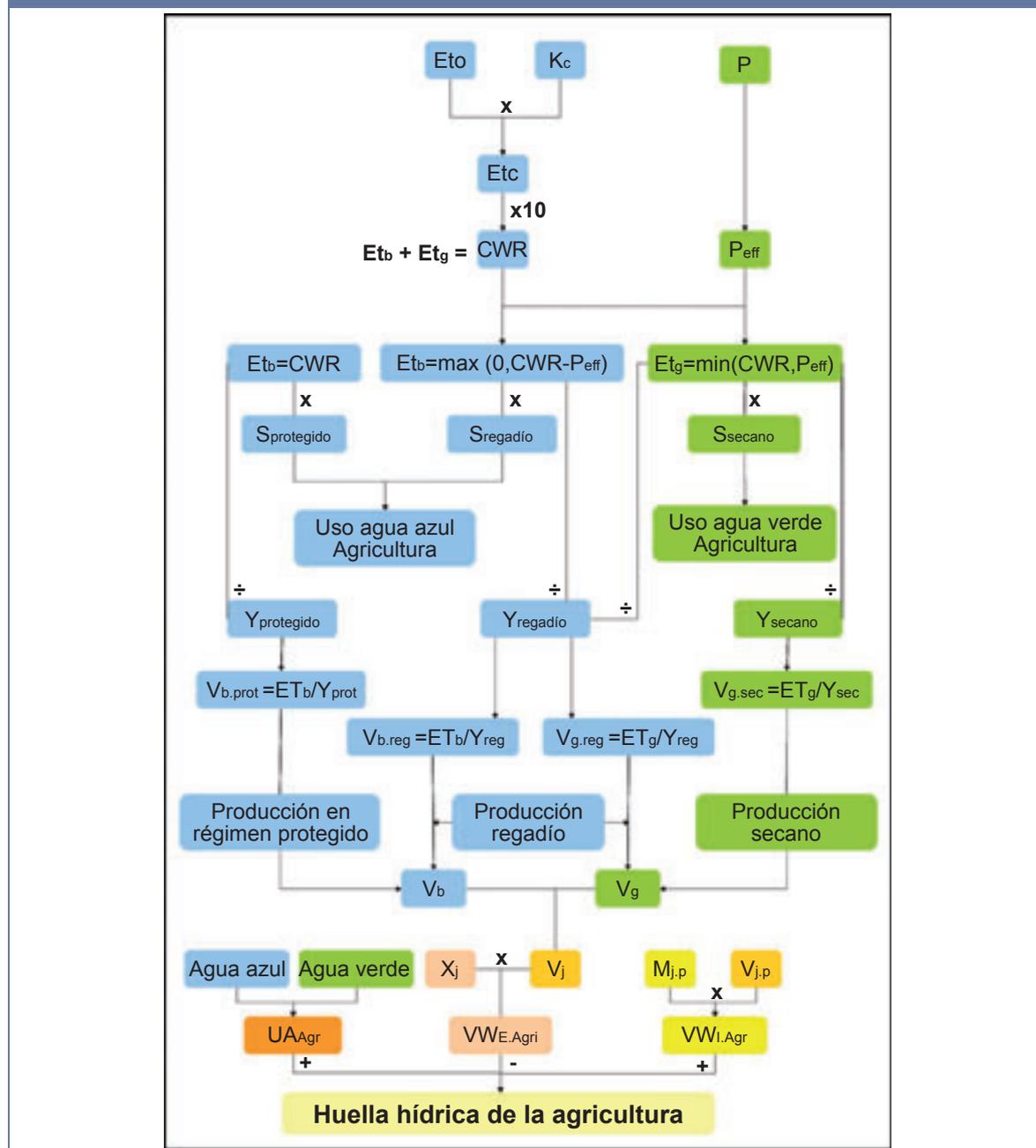
$$VW_{E,Agr} = \sum_{j=producto} X_j * V_j$$

El volumen de agua virtual importada en la agricultura ( $VW_{I, Agr}$ ) se obtiene multiplicando la cantidad de producto importada ( $M_{j,p}$ ; t) por el contenido en agua virtual en el país de origen ( $V_{j,p}$ ;  $m^3 T^{-1}$ ):

$$VW_{I, Agr} = \sum_{\substack{j=\text{producto} \\ p=\text{país}}} M_{j,p} * V_{j,p}$$

En la Figura 17 se sintetiza el procedimiento de cálculo de la “Huella Hídrica” de la agricultura española utilizado por Rodríguez Casado et al. (2008). Los autores aplicaron un nivel de agregación regional (Comunidades Autónomas) hasta el cálculo del contenido de agua virtual (azul y verde) de los cultivos. El contenido de agua virtual en las exportaciones e importaciones se realizó a un nivel de agregación nacional (España).

FIGURA 17. Esquema del cálculo de la “Huella Hídrica” de la agricultura.



Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez Casado et al., 2008.

#### 4.7. “HUELLA HÍDRICA” DE LA GANADERÍA ( $WF_{GAN}$ )

Chapagain y Hoekstra (2003) desarrollaron una metodología para calcular el contenido de agua virtual de los diferentes tipos de ganado y productos ganaderos, y cuantificar los flujos de agua virtual relacionados con el comercio internacional del ganado y sus productos. En este estudio se definió a la “Huella Hídrica” de la ganadería ( $WF_{GAN}$ ;  $m^3$ ) como la suma de los recursos hídricos utilizados en la ganadería ( $UA_{GAN}$ ) y las importaciones de agua virtual contenida en los productos ganaderos ( $VW_{I,GAN}$ ), menos el agua virtual exportada en estos productos ( $VW_{E,GAN}$ ):

$$WF_{GAN} = UA_{GAN} + VW_{I,GAN} - VW_{E,GAN}$$

Primero, calcularon el contenido de agua virtual de un animal vivo, para posteriormente distribuirlo entre los distintos productos que se obtienen de él. En la metodología de cálculo se diferenciarán  $n_p$  productos que proceden de  $n_a$  clase de animales, donde cada producto proviene de una sola clase de animal, asumiendo que un producto ganadero exportado se ha producido íntegramente en un área geográfica determinada (incluida su alimentación, y los recursos hídricos, entre otros).

##### 4.7.1. Contenido de agua virtual de un animal vivo

El contenido de agua virtual de un animal al final de su vida se define como el volumen total de agua que se utilizó para cultivar y procesar su alimentación, para su consumo directo y para limpiar sus instalaciones. Se diferencian tres componentes en el contenido de agua virtual de un animal vivo:

$$VWC_a(e,a) = VWC_{feed}(e,a) + VWC_{drink}(e,a) + VWC_{serv}(e,a)$$

Donde,  $VWC_a(e,a)$  es el contenido de agua virtual de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ ,  $VWC_{feed}(e,a)$  es el contenido de agua virtual de la alimentación,  $VWC_{drink}(e,a)$  es el contenido de agua virtual del consumo directo (hidratación) y  $VWC_{serv}(e,a)$  es el contenido de agua virtual utilizada en la realización de las actividades ganaderas (servicios). Todos los componentes se expresan en  $m^3$  por t de animal vivo.

El contenido de agua virtual de los alimentos consumidos tiene dos partes: el agua real que se requiere para preparar la mezcla de alimentos y el agua virtual incorporada en los diferentes ingredientes de los piensos.

$$VWC_{feed}(e,a) = \frac{\int_{birth}^{slaughter} \left[ q_{mixing}(e,a) + \sum_{c=1}^{n_c} SWD(e,c) * C(e,a,c) \right] dt}{W_a(e,a)}$$

Donde:

- $q_{mixing}(e,a)$  es el volumen de agua necesario para mezclar la alimentación del animal  $a$  en el país exportador  $e$  ( $m^3 \text{ día}^{-1}$ ).
- $C(e,a,c)$  es la cantidad de cultivo  $c$  consumido por un animal  $a$  en el país exportador  $e$  ( $t \text{ día}^{-1}$ ).
- $W_a(e,a)$  es el peso vivo promedio de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ , al final de su vida ( $t$ )
- $SWD(e,c)$  es la demanda específica de agua del cultivo  $c$  en el país exportador  $e$  ( $m^3 \text{ T de cultivo}^{-1}$ ).  $SWD(e,c)$  se obtiene al dividir los requerimientos de agua del cultivo  $c$  en el país  $e$  ( $CWR(e,c)$ ;  $m^3 \text{ ha}^{-1}$ ) por el rendimiento del cultivo  $c$  ( $CY(e,c)$ ;  $T \text{ ha}^{-1}$ ):

$$SWD(e,c) = \frac{CWR(e,c)}{CY(e,c)}$$

El contenido de agua virtual del consumo directo es igual al volumen total de agua consumido directamente por el animal (hidratación) durante todo su ciclo vital. El requerimiento diario de agua para su consumo directo del animal  $a$  en el país exportado  $e$  ( $q_d(e,a)$ ,  $m^3 \text{ día}^{-1}$ ) se obtiene al dividir el peso vivo del animal al final de su vida ( $W_a(e,a)$ ,  $t$ ) por el peso vivo promedio de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ , al final de su vida ( $W_a(e,a)$ ):

$$VWC_{drink}(e,a) = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_d(e,a) dt}{W_a(e,a)}$$

El contenido de agua virtual utilizada para la realización de las actividades ganaderas es igual al volumen total de agua utilizada para limpiar las instalaciones, lavar los animales y otros servicios necesarios para cuidar el hábitat o el ambiente durante todo el ciclo vital del animal. El contenido de agua virtual de un animal  $a$  en el país exportador  $e$  ( $VWC_{serv}(e,a)$ ,  $m^3$  t de animal vivo<sup>-1</sup>) se obtiene al dividir el requerimiento hídrico diario para las actividades de un animal  $a$  en el país exportador  $e$  ( $q_{serv}(e,a)$ ,  $m^3$  día<sup>-1</sup>) por el peso vivo promedio de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ , al final de su vida ( $W_a(e,a)$ ):

$$VWC_{serv}(e,a) = \frac{\int_{birth}^{slaughter} q_{serv}(e,a) dt}{W_a(e,a)}$$

#### 4.7.2. Contenido de agua virtual de los productos ganaderos

El contenido de agua virtual de un animal vivo debe ser distribuido entre los productos que se obtienen de él, evitando una doble contabilidad o pérdida de información. Para ello, se establecen dos niveles de producción: productos pecuarios primarios (derivados directamente de un animal vivo, p.e. leche, carne, piel, huevos, etc.) y secundarios (producidos a partir de los productos primarios, p.e. embutidos, queso, mantequilla, etc.).

En el primer nivel de procesamiento (productos primarios procedentes de animales vivos) se incluye una parte del contenido de agua virtual del animal vivo más el agua necesaria para su procesamiento. El agua necesaria, por tonelada de animal vivo  $a$ , para producir productos primarios en el país exportador  $e$  ( $PWR(e,a)$ ,  $m^3$  t de animal vivo<sup>-1</sup>) se obtiene al dividir volumen de agua utilizada en el proceso en  $m^3$  por animal vivo  $a$  en el país exportador  $e$  ( $Q_{proc}(e,a)$ ) por el peso vivo promedio de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ , al final de su vida ( $W_a(e,a)$ ):

$$PWR(e,a) = \frac{Q_{proc}(e,a)}{W_a(e,a)}$$

El contenido total de agua virtual de un animal vivo ( $VWC_a$ ) y el agua necesaria para su procesamiento ( $PWR$ ) debe atribuirse a los productos primarios por tonelada de animal vivo de un modo lógico. Para ello, se utiliza la fracción de producto ( $pf(e,p)$ ) y la fracción de valor ( $vf(e,p)$ ). Siendo  $pf(e,p)$  de un producto  $p$  en un país exportador  $e$  el peso del producto primario obtenido por tonelada de animal vivo, y  $vf(e,p)$  la relación entre el valor de mercado de un producto animal y la suma de los valores de mercado de todos los productos obtenidos de ese animal. Para calcular estos dos parámetros se utilizan las siguientes fórmulas:

$$pf(e,p) = \frac{W_p(e,a)}{W_a(e,a)} \quad vf(e,p) = \frac{v(p) * pf(e,p)}{\sum (v(p) * pf(e,p))}$$

donde,

- $W_p(e,p)$  es el peso del producto primario  $p$  obtenido de un animal vivo  $a$  en el país exportador  $e$
- $W_a(e,a)$  es el peso vivo de un animal  $a$  en el país exportador  $e$ <sup>2</sup>.

donde,

- el denominador es la suma de los productos primarios obtenidos del animal base  $a$ .
- $v(p)$  = valor de mercado del producto  $p$  (US\$ t<sup>-1</sup>)

<sup>2</sup> Generalmente es menor a 1, pero en el caso de leche o huevos, etc., el valor puede ser superior.

Por lo tanto, el contenido de agua virtual (*VWC*) del producto primario  $p$  ( $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$ ) es:

$$VWC_p(e, p) = (VWC_a(e, a) + PWR(e, a)) * \frac{vf(e, p)}{pf(e, p)}$$

El segundo nivel de procesamiento (productos secundarios a partir de los productos primarios) se compone de parte del contenido de agua virtual del producto primario base y del agua consumida en su procesamiento (*PWR*). Para calcular el contenido de agua virtual del producto secundario  $p$ , se utiliza la misma fórmula que en el primer nivel de procesamiento, pero considerando que:

- $PWR(e, p)$  es el volumen de agua necesario para procesar una tonelada de producto primario  $p$  en productos secundarios.
- $pf(e, p)$  es el cociente entre el peso del producto secundario  $p$  por tonelada de producto primario en el país exportador  $e$ .
- $vf(e, p)$  es el cociente entre el valor de mercado de un producto secundario y el valor total de mercado de todos los productos obtenidos de ese producto primario.

De esta manera, se puede calcular el contenido de agua virtual de los productos terciarios, etc. El primer paso es siempre obtener el contenido de agua virtual del insumo (producto base) y el agua necesaria para procesarlo. El total de estos dos elementos se distribuye para los distintos productos transformados, en función de su fracción de producto y de su fracción de valor.

#### 4.7.3. Flujo de agua virtual de los productos ganaderos

Para cada país, el volumen del flujo de agua virtual de entrada y salida se calcula multiplicando el volumen de producto comercializado por su respectivo contenido de agua virtual. El flujo de agua virtual *VWF* ( $\text{m}^3 \text{año}^{-1}$ ) de un país exportador  $e$  a un país importador  $i$  en el año  $t$ , como resultado del comercio del producto ganadero  $p$  ( $\text{T año}^{-1}$ ) es igual a:

$$VWF(e, i, p, t) = PT(e, i, p, t) * VWC_p(e, p)$$

Donde,

- $PT$  = comercio de productos ganaderos ( $\text{t año}^{-1}$ ) del país exportado  $e$  al importador  $i$  en el año  $t$
- $VWC_p$  = contenido de agua virtual ( $\text{m}^3 \text{t}^{-1}$ ) del producto ganadero  $p$  en el país exportador.

La diferencia entre el total de las importaciones y el total de las exportaciones de agua virtual es el saldo neto de agua virtual del país en el período de tiempo en cuestión.

#### 4.8. FLUJOS MONETARIOS DE LA “HUELLA HÍDRICA”

Como parte del análisis de la relación entre flujos físicos y monetarios, Madrid (2007) estimó la rentabilidad monetaria del agua, tanto en la producción como en el comercio. La rentabilidad monetaria del agua en producción ( $RMP_{ij}$ ), en  $\text{€ m}^{-3}$ , como:

$$RMP_{ij} = \frac{PM_{ij}}{AWU_{ij}}$$

Donde,  $PM$  es la producción monetaria y  $AWU$  el uso del agua en la agricultura, del cultivo  $i$  en el área geográfica  $j$ .

La rentabilidad monetaria del agua en el comercio (flujos de agua),  $\text{€ m}^{-3}$ , se calcula con las siguientes fórmulas:

$$RME_{ij} = \frac{YX_{ij}}{VWE_{ij}} \quad y \quad RME_{ij} = \frac{YI_{ij}}{VWI_{ij}}$$

Donde, *RME* es la rentabilidad de la exportación, *RMI* de la importación en € m<sup>-3</sup>, e *YX* el flujo monetario de la exportación e *YI* el de la importación expresadas en euros corrientes, del cultivo *i* en la provincia *j*.

A través de las metodologías expuestas podemos aproximarnos a la realidad de la “Huella Hídrica”, en su faceta territorial, como al mercado. De esta manera, Territorio y mercado se vuelven conceptos siameses, en su condición de conjuntos sistémicos de aspectos que conforman un campo de fuerzas interrelacionadas.



## 5. “HUELLA HÍDRICA” MUNDIAL: ESTUDIOS PREVIOS.

### 5.1. “HUELLA HÍDRICA” DE LAS NACIONES – WATER FOOTPRINT OF NATIONS

En noviembre del 2004, los profesores Chapagain y Hoekstra publicaron el informe “Water footprints of nations”, en el que se realizó la primera estimación de la “Huella Hídrica” de 146 países, para el periodo 1997-2001 (si bien, en un primer momento se consideraron 243). La disponibilidad de los datos redujo el número final de países para los cuales fue posible determinar la “Huella Hídrica”. Se calculó para 210 países el contenido de agua virtual de los cultivos primarios, y para 146 países los flujos comerciales de agua virtual (“Huella Hídrica” externa). Además, se seleccionaron 175 cultivos y 123 productos ganaderos.

Según los profesores Siebert y Döll (2010) los cálculos realizados por Chapagain y Hoekstra tienen como principales inconvenientes el uso de la media de las variables climáticas (especialmente en países de gran superficie y con distintas regiones climáticas), la sobreestimación del agua consumida en los productos agrícolas (no hay diferencias entre tipos de producción), no se distingue entre el uso de agua azul y agua verde y por tanto no se pueden analizar los costes de oportunidad de sus usos (Rodríguez-Casado et al., 2008; Siebert y Döll, 2010).

Como resultado de lo anteriormente descrito en el periodo considerado, se calculó que el valor absoluto de la “Huella Hídrica” mundial es de  $7.450 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$ . Por tanto, se estima que cada habitante del planeta consume de media  $1.240 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , de los cuales  $57 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$  corresponden al consumo doméstico de agua (“Huella Hídrica” interna),  $907$  y  $160 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$  a la “Huella Hídrica” interna y externa del consumo de bienes agrarios, respectivamente, y  $79$  y  $40 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$  a la “Huella Hídrica” interna y externa del consumo de bienes industriales, respectivamente.

Entre los países se observaron diferencias significativas, con valores de “Huella Hídrica” “per cápita” que varían en un rango de 619 (Yemen) a 2.483 (Estados Unidos)  $\text{m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$  (Tabla 14). Destaca, que cuatro de los cinco países más poblados del mundo tengan una “Huella Hídrica” similar o inferior a la media mundial: China ( $702 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), India ( $980 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), Indonesia ( $1.317 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ), Brasil ( $1.381 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ ). Los cinco países que menor “Huella Hídrica” tuvieron en el periodo analizado son Yemen, Bostwana, Afganistán, Somalia y Etiopía, países con altos niveles de pobreza y problemas sociales, económicos, políticos y ambientales.

TABLA 14. “Huella Hídrica” total y “per cápita”.							
País	“Huella Hídrica”		“Huella Hídrica” por tipo de consumo				
	Total	“per cápita”	Doméstica	Agricultura y Ganadería		Industrial	
				Interna	Interna	Externa	Interna
	Gm <sup>3</sup> año <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> cap <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> cap <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	m <sup>3</sup> cap <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>		m <sup>3</sup> cap <sup>-1</sup> año <sup>-1</sup>	
Yemen	10,70	619	14	381	214	2	8
Botswana	1,03	623	27	304	244	9	39
Afganistán	17,29	660	13	629	17	0	1
Somalia	5,79	671	2	585	82	0	1
Etiopía	42,88	675	2	664	5	2	1
Latvia	1,63	684	67	293	232	31	61
China	883,39	702	26	565	40	65	6
Perú	20,02	777	57	489	163	54	14
Honduras	4,93	778	10	673	62	12	21
Hungría	7,99	789	65	596	128		
Georgia	4,17	792	137	505	42	101	6
Chile	12,13	803	83	274	260	129	57
Colombia	34,05	812	127	551	110	9	17
Nicaragua	4,10	819	37	663	95	6	19
El Salvador	5,41	870	45	593	178	22	32
Venezuela	21,14	883	117	519	203	15	29
Armenia	2,81	898	279	379	198	30	11
Sudáfrica	39,47	931	57	644	169	26	33
Panamá	2,77	979	178	555	165	12	69
India	987,38	980	38	907	14	19	2
Qatar	0,62	1.087	122	196	422	14	333
Camerún	16,09	1.093	12	1.021	52	4	4
Egipto	69,50	1.097	66	722	197	101	10
Polonia	42,62	1.103	48	559	269	178	48
Lituania	3,97	1.128	59	632	340	10	87
Costa Rica	4,33	1.150	205	639	173	70	64
Japón	146,09	1.153	136	165	614	108	129
Paraguay	6,07	1.165	15	1.089	27	7	27
Bolivia	9,93	1.206	19	1.095	75	4	12
Ecuador	15,26	1.218	168	907	73	53	16
Países Bajos	19,40	1.223	28	31	586	161	417
Albania	3,84	1.228	75	777	336	28	13
R. Unido	73,07	1.245	38	218	592	114	284
Arabia S.	25,90	1.263	78	508	591	9	77
Ucrania	65,40	1.316	93	1.089	55	74	5
Indonesia	269,96	1.317	28	1.153	127	2	8
Islandia	0,37	1.327	183	4	348	323	470
Barbados	0,36	1.355	169	374	540	64	208
Gambia	1,75	1.365	3	993	361	2	6
Brasil	233,59	1.381	70	1.155	87	51	18
Israel	8,58	1.391	75	264	694	18	339
Australia	26,56	1.393	341	736	41	64	211
Bulgaria	11,33	1.395	45	1.169	174	6	0
Argentina	51,66	1.404	127	1.122	49	63	42
Dinamarca	7,68	1.440	72	442	409	56	461
México	140,16	1.441	139	837	361	31	72

Laos	7,64	1.465	20	1.380	32	26	8
Noruega	6,56	1.467	101	244	541	231	350
Moldavia	6,31	1.474	57	1.201	31	179	6
Líbano	6,44	1.499	95	397	913	7	88
Marruecos	43,60	1.531	28	1.264	213	8	18
Filipinas	116,85	1.543	59	1.308	155	11	9
Alemania	126,95	1.545	66	434	604	228	213
R. Checa	16,15	1.572	106	934	362	74	96
Austria	13,02	1.607	94	368	575	132	438
Turquía	107,95	1.615	80	1.257	205	41	32
Suecia	14,37	1.621	121	507	509	132	352
Irán	102,65	1.624	74	1.243	283	16	8
Suiza	12,05	1.682	63	136	780	148	555
Cuba	19,13	1.712	184	1.315	149	43	21
Finlandia	8,93	1.727	58	758	479	210	222
Rumania	38,92	1.734	91	1.293	178	157	15
Bélgica/Luxemb.	19,21	1.802	103	215	1.398	36	51
Rusia	270,98	1.858	98	1.380	283	91	5
Francia	110,19	1.875	105	814	517	257	182
Malta	0,75	1.916	115	141	1.212	1	448
Chad	15,03	1.979	5	1.962	8	0	4
Mali	21,64	2.020	3	2.003	8	1	4
Canadá	62,80	2.049	279	986	252	366	166
Guyana	1,60	2.113	28	1.925	93	14	54
Chipre	1,67	2.208	77	693	1.163	6	270
Sudán	68,25	2.214	29	2.161	15	6	2
Tailandia	134,46	2.223	30	1.987	144	20	41
Portugal	22,63	2.264	109	800	1.055	141	159
España	93,98	2.325	105	1.251	671	138	161
Italia	134,59	2.332	138	829	1.039	176	151
Malasia	53,89	2.344	62	1.591	554	38	99
Grecia	25,21	2.389	79	1.403	680	73	154
USA	696,01	2.483	217	1.192	267	609	197

Fuente: Chapagain y Hoekstra, 2004.

Los autores del estudio consideraron que existen cuatro factores que explican los altos valores de la “Huella Hídrica”:

1. El volumen total de consumo que generalmente está relacionado con el PIB, entendiéndose que un mayor PIB “per cápita” produce un incremento en el consumo general de la población.
2. Los patrones de consumo y tipo de alimentación. En los países con un alto consumo de carne se observó un incremento significativo de la “Huella Hídrica”, en especial en países como Estados Unidos, Canadá, Francia, España, Portugal, Italia o Grecia. En los países más industrializados también se observó un efecto directo del consumo de productos industriales sobre la “Huella Hídrica”.
3. El clima. En zonas donde la evaporación es elevada, los requerimientos hídricos por unidad de producto son mayores. Este factor explica que las huellas ecológicas de países pobres como Malí, Chad y Sudán, por ejemplo, sean altas.
4. La baja eficiencia en el uso del agua en la agricultura. Los sistemas de cultivo tradicionales generalmente requieren de una gran cantidad de agua, pero sólo se aprovecha una pequeña parte. Por tanto, existe una baja productividad por m<sup>3</sup> de agua. Tailandia, Camboya, Turkmenistán, Sudán, Malí y Nigeria son ejemplo del efecto de este factor.

Como resultado, para reducir la “Huella Hídrica” de una región o de un país los autores del estudio sugieren trabajar en los siguientes aspectos:

1. Romper la relación directa entre el crecimiento económico y el consumo de agua (disociación), mediante la adopción de técnicas de producción más eficientes en el uso del recurso hídrico. En el caso de la agricultura, se puede mejorar la productividad mediante la adopción de técnicas avanzadas de recolección de las precipitaciones y en los sistemas de riego.
2. Cambiar los patrones de consumo reduciendo el consumo de productos con altos requerimientos hídricos, en especial de la carne. Si bien la tendencia actual es a incrementar el consumo de carne, consideran que se puede regular su consumo a través del coste del producto, campañas de sensibilización, el etiquetado de productos u otro tipo de incentivos que favorezcan el cambio de los patrones de consumo.
3. Trasladar la producción a las zonas con alta productividad hídrica, aunque consideran que este aspecto no está ampliamente reconocido, de manera que se incremente la eficiencia global del uso del agua.

En relación con el comercio internacional de productos, se obtuvo que un 16% del agua consumida a nivel mundial se utilizó en la fabricación de productos de exportación. Este porcentaje podría auementar con el incremento de la liberación del comercio mundial. Por tanto, es importante que se considere la dependencia hídrica internacional en la planificación regional y en la formulación de políticas.

## 5.2. ESTUDIOS REALIZADOS EN ESPAÑA.

En diversos estudios se ha contabilizado el consumo de recursos hídricos en España, y conforme se han ido mejorando las metodologías de cálculo, se han obtenido valores más precisos, especialmente en el consumo de agua en la agricultura. En el Libro Blanco del Agua se estimó que el agua azul para usos agrícolas es de unos 25 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> (MMA, 2000; Llamas, 2005). Hoekstra y Hung (2002) estimaron el consumo de agua azul en la agricultura en 31 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>. Chapagain y Hoekstra (2004) incluyeron el agua verde en el consumo hídrico en la agricultura, estimando en 50,57 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> el consumo de agua azul y agua verde, y de ellos, se exportan 17,44 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> de agua. Rodríguez-Casado et al. (2008) consideran que en estos estudios se estiman en 94 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup> las necesidades hídricas totales de España, correspondiendo el 80% a los productos agrícolas, el 15% al consumo de bienes industriales y el 5% al uso doméstico.

Desde esta perspectiva, cobra notable importancia el análisis de los recursos no convencionales en España. Ha transcurrido una década desde la aprobación de la Ley del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2001) y un lustro desde la puesta en marcha del Programa AGUA que impulsó a utilización de los recursos no convencionales como medida de sustitución del pretendido trasvase del Ebro. Es momento de realizar un análisis de la situación de los recursos no convencionales en nuestro país, a modo de inventario, para comprobar si las aguas procedentes de la depuración y desalación ha cubierto las expectativas señaladas en aquellos documentos oficiales y cuáles son sus perspectivas de futuro.

Afortunadamente, la necesidad de adaptación de la Directiva 91/271 de depuración de aguas residuales urbanas, la puesta en marcha de planes regionales de saneamiento y depuración de aguas residuales, y el cumplimiento de la Directiva Marco del Agua 2000/60 con la revisión obligada de los planes de Demarcación Hidrográfica han sido procesos dinamizadores para el desarrollo de los recursos de agua no convencionales en nuestro país. Y ello se ha acompañado, también, de reflexiones serias sobre la evaluación de los recursos de agua y el papel de los recursos no convencionales en la "contabilidad" global del agua.

El análisis de los recursos no convencionales, que hace tres lustros resultaba accesorio en los estudios del agua de nuestro país, se ha convertido en un aspecto nuclear de los mismos, puesto que la necesidad de un desarrollo territorial sostenible tiene en el agua un elemento clave de la gestión racional y eficiente que se reclama desde Europa.

En la actualidad la cantidad de recursos no convencionales en España se eleva a 4.540 hm<sup>3</sup>/año, de los cuales aquellos con uso efectivo sumarían 450 hm<sup>3</sup> de aguas procedentes de la reutilización de aguas depuradas y 690 hm<sup>3</sup> de la desalación. Se trata de un volumen de agua que ha ido aumentando su peso en el conjunto de recursos de agua disponibles, puesto que en 2001 el potencial de uso de las aguas no convencionales (depuración+desalación) apenas alcanzaba 2.700 hm<sup>3</sup>/año, mientras que una década después supera los 4.000 hm<sup>3</sup>/año (Tabla 15).

TABLA 15. Demandas de agua en España y significado de los recursos “no convencionales” en 2010.

Recursos convencionales*		
	2000	2010
Demanda urbana	4.667 hm <sup>3</sup> /año	4.941 hm <sup>3</sup> /año
Demanda agrícola	24.094 hm <sup>3</sup> /año	16.211 hm <sup>3</sup> /año
Demanda industrial	1.647 hm <sup>3</sup> /año	1.772 hm <sup>3</sup> /año
Gasto de refrigeración	4.915 hm <sup>3</sup> /año	6.795 hm <sup>3</sup> /año
* El consumo efectivo ha sido evaluado en el Libro Blanco del Agua (2001) en 20.783 hm <sup>3</sup> /año y la cantidad de retornos en 14.539 hm <sup>3</sup> /año.		
Recursos “no Convencionales”		
	2000	2010
Aguas depuradas	2.500 hm <sup>3</sup> /año	3.400 hm <sup>3</sup> /año
Reutilización de aguas depuradas	230 hm <sup>3</sup> /año	450 hm <sup>3</sup> /año
Aguas desaladas	225 hm <sup>3</sup> /año	690 hm <sup>3</sup> /año

Fuente: Libro Blanco del Agua (MIMAM, 2001), Rico, Olcina et al. (1997), INE estadísticas sobre medio ambiente (agua), *Atlas de Sostenibilidad ambiental de España* (OSE, 2010) informes de Comunidades Autónomas, datos actualizados a diciembre de 2009.

En una década se ha producido un aumento muy notable en el volumen de agua residual depurada y en la cantidad de esas aguas que se reutiliza; pero, sin duda, a efectos de satisfacción de las demandas existentes el gran avance en los recursos de agua no convencionales procede de la capacidad de desalación instalada en estos años que triplica a la existente a comienzos de la primera década del nuevo siglo. El avance en la tecnología de desalación, la reducción de los costes (especialmente los energéticos) y el impulso que ha recibido la desalación en el programa AGUA, puesto en marcha desde 2004, explican el importante incremento en el potencial de desalación de nuestro país.

El desarrollo de la depuración, reutilización y desalación de aguas en España ha ido acompañado de una regulación legal de estos procesos. Desde 1995 una serie de normativa ha venido a regular aspectos relacionados con la depuración, reutilización y desalación de aguas en España. Directivas europeas, leyes y decretos de escala estatal y regional han venido a completar la regulación normativa sobre depuración, reutilización y desalación de aguas de nuestro país.

En julio de 1995 el Gobierno reguló, por vez primera, la desalación en España. Es interesante destacar el contexto en el que se promulga el Real Decreto 1327, de 28 de julio, que regula las instalaciones de desalación de agua marina o salobre. Hay que recordar que 1995 es uno de los años más secos del presente siglo en casi toda España y el año más desastroso por lo que a las consecuencias económicas de la secuencia seca 1992-96 se refiere. Numerosas poblaciones de la mitad sur de España padecieron restricciones y cortes en el suministro de agua en una situación que tornaba insostenible, lo que provocó la puesta en marcha a principios de verano, por vía de urgencia, del “*Plan Metasequía*” que, como medidas principales contemplaba la construcción de una serie de plantas desaladoras para abastecimiento a poblaciones del sur y Baleares. La propia exposición de motivos de esta norma señala que “*el agravamiento de las situaciones de escasez de recursos hace prever que estas actividades de desalación experimentarán un desarrollo notable en el futuro*”. Además es significativo que la promulgación del Real Decreto se adscribiese al Ministerio de la Presidencia por los intereses de competencias que la producción de agua mediante desalación supone para los organismos de agua, costas, energía y medio ambiente.

Sin duda, el gran respaldo jurídico a la desalación en España ha venido dado por la modificación sustancial de la Ley de Aguas por Ley 46/1999. En primer lugar, las aguas procedentes de desalación de agua del mar se incluyen en el dominio público hidráulico (art. 2.e) “una vez que fuera de la planta de producción, se incorporen a cualquiera de los elementos señalados en los apartados anteriores”. Se mantiene por tanto el carácter público de las aguas desaladas de acuíferos continentales salobres. De ello se deduce que las aguas marinas desaladas transformadas en potables pertenecen al “desalador” mientras no entren en contacto con el medio hidrológico terrestre. Por su parte, cambian las condiciones jurídicas de realización de la actividad de desalación de agua del mar, respecto al mencionado Real Decreto 1327/1995, puesto que, según contempla el artículo 12 bis de la Ley 46/1999 (que ha pasado

a ser el art. 13 del texto refundido de la Ley de Aguas, R.D. Legislativo 1/2001), “cualquier persona física o jurídica podrá realizar la actividad de desalación de agua del mar, previas las correspondientes autorizaciones administrativas respecto a los vertidos que procedan, a las condiciones de incorporación al dominio público hidráulico y a los requisitos de calidad según los usos a los que se destine el agua”. Como señala Embid (2000) el nuevo texto legal evita el sistema de concesiones establecido por el Decreto 1325/1995 y suprime la distinción establecida en aquél sobre necesidad de concesión administrativa para llevar a cabo una actividad de desalación según tamaño y destino final del agua. Un dato destacado es que el capítulo V “De las aguas procedentes de desalación” de la Ley 46/1999 como en el texto refundido de la Ley de Aguas (R.D. Legislativo 1/2001) no se hace mención alguna al citado Real Decreto de desalación 1327/1995 y que éste, tras la aprobación de ambas normas, no ha sido derogado.

La reforma de la Ley de Aguas que se incluyó en la Disposición Final primera de la Ley 11/2005, de 22 de junio, trajo consigo novedades considerables en el régimen de la desalación. Esta ley confirmaba la derogación del trasvase del Ebro y apostaba por la desalación. En especial en este Ley se señalaba la demanialidad de todas las aguas procedentes de la desalación sometiéndolas al sistema de uso propio del dominio público hidráulico, esto es, al sistema concesional. En suma, la reforma de 2005 supuso que el agua desalada fuese considerada siembre de dominio público, se mezcle o no con agua natural.

Como señala Jiménez Shaw (2009), la última modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas de 2001, ha sido llevada a cabo en la Disposición final tercera de la Ley 42/2007, de 13 de diciembre, del Patrimonio Natural y de la Biodiversidad. La reforma afecta al artículo 13 y con su nueva redacción se trata de aclarar cuestiones relativas a aspectos concesionales.

El aprovechamiento de aguas no convencionales en España es una realidad en expansión y su regulación ha merecido un amplio repertorio legal en los últimos años que ha ido aclarando cuestiones relativas a la calidad de las aguas depuradas, a las condiciones de aprovechamiento de las mismas y a la consideración de las aguas desaladas como bien de dominio público hidráulico, aspectos que no estaban incluidos, por novedosos, en la legislación de aguas a comienzos de la presente centuria.

### 5.2.1. “Huella Hídrica” y comercio de agua virtual

En el estudio realizado por Aldaya et al. (2010), se analiza el agua virtual (azul y verde), la “Huella Hídrica” y el valor económico de los distintos sectores socioeconómicos del comercio en España, desde una perspectiva hidrológica y socioeconómica. Si bien en este estudio se realizó un análisis general, se centra en el sector agrario, que es el principal consumidor de agua. También, se analizaron las implicaciones políticas del comercio de agua virtual.

Los autores del estudio consideran que este análisis puede proporcionar un marco transparente y multidisciplinario para la información y la optimización de las decisiones políticas en relación con el tema del agua. Contribuyendo también a la aplicación de la Directiva Marco del Agua (UE, 2000), mas aún cuando España es el primer país que ha incluido el análisis de la “Huella Hídrica” en la formulación de políticas en el contexto de esta Directiva (BOE, 2008).

Aldaya et al. (2010) destacan que España es uno de los países que más agua “per cápita” consume ( $2300 \text{ m}^3 \text{ cápita}^{-1} \text{ año}^{-1}$ , según Chapagain y Hoekstra, 2004), a pesar de ser el más árido de Europa. La suma de los requerimientos hídricos de los diferentes sectores económicos de España, tanto de agua azul como de agua verde, es de alrededor de  $100 \text{ km}^3 \text{ año}^{-1}$  (Tabla 16). El abastecimiento urbano de agua representa el 4.5% de la “Huella Hídrica” de España, valor inferior al de Italia y Estados Unidos, y ligeramente superior al de India. El 14,7% del consumo total de agua corresponde al sector industrial, pero el 47% se debe al agua virtual procedente de las importaciones. El porcentaje restante (81,7%) corresponde a la producción de alimentos, del cual, las dos terceras partes se producen con recursos hídricos propios.

Económicamente, el agua para abastecimiento urbano tiene un valor de 4,2 billones de euros, y el agua del sector industrial 123 billones de euros (es el 15% del PIB y el 16% de la población económicamente activa). El sector agrario, a pesar de que consume cerca del 80% del agua en España, tan solo representa el 3% del PIB, es decir, 26 millones de euros y da empleo al 5% de la población económicamente activa.

En el análisis del consumo de agua en el sector agrícola, en el que se centra el estudio, los autores resaltan que la escasez de agua por sí sola no explica por qué España exporta agua virtual a través de los productos pecuarios, siendo esta exportación consecuencia de la menor aplicación de la legislación ambiental relacionada con la producción ganadera, la presencia territorios vacíos y una mayor integración económica, especialmente a nivel de la Unión Europea. Además, destacan que las importaciones de cereales y de materias primas para el sector pecuario han permitido que este sector crezca como lo ha hecho en los últimos diez años.

Por otro lado, la presencia de factores actuales como la globalización, la disponibilidad de medios de transporte baratos y rápidos, el uso del riego con aguas subterráneas contra la variabilidad del clima y la regulación ambiental, han permitido que los agricultores españoles adopten rápidamente de una política de “más cultivos y empleo por gota” por una de “más dinero y naturaleza por gota”. La consecución de este nuevo paradigma significa una solución del conflicto entre los agricultores y los conservacionistas, que permitiría preservar el ambiente sin afectar a la economía del sector agrícola.

Los autores recomiendan el análisis de la “Huella Hídrica”, desde un punto de vista hidrológico, económico y ambiental, a nivel de cuenca de río, para obtener información más completa y valiosa, que facilite una asignación eficiente de los recursos hídricos a las diferentes demandas económicas y ambientales. Especialmente, porque el territorio español se caracteriza por la presencia de importantes diferencias regionales en la disponibilidad de los recursos hídricos, tanto de agua verde como de agua azul. Además, es necesario analizarla en el tiempo, el espacio, y desde el punto de vista sectorial. En este sentido, el estudio del agua virtual, teniendo en cuenta no sólo el agua verde y azul (subterránea y superficial), sino también las políticas comerciales, pueden contribuir a una mejor gestión integral de los recursos hídricos.

Finalmente, concluyen que la idea actual de escasez de agua en España se debe principalmente a la mala gestión del recurso en el sector agrícola. Principalmente, por la persistencia de la idea antigua de la autosuficiencia alimentaria, la aún imperfecta Organización Mundial del Comercio (OMC), la ausencia de instrumentos económicos adecuados para la gestión del agua y de políticas nacionales que promuevan la agricultura de regadío para contribuir a la estabilidad regional y a los precios de los productos agrícolas.

TABLA 16. Flujos de agua virtual de España, Italia, E.E.U.U. y la India (período 1997-2001)												
	España			Italia			EE.UU			India		
Población (106 hab)	40,5			57,7			280,3			1.007,4		
	km <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	km <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	km <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	km <sup>3</sup>	%	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>
Abastecimiento urbano	4,2	4,5	105,0	8	5,9	136,0	60,8	8,7	217,0	38,6	3,9	38,0
Evapotranspiración												
Consumo nacional	50,6	53,8	1251,0	47,8	35,5	829,0	334,2	48,0	1192,0	913,7	92,5	907,0
Para exportación	17,4	18,5	430,0	12,4	9,2	214,0	139,0	20,0	495,0	35,3	3,6	35,0
Usos industriales												
Uso nacional	5,6	6,0	138,0	10,1	7,5	176,0	170,8	24,5	609,0	19,1	1,9	14,0
Para exportación	1,7	1,8	42,0	5,6	4,2	97,0	44,7	6,4	159,0	19,1	1,9	6,0
Importación de agua virtual												
Productos agrícolas	27,1	28,8	671,0	60,0	445,8	1.039,0	74,9	10,8	267,0	13,8	1,4	14,0
Productos industriales	6,5	6,9	1605,0	8,7	6,5	150,8	55,3	7,9	208,9	2,2	0,2	21,8
Re-exportación de productos importados	11,4	12,1	281,0	20,3	15,1	351,0	45,6	6,6	163,0	1,2	0,1	1,0
“Huella Hídrica” total	94	100,0	2.325,0	134,6	100,0	2.332,0	696,0	100,0	2483,0	987,4	100,0	980,0

\* Valores por año

Fuente: Modificado de Aldaya et al., 2010.

### 5.2.2. “Huella Hídrica” de la agricultura española

En el trabajo realizado por Rodríguez-Casado et al. (2008) se aplicó la metodología recogida anteriormente, distinguiendo entre el consumo de agua azul y de agua verde, y solventando una de las deficiencias de la metodología desarrollada por Chapagain y Hoekstra (2004). Se calculó que la “Huella Hídrica” de la agricultura en España, para el año 2003, fue de 49.179 hm<sup>3</sup>, con una “Huella Hídrica” “per cápita” de 1.151 m<sup>3</sup> (Tabla 17). El 80% de la “Huella Hídrica” corresponde a la agricultura y la ganadería, y el 20% restante al consumo de agua por parte del sector urbano e industrial. En base a los resultados obtenidos, concluyeron que España es un país importador neto de agua virtual contenida en productos agrícolas.

		1998	2001	2003
<b>Total</b>	<b>WF<sub>I</sub></b>	hm <sup>3</sup>	19386	19954
	<b>WF<sub>E</sub></b>	hm <sup>3</sup>	25271	27794
	<b>WF<sub>Total</sub></b>	hm <sup>3</sup>	44588	47679
	<b>WF<sub>Total</sub> “per cápita”</b>	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	1118	1159
<b>Agricultura</b>	<b>Consumo Agua</b>	hm <sup>3</sup>	25891	27032
	<b>“Importaciones Netas” VW</b>	hm <sup>3</sup>	9807	12530
	<b>WF<sub>Agricultura</sub></b>	hm <sup>3</sup>	35454	39564
	<b>WF<sub>Agricultura</sub> WF<sub>Total</sub><sup>-1</sup></b>	%	79.40	82.70
	<b>VW<sub>E</sub> Consumo Agua<sup>-1</sup></b>	%	25.5	20.7

Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez Casado et al. (2008)

En el 2003, el aumento de la importación de materias primas para la alimentación del ganado provocó el incremento del consumo de agua virtual agrícola proveniente de las importaciones, en comparación con el año 1998, considerado año seco. Además, debido a este incremento la “Huella Hídrica” de la agricultura española representa casi el 90%.

En este trabajo, se obtuvieron grandes diferencias respecto al realizado por Chapagain y Hoekstra (2004). Principalmente, porque separaron la producción en régimen de secano de la de regadío. En la Tabla 18 se observan las diferencias en los resultados de estas dos investigaciones.

Régimen	Cultivo	España				Media mundial
		1998	2001	2003	Ch & H	
Secado	Trigo	404	481	449	1227	1334
	Cebada	352	582	444	1070	1388
	Aceituna de Almazara	494	496	466	3295	4393
Regadío	Maíz	659	727	763	646	909
	Naranja	365	326	302	362	457
	Tomate	95	93	97	53	184

Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez Casado et al. (2008)

El agua virtual exportada por España, principalmente de frutas y hortalizas, corresponde al agua virtual azul, mientras que en las importaciones, principalmente trigo (Francia y Reino Unido) y maíz (Francia y Argentina), predomina el agua virtual verde. El tipo de agua virtual contenida en los productos exportados e importados, pone de manifiesto que España exporta en su mayoría agua procedente de sus recursos hídricos, mientras que importa en su mayoría agua procedente de la lluvia. Aldaya (2007) destaca la mayor eficiencia en el uso del agua (principalmente verde) en la producción de maíz en Argentina, en relación con España.

Los cereales, que ocupan el 45% de la superficie agraria útil (SAU), representan el 39% de la “Huella Hídrica” de la agricultura española. Destacando que la cantidad consumida de agua azul y de agua verde es similar en los cultivos de secano y de regadío, a pesar de ser ésta última seis veces menor (Tabla 19). Cultivos como el arroz y el maíz con altos requerimientos hídricos, y el trigo y la cebada en regadío, con superficies significativas, aumentan el consumo de agua azul. La “Huella Hídrica” de los cultivos industriales representa el 29% del total, gracias a las importaciones de agua virtual (soja y torta de soja). Gran parte del agua virtual exportada de los cultivos industriales corresponde a agua virtual re-exportada. El olivar es el tercer grupo de cultivos por porcentaje de “Huella Hídrica”, a pesar de tener una superficie superior a la de los cultivos industriales. Su menor “Huella Hídrica” se debe a que España es el principal país exportador de aceite de oliva, y por tanto una cantidad considerable de agua virtual es exportada en este producto y en menor medida como aceituna aderezada.

TABLA 19. “Huella Hídrica” por grupos de cultivo (2001).								
	Superficie		UA <sub>Agr</sub>		VW <sub>I</sub>	VW <sub>E</sub>	WF	
	1000 ha		hm <sup>3</sup>		hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	hm <sup>3</sup>	%
	Secano	Regadío	Vg	Vb				
Cereales	5.342	1.086	5.462	4.980	6.343	1.381	15.406	38,94
C. Industriales	742	381	530	2.557	10.957	2.537	11.507	29,09
Olivar	1.982	310	2.263	1.154	773	1.375	2.816	7,12
C. Forrajeros	767	273	776	1.045	-	-	1.821	4,60
Frut. Fruto Seco	782	59	350	477	1.456	477	1.806	4,56
Hortalizas	29	308	273	1.699	58	676	1.354	3,42
Frut. Fruto Fresco	83	203	1.163	126	294	315	1.268	3,21
Otros cultivos	543	78	1.224	869	601	16	1.066	2,69
Cítricos	5	295	318	1.861	115	1.259	1.035	2,62
Viñedo	1.003	132	489	441	32	88	873	2,21
Patata	30	85	523	63	75	49	611	1,54
	11.307	3.210	13.371	15.272	20.704	8.173	39.563	100,00

Fuente: Elaboración propia a partir de Rodríguez Casado et al. (2008)

Por Comunidades Autónomas, Andalucía es la que más agua consume en la producción agrícola (6.967 hm<sup>3</sup>), tanto en términos de agua verde como de agua azul, seguida por Castilla y León (4.331 hm<sup>3</sup>) y Castilla-La Mancha (3.910 hm<sup>3</sup>). Estas tres Comunidades Autónomas, que son las que más superficie dedican a la agricultura, acumulan casi el 60% del uso total del agua. Sin embargo, en las dos Castillas el consumo de agua verde es mayor debido a que la superficie cultivada está dedicada en su mayor parte a cereales y a forrajes. Por su parte en Andalucía, la cantidad de agua azul usada es casi el doble que la de agua verde, debido a una agricultura más orientada al regadío, con cultivos con altas exigencias hídricas, como los hortalizas y los cultivos industriales (algodón y arroz) y con un incremento en la superficie de olivar en regadío.

La Comunidad Valenciana, la Región de Murcia y Extremadura destacan como importantes consumidoras de agua azul en comparación con el consumo de agua verde. Las dos primeras son las Comunidades con mayor porcentaje de superficie dedicada al regadío, con los frutales y hortalizas como cultivos predominantes. En Extremadura es el riego del maíz, arroz y tomate el que hace que la cantidad consumida de agua azul sea el doble que la de agua verde.

En las Comunidades Autónomas de Aragón y Cataluña son los frutales, el maíz y la alfalfa, los cultivos que provocan los altos consumos de agua azul. En la cornisa cantábrica la agricultura deja paso a los pastos y a la ganadería debido, principalmente, a las dificultades orográficas. A pesar del cultivo de cereales, como el trigo o el maíz de secano en Galicia, las extensiones son más bien pequeñas, y salvo excepciones, como el viñedo en el entorno del Miño o los manzanos en Asturias, la agricultura pasa a un segundo plano.

### 5.2.3. “Huella Hídrica” de la producción de tomate

Chapagain y Orr (2009) realizaron un estudio detallado de la “Huella Hídrica” de la producción de tomate en España. Para su cálculo consideraron que no existe un déficit en el requerimiento de agua debido al riego complementario, por tanto, el agua total utilizada es siempre igual a las necesidades hídricas del cultivo. En el cálculo del volumen total de agua utilizada (evaporada, contaminada o perdida) en las Comunidades Autónomas con mayor producción, determinaron que el volumen de agua necesaria para diluir el agua contaminada, y alcanzar los límites permisibles para el rendimiento por hectárea, es de  $8 \text{ m}^3\text{t}^{-1}$  para los sistemas de producción a campo abierto y de  $4 \text{ m}^3\text{t}^{-1}$  para los sistemas protegidos, siendo la media nacional de  $7.2 \text{ m}^3\text{t}^{-1}$ . La Comunidades Autónomas que más agua consume es Extremadura, siendo su producción utilizada principalmente a nivel industrial, seguida de Andalucía que en su mayoría exporta el tomate en fresco (Tabla 20). La exportación del 96% del tomate fresco representa un gran impacto para los recursos hídricos (agua azul) de las regiones productoras.

La media nacional del contenido de agua azul por tonelada de producto es de  $60.5 \text{ m}^3\text{t}^{-1}$ , y de agua verde de  $13.6 \text{ m}^3\text{t}^{-1}$ . Para un tomate de 100g, estimaron que se evaporan 1.4 l de agua verde y 6.1 l de agua azul, y si se añade el volumen de agua contaminada dentro de los límites permitidos (0.7 l), en total se consumen 8.2 l de agua. Éstos resultados obtenidos difieren significativamente de los obtenidos por Antón et al. (2005) y Chapagain y Hoekstra (2004).

Los principales destinos de consumo del tomate español son Alemania (25%), Reino Unido (19%), Francia (17%) y Holanda (16%), y por tanto importadores de un importante volumen de agua verde y azul (Tabla 21). Considerando que en la producción de tomates frescos se evapora una cantidad de  $71 \text{ Mm}^3 \text{ año}^{-1}$  de agua y que se requieren más de  $7 \text{ mm}^3 \text{ año}^{-1}$  de agua azul para diluir los nitratos lixiviados. Además, se encontró que en la producción de tomate en España se evaporan  $54,4 \text{ Mm}^3$  al año de agua verde (“Huella Hídrica” verde del consumo mundial de tomate español),  $242,7 \text{ mm}^3$  al año de agua azul (“Huella Hídrica” azul del consumo mundial de tomate español) y contamina  $28,7 \text{ mm}^3$  al año de agua azul (“Huella Hídrica” de agua no evaporada del consumo mundial de tomate español).

**TABLA 20.** Contenido de Agua Virtual (CAV) evaporada y consumo de agua en el cultivo del tomate por Comunidades Autónomas.

CCAA	CAV evaporada						Consumo de agua*				T
	C. abiertos			C. protegidos			Evaporada			Otros <sup>†</sup>	
	$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$			$\text{m}^3 \text{ t}^{-1}$			$\text{hm}^3 \text{ año}^{-1}$				
	V	A	T	V	A	T	V	A	T		
Andalucía	16,3	69,7	86,1	8,6	36,6	45,2	12,2	70,4	82,6	7,5	90,0
Murcia	14,6	62,3	76,9	7,7	32,7	40,4	2,9	12,4	15,3	1,5	16,9
Cataluña	29,6	48,6	78,2	15,5	25,5	41,0	3,7	6,0	9,7	1,0	10,7
C. La Mancha	17,0	57,2	74,2	8,9	30,1	39,0	1,9	6,4	8,3	0,9	9,2
Extremadura	16,9	75,0	91,9	8,9	39,3	48,2	21,1	93,7	114,8	10,4	125,2
Navarra	37,1	24,6	61,7	19,5	12,9	32,4	4,7	3,1	7,8	1,1	8,9
Canarias	8,4	107,8	116,2	4,4	56,6	61,0	1,8	22,6	24,3	1,7	26,0
Otros	11,4	52,4	63,7	6,0	27,5	33,5	6,1	28,1	34,2	4,6	38,8
Total							54,4	242,7	297,1	28,7	325,8

V = agua verde; A = agua azul; T = total

\* Periodo 2000–2004.

† Contaminada o perdida

Fuente: Elaboración propia a partir de Chapagain y Orr (2009)

**TABLA 21.** Importación de Agua Virtual relacionada con la importación mundial de tomate fresco español ( $\text{mm}^3 \text{año}^{-1}$ ).

	Importación de agua virtual evaporada			Importación de agua virtual no evaporada	Total de las importaciones de agua virtual
	Azul	Verde	Total		
Alemania	14,6	3,3	17,9	1,7	19,7
Francia	9,8	2,2	12,0	1,2	13,2
Reino Unido	10,9	2,4	13,3	1,3	14,6
Holanda	9,4	2,1	11,5	1,1	12,6
UE-25	57,9	13,0	70,9	6,9	77,8
Otros países	60,6	13,6	74,2	7,2	81,4

Fuente: Elaboración propia a partir de Chapagain y Orr (2009)

Con la eficiencia existente del riego en la producción de tomate en España, las pérdidas de riego ( $55,1 \text{ mm}^3$  al año) son casi el doble que el agua de dilución total requerido ( $28,7 \text{ mm}^3$  al año). Por tanto, se puede reducir el uso de agua local en la producción de tomate a través del aumento de la eficiencia en el riego, para que las pérdidas no sean mayores a las necesidades hídricas requeridas para diluir las corrientes contaminadas. Para reducir las pérdidas de agua no evaporada, se debe ir más allá, combinando el incremento de la eficiencia de riego con la reducción de los contaminantes en los flujos hídricos.

#### 5.2.4. Flujos de agua de los cereales españoles

En el estudio realizado por Novo et al. (2008), se evaluó la relación existente entre el comercio de cereales en España y la relativa escasez de agua. Se estimó para el período 1997-2005, el volumen y el valor económico del flujo de agua virtual presente en el comercio internacional de cereales. Dentro de este periodo se seleccionaron tres años de acuerdo con el volumen de precipitaciones: año húmedo (1997), medio (1999) y seco (2005).

Para los años 1997, 1999 y 2005, se obtuvo un volumen neto de agua procedente de las importaciones de  $3.420$ ,  $4.383$  y  $8.415 \text{ mm}^3$ , respectivamente. El valor económico de las exportaciones de agua azul varía en un rango de  $0,7$  y  $34,2$  millones de euros en un año húmedo (1997) y seco (2005), respectivamente. Estos resultados ponen de manifiesto que España es un importador neto de agua virtual contenida en los cereales, principalmente por el comercio internacional de trigo y maíz.

Se observó que las importaciones de granos se incrementaron en los años secos, siendo coherentes con la escasez de recursos hídricos. Pero, la evolución de las exportaciones de granos, expresado como una variación de la cantidad y el volumen, no coincide con las variaciones en la escasez de los recursos hídricos. El análisis desglosado de los cultivos puso de manifiesto la presencia de otros factores que inciden en el comercio internacional de cereales y que no están relacionados con el concepto de agua virtual, entre ellos, la calidad del producto, la producción especializada de un determinado producto o la demanda de un producto estandarizado.

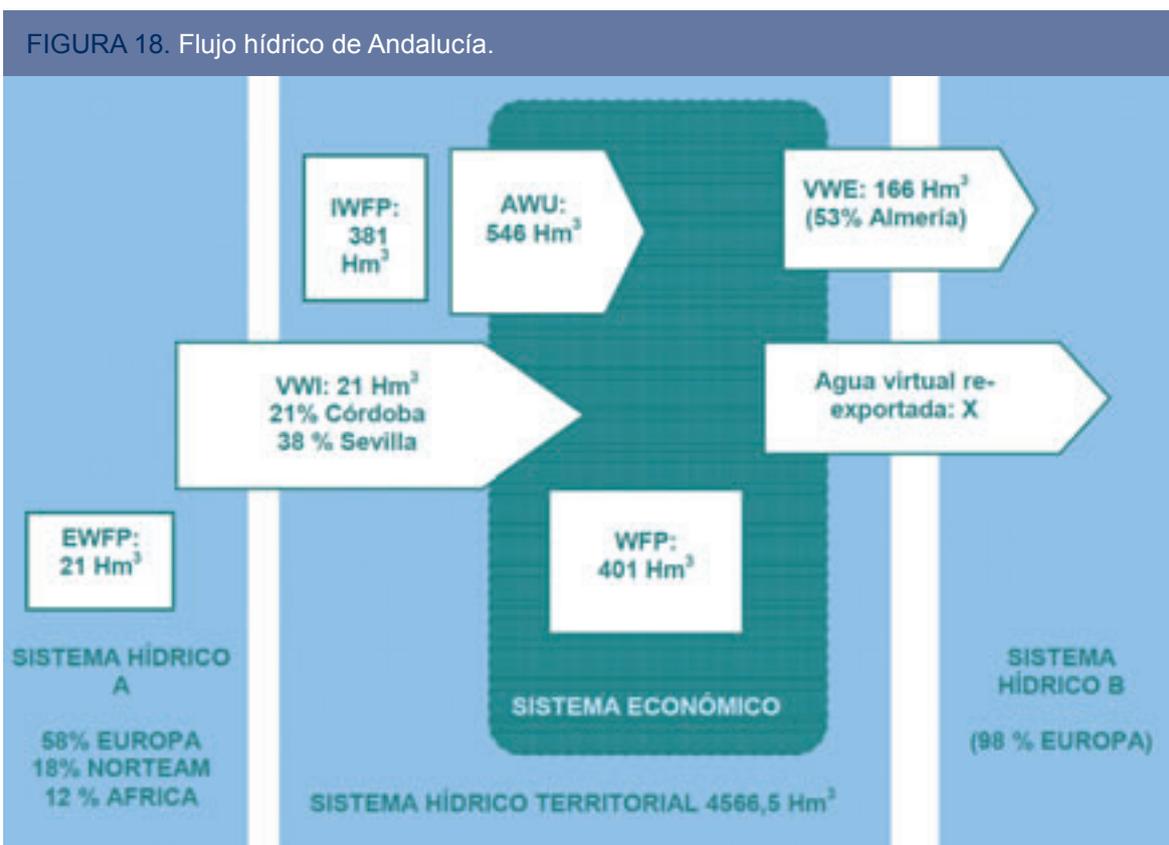
A pesar de que estos factores pueden crear distorsiones potenciales en la aplicación del concepto de agua virtual cuando se analizan los patrones comerciales específicos, desde el punto de vista de los recursos hídricos, el agua virtual puede aportar importantes ideas para mejorar la gestión de los recursos hídricos en cada país, gestionar los recursos transfronterizos y fomentar estrategias de adaptación al cambio climático.

#### 5.2.5. Metabolismo hídrico del sector hortofrutícola de Andalucía

En el trabajo realizado por Madrid (2007), se estimó para el año 2004 el valor de la "Huella Hídrica" total de Andalucía en  $401 \text{ hm}^3$  (WFP). El consumo total de agua en el sector agrícola (de 31 productos de frutas y hortalizas) fue de  $526 \text{ hm}^3$  (AWU), que representaban el 12% de los recursos hídricos totales ( $4.566,5 \text{ hm}^3$ ) de la comunidad andaluza. La "Huella Hídrica" "per cápita" del consumo de las frutas y las hortalizas, incluidas en el estudio, en Andalucía fue de  $52 \text{ m}^3$ . Valor que es menor a la mitad del con-

sumo de agua en la agricultura de la región metropolitana de Sevilla ( $105,6 \text{ hm}^3$ ), y a su consumo “per cápita” ( $113 \text{ m}^3$ ). En la Figura 18 se representan los flujos hídricos virtuales de la Comunidad Autónoma andaluza para 2004.

La “Huella Hídrica” interna de la comunidad (IWFP) fue de  $381 \text{ hm}^3$ , que representan un 8% de los recursos hídricos totales. Las importaciones de agua virtual (VWI) coincidieron con la “Huella Hídrica” externa (EWFP), y ascendieron a un valor total de  $20 \text{ hm}^3$ , siendo Córdoba y Sevilla las provincias que agua importan  $166 \text{ hm}^3$  del consumo total de agua en la agricultura fueron exportados de manera virtual (VWE), asociado con los flujos de exportación (X) de los cultivos, y que en su mayoría procedieron de la provincia de Almería. Para esta provincia se obtuvieron los mayores requerimientos hídricos de casi todos los cultivos, principalmente por la existencia de una mayor ETo (Evapotranspiración, por la mayor tasa de insolación) y por los requerimientos hídricos por ha superiores en el cultivo bajo plástico o en invernadero (por la intensidad con que se produce).



Fuente: Madrid, 2007.

El tomate, el pepino y el pimiento son los cultivos de mayor producción y al mismo tiempo los más exportados, situación que es coherente con los flujos comerciales y la producción hortofrutícola de la comunidad. El tomate es el producto que más se produce y se exporta (principalmente en Almería), y por tanto es normal que sus necesidades hídricas representen un porcentaje elevado, a pesar de que su rentabilidad monetaria e hídrica se vea superada por otros cultivos con un menor peso relativo en la producción de la Comunidad Autónoma. Prácticamente la totalidad de las exportaciones se realizan a países europeos.

Madrid (2007) concluye que en Andalucía existe un balance hídrico global deficitario al comparar los recursos hídricos con los usos del agua. Situación que agravaría aún más la situación de aridez de la comunidad, que presenta uno de los mayores índices de aridez de Europa. Además, la comunidad andaluza es la mayor productora agrícola de España (principalmente frutas y hortalizas), y esta actividad representa cerca del 80% de su consumo de agua.

La actividad agrícola se encuentra concentrada en las zonas más áridas de la comunidad, como son Almería y Granada, y por su situación hídrica es necesario que se utilice una gran cantidad de recursos hídricos subterráneos, que provocan graves problemas de salinización (por intrusión) y un mayor agotamiento de los acuíferos afectados.

Como aspecto positivo, en este estudio se observó un buen aprovechamiento del agua en términos relativos, tanto en los indicadores de uso de agua por productos y provincias, especialmente en las provincias donde la producción agrícola es más intensiva. Sin embargo, los flujos hídricos absolutos pusieron de manifiesto un uso irresponsable del agua. Almería y Jaén son las dos provincias que mejor ejemplifican esta situación, debido a que en Almería se hace un uso más intensivo de la menor agua disponible (principalmente subterráneas), y en Jaén, donde se localizan la mayor parte de las zonas de regadío para olivo, que poseen riego por goteo de aguas superficiales.

Los sistemas de riego tienen una media de edad elevada, y en su mayoría son aún de riego por gravedad, pero la ineficiencia en el consumo de agua no sólo se observa en las provincias donde predomina este sistema de cultivo, sino que también se observa en Granada y Almería, donde se utiliza el riego por goteo. Madrid (2007) considera importante recordar que los sistemas de riego están condicionados, no solo por los avances de la técnica, sino también, y fundamentalmente, por el marco institucional.

También, se observó una dependencia hídrica nula del comercio exterior de agua (en relación a los productos agrícolas), a pesar de que la “hidratación” de los flujos comerciales en términos relativos muestra que la comunidad importa más agua virtual por tonelada que la que exporta. Esta situación está acorde con la situación hídrica de la comunidad y los criterios de Allan.

La producción monetaria del agua consumida en la agricultura representa únicamente el 2.5% del de la Comunidad Autónoma. Para Madrid (2007) este bajo porcentaje no parece justificar el alto consumo de agua de los recursos totales de la región (12%). Además, la rentabilidad monetaria de la exportación de agua virtual es mucho mayor que la de la importación.

#### **5.2.6. “Huella Hídrica” de la cuenca del Guadiana**

La cuenca semiárida del río Guadiana está situada en el centro sur de España (83%) y en Portugal (17%), tiene una superficie de 66.800 km<sup>2</sup>. Aldaya y Llamas (2008) analizaron el agua virtual y la “Huella Hídrica”, desde el punto de vista hidrológico y económico, en la parte española de la cuenca del Guadiana. Para su estudio, se la dividió en cuatro zonas:

- 1) las aguas subterráneas de la Cuenca del Alto Guadiana,
- 2) aguas superficiales de la Cuenca del Medio Guadiana,
- 3) la Cuenca del Bajo Guadiana, y
- 4) dominio TOP de las Cuencas fluviales del Tinto, Odiel y Piedras.

En el estudio se consideró el agua verde y azul de los cultivos más representativos de la cuenca, el agua azul de la ganadería y de los usos industrial y doméstico. Para el agua azul, se diferenciaron las aguas superficiales y las subterráneas. De manera complementaria, se realizó un estudio económico. Los años estudiados, según el nivel de precipitaciones, fueron 1997, 2001 y 2005, considerados años húmedo, promedio y seco.

Los autores destacan que en esta primera aproximación de la “Huella Hídrica” de una cuenca hidrográfica, los resultados presentan una dispersión importante por las diferentes metodologías utilizadas, en especial en el cálculo de los requerimientos hídricos del cultivo, y por cuestiones políticas, como es la falta de precisión del inventario de derechos y usuarios de agua, y de los pozos de agua legales e ilegales en la zona de regadío.

En la cuenca del Guadiana, al igual que en la mayoría de regiones áridas y semiáridas, el riego es el principal consumidor de agua verde y azul, con aproximadamente el 95%. Destaca la productividad económica del agua azul del uso urbano e industrial, mayor que el de la agricultura, aunque se debe tomar en cuenta el valor multifuncional de la agricultura.

Por superficie, la agricultura de secano tiene una gran importancia en la cuenca del Guadiana, pero su productividad es significativamente menor que la agricultura de regadío, en términos de productividad agrícola económica (ton ha<sup>-1</sup>) y producción total (toneladas año<sup>-1</sup>). La importancia económica y social de la agricultura de regadío explica la relevancia política del riego con aguas subterráneas en la cuenca del Alto Guadiana.

En el Alto y Medio Guadiana, es significativa la presencia de cultivos de bajo valor económico con altos valores de agua virtual, como es el caso de los cereales que tienen un consumo de agua virtual de 1.000 a 1.300 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>, valores que pueden ser superiores en los años secos. Por el contrario, cultivos como el maíz y las hortalizas (principalmente tomates y melones) presentan los menores valores de agua virtual, con aproximadamente 600 y 100-200 m<sup>3</sup> ton<sup>-1</sup>, respectivamente, por sus altos rendimientos.

Los autores consideran que una de las principales contribuciones de su estudio es el análisis de la productividad económica del uso del agua azul de los diferentes cultivos. Observando, que la productividad económica es menor en la cuenca del Alto y Medio Guadiana que en la parte andaluza (Bajo Guadiana y dominio TOP), con valores que varían en un rango de 0,1-0,2 € m<sup>-3</sup> para los cereales de bajo coste, y de 1.5-4.5 € m<sup>-3</sup> en el caso de las verduras. En la parte andaluza de la cuenca, la productividad económica de las hortalizas es de aproximadamente 15 € m<sup>-3</sup>, incluyendo la producción bajo plástico y el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Junto con las hortalizas, los viñedos y los olivos son los cultivos más rentables, con valores que varían en un rango de 1-3 y 0.5-1 € m<sup>-3</sup>, respectivamente.

Siendo consecuentes con la búsqueda de un desarrollo sostenible, equilibrio entre las dimensiones económica, social y ambiental, los autores consideran que el principal reto es la preservación del medio ambiente sin dañar, la economía del sector agrícola, es decir, obtener una mayor producción y más puestos de trabajo por "gota de agua". Esto se observa principalmente en la producción hortícola y los viñedos.

La estimación realizada de los productos agrícolas de la cuenca del Guadiana pone de manifiesto las diferentes estrategias comerciales. La cuenca del Alto Guadiana se caracteriza por ser una zona exportadora neta, principalmente de vino, y con una importación poco significativa de productos alimenticios. Por el contrario, el Bajo Guadiana y el dominio TOP importan cereales de bajo valor económico y de alto consumo de agua, y exportan productos de alto valor económico y de bajo contenido de agua virtual, como son las frutas. La estrategia del Bajo Guadiana y del dominio TOP, permite reducir la demanda de los recursos hídricos locales, tanta de agua verde como de agua azul, y por tanto pueden ser utilizados para proporcionar servicios ecológicos y otros usos más rentables.

## 6. CONSUMO DE AGUA VIRTUAL EN ESPAÑA

En nuestro tiempo actual, la universalidad abarca los hechos del mundo. Todo ello paralelo al que el ser humano se vuelve capaz de generar acontecimientos naturales y de producir hechos físicos, o de cambiar, por su acción, el alcance y consecuencias de los fenómenos naturales, sociales y económicos. Nos encontramos por tanto, ante la importancia que cobra el consumo, en nuestro caso de la denominada “Agua Virtual”.

Los datos que se presentan en este libro, son una aproximación a la “Huella Hídrica” de España y al consumo de agua en los diferentes sectores (agrario, doméstico e industrial). Para mejorar la calidad de los resultados de la “Huella Hídrica” en España, es necesario que se generen nuevos y más precisos datos, en especial datos de exportación e importación de productos agrarios a nivel provincial. Con ellos, se podría calcular la “Huella Hídrica” de cada municipio, provincia o Comunidad Autónoma y obtener una “Huella Hídrica” más exacta de España.

Los resultados de este estudio pretenden dar una visión general de la realidad hídrica de España, y que las conclusiones que de él se puedan obtener ayuden a la toma de decisiones (resaltando que los datos presentados son una aproximación a la “Huella Hídrica” de España).

### 6.1. METODOLOGÍA DE CÁLCULO

En el cálculo del consumo de agua se han incluido las 17 Comunidades (y sus respectivas provincias) y las dos Ciudades Autónomas, aunque por lo general no se incluyen los valores de éstas últimos por ser muy inferiores y poco representativos. En el caso de la agricultura, no se incluyen valores para las dos ciudades autónomas en los Anuarios Estadísticos del MARM (1999, 2001 y 2008), fuente de los valores estadísticos básicos (superficies, número de animales, precipitación, etc.).

#### 6.1.1. Consumo de Agua en la Agricultura Española

Para el cálculo del consumo de agua en la agricultura, se ha seguido la metodología de Champaign y Hoekstra (2004) y de Rodríguez-Casado (2008). Los años seleccionados fueron 1996, 2000 y 2007. Se calculó el consumo de agua de los 103 cultivos incluidos en el Anuario de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (Tabla 22).

TABLA 22. Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del consumo de agua en la agricultura.

Fórmula	Unidades	Descripción
$UA_{Agr} = \sum_{j=1}^n (ETb_j * S_{reg\_j}) + ETg_j * S_{total\_j}$	$UA_{Agr}$ $m^3 ha^{-1}$ ha $m^3 ha^{-1}$ ha	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ Demanda evaporativa de los cultivos</li> <li>■ <math>ETb</math> = evapotranspiración de agua azul</li> <li>■ <math>S_{reg}</math> = superficie en regadío</li> <li>■ <math>ETg</math> = evapotranspiración de agua verde</li> <li>■ <math>S_{total}</math> = superficie total</li> </ul>
$CWR_j = (ETg_j + ETb_j) = 10 * ETc$	$m^3 ha^{-1}$ mm mm mm	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>CWR_j</math> = Necesidades hídricas del cultivo</li> <li>■ <math>ETg_j</math> = Evapotranspiración de agua verde</li> <li>■ <math>ETb_j</math> = Evapotranspiración de agua azul</li> <li>■ <math>ETc</math> = Evapotranspiración de cada cultivo</li> </ul>
$ETc = ETo * Kc$		$ETo$ = evapotranspiración de referencia $Kc$ = coeficiente del cultivo
$ETg_j = \min (CWR_j; P_{eff})$		$P_{eff}$ = agua procedente de la lluvia
$ETb_j = \max (0, CWR_j - P_{eff})$		

Fuente: Elaboración propia a partir de Chapagain y Hoekstra (2004)

Los valores de superficie y precipitación se obtuvieron de los Anuarios de Estadística del MARM. Los valores de evapotranspiración se obtuvieron del Sistema Integrado de Información del agua (SIA) (MARM, 2008c).

### 6.1.2. Consumo de Agua en la Ganadería Española

Para el cálculo del consumo de agua de la ganadería española en los años 1996, 2000 y 2007, se incluyeron siete especies ganaderas: porcino, bovino de carne y de leche, caprino, ovino, equino y aviar (ponedoras). El número de animales por tipo de ganado se obtuvo de los Anuarios de Estadística del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino (MARM, 1999, 2001 y 2008) (Tabla 23).

**TABLA 23.** Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del contenido de Agua Virtual de un animal vivo.

Fórmula	Unidades	Descripción
$VWC_a(e,a) = VWC_{feed}(e,a) + VWC_{drink}(e,a) + VWC_{serv}(ea)$	$m^3 t^{-1}$ de animal vivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>VWC_a(e,a)</math> = contenido de agua virtual de un animal a en el país exportador e</li> <li>■ <math>VWC_{feed}(e,a)</math> = contenido de agua virtual de la alimentación</li> <li>■ <math>VWC_{drink}(e,a)</math> = contenido de agua virtual del consumo directo (hidratación)</li> <li>■ <math>VWC_{serv}(e,a)</math> = contenido de agua virtual utilizada en la realización de las actividades ganaderas (servicios)</li> </ul>
$VWC_{feed}(e,a) = \frac{\int_{birtin}^{slaughter} \left[ q_{mixing}(e,a) + \sum_{c=1}^{n_c} SWD(e,c) * C(e,a,c) \right] dt}{W_a(e,a)}$	$m^3 día^{-1}$ $t día^{-1}$ $t$ $m^3 t$ de cultivo <sup>-1</sup>	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>q_{mixing}(e,a)</math> = volumen de agua necesario para mezclar la alimentación del animal a en el país exportador e.</li> <li>■ <math>C(e,a,e)</math> = cantidad de cultivo c consumido por un animal a en el país exportador e</li> <li>■ <math>W_a(e,a)</math> = peso vivo promedio de un animal a en el país exportador e, al final de su vida</li> <li>■ <math>SWD(e,c)</math> = demanda específica de agua del cultivo c en el país exportador e.</li> </ul>
$SWD(e,c) = \frac{CWR(e,c)}{CY(e,c)}$	$m^3 ha^{-1}$ $T ha^{-1}$	$CWR(e,c)$ = requerimientos de agua del cultivo c en el país e $CY(e,c)$ = rendimiento del cultivo c
$VWC_{drink}(e,a) = \frac{\int_{birtin}^{slaughter} q_d(e,a) dt}{W_a(e,a)}$	$m^3 día^{-1}$ $t$	$q_d(e,a)$ = requerimiento diario de agua para su consumo directo del animal a en el país exportado e $W_a(e,a)$ = peso vivo del animal al final de su vida
$VWC_{serv}(e,a) = \frac{\int_{birtin}^{slaughter} q_{serv}(e,a) dt}{W_a(e,a)}$	$m^3 t$ de animal vivo <sup>-1</sup> $t$	$q_{serv}(e,a)$ = requerimiento hídrico diario para las actividades de un animal a en el país exportador e $W_a(e,a)$ = peso vivo promedio de un animal a en el país exportador e

Fuente: Champagain y Hoekstra (2003).

Para cada especie ganadera se calculó el contenido de agua virtual en los sistemas de producción intensivo y extensivo, a excepción de las aves ponedoras porque se consideró que el 100% de las explotaciones son de tipo intensivo. Esta asignación se realizó en función de la relación entre los sistemas de producción ganadera y el Ingreso Nacional Bruto (INB) "per cápita" (Champagain y Hoekstra, 2003).

La FAO clasifica a los sistemas de producción ganadero en (sistemas de pastoreo o extensivos, sistemas mixtos y sistemas industriales o intensivos Sere y Steinfeld, 1996). Los sistemas de pastoreo tienen bajas tasas poblacionales, generalmente con menos de 10 cabezas de ganado por hectárea. En los sistemas mixtos se combina la agricultura con la ganadería, y parte de los cultivos se utilizan como alimento para el ganado. Los sistemas industriales poseen tasas poblacionales promedio de más de 10 unidades ganaderas por hectárea, y menos del 10% de la materia seca que alimenta al ganado es producida en la explotación (FAO, 2000).

Las relaciones propuestas entre el ingreso nacional bruto “per cápita” y los tres sistemas de producción ganadera son:

- En los países con alto INB “per cápita” (más de 17.000 US\$ “per cápita” al año) predomina el sistema de producción industrial o intensivo.
- En los países con bajo INB “per cápita” (menos de 1.200 US\$ “per cápita” al año) predomina el sistema de pastoreo.
- En los países con un valor promedio de INB “per cápita” (entre 1.200 y 17.000 US\$ “per cápita” al año), se supone que el sistema de agricultura mixta es dominante.

Según los datos del Banco Mundial (2010), el INB “per cápita” de España en los años de estudio fue de 15.300 US\$ “per cápita” en 1996, 15.420 US\$ “per cápita” en el año 2000 y 29.330 US\$ “per cápita” en el 2007. Por tanto, para los años 1996 y 2000 se consideró que la mitad del ganado se cría en un sistema intensivo y la otra mitad en uno de pastoreo o extensivo. Para el año 2007 se consideró que predomina el sistema intensivo (75%).

Los valores promedios de los parámetros de los tipos de ganado, considerados en el estudio, para los sistemas industriales y de pastoreo se recogen en la Tabla 24. Para los sistemas mixtos se considera el valor promedio entre estos dos sistemas (Champagain y Hoekstra, 2003).

TABLA 24. Parámetros de producción por tipo de ganado y sistema de producción.			
Ganado	Parámetro	Sistema industrial o intensivo	Sistema de pastoreo o extensivo
Bovino de carne	Edad de sacrificio (mes)	36	36
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.55	0.40
Bovino de leche	Edad de terneros (años)	0-1	0-1
	Edad de novillas (años)	1-3	1-3
	Edad de vacas lecheras (años)	3-10	3-10
	Producción de leche durante la lactancia (kg año <sup>-1</sup> )	7400	2500
	Número de lactaciones	7	7
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.45	0.27
Porcino	Edad de adulto (mes)	10	12
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.118	0.090
Ovino	Edad de adulto (mes)	18	24
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.053	0.04
Caprino	Edad de adulto (mes)	24	30
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.040	0.035
Aves ponedoras	Inicio de la puesta (semana)	22	
	Edad de sacrificio (semana)	75	
	Producción de huevos (núm. año <sup>-1</sup> )	300	
	Peso vivo (kg)	2.00	
	Peso de los huevos (g)	50	
Equino	Edad de Potro (mes)	1	1
	Edad de adulto (mes)	24	24
	Peso vivo al sacrificio (t)	0.40	0.40

Fuente: Champagain y Hoekstra (2003).

La Tabla 25 muestra los valores de los requerimientos hídricos para el consumo directo de los diferentes tipos de ganado. Se observa que las especies que más agua consumen son los bovinos de leche y de carne, acorde con su peso.

TABLA 25. Requerimientos hídricos para bebida y para servicios por tipo de ganado y sistema de producción (litros animal <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ).					
Ganado	Grupo etéreo	Bebida		Servicios	
		Int.	Ext.	Int.	Ext.
Bovino de carne	Terneros jóvenes	5	5	2	0
	Vacas adultas	38	22	11	5
Bovino de leche	Terneras 0-1 año	5-23	4-18	0	0
	Novillas 1-3 años	26-70	18-30	11	4
	Productoras 3-10 años	70	40	22	5
Porcino	Lechones	1,8	1,8	5	0
	Adultos	14	8	50	25
Ovino	Corderos 5 lbs	0,38	0,3	2	0
	Adultos	7,6	6	5	5
Caprino	Chotos de 5 lbs	0,38	0,3	0	0
	Adultos	3,8	3,5	5	5
Aves ponedoras	Pollitas		0,02		0,01
	Ponedoras		0,3		0,15
Equino	Potros	3	3	0	5
	Caballos	45	45	5	5

Fuentes: Champagain y Hoekstra (2003).

En función de estos parámetros se calculó el contenido de agua virtual de cada tipo de ganado en España, valores que se resumen en la Tabla 26. Para el cálculo del agua virtual contenida en la alimentación del ganado se adaptaron los datos de Champagain y Hoekstra (2003) a la dieta alimenticia del ganado en España.

TABLA 26. Contenido de agua virtual de los distintos tipos de ganado y consumo de agua en la bebida, servicios y alimentación (m <sup>3</sup> tonelada de animal vivo <sup>-1</sup> ).					
Ganado	Sistema	VWC <sub>drink</sub>	VWC <sub>serv</sub>	VWC <sub>feed</sub>	VWC <sub>a</sub>
Bovino de Carne	Intensivo	43,20	13,06	8.156,76	8.213,02
	Extensivo	36,96	6,84	10.983,72	11.027,52
Bovino de leche	Intensivo	224,84	56,21	34.444,76	34.725,81
	Extensivo	127,75	15,33	31.820,23	31.963,31
Porcino	Intensivo	20,35	70,85	2.856,74	2.947,94
	Extensivo	19,87	50,69	1.319,98	1.390,55
Ovino	Intensivo	41,25	36,32	5.563,90	5.641,47
	Extensivo	57,65	45,75	5.669,02	5.772,42
Caprino	Intensivo	37,53	45,00	2.693,86	2.776,39
	Extensivo	48,86	64,29	4.486,66	4.599,80
Aves ponedoras	Intensivo	67,97	33,99	9.384,30	9.490,12
Equino	Intensivo	43,20	4,50	6.997,38	7.045,08
	Extensivo	43,20	4,50	5.286,93	5.334,63

El contenido de Agua Virtual de los productos ganaderos se calculó con las fórmulas anteriormente recogidas. El Agua Virtual de cada animal se distribuyó por los productos que se obtienen de él de acuerdo a los anuarios de estadística del MARM. Para ello se utilizaron las fórmulas de la Tabla 27.

TABLA 27. Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del contenido de Agua Virtual de un producto primario.		
Fórmula	Unidades	Descripción
$VWC_p(e, p) = (VWC_a(e, a) + PWR(e, a)) * \frac{vf(e, p)}{pf(e, p)}$		
	m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> de animal vivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>VWC_p(e, a)</math> = contenido de agua virtual del producto primario <math>p</math></li> <li>■ <math>VWC_a(e, a)</math> = contenido de agua virtual de un animal <math>a</math> en el país exportador <math>e</math></li> <li>■ <math>PWR(e, p)</math> = volumen de agua necesario para procesar una tonelada de producto primario <math>p</math> en productos secundarios.</li> </ul>
	-	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>pf(e, p)</math> = cociente entre el peso del producto secundario <math>p</math> por tonelada de producto primario en el país exportador <math>e</math></li> <li>■ <math>vf(e, p)</math> = cociente entre el valor de mercado de un producto secundario y el valor total de mercado de todos los productos obtenidos de ese producto primario.</li> </ul>
$PWR(e, a) = \frac{Q_{proc}(e, a)}{W_a(e, a)}$		
	m <sup>3</sup> t <sup>-1</sup> de animal vivo	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>PWR(e, a)</math> = agua necesaria para producir productos primarios en el país exportador <math>e</math></li> <li>■ <math>Q_{proc}(e, a)</math> = volumen de agua utilizada en el proceso</li> </ul>
	t	<ul style="list-style-type: none"> <li>■ <math>W_a(e, a)</math> = peso vivo promedio de un animal <math>a</math> en el país exportador <math>e</math></li> </ul>

Fuente: Champagain y Hoekstra (2003).

Los parámetros utilizados y los resultados obtenidos en el cálculo del contenido virtual de los productos primarios de los distintos tipos de ganadería se recogen en la Tabla 28.

TABLA 28. Agua Virtual contenida en los productos.							
Ganado	Sistema	Producto	VWC <sub>a</sub>	PWR	vf	pf	VWC <sub>p</sub>
Bovino de Carne	Intensivo	Carne	8.213,02	7,34	0,87	0,38	18.738,86
	Extensivo		11.027,52	10,00	0,87	0,52	18.466,62
Bovino de leche	Intensivo	Leche	34.725,81	5,40	0,94	9,45	3.465,70
	Extensivo		31.963,31	5,40	0,94	9,45	3.190,11
Porcino	Intensivo	Carne	2.947,94	10,00	0,84	0,76	3.269,30
	Extensivo		1.390,55	13,11	0,84	1,00	1.183,28
Ovino	Intensivo	Carne	5.641,47	10,00	0,81	0,53	8.637,15
	Extensivo		5.772,42	10,00	0,81	0,53	8837,28
Caprino	Intensivo	Carne	2.776,39	10,00	0,81	0,50	4513,96
	Extensivo		4.599,80	10,00	0,81	0,50	7467,88
Aves ponedoras	Intensivo	Huevos	9.490,12	4,50	7,56 *10-3	0,68	1708,03

Fuente: Elaboración propia.

### 6.1.3. Consumo de agua industrial y doméstico

El consumo de agua a nivel doméstico e industrial se obtuvo de las estadísticas del Instituto Nacional de Estadística (INE), en el apartado “Estadísticas sobre medio ambiente - Estadísticas medioambientales sobre el agua - Encuesta sobre el suministro y saneamiento del agua”.

La información que se obtuvo de la base de datos fue: volumen de agua registrada distribuida en los sectores económicos (industria y servicios), doméstico (hogares), municipios y otros. La información disponible está a un nivel de agregación de Comunidades Autónomas y de España.

Para el año 2007 se consideró como agua registrada el agua medida por los contadores de los abonados más la controlada por otros medidores (aforos, etc. Como pérdidas reales se consideró el agua que se pierde en las fugas, roturas y averías. Las pérdidas aparentes son los consumos estimados más las causadas por errores de medida, fraudes u otras causas no físicas (INE, 2010). Para el año 1996 y 2000 únicamente se incluyó el agua perdida en la red de distribución. Otros consumos comprende el consumo de agua autorizada que no se mide por contador (estimaciones y aforos).

La Unidad de Suministro y Saneamiento de Agua (USSA), utilizada en la encuesta del INE, comprende el conjunto de las actividades (captación, compra, venta y suministro o distribución de agua en baja además de la recogida y tratamiento de aguas residuales) que una empresa o ente gestiona en una misma Comunidad Autónoma.

En el año 1996 no se obtuvieron datos de Navarra, La Rioja, Ceuta y Melilla, razón por la cual, en ese año, en el consumo total de agua en España no están incluidas.

## 6.2. CONSUMO DE AGUA VIRTUAL EN ESPAÑA

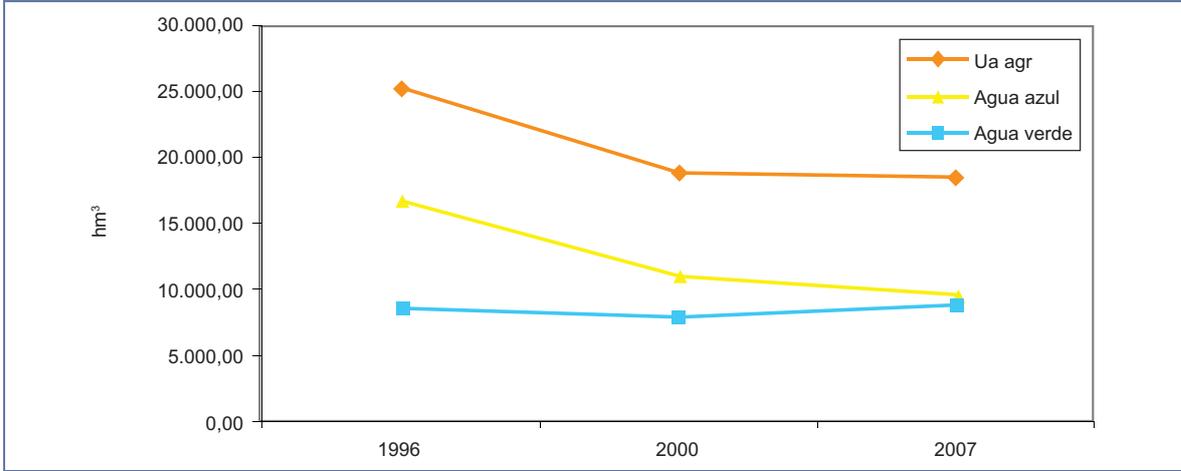
El concepto de “Agua Virtual”, fue introducido por Allan en la década de los noventa del pasado siglo, con el objetivo de valorar la importación de agua como solución a los problemas de escasez en Oriente Medio. El análisis de las importaciones y exportaciones del Agua Virtual supone un punto de vista novedoso para paliar las situaciones de déficit hídrico, ya que tiene en cuenta el consumo real de agua. De esta forma, los gobiernos cuentan con una herramienta mucho mejor para planificar su economía en relación con la escasez de agua, favoreciendo la exportación de productos “caros en agua” (water-expensive products) en los países con excedentes importantes, y animando a su importación en los países que padecen estrés hídrico, como es el caso de España.

### 6.2.1. Agricultura

El lapso considerado presenta una disminución significativa en el consumo de agua entre el año 1996 y el 2000, 2007, principalmente, en lo que se refiere al consumo de agua verde, consecuencia de la disminución de las precipitaciones en los dos últimos años citados. Debido a la mayor disminución de las precipitaciones en el año 2007, se da un mayor aumento en el consumo de Agua Virtual azul (regadío) “per cápita”, así el consumo de agua fue de  $647,3 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1}$  en 1996,  $467,1 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1}$  en 2000, y  $425,9 \text{ m}^3 \text{ hab}^{-1}$  en 2007 (Figura 19). La disminución del consumo de agua “per cápita” entre el año 2000 y 2007, se debe más al aumento de la población que a un menor consumo de agua en la agricultura, en el que aumenta ligeramente.

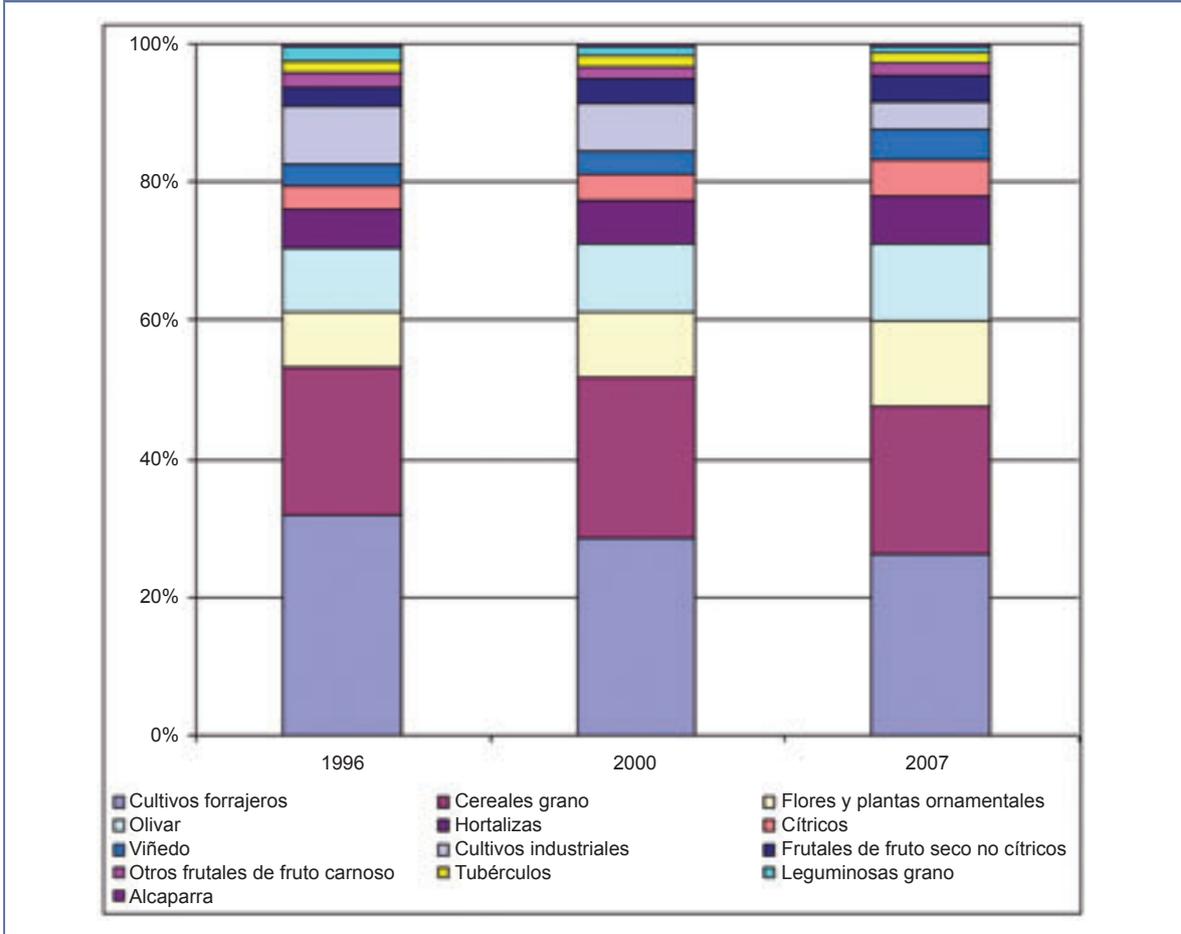
En general, se observa una disminución de las superficies agrícolas en los años estudiados en la mayoría de cultivos, lo que también favorece la reducción del consumo de agua en la agricultura. Por grupo de cultivos se puede observar el porcentaje que representan en el consumo total en la Figura 19. Los mayores porcentajes obtuvieron los cultivos forrajeros, los cereales en grano, los olivares, flores, hortalizas y cítricos. Solo los cultivos forrajeros y los cereales grano consumieron la mitad del agua utilizada con fines agrícolas.

**FIGURA 19. Consumo de agua en la agricultura.**



Fuente: Elaboración propia.

**FIGURA 20. Consumo de agua en España por tipo de consumo (%).**



Fuente: Elaboración propia.

Los cultivos que más agua consumieron en 2007 son: los barbechos, rastrojos y otros aprovechamientos, la oliva para almazara y la cebada (Tabla 29). También es significativo el consumo de agua por parte de cítricos como el naranjo y el mandarino, el trigo o el maíz.

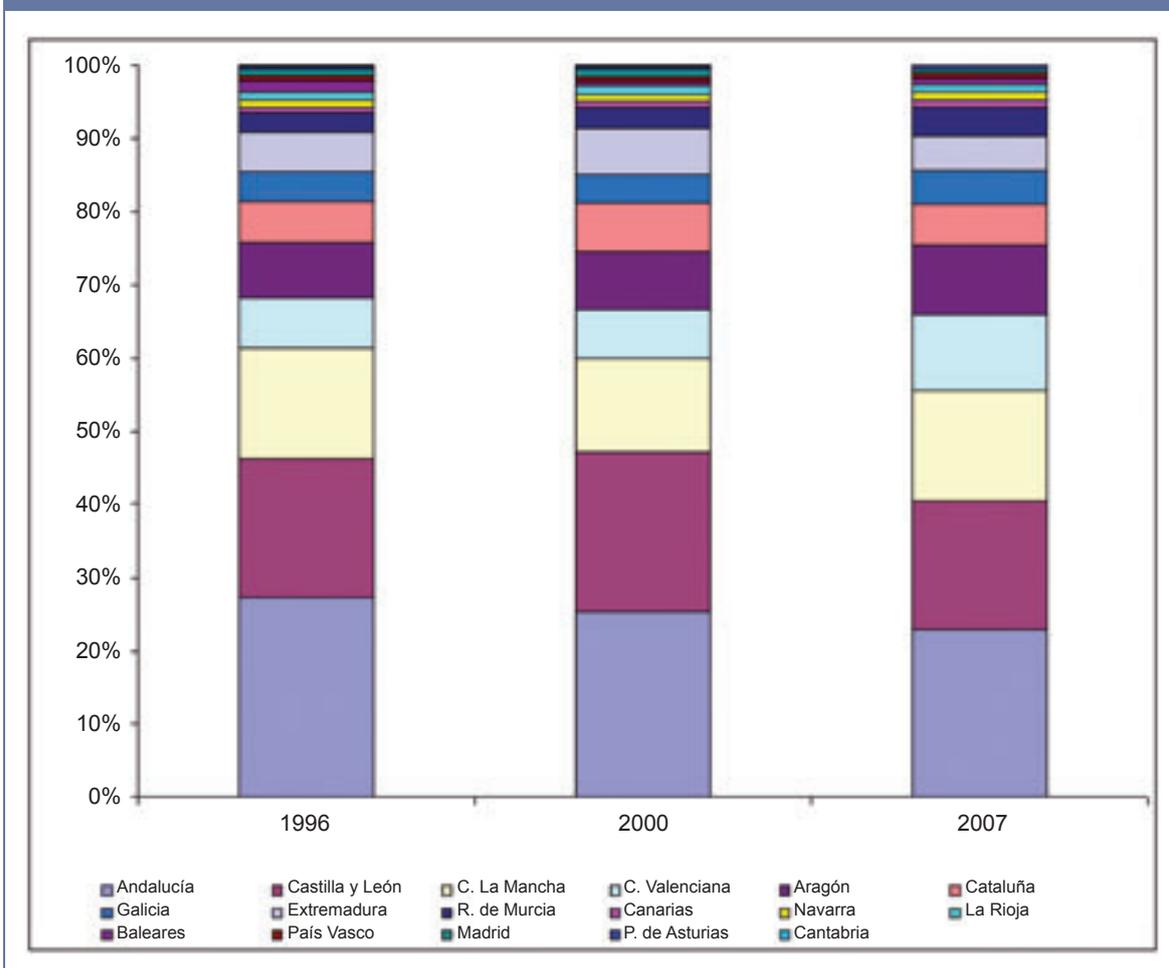
TABLA 29. Consumo de agua ( $UA_{Agr}$ ) en los distintos tipos de cultivos en España (en % del total de agua consumida en la agricultura).

Cultivo	1996	2000	2007	Cultivo	1996	2000	2007
Barbechos, rastrojos y otros	23,913	20,865	19,552	Col	0,173	0,177	0,165
Almazara	8,456	8,947	10,267	Aguacate	0,117	0,127	0,158
Cebada	8,558	8,692	8,722	Avellano	0,217	0,237	0,157
Ornamentales	3,234	4,166	7,398	Veza	0,790	0,458	0,149
Trigo	6,169	7,040	5,242	Otro frutales de fruto carnoso	0,052	0,064	0,143
Maíz	3,790	4,688	4,272	Platanera	0,104	0,103	0,143
Viñedo	3,154	3,501	4,223	Fresa y fresón	0,107	0,156	0,136
Naranja	1,718	1,740	2,452	Triticale	0,118	0,106	0,122
Otras flores	1,540	1,815	2,128	Calabacín	0,061	0,083	0,102
Mandarino	1,238	1,402	2,058	Habas secas	0,046	0,045	0,097
Claveles	2,660	2,691	1,976	Otras gramíneas forrajeras	0,038	0,051	0,096
Cultivos forrajeros pastados	2,258	1,864	1,904	Garbanzos	0,431	0,209	0,083
Girasol	4,177	3,058	1,751	Colza	0,611	0,189	0,076
Almendro	1,639	1,712	1,705	Nogal	0,020	0,034	0,071
Arroz	0,968	1,207	1,469	Berenjena	0,061	0,071	0,071
Alfalfa	1,437	1,466	1,452	Judías secas	0,220	0,127	0,071
Avena	1,032	1,098	1,368	Espinaca	0,047	0,064	0,070
Praderas polifitas	1,219	1,848	1,356	Espárrago	0,090	0,089	0,067
Patata	1,793	1,529	1,291	Otros cítricos	0,007	0,029	0,065
Melocotonero	0,876	1,037	1,283	Chirimoyo	0,044	0,047	0,056
Remolacha azucarera	1,819	1,714	1,121	Escarola	0,039	0,048	0,053
Aceituna de mesa	0,742	0,980	1,085	Níspero	0,046	0,042	0,051
Tomate	0,785	0,967	0,969	Ballico	0,274	0,019	0,051
Algodón bruto	0,964	1,191	0,923	Sorgo	0,069	0,066	0,050
Rosas	0,652	0,672	0,817	Pimiento para pimentón (desechado)	0,040	0,083	0,048
Cereales de invierno para forraje	1,277	1,122	0,792	Higuera	0,071	0,055	0,047
Lechuga	0,530	0,631	0,727	Col forrajera	0,078	0,056	0,047
Melón	0,484	0,515	0,623	Acelga	0,034	0,040	0,044
Champiñón	0,636	0,529	0,600	Granado	0,038	0,036	0,042
Limonero	0,468	0,513	0,598	Pepino	0,027	0,031	0,039
Coliflor	0,285	0,440	0,506	Lentejas	0,089	0,049	0,039
Peral	0,541	0,657	0,504	Yeros	0,068	0,201	0,033
Maíz forrajero	0,594	0,614	0,501	Otros frutales de pepita	0,010	0,012	0,032
Guisantes secos	0,379	0,182	0,463	Altramuz	0,078	0,054	0,025
Pimiento	0,386	0,425	0,451	Otras leguminosas para forraje	0,024	0,021	0,020
Manzano	0,575	0,682	0,445	Pomelo	0,012	0,012	0,020
Cebolla	0,317	0,307	0,381	Kiwi	0,014	0,027	0,018
Alcachofa	0,307	0,341	0,361	Sorgo forrajero	0,041	0,027	0,017
Ciruelo	0,178	0,200	0,306	Naranja amarga	0,010	0,010	0,017
Guisantes verdes	0,191	0,184	0,302	Remolacha forrajera	0,057	0,036	0,014
Judías verdes	0,324	0,360	0,292	Lúpulo	0,016	0,014	0,013
Leñosos	0,186	0,194	0,272	Trébol	0,237	0,052	0,013

Sandía	0,207	0,216	0,268	Esparceta	0,045	0,034	0,013
Centeno	0,424	0,319	0,265	Nabo forrajero	0,055	0,043	0,010
Ajo	0,262	0,264	0,262	Soja	0,050	0,033	0,004
Albaricoquero	0,222	0,223	0,258	Zulla	0,011	0,002	0,002
Veza para forraje	0,455	0,481	0,215	Alcaparra	0,004	0,008	0,002
Tabaco	0,277	0,253	0,214	Azafrán	0,006	0,004	0,001
Zanahoria	0,126	0,161	0,205	Lino oleaginosos	0,126	0,105	2,7*10 <sup>4</sup>
Habas verdes	0,147	0,187	0,201	Caña de Azucar	0,015	0,015	1,2*10 <sup>4</sup>
Cerezo y guindo	0,157	0,201	0,173	Lino oleaginosos	0,090	0,041	0,4*10 <sup>4</sup>
Algarrobo	0,147	0,165	0,167				

Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 21. Consumo de agua en España por Comunidades Autónomas (%).



Fuente: Elaboración propia.

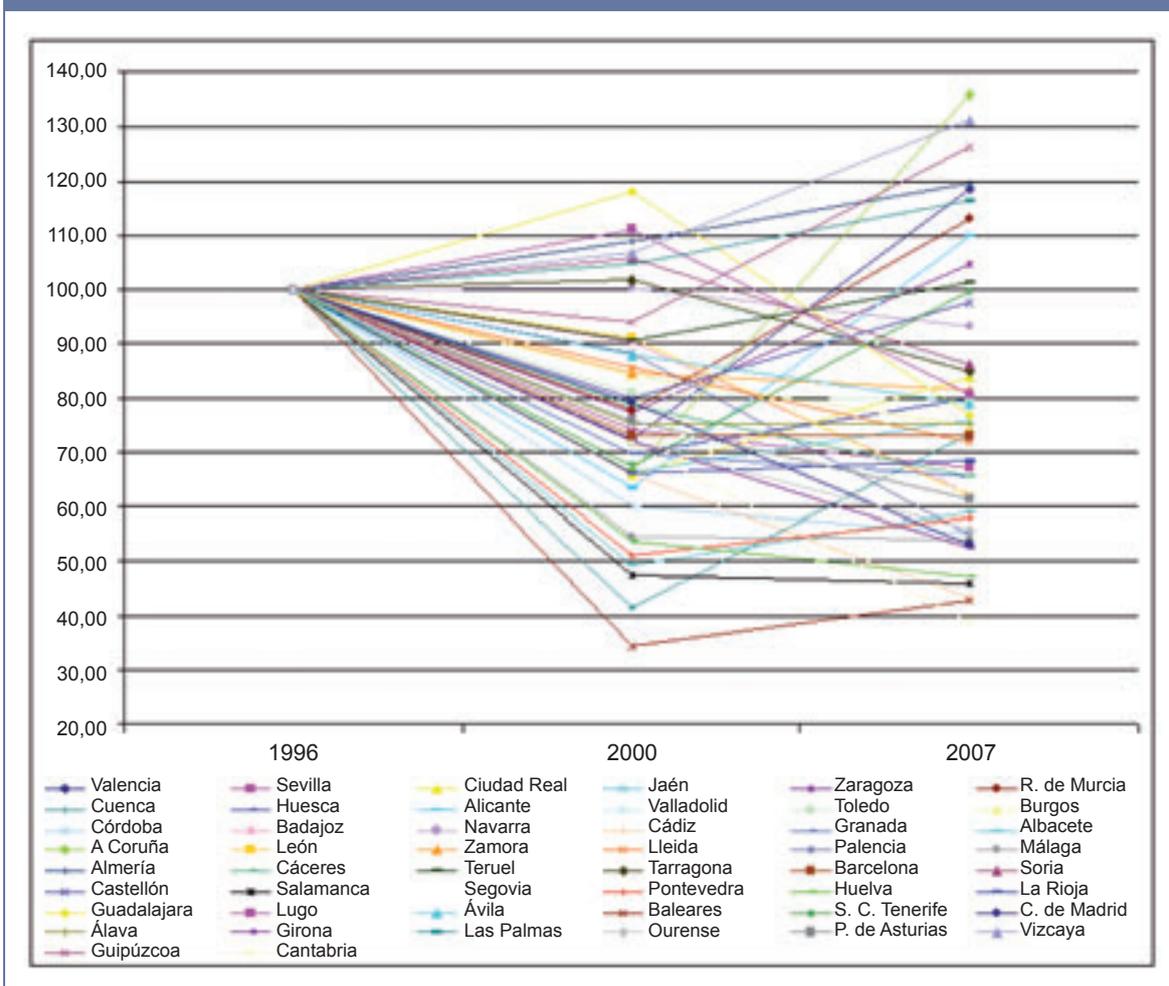
Por provincias, la mayor cantidad de agua se consume en Valencia (1.037,91 hm<sup>3</sup> en 2007), Sevilla (977,78 hm<sup>3</sup>), Ciudad Real (896,04 hm<sup>3</sup>) y Jaén (870,81 hm<sup>3</sup>) (Tabla 30). Se observa que en diez provincias se concentra el 50% del consumo de agua en la agricultura.

TABLA 30. Consumo de agua en la agricultura por Provincia (%).							
Provincia	1996	2000	2007	Provincia	1996	2000	2007
Valencia	3,41	3,35	5,39	Cáceres	1,89	2,01	1,65
Sevilla	5,67	5,69	5,08	Teruel	1,19	1,46	1,61
Ciudad Real	4,17	3,72	4,65	Tarragona	1,39	1,91	1,57
Jaén	4,47	4,03	4,52	Barcelona	1,53	1,51	1,49
Zaragoza	3,07	3,22	4,28	Soria	1,25	1,80	1,44
R. de Murcia	2,51	2,65	3,79	Castellón	1,09	1,18	1,42
Cuenca	3,70	2,08	3,61	Salamanca	2,15	1,39	1,32
Huesca	3,19	3,02	3,41	Segovia	1,42	1,44	1,20
Alicante	2,30	1,98	3,37	Pontevedra	1,40	0,97	1,08
Valladolid	2,82	3,84	3,24	Huelva	1,58	1,15	1,00
Toledo	3,05	3,36	3,23	La Rioja	1,09	0,98	0,99
Burgos	3,08	3,52	3,08	Guadalajara	0,96	1,53	0,98
Córdoba	3,95	3,23	2,90	Lugo	0,86	1,30	0,93
Badajoz	3,38	4,14	2,81	Ávila	0,85	1,01	0,89
Navarra	2,23	3,04	2,78	Baleares	1,49	0,69	0,85
Cádiz	4,77	4,27	2,77	S.C. de Tenerife	0,57	0,52	0,76
Granada	3,09	2,92	2,70	Madrid	0,95	1,02	0,68
Albacete	3,08	2,06	2,42	Álava	0,47	0,48	0,47
A Coruña	1,27	1,15	2,31	Girona	0,67	0,66	0,47
León	2,54	3,15	2,10	Las Palmas	0,29	0,41	0,45
Zamora	1,89	2,17	2,06	Ourense	0,54	0,52	0,40
Lleida	2,04	2,37	1,96	P. de Asturias	0,24	0,24	0,19
Palencia	2,50	3,00	1,83	Vizcaya	0,08	0,12	0,14
Málaga	2,53	1,88	1,82	Guipúzcoa	0,08	0,10	0,13
Almería	1,06	1,56	1,69	Cantabria	0,17	0,16	0,09

En el año 2007, las Comunidades Autónomas que más agua consumieron, del total de agua consumida en la agricultura, son Andalucía (4.329,07 hm<sup>3</sup>), Castilla y León (3.301,31 hm<sup>3</sup>), y Castilla-La Mancha (2.867,55 hm<sup>3</sup>), con aproximadamente el 60% del total. En Valencia y Castilla-La Mancha, el incremento del porcentaje de agua consumida, en relación con el total, se produce principalmente por la reducción en el consumo de agua de Andalucía y, Castilla y León. Aunque, se observa un aumento significativo del consumo de agua en la Comunidad Valenciana en el año 2007, específicamente en la provincia de Alicante por el aumento del consumo de agua en plantas ornamentales.

Se observa que en la mayoría de provincias ha disminuido el consumo de agua en la agricultura. Cantabria, Baleares, Cádiz, Salamanca y Huelva son las provincias que mayor reducción presentan, con porcentajes superiores al 50% (Tabla 30). Por el contrario, A Coruña, Vizcaya, Guipúzcoa, Almería, Valencia, Las Palmas, R. de Murcia, Alicante, Zaragoza y Teruel, son las únicas provincias donde se observa un aumento de consumo de agua en 2007, en comparación con el consumo de agua del año 1996 (Figura 22).

FIGURA 22. Evolución del consumo de agua en la agricultura por provincias. Índice 2000 = 100.



Fuente: Elaboración propia.

“Per cápita”, las Comunidades Autónomas que más agua procedente de la agricultura consumen son Castilla-La Mancha, Aragón y Castilla y León (Tabla 31). Se observan diferencias significativas en el consumo de agua “per cápita” entre Comunidades Autónomas, con valores que varían en un rango entre 1.450,23 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> de Castilla-La Mancha y 21,39 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> de Madrid, en el 2007.

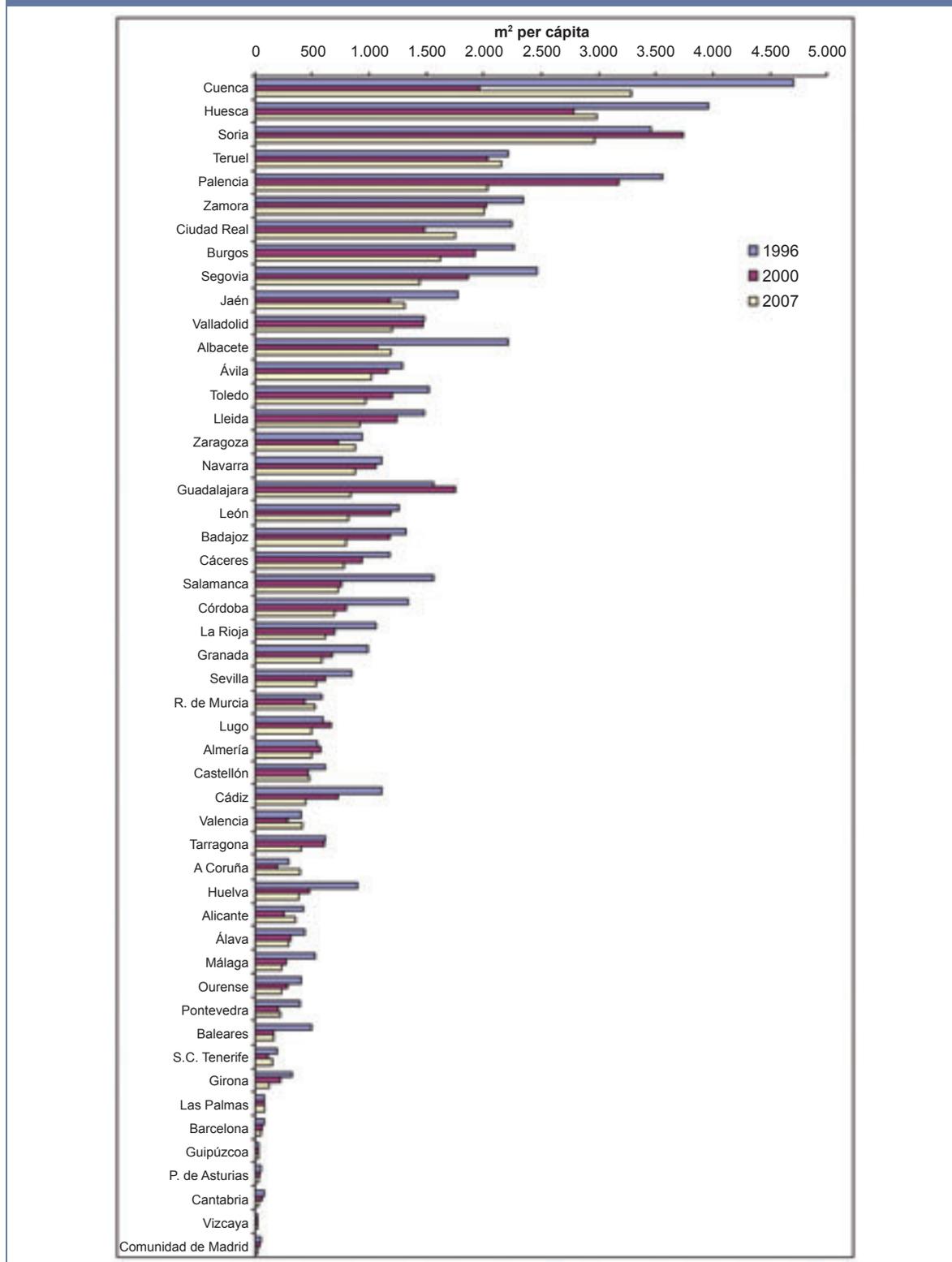
TABLA 31. Consumo de agua “per cápita” y por Comunidad Autónoma (m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup>).

	1996	2000	2007		1996	2000	2007
C. La Mancha	2.242,87	1.391,03	1.450,23	Navarra	537,93	340,68	315,89
Aragón	1.611,29	1.223,93	1.380,59	Baleares	502,33	155,21	158,63
Castilla y León	1.895,00	1.626,92	1.305,68	Cataluña	237,52	195,00	146,63
Extremadura	1.263,42	1.088,07	787,56	Canarias	137,37	102,81	114,78
La Rioja	1.056,97	701,22	619,45	Pais Vasco	77,29	63,00	67,06
Andalucía	962,64	637,37	537,14	P. de Asturias	56,12	42,91	34,81
R. de Murcia	588,12	436,10	524,15	Cantabria	82,21	58,44	29,46
C. Valenciana	435,58	298,76	401,07	Madrid	48,82	37,17	21,39
Galicia	381,76	273,24	328,00				

Fuente: Elaboración propia.

Por provincias se observan diferencias aún mayores, con valores que varían en un rango de 3.291,91 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> de Cuenca a 21, 39 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> de Madrid (Figura 23). En todas las provincias se observa una disminución de los valores de 2000 y 2007 con respecto a 1996. Como excepciones está Soria, Guadalajara y Lugo que tienen un mayor consumo de agua en el 2000.

FIGURA 23. Consumo de agua procedente de la agricultura por provincias.

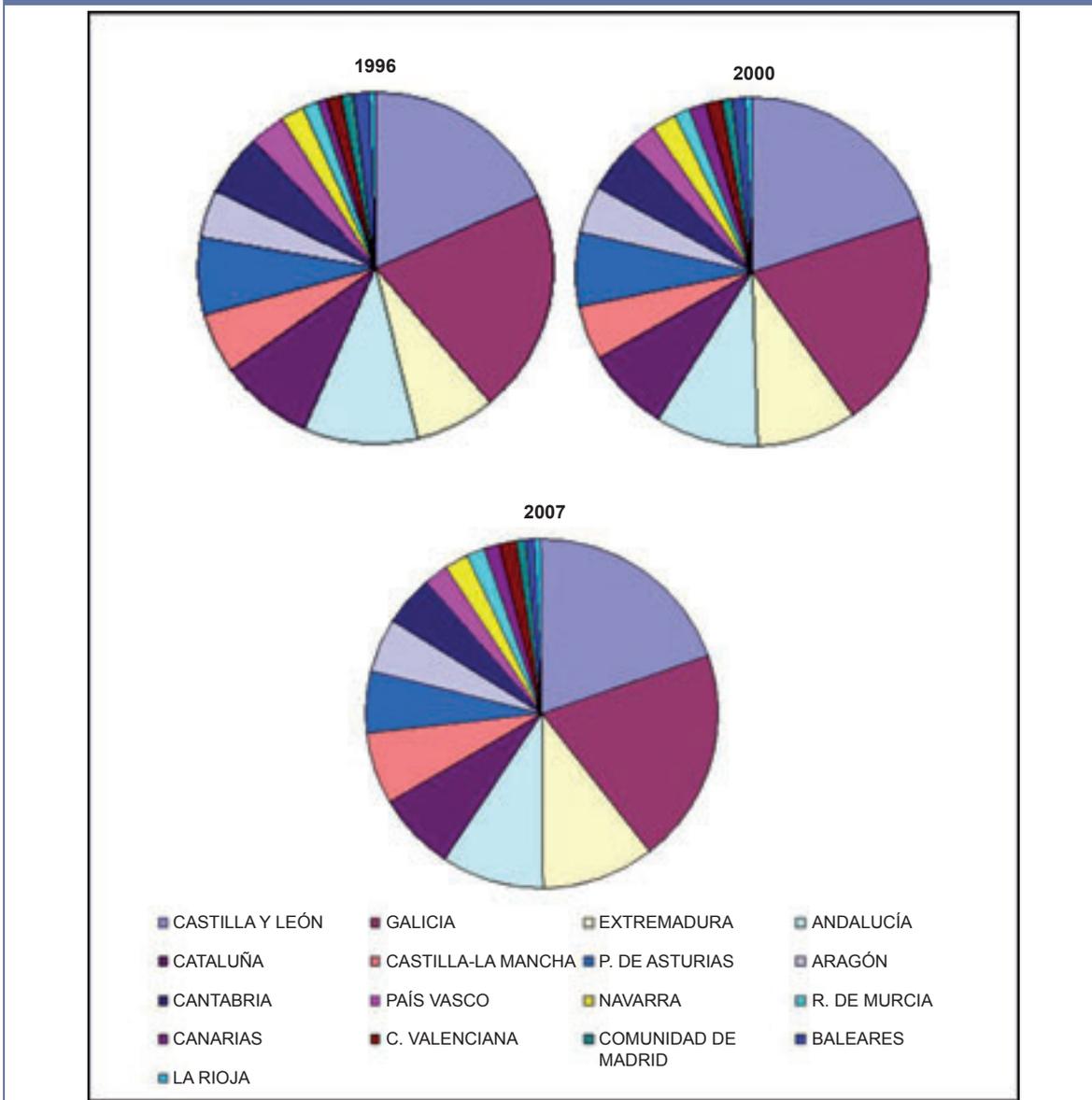


Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.2. Ganadería

Se ha estimado para España un consumo de agua virtual en la ganadería de 47.035,63 hm<sup>3</sup> para el año 1996, 48.397,92 hm<sup>3</sup> para el año 2000 y 44.509,95 hm<sup>3</sup> para el año 2007. Estos valores son similares a los calculados por Champagain y Hoekstra (2003) y Rodríguez-Casado et al. (2009). Castilla y León y Galicia son las Comunidades Autónomas que más aportan al consumo de agua virtual en la Ganadería (Figura 24), con aproximadamente un 19-20% cada una.

FIGURA 24. Agua virtual procedente de la ganadería, por CC.AA. (%).



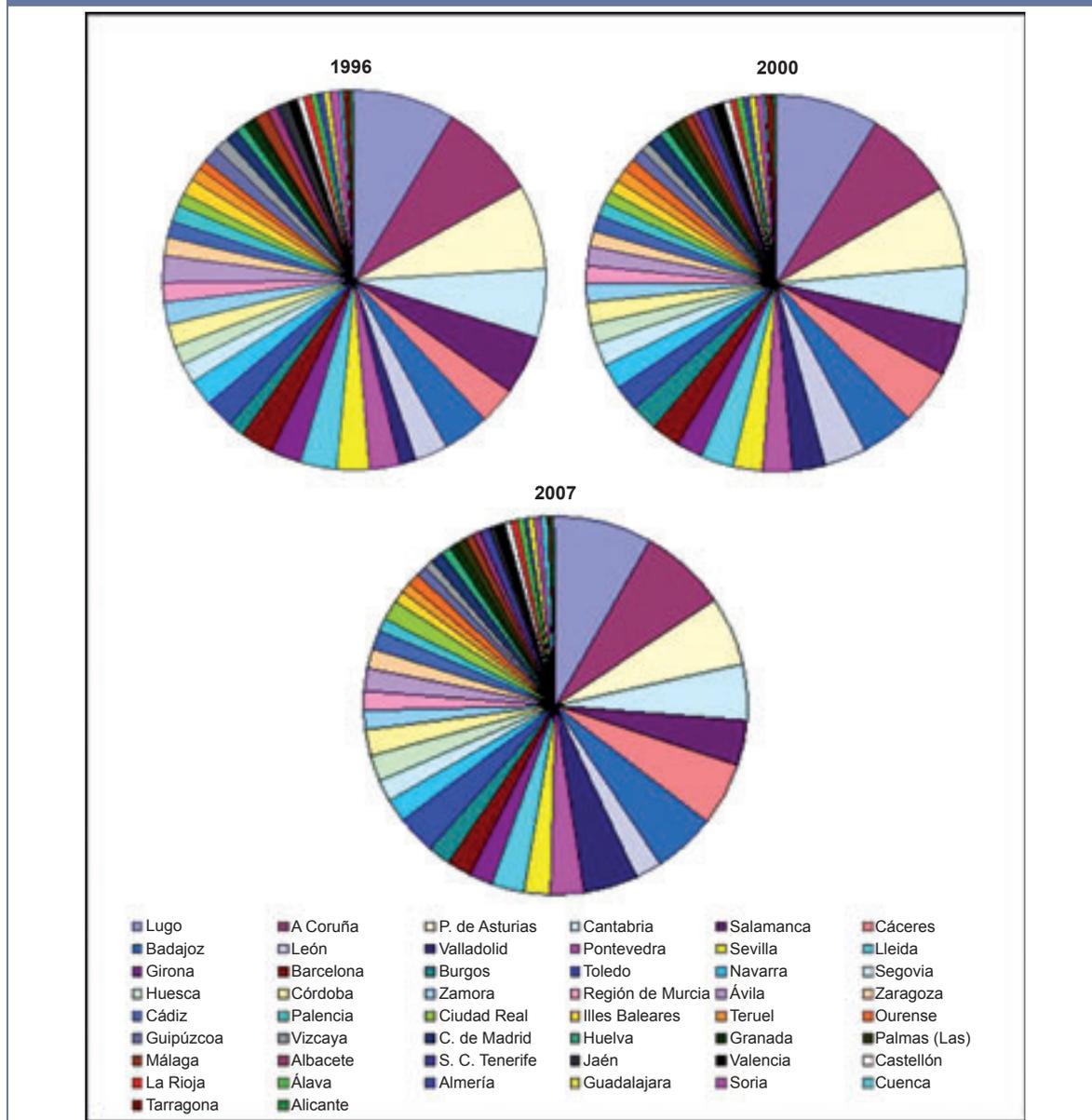
Fuente: Elaboración propia.

Andalucía, la Comunidad Autónoma con mayor extensión de España, tiene un consumo de agua virtual procedente de la ganadería de 4.860,19 hm<sup>3</sup>, inferior a otras Comunidades de menor superficie como Galicia y Extremadura, debido a que en su mayoría los suelos están destinados a actividades agrícolas.

En los tres años estudiados, se observa una ligera tendencia a reducir el consumo de agua en la ganadería en los últimos años, que puede deberse a un uso más eficiente del recurso hídrico, el descenso en la población de algunas especies ganaderas (ovino, bovino de leche), o, como sugieren Rodríguez-Casado et al. (2009), por una fuerte competitividad en los subsectores porcino y pollo, y a su menor precio frente al subsector vacuno.

Por provincias, destacan Lugo y A Coruña junto con las Comunidades uniprovinciales de Asturias y Cantabria por su alto consumo de agua, debido principalmente a la ganadería bovina de leche. Prácticamente diez provincias consumen el 50% del agua utilizada en la ganadería (Figura 25), todas ellas ubicadas en el norte del país. En el tiempo, no se han observado cambios significativos, manteniéndose la estructura productiva ganadera.

FIGURA 25. Agua virtual procedente de la ganadería, por provincias (%).



Fuente: Elaboración propia.

El consumo “per cápita” de agua en la ganadería se calculó en 28.653,24 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> para 1996, 29.240,26 hab<sup>-1</sup> para 2000, 25.342,00 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> para 2007. Por Comunidades Autónomas; Extremadura, Cantabria y Castilla León presentan los valores más altos (Tabla 32), debido a su alto consumo de agua y su baja población. Por el contrario, Comunidades altamente pobladas como Madrid o Valencia poseen los valores más bajos de consumo “per cápita”. Entre provincias se observa un fenómeno similar, con Lugo y Alicante en los dos extremos del consumo de agua “per cápita”. En la mayoría de Comunidades Autónomas y provincias de España se observa una tendencia a disminuir el consumo de agua “per cápita” en los últimos años.

TABLA 32. Consumo de agua procedente de la ganadería "per cápita"				
CC.AA.	Provincia	1996	2000	2007
	Alava	971,36	923,88	790,75
	Guipúzcoa	845,58	710,17	562,21
	Vizcaya	527,31	417,67	301,68
País Vasco		689,53	581,47	455,96
Navarra		1.991,46	1.941,83	1.572,50
La Rioja		1.041,68	1.050,47	685,92
	Huesca	3.871,74	4.241,70	4.688,43
	Teruel	3.991,33	4.002,28	3.165,95
	Zaragoza	931,01	823,85	786,75
Aragón		1.799,57	1.778,46	1.713,37
	Barcelona	285,04	240,02	165,33
	Girona	2.127,12	2.012,12	1.259,73
	Lleida	3.931,43	3.478,15	3.045,82
	Tarragona	462,17	369,30	253,43
Cataluña		675,68	599,42	447,16
Baleares		804,13	653,70	380,50
	Alicante	72,39	88,40	45,55
	Castellón	610,84	607,90	469,63
	Valencia	154,97	144,31	116,64
C. Valenciana		178,49	178,07	131,50
R. De Murcia		653,10	674,85	517,07
	A Coruña	3.539,53	3.422,84	2.905,49
	Lugo	10.975,08	11.683,39	10.461,19
	Ourense	1.290,69	1.482,24	1.506,87
	Pontevedra	1.351,82	1.381,96	1.304,79
Galicia		3.529,05	3.601,36	3.156,34
P. De Asturias		3.129,37	3.105,50	2.438,59
Cantabria		5.150,65	4.464,65	3.705,08
	Ávila	6.125,79	4.571,24	5.450,45
	Burgos	2.126,17	3.216,38	2.288,81
	León	2.646,02	3.402,63	2.057,48
	Palencia	3.262,58	3.238,10	3.322,62
	Salamanca	6.518,43	6.481,45	5.029,67
	Segovia	5.716,92	5.969,93	4.966,02
	Soria	3.487,78	2.722,73	2.275,38
	Valladolid	1.148,73	2.771,13	3.749,48
	Zamora	4.311,26	3.891,67	3.609,82
Castilla Y León		3.454,92	3.917,58	3.478,48
	Palmas (Las)	189,93	432,74	343,33
	S. C. Tenerife	174,25	430,60	331,27
Canarias		182,39	431,72	337,47
	Almería	465,84	506,56	307,97
	Cádiz	653,45	546,68	570,91
	Córdoba	1.211,89	1.127,59	1.271,20
	Granada	482,19	492,47	324,55
	Huelva	788,33	925,45	763,53
	Jaén	678,50	506,59	456,36
	Málaga	390,39	295,31	202,29
	Sevilla	765,42	725,50	543,00
Andalucía		671,77	617,38	518,26
	Badajoz	2.757,62	3.217,58	3.420,16
	Cáceres	3.612,54	5.482,43	5.562,69
Extremadura		3.087,85	4.080,70	4.229,08
	Albacete	1.013,24	995,72	829,29
	Ciudad Real	1.196,16	1.195,54	1.459,79
	Cuenca	985,91	1.204,24	1.047,47
	Guadalajara	1.805,18	1.544,32	1.152,97
	Toledo	2.149,35	2.099,92	2.208,85
Castilla-La Mancha		1.476,11	1.463,27	1.498,22
C. de Madrid		104,73	90,67	73,32
Ceuta		27,55	8,70	2,56
Melilla		5,21	0,47	0,63

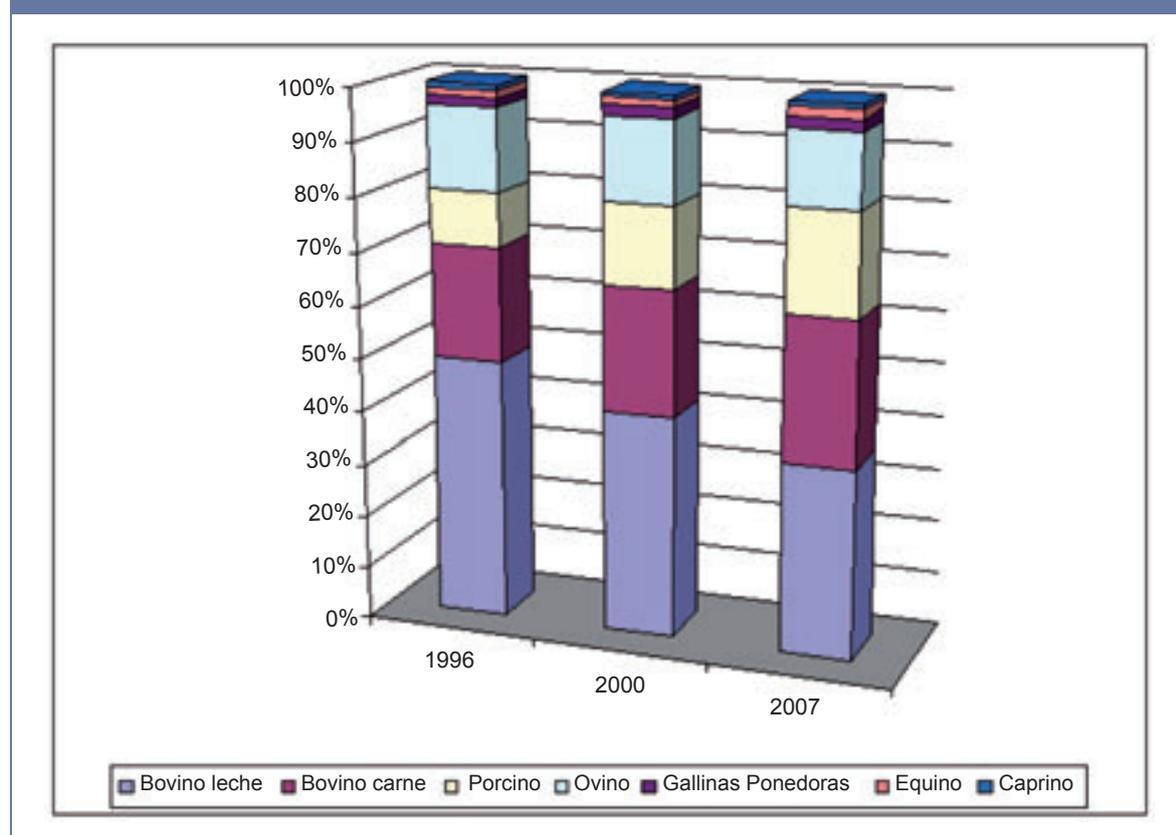
Fuente: Elaboración propia.

El ganado bovino consume aproximadamente el 40% del total (Figura 26), aunque en 2007 se observa que su representación en el consumo total es menor (se ha reducido en un 30,67%) principalmente por el aumento del consumo de agua en el subsector porcino. En el subsector bovino de carne se observa un significativo del aumento del consumo de agua (21,68% del total en 1996 a 26,82% en 2007). El ganado ovino también ha sufrido un descenso significativo en el consumo de agua (16,80%), principalmente por la reducción de la población ganadera (Figura 27).

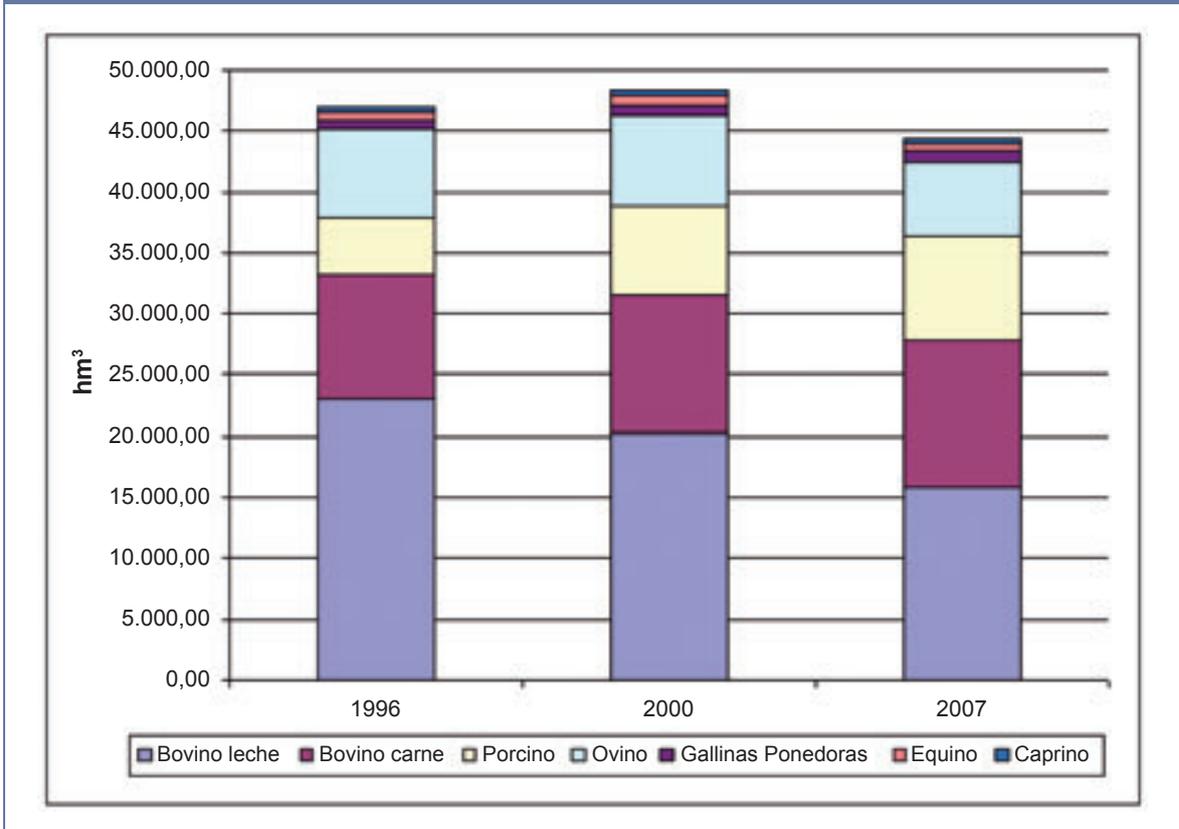
Por tipo de ganado, en el año 2007 se observó que Castilla y León es la Comunidad Autónoma que más consume agua en los subsectores ganaderos porcino (29,03% del total), bovino de carne (24,05%), ovino (20,78%) y gallinas ponedoras (22,86%). En bovino de leche (39,95%) y equino (17,24%) es Galicia, y en caprino es Andalucía (39,13%). Por provincias destacan Valladolid en ganado porcino (17,92%), Cáceres en bovino de carne (14,13%), Lugo en bovino de leche (17,67%), la Comunidad uniprovincial del Principado de Asturias en equino (17,24%), Badajoz en ovino (12,98%), Málaga en caprino (8,31%) y Guadalajara en gallinas ponedoras (11,97%).

Los resultados obtenidos concuerdan con el análisis de Llamas et al. (2008) del sector ganadero. Considera que la creación de valor por parte del sistema ganadero español se basa en una ventaja competitiva frente a los países de Europa: su baja densidad de población y la abundancia de existencia de suelo disponible de bajo valor económico. Destaca el caso de Castilla y León como la Comunidad Autónoma de menor densidad de España y que mayor "Huella Hídrica" ganadera tiene. También resalta el desarrollo técnico, organizativo y estructural de los subsectores ganadero porcino y avícola.

FIGURA 26. Consumo de agua por tipo de ganado (%).



Fuente: Elaboración propia.

FIGURA 27. Consumo de agua por tipo de ganado (hm<sup>3</sup>).

Fuente: Elaboración propia.

### 6.2.3. Doméstica e Industrial

El consumo de agua doméstica e industrial en España en 2007 fue de 4.969,04 hm<sup>3</sup>, que representa un aumento de un 29,21% con respecto al consumo de agua en el año 1996 (Tabla 33). “per cápita”, las Comunidades Autónomas que mayor agua consumen son aquellas que menor población tienen (Ceuta y Melilla, Cantabria y La Rioja). Se observa que el consumo “per cápita” de agua doméstica e industrial fue superior en el año 2000.

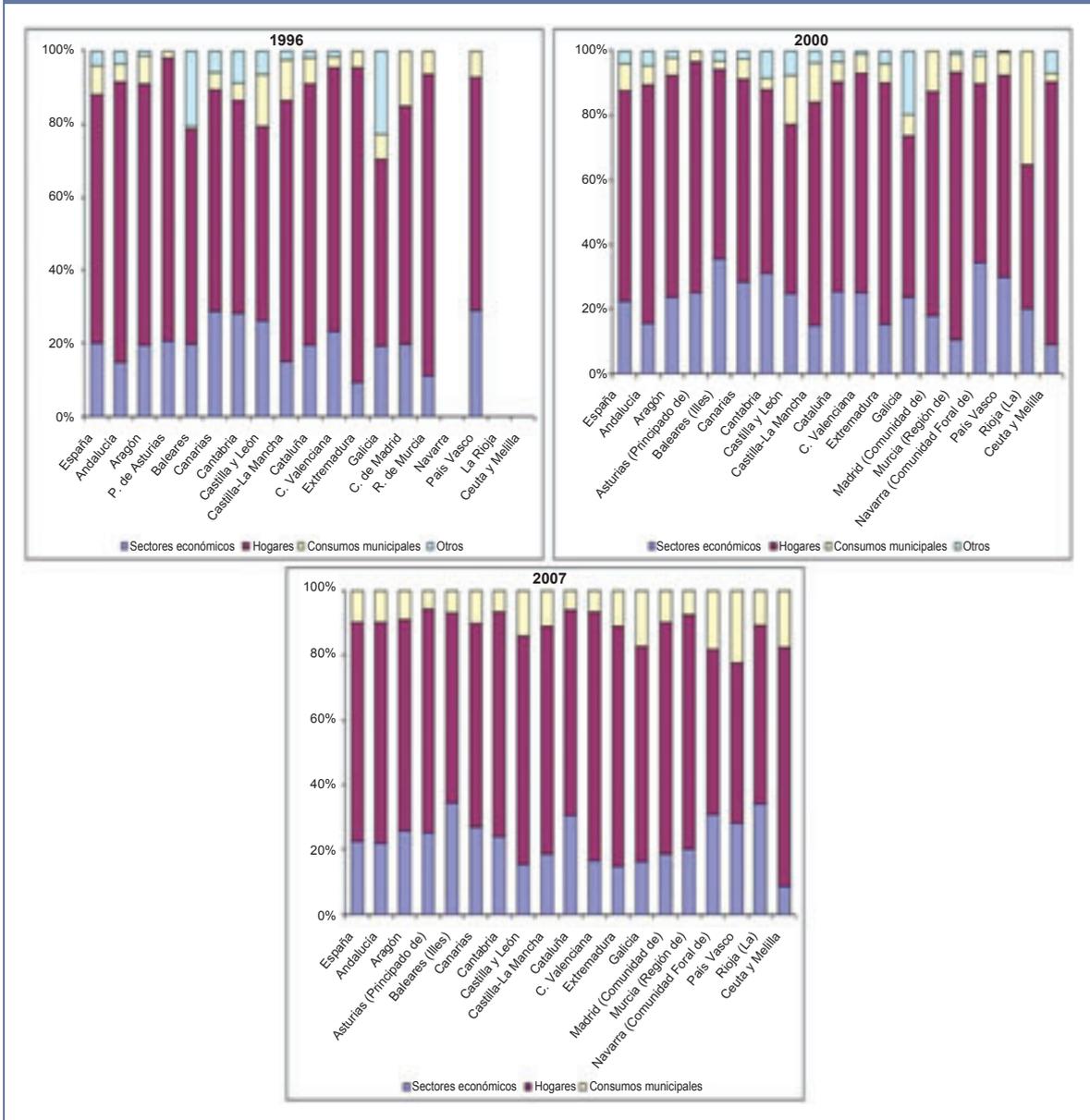
TABLA 33. Volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público.						
	1996		2000		2007	
	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	hm <sup>3</sup>	m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>
España	3845,65	96,94	4782,10	118,08	4969,04	109,93
Ceuta y Melilla			14,61	103,27	19,81	135,62
Cantabria	68,68	130,22	79,58	149,82	77,66	135,58
La Rioja			45,69	172,97	41,45	134,16
Extremadura	73,11	68,31	98,86	92,45	137,12	125,80
P. de Asturias	93,44	85,89	108,87	101,13	132,89	123,64
C. Valenciana	409,98	102,26	526,32	127,72	585,09	119,77
Aragón	142,56	120,04	172,02	144,57	153,22	118,16
Canarias	148,19	92,24	176,91	103,07	237,49	117,22
Castilla y León	287,74	114,71	340,19	137,22	290,79	115,01
Castilla-La Mancha	137,91	80,53	206,33	118,97	220,26	111,39
País Vasco	205,90	98,14	265,07	126,31	238,19	111,21
Andalucía	674,86	93,28	820,61	111,80	879,37	109,11
Baleares	75,13	98,81	87,46	103,43	111,97	108,64
Navarra			66,93	123,09	65,57	108,23
Cataluña	634,93	104,26	824,76	131,71	776,16	107,64
R. de Murcia	77,99	71,08	93,21	81,10	145,63	104,61
Galicia	237,12	86,46	295,79	108,27	283,26	102,17
C. de Madrid	487,99	97,16	558,89	107,37	573,12	94,24

Fuente: Elaboración propia.

Las Comunidades Autónomas donde más se ha incrementado el consumo de agua, respecto al año 2000, son Galicia (56%), Asturias (39%), Cantabria (36%), Castilla y León (34%), Navarra (28%) y la Comunidad Valenciana (22%). El resto de las Comunidades Autónomas han incrementado o disminuido su consumo de agua en este periodo, destacando la reducción experimentada en Castilla-La Mancha (14,5%).

El volumen total de agua registrada y distribuida por tipo de usuario en el año 1996 (Figura 28) se debió principalmente al consumo en los hogares (68% en España), seguido de los sectores económicos industria y servicios (20%). En las Comunidades Autónomas de Baleares y Galicia, destaca el porcentaje que representa el agua que no se mide por contador (otros), 20 y 23% respectivamente. En el año 2000, destaca el alto porcentaje del consumo de agua municipal en La Rioja (35%), y el aumento del agua consumida en los sectores económicos industria y servicios en Baleares, que aumenta de 20% en 1996 a 25%, y se reduce el porcentaje de agua que no se mide por contador (de 20% en 1996 a 3% en 2000). En todas las Comunidades se observa un aumento del consumo de agua en industria y servicios, excepto en Castilla y León, Madrid y Murcia. En el año 2007, se contabiliza el agua que no se mide por contador (otros) junto con el consumo de agua por los municipios, observándose en la mayoría de las Comunidades Autónomas una reducción del consumo por este concepto, en relación con el total de agua doméstica e industrial consumida.

FIGURA 28. Volumen total de agua controlada y distribuida por sectores (%).



Las pérdidas de agua en la red de distribución representan aproximadamente el 20% del total de agua doméstica e industrial consumida en España (Tabla 34). Las mayores pérdidas se observan en las Ciudades Autónomas de Ceuta y Melilla, que superan el 50% del agua distribuida.

TABLA 34. Pérdidas de agua en la red de distribución (%).			
Región	1996	2000	2007
España	20,01	20,92	23,97
Ceuta y Melilla		33,32	53,19
Aragón	34,11	35,73	33,55
Castilla y León	22,86	22,30	31,61
C. Valenciana	30,48	29,96	28,03
Extremadura	16,61	17,20	27,97
Cantabria	18,23	19,54	27,82
Castilla-La Mancha	16,08	16,46	25,71
La Rioja		11,57	25,53
Canarias	23,40	21,97	24,91
Galicia	12,16	13,56	24,50
Andalucía	17,59	18,68	23,31
Baleares	18,72	22,91	23,14
P. de Asturias	23,07	23,60	22,38
R. de Murcia	24,92	20,77	21,65
Cataluña	16,57	20,32	20,98
C. de Madrid	12,80	13,63	18,85
Navarra		14,65	18,36
País Vasco	29,30	29,31	17,80

Fuente: Elaboración propia.

#### 6.2.4. Consumo de agua total

El consumo de agua en España en el año 1996 fue de 68.128,5 hm<sup>3</sup> en 1996, de 61.041,8 hm<sup>3</sup> en el 2000 y de 58.939,5 hm<sup>3</sup> en el año 2007. Esta reducción se debe principalmente al menor consumo de agua en el sector agrícola (sin cultivos forrajeros). Las Comunidades que más volumen de agua consumen en España son Castilla y León, Galicia y Andalucía, y que representan el 18,21%, el 15,93% y el 14,12%, respectivamente (Tabla 35). Es decir, las tres Comunidades consumen el 48,25% del total de agua consumida en España, en el 2007. Porcentajes similares se observaron para los otros dos años de comparación.

TABLA 35. Consumo de agua en España, por Comunidades Autónomas y por sectores.							
1996							
	Agricultura		Ganadería		Doméstica e Industrial		Total
	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>
España	17.337,4	25,4	47.035,6	69,0	3.755,5	5,5	68.128,5
Castilla y León	2.300,1	20,4	8.666,6	77,0	287,7	2,6	11.254,4
Andalucía	5.580,0	50,2	4.860,2	43,7	674,9	6,1	11.115,0
Galicia	591,1	5,6	9.678,9	92,1	237,1	2,3	10.507,1
Cataluña	1.091,2	18,7	4.114,9	70,4	634,9	10,9	5.841,1
Castilla-La Mancha	2.245,6	45,7	2.527,9	51,5	137,9	2,8	4.911,3
Extremadura	1.015,9	23,1	3.304,7	75,2	73,1	1,7	4.393,7
P. de Asturias	22,7	0,6	3.404,4	96,7	93,4	2,7	3.520,5
Aragón	1.076,3	32,1	2.137,1	63,7	142,6	4,2	3.355,9
Cantabria	16,5	0,6	2.716,6	97,0	68,7	2,5	2.801,8
C. Valenciana	1.671,8	59,8	715,6	25,6	410,0	14,7	2.797,3
País Vasco	115,0	6,5	1.446,7	81,8	205,9	11,6	1.767,6
R. de Murcia	564,0	41,5	716,6	52,7	78,0	5,7	1.358,6
Navarra	224,0	17,8	1.036,7	82,2	-	0,0	1.260,7
C. de Madrid	140,8	12,2	526,0	45,5	488,0	42,3	1.154,8
Baleares	239,9	25,9	611,4	66,0	75,1	8,1	926,5
Canarias	218,5	33,1	293,0	44,4	148,2	22,5	659,7
La Rioja	224,0	44,8	276,0	55,2	-	0,0	500,0
Ceuta y Melilla	-	-	2,2	100,0	-	0,0	2,2
2000							
	Agricultura		Ganadería		Doméstica e Industrial		Total
	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>
España	7.861,8	12,9	48.397,9	79,3	4.782,1	7,8	61.041,8
Castilla y León	653,0	6,1	9.712,2	90,7	340,2	3,2	10.705,4
Galicia	238,0	2,3	9.838,5	94,9	295,8	2,9	10.372,3
Andalucía	2.312,3	30,2	4.531,6	59,1	820,6	10,7	7.664,5
Cataluña	594,2	11,5	3.753,5	72,6	824,8	15,9	5.172,5
Extremadura	413,9	8,5	4.364,0	89,5	98,9	2,0	4.876,7
P. de Asturias	5,1	0,1	3.343,3	96,7	108,9	3,1	3.457,2
Castilla-La Mancha	602,4	18,0	2.537,7	75,8	206,3	6,2	3.346,4
Aragón	547,6	19,3	2.116,2	74,6	172,0	6,1	2.835,9
C. Valenciana	1.312,6	51,0	733,8	28,5	526,3	20,5	2.572,6
Cantabria	5,9	0,2	2.371,4	96,5	79,6	3,2	2.456,9
País Vasco	42,8	2,8	1.220,3	79,9	265,1	17,3	1.528,1
R. de Murcia	444,6	33,8	775,6	59,1	93,2	7,1	1.313,4
Navarra	146,7	11,6	1.055,9	83,2	66,9	5,3	1.269,5
Canarias	183,2	16,6	741,0	67,3	176,9	16,1	1.101,1
C. de Madrid	66,9	6,1	472,0	43,0	558,9	50,9	1.097,8
Baleares	146,1	18,6	552,8	70,3	87,5	11,1	786,3
La Rioja	146,7	31,2	277,5	59,1	45,7	9,7	469,9
Ceuta y Melilla	-	0,0	0,7	4,5	14,6	95,5	15,3

2007							
	Agricultura		Ganadería		Doméstica e Industrial		Total
	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>	%	hm <sup>3</sup>
España	9.460,5	16,1	44.510,0	75,5	4.969,0	8,4	58.939,5
Castilla y León	1.647,0	15,3	8.795,1	81,9	290,8	2,7	10.732,9
Galicia	353,2	3,8	8.751,1	93,2	283,3	3,0	9.387,5
Andalucía	3.264,0	39,2	4.176,9	50,2	879,4	10,6	8.320,2
Extremadura	602,0	11,3	4.609,7	86,2	137,1	2,6	5.348,8
Castilla-La Mancha	1.643,1	34,0	2.962,4	61,4	220,3	4,6	4.825,8
Cataluña	496,5	11,0	3.224,3	71,7	776,2	17,3	4.496,9
Aragón	528,6	18,2	2.221,6	76,5	153,2	5,3	2.903,5
P. de Asturias	17,6	0,6	2.621,1	94,6	132,9	4,8	2.771,6
Cantabria	10,6	0,5	2.122,4	96,0	77,7	3,5	2.210,6
C. Valenciana	349,0	22,1	642,4	40,7	585,1	37,1	1.576,5
País Vasco	72,3	5,6	976,6	75,9	238,2	18,5	1.287,1
Navarra	77,4	7,1	952,7	87,0	65,6	6,0	1.095,7
C. de Madrid	73,9	6,8	445,9	40,8	573,1	52,4	1.092,9
R. de Murcia	119,0	12,1	719,8	73,1	145,6	14,8	984,5
Canarias	35,2	3,7	683,7	71,5	237,5	24,8	956,4
Baleares	93,8	15,7	392,2	65,6	112,0	18,7	597,9
La Rioja	77,4	23,4	211,9	64,1	41,5	12,5	330,7
Ceuta y Melilla	-	-	0,2	1,2	19,8	98,8	20,0

Fuente: Elaboración propia.

En relación con el consumo de agua total “per cápita” (Tabla 36), se observa una disminución general en el año 2007, con respecto a los valores de 1996. La excepción a esta tendencia es Extremadura, que incrementa su consumo de agua “per cápita”. En 2007, los valores varían en un rango de valores entre 137,26 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup>, de Ceuta y Melilla, y 4.907,16 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup>, de Extremadura.

Al comparar los valores de 2000 y 2007, se observan distintos comportamientos en el consumo de agua “per cápita” entre las Comunidades Autónomas. La mayoría de ellas tienden a disminuir su consumo “per cápita”.

TABLA 36. Consumo de agua “per cápita” de España y de sus Comunidades Autónomas (m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup>).

	1996	2000	2007
España	1.717,41	1.507,21	1.303,95
Extremadura	4.105,36	4.560,17	4.907,16
Castilla y León	4.486,53	4.318,22	4.244,90
Cantabria	5.312,20	4.625,64	3.859,15
Galicia	3.831,05	3.796,74	3.385,89
P. de Asturias	3.236,09	3.211,33	2.578,61
Castilla-La Mancha	2.867,89	1.929,61	2.440,60
Aragón	2.825,89	2.383,26	2.239,21
Navarra	2.421,84*	2.334,67	1.808,42
La Rioja	1.887,32*	1.778,68	1.070,47
Andalucía	1.536,31	1.044,20	1.032,35
R. de Murcia	1.238,22	1.142,77	707,20
Cataluña	959,12	826,01	623,66
País Vasco	842,50	728,15	600,91
Baleares	1.218,49	929,87	580,15
Canarias	410,63	641,56	472,08
C. Valenciana	697,71	624,32	322,71
C. de Madrid	229,93	210,89	179,70
Ceuta y Melilla	17,18*	108,11	137,26

\* No se contabiliza el consumo doméstico e industrial por ausencia de datos

Fuente: Elaboración propia.

### 6.3. EXPORTACIONES E IMPORTACIONES DE AGUA VIRTUAL

En las exportaciones de productos agrícolas realizadas en el año 2007, se calculó un contenido de agua virtual de 8.005,22 hm<sup>3</sup>. Valor ligeramente inferior (7,5%) al volumen de las importaciones (Tabla 37). En relación con el año 1996 y 2000, se observa un aumento en el volumen de agua virtual de las exportaciones, mientras que el volumen de agua en las importaciones se incrementado muy poco en estos años.

Producto	1996		2000		2007	
	Exp.	Imp.	Exp.	Imp.	Exp.	Imp.
Soja	5,68	3.549,97	15,45	2.422,05	41,95	3.249,88
Trigo	619,74	1.596,65	570,40	2.303,96	775,13	2.620,28
Maíz	72,67	1.001,52	50,09	1.817,50	93,71	1.632,60
Cebada	216,31	563,20	233,62	65,13	835,13	335,29
Aceite de oliva	696,51	277,80	1.440,76	116,84	2.276,23	171,41
Garbanzos	18,45	131,04	23,00	37,72	10,89	115,87
Patata	33,41	36,42	55,14	66,80	54,02	78,59
Judías secas	15,01	62,01	28,47	86,94	25,94	76,12
Manzana	31,12	25,89	32,83	64,11	48,30	53,08
Azúcar	20,84	26,83	24,76	24,23	11,72	48,96
Arroz elaborado	145,00	72,56	182,92	66,22	275,31	40,38
Plátano	40,91	3,85	35,37	22,20	10,41	35,99
Naranja	463,58	8,06	512,91	8,51	527,13	31,31
Tabaco en rama	61,12	44,06	66,26	23,44	74,41	26,27
Arroz cargo	112,04	8,69	245,32	40,18	78,79	15,63
Pera	39,07	7,93	56,47	7,22	50,62	14,72
Arroz cáscara	6,61	238,25	17,93	70,18	9,57	14,47
Aceituna	433,22	14,50	807,39	32,18	712,29	13,35
Limonero	120,03	6,56	172,62	5,92	156,30	11,73
Uva	129,52	2,26	151,22	5,89	148,41	11,57
Tomate	39,94	0,35	47,26	0,33	46,86	10,31
Claveles	35,77	0,51	59,03	3,91	0,01	10,14
Rosas	0,53	0,25	0,78	0,93	0,02	9,52
Cebolla	16,89	3,50	16,42	4,43	17,02	9,15
Habas seca	9,85	42,08	6,44	33,23	7,26	6,49
Algodón fibra	39,93	82,69	49,89	19,01	41,80	5,71
Melocotón	77,95	1,12	194,30	1,27	343,14	4,21
Mandarino	454,07	1,35	555,81	0,72	694,02	2,69
Vino y mosto	913,56	50,13	330,02	7,69	638,86	1,79
España	4.869,37	7.860,01	5.982,88	7.358,74	8.005,22	8.657,52

Fuente: Elaboración propia.

Por productos se observa que en 2007, tres de los cereales grano contenían más del 80% del agua virtual importada; soja (36,54%), trigo (30,27%) y maíz (18,86%). En las exportaciones de productos agrícolas se observa una mayor distribución del volumen total de agua virtual, destacando el aceite de oliva (28,43%), la cebada (10,43%) y el trigo (9,68%). En comparación con los años 1996 y 2000, en las importaciones no se observan mayores diferencias, en las exportaciones destaca el aumento de las exportaciones de cebada, y por tanto de agua virtual, que se han duplicado entre 1996 y 2007.

La carne y despojos comestibles, y la carne de bovino representaron el 70% del Agua Virtual procedente de las importaciones ganaderas (Tabla 38). En el año 2000 el Agua Virtual procedente de las importaciones ganaderas se incrementó por el aumento de las importaciones de carne y despojos comestibles. En las exportaciones ganaderas se observa un comportamiento similar, siendo la carne y despojos comestibles y la carne de bovino los productos que más agua representan respecto al total de Agua Virtual exportada en los productos ganaderos (77% en 2007).

TABLA 38. Volumen de Agua Virtual exportada e importada en los productos ganaderos (hm <sup>3</sup> ).						
	1996		2000		2007	
	Exp.	Imp.	Exp.	Imp.	Exp.	Imp.
Carne y despojos comestibles	3.716,71	5.168,02	4.437,17	10.589,04	17.158,95	6.614,18
Carne de bovino	837,94	1.493,74	1.050,15	2.734,11	1.648,63	2.577,77
Porcino	933,04	338,58	15,12	3,96	1.301,06	627,44
Leche y nata sin concentrar	8,49	15,06	0,79	0,72	1.166,65	491,67
De bovinos y equinos	1.773,12	1.993,68	1.367,68	1.217,73	403,54	467,78
Bovino	4.114,84	860,32	574,23	27,52	5.519,09	382,70
Queso y requesón	12,92	20,98	0,64	0,36	1.139,31	322,93
Carne de porcino	152,07	543,35	249,73	1.113,40	1.989,24	312,91
Lactosuero, yogur y otros	0,00	0,00	0,26	0,11	253,50	284,60
Carne y despojos de aves	150,40	68,82	148,72	122,34	114,96	236,51
Lana	30,64	161,13	218,24	176,82	58,62	204,80
Los demás	81,27	77,14	52,36	41,56	12,50	153,09
Ovino	313,80	75,20	0,00	10,52	122,54	120,74
Carne de ovino y caprino	114,32	117,42	99,69	163,95	214,31	113,72
De ovinos	291,74	298,97	318,57	130,08	17,37	109,77
Mantequilla	1,63	2,89	0,01	0,00	28,22	99,45
Leche en polvo	15,86	19,39	0,06	0,07	455,72	71,76
Peletería en bruto	13,32	12,64	2,95	6,45	1,29	65,00
Leche evaporada y condensada	1,43	2,38	0,01	0,05	66,11	56,05
Aves de corral	489,82	127,84	0,00	0,00	1.335,41	44,88
Equino	2,32	3,30	0,32	2,53	9,05	23,46
Huevos de aves de corral,						
los demás	6,32	31,33	0,02	1,24	0,04	5,81
Huevos de aves de corral						
para incubar	0,52	0,00	0,00	0,10	0,24	3,54
Caprino	0,88	4,29	0,00	0,00	2,12	1,09
España	13.063,41	11.436,49	8.536,73	16.342,68	33.018,45	13.391,65

Fuente: Elaboración propia.

Llegados a este punto podemos señalar que la “Huella Hídrica” de España fue de 1.752,6 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> en 2007. En el año 2000 se observó una menor “Huella Hídrica” “per cápita” debido al aumento de las exportaciones y una reducción significativa en las importaciones de productos agrícolas y ganaderos (Tabla 39). Los valores obtenidos en este estudio son inferiores a los calculados por Champagain y Hoekstra (2004), que calcularon una “Huella Hídrica” “per cápita” de 2.325 m<sup>3</sup> hab<sup>-1</sup> para el periodo 1997-2001, principalmente, porque se hace una aproximación mucho mayor al calcular el consumo de agua en la agricultura y la ganadería por provincias.

TABLA 39. “Huella Hídrica” de España en los años 1996, 2000 y 2007.					
			1996	2000	2007
<b>Consumo</b>	<b>Agricultura</b>	hm <sup>3</sup>	17.337,4	7.861,8	9.460,5
	<b>Ganadería</b>	hm <sup>3</sup>	47.035,6	48.397,9	44.510,0
	<b>Doméstica e Industrial</b>	hm <sup>3</sup>	3.755,5	4.782,1	4.969,0
	<b>Total</b>	hm <sup>3</sup>	68.128,5	61.041,8	58.939,5
<b>Exportaciones</b>	<b>Agricultura</b>	hm <sup>3</sup>	4.869,4	5.982,9	8.005,2
	<b>Ganadería</b>	hm <sup>3</sup>	11.436,5	16.342,7	13.391,7
	<b>Total</b>	hm <sup>3</sup>	16.305,9	22.325,6	21.396,9
<b>Importaciones</b>	<b>Agricultura</b>	hm <sup>3</sup>	7.860,0	7.358,7	8.657,5
	<b>Ganadería</b>	hm <sup>3</sup>	13.063,4	8.536,7	33.018,5
	<b>Total</b>	hm <sup>3</sup>	20.923,4	15.895,5	41.676,0
<b>“Huella Hídrica”</b>		hm <sup>3</sup>	72.746,1	54.611,8	79.218,6
		hm <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup>	1.833,8	1.348,4	1.752,6

Fuente: Elaboración propia.



## 7. LAS DIFERENCIAS TERRITORIALES Y LA “HUELLA HÍDRICA” ESPAÑOLA.

Desde el ámbito de la denominada postmodernidad que anuncia el fin del territorio y el “no/lugar” se incluye también la negación de la idea de región, en un momento en que ningún subespacio del planeta puede librarse del proceso conjunto de globalización y fragmentación, es decir, la individualización y regionalización. Sin embargo, las regiones hoy se nos presentan como soporte y condición de las relaciones globales. Desde esta perspectiva, el análisis de la Huella Hídrica desde un ámbito territorial tiene como referencia la región y su problemática, en España.

La realidad hidrológica natural dominante en España es la mediterránea; quiere esto decir que estamos supeditados a un volumen anual de precipitaciones parco; con una estación del año que podríamos calificar de “seca”, que puede durar varios meses, durante los cuales llueve poco, incluso nada a efectos del incremento del caudal de los ríos o de las reservas del subsuelo. A esa realidad hay que añadir un fuerte poder evapotranspirante de la atmósfera y una distribución interanual de las lluvias muy variable, de forma que con cierta frecuencia se pueden dar series de varios años consecutivos de precipitaciones que se sitúan significativamente por debajo de la media, que acaban generando en los sistemas de abastecimiento déficit acumulados de tal cuantía que no son paliables mediante obras de embalses, a menos que pudiéramos uno en cada tramo de 500 km<sup>2</sup> de Cuenca Hidrográfica, sobredimensionados como para poder hacer una regulación hiperanual, capaces de almacenar el agua “excedentaria” de cada año lluvioso, complementados con una densa red de conducciones hidráulicas y trasvases,... Por propia ubicación geográfica, en relación con la circulación atmosférica general del oeste y la subsidencia subtropical, los episodios de sequía constituyen uno de los principales riesgos naturales de origen atmosférico que padecen las actividades humanas desarrolladas en la Península Ibérica. Las respuestas, las formas de adaptación y las actuaciones propiciadas por el hombre para hacer frente a este episodio climático han tenido incidencia en la organización territorial de España desde la época romana a la actualidad. Sin embargo, en los albores del siglo XXI y tras siglos de experiencias, la sociedad española no ha sido capaz de articular las medidas necesarias para evitar que la falta de agua propiciada por las sequías, se haya convertido en uno de los riesgos climáticos que más daños económicos y repercusiones ambientales ocasionó en España a lo largo de los años noventa.

A escala regional, las sequías ofrecen como denominador común la disminución de lluvias durante periodos de tiempo más o menos prolongados que, con ello, restringen la oferta natural de recursos de agua disponible. Por otro lado, sus efectos, grado de percepción y respuestas humanas son muy diferentes según regiones. La pertenencia de gran parte de la Península Ibérica al dominio climático mediterráneo, y su proximidad al ámbito de subsidencia subtropical del anticiclón de Azores explican el carácter de hecho climático más o menos habitual y generalizable a toda España. Sin embargo, son factores de naturaleza geográfica e hidrográfica los que explican la mayor frecuencia de episodios que padecen los archipiélagos de Baleares y Canarias y las tierras del centro, sur y sureste peninsular. Pero estos factores de riesgo potencial no son en modo alguno excluyentes ni determinantes. Así, la falta de

infraestructuras hidráulicas, el incremento del consumo o la precaria gestión del agua han extendido sus efectos a regiones teóricamente bien dotadas de recursos como las cantábricas, las pirenaicas e incluso a comarcas gallegas. Un factor decisivo ha sido la intensificación de las demandas propiciada por la expansión de las ciudades e industrias, la configuración de dorsales urbano-turísticas en territorios costeros y, por otro lado, el incremento en más de 2.000.000 de hectáreas de regadíos durante los últimos cincuenta años (Rico, A., 2004).

España, a lo largo de las últimas décadas, presenta a nivel municipal, provincial, regional y nacional, notables diferencias, por lo que se nos muestra especialmente importante la evaluación, en estas escalas, de la huella hidrológica. Para el año 2007, a partir de los trabajos recogidos en “waterfootprint -<http://www.waterfootprint.org/>” (Hoekstra, A.Y. y Chapagain, A.K); la “Huella Hídrica” de la población española es de 2.325 metros cúbicos por año, per capita. Si bien, tal y como señalábamos anteriormente, nuestros cálculos para este año la situaban en 1.752,6 m<sup>3</sup>/hab<sup>-1</sup>. A partir de dicha media, y teniendo en cuenta la población, se ha calculado –en Hectómetros cúbicos– la “Huella Hídrica” de España a diferentes escalas –estatal, autonómica, provincial y municipal.

Y es que durante la segunda mitad del siglo XX y en los prolegómenos del XXI, la expansión de regadíos, la urbanización, la industrialización, el desarrollo de las actividades turísticas y los aprovechamientos hidroeléctricos han favorecido un fuerte incremento de las demandas de agua, superando a veces la oferta natural de recursos disponibles. Así, se ha primado por parte de las diferentes administraciones y regímenes políticos existentes en España, una «*Política Hidráulica Tradicional*» basada en el incremento de la oferta de agua para atender las demandas crecientes de agua, lo que ha favorecido un mayor riesgo de sequía hidrológica. Según las estimaciones del *Libro Blanco del Agua en España* (1998), el territorio español recibe en régimen natural 111.305 hm<sup>3</sup>/año, frente a unos usos que sumaban en 1995 un volumen de 35.323 hm<sup>3</sup>/año y un consumo efectivo de 20.783 hm<sup>3</sup>/año, tras descontar un volumen de retornos que suma 14.539 hm<sup>3</sup>/año. Las confederaciones hidrográficas del Norte, incluida Galicia Costa, sumadas a las del Duero y Tajo totalizan 56.450 hm<sup>3</sup>/año, es decir, el 50 % de los recursos frente a unos usos consuntivos que representan el 26 % del total nacional. En cambio, Baleares, Canarias y los territorios adscritos a las confederaciones del Segura, Júcar y Sur tienen demandas próximas o superiores a la oferta natural de recursos existente. Por otro lado, que España reciba en régimen natural 111.000 hm<sup>3</sup>/año, no significa que exista disponibilidad sobre idéntico volumen de recursos. Los diferentes Planes Hidrológicos de cuenca han acuñado la expresión de recursos regulados o garantizados para justificar la falta de disponibilidad sobre todos los volúmenes de agua que reciben sus demarcaciones territoriales. Así, los recursos garantizados se elevan tan sólo a 46.000 hm<sup>3</sup>/año. Varias son las razones. En primer lugar, porque de los 111.305 hm<sup>3</sup>/año, hay 29.908 hm<sup>3</sup>/año, que corresponden a la recarga natural de acuíferos subterráneos y las posibilidades de acceso a estos recursos están insuficientemente aprovechadas. El consumo de recursos hipogeos en España ascendería según el Libro Blanco del Agua (1998) a 5.532 hm<sup>3</sup>/año.

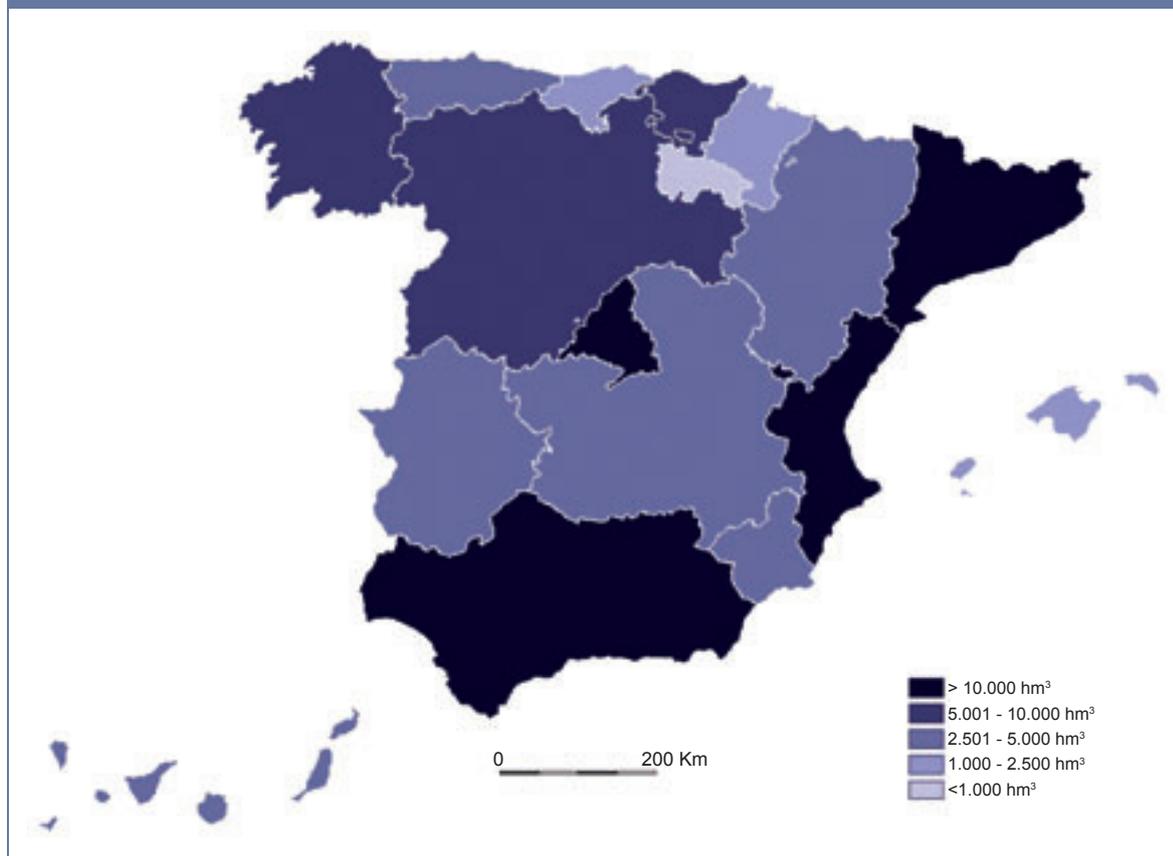
Estas extracciones suponen tan sólo el 18,5 % de la recarga anual media en régimen natural que asciende a 29.908 hm<sup>3</sup>/año. De dicho volumen tan sólo un 3,9 % corresponde a los archipiélagos de Baleares (508 hm<sup>3</sup>/año) y Canarias (681 hm<sup>3</sup>/año), mientras que valores mayores de recarga se encuentran en los ámbitos de las cuencas del Norte II (5.077 hm<sup>3</sup>/año), Ebro (4.614 hm<sup>3</sup>/año), Duero (3.000 hm<sup>3</sup>/año), Norte I (2.745 hm<sup>3</sup>/año) y Júcar (2.492 hm<sup>3</sup>/año) (MMA, 1998). Para agua potable se estarían aprovechando unos 1.080 hm<sup>3</sup>/año para el abastecimiento de 10.325 núcleos de población y 12.142.282 habitantes, destacando por su mayor consumo los archipiélagos balear y canario, y las Provincias de Barcelona, Jaén, Alicante, Valencia, Castellón y Almería. Muchos núcleos de población del Bajo Guadalquivir, Mancha Occidental, Valles del Ebro y del Duero o de la fachada cantábrica que padecieron severas restricciones durante la sequía de la primera mitad de los años noventa podrían haberlas paliado con la explotación de sus propios acuíferos. A pesar de sus posibilidades no hay que olvidar que la explotación intensiva de reservas ha conducido a la declaración provisional de sobreexplotación de 15 unidades hidrogeológicas, en los ámbitos del Guadiana (Campo de Montiel, Mancha Occidental, Ayamonte-Huelva), Guadalquivir (Mancha Real-Pegalajar, Chotos-Cortijo Hidalgo, Sevilla-Carmona, Aljarafe, Rota-Sanlúcar), Sur (Campo de Dalías), Segura-Júcar (Jumilla-Villena, Sierra de Crevillente) y Segura (Ascoy-Sopalme, Alto Guadalentín, Bajo Guadalentín, Cresta del Gallo). La declaración administrativa no incluye todas las situaciones reales de sobreexplotación que se dan España. Por ejemplo, la intrusión marina y el exceso de nitratos se halla extendida en un gran número de acuíferos desde el Maresme,

al delta del Llobregat, Campo de Tarragona, Plana de Castellón, Golfo de Valencia, litoral alicantino de Denia-Jávea, Campo de Cartagena, Campo de Níjar o Campo de Dalías (Rico, A.M., 2004).

Otro factor que impide acceder a todos los recursos que recibe España, señala el profesor Rico, es el insuficiente volumen de embalse existente en España. A pesar de la existencia de más de 1.000 presas con una capacidad de 56.000 hm<sup>3</sup>, ésta es incapaz de regular plenamente todas las aportaciones de agua de los ríos españoles, especialmente en los sistemas hidrológicos que cuentan con mayores caudales, como los del Norte, Ebro y Duero. Además, la elección de los emplazamientos y el diseño de los embalses construidos ha estado dirigida primordialmente por intereses hidroeléctricos generando notorios desequilibrios en perjuicio de los llamados fines consuntivos.

El análisis e interpretación de la "Huella Hídrica" de nuestro país, desde una perspectiva autonómica nos encontramos (Ver Figuras 29 y 30) con excepción hecha de Madrid, Cataluña, Comunidad Valenciana, y Andalucía, que el resto de las Comunidades Autónomas de nuestro país están por debajo de la cifra de los 10.000 hm<sup>3</sup>. Destaca, en el otro extremo el caso de La Rioja con una huella inferior a los 1.000 hm<sup>3</sup>; el resto de Comunidades oscila entre los 1000 y los 10000 hm<sup>3</sup>: nos encontramos con Navarra y Cantabria, con cifras inferiores a los 2.500 hectómetros cúbicos, u otras como El País Vasco, Castilla y León o Galicia, que superan los 5000 hm<sup>3</sup>.

FIGURA 29. España, "Huella Hídrica" por Autonomías (2007).

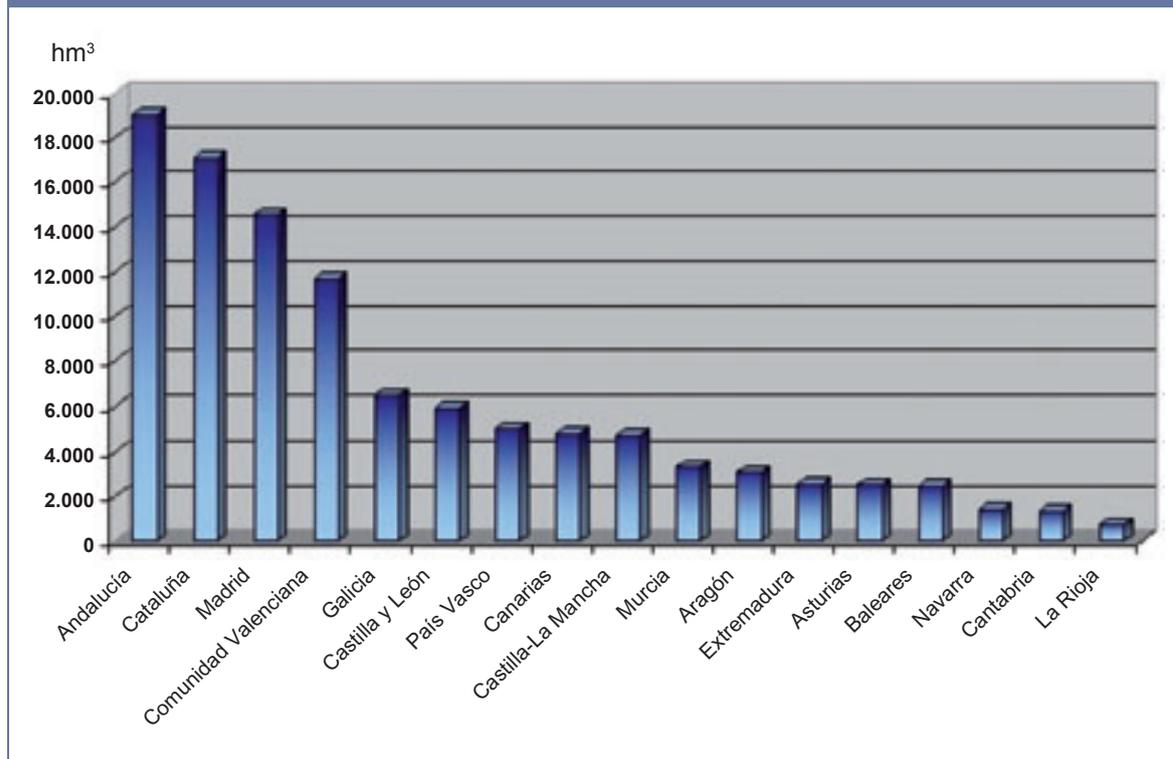


FUENTE: Elaboración propia.

La intensificación de las demandas urbano-turísticas producida durante la segunda mitad del siglo XX, ha incrementado la vulnerabilidad de muchos sistemas de abastecimiento frente a las secuencias largas de sequía. Tras el fuerte incremento del consumo de agua potable subyace la fuerte expansión de las ciudades y, unido a ello, el alza de nivel de vida, la elevación de los módulos de gasto por la generalización de electrodomésticos y de los hábitos de aseo (Rico, A.M., 2004). También interviene el aumento del consumo en establecimientos industriales y en los servicios municipales de limpieza de calles, plazas, etc. Cabe recordar, asimismo, que el abastecimiento urbano goza de prioridad de uso

legalmente establecida frente a otras demandas (Art. 60. Texto Refundido Ley de Aguas), que se hace extensiva a sus elevadas exigencias de calidad y garantía de suministro. El Libro Blanco del Agua en España (1998), asignaba a los usos urbanos un consumo de 4.667 hm<sup>3</sup>/año. Este valor de consumo no corresponde con el consumo facturado, que es bastante menor, sino con la demanda bruta que es satisfecha por las entidades suministradoras. La Asociación Española de Abastecimientos de Agua y Saneamiento (AEAS) sitúa esa demanda bruta entre 4.200 y 4.750 hm<sup>3</sup>/año, que incluye volumen no facturado, gasto en establecimientos industriales conectados a la red, agua suministrada gratuitamente a entidades públicas, consumo turístico y estacional, etc., (AEAS, 2002).

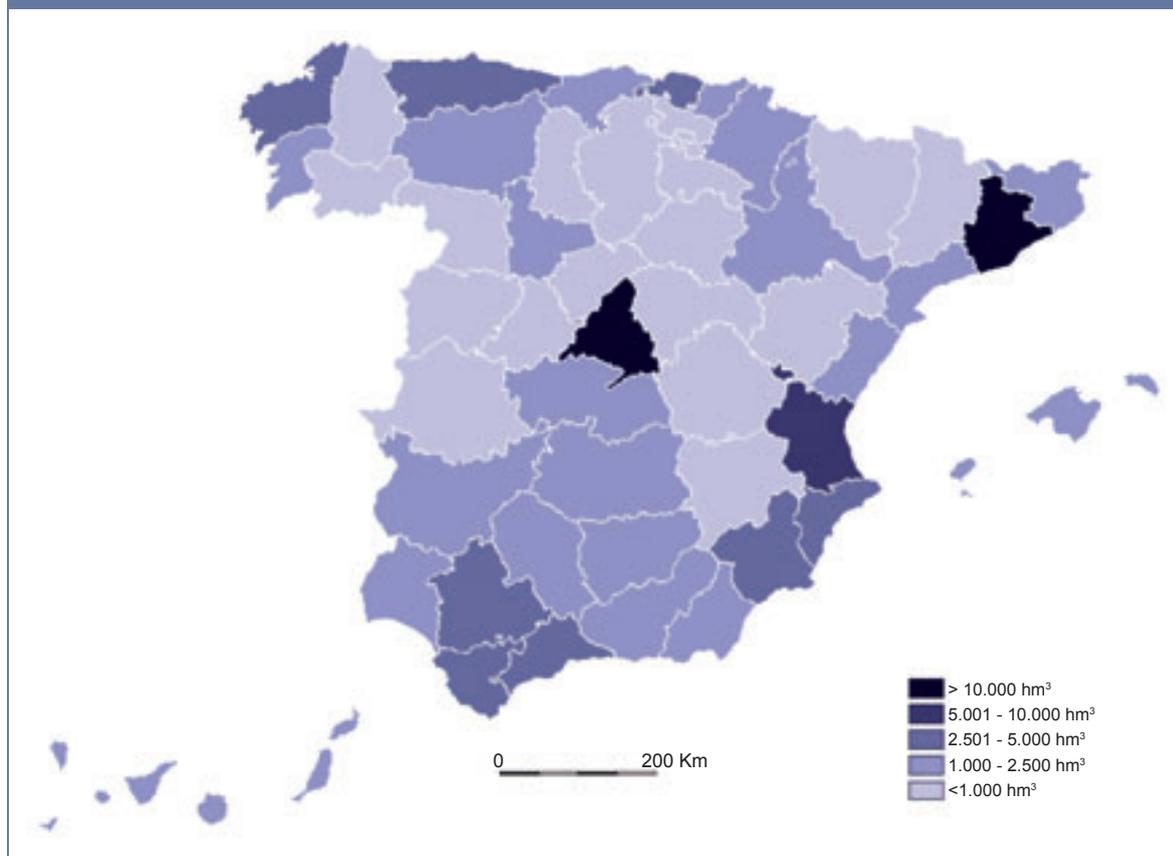
FIGURA 30. La "Huella Hídrica" por Comunidades Autónomas (2007).



FUENTE: Elaboración propia.

Estas estimaciones sobre el gasto de agua potable en España, se aproximan a las ofrecidas por el Instituto Nacional de Estadística (2002), que elevan el consumo bruto a 4.781 hm<sup>3</sup>/año. Este gasto incluiría el volumen controlado por las entidades suministradoras, que asciende a 3.781 hm<sup>3</sup>/año, y el agua no contabilizada o perdida, que supone 1.000 hm<sup>3</sup>/año, es decir, el 20,9 % de la demanda bruta. Del agua controlada (3.781 hm<sup>3</sup>/año), el consumo doméstico en hogares asciende a 2.482 hm<sup>3</sup>/año, es decir, el 65,6 %. Le siguen otros sectores de consumo, donde se incluyen las industrias conectadas a la red, con 840 hm<sup>3</sup>/año (22,2 %); los consumos municipales, con 303 hm<sup>3</sup>/año, que suponen el 8 % del agua controlada; y otros consumos, que se elevan a 155 hm<sup>3</sup>/año. La distribución regional del consumo ofrece bastantes contrastes, de forma que Andalucía (667 hm<sup>3</sup>/año), Cataluña (657 hm<sup>3</sup>/año), Madrid (482 hm<sup>3</sup>/año) y Comunidad Valenciana (368 hm<sup>3</sup>/año) suman 2.174 hm<sup>3</sup>/año, que supone el 57,5 % del gasto de agua potable controlada en España. Según las estimaciones del Instituto Nacional de Estadística, la regiones que ofrecen las mayores pérdidas de agua potable serían Aragón (35 %), Ceuta y Melilla (33 %), Comunidad Valenciana (29,9 %), País Vasco (29 %), Asturias (23 %) y Baleares (23 %). En el lado opuesto, las regiones que ofrecen unas pérdidas mucho menores serían La Rioja (11 %), Galicia (13 %), Madrid (13,6 %) y Navarra (14 %), (todo ello explica la importancia que tiene conocer y valorar la "Huella Hídrica" que presentan estas regiones). Ahora bien, llegados a este punto debemos de ser conscientes de que el análisis por Comunidades Autónomas enmascara cuestiones relacionadas con una realidad, cuando menos compleja. Es por esto por lo que, se nos antoja necesario descender en el análisis escalar.

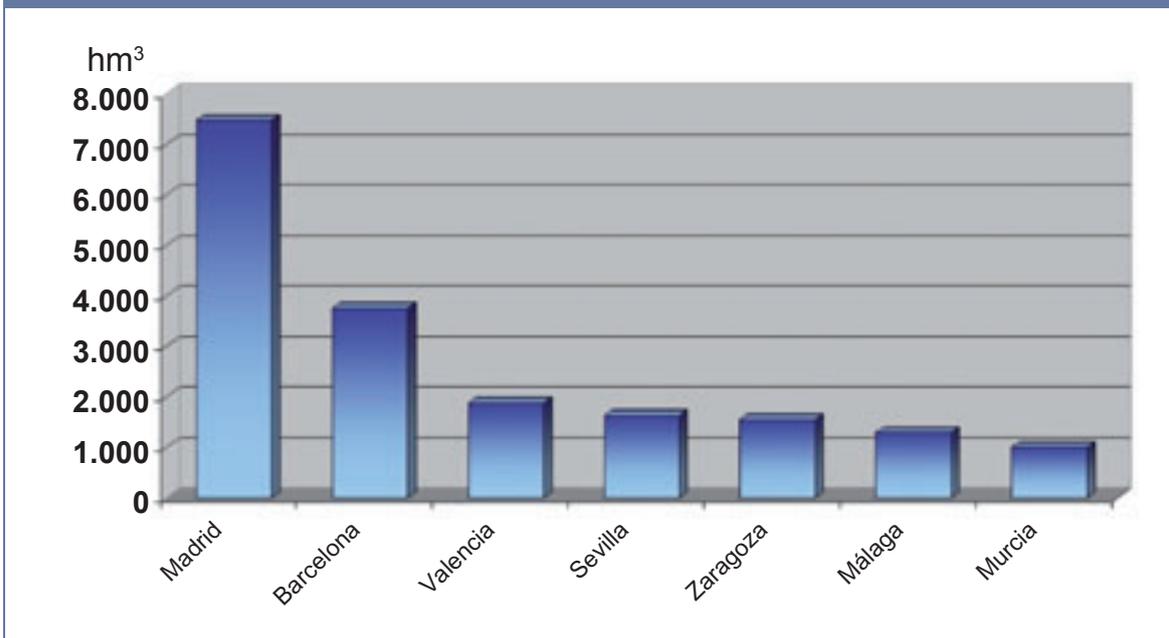
FIGURA 31. España, "Huella Hídrica" por provincias (2007).



FUENTE: Elaboración propia.

Desde una perspectiva provincial, Barcelona y Madrid, por un lado, Valencia por otro y Vizcaya, Asturias, La Coruña, Alicante, Murcia, Sevilla, Cádiz y Málaga son las provincias con una mayor "Huella Hídrica" de nuestro país, quedando todas ellas por encima de los 2.500 hm<sup>3</sup>. El resto de las provincias españolas no superan este umbral, e incluso no son pocas las que quedan por debajo de los 1000 hm<sup>3</sup> (Lugo, Orense, Huesca, Teruel, Lérida, Álava y doce provincias más) (Ver Figura 31). Una posible explicación la encontramos en el hecho de que a principios de los años noventa del pasado siglo, el agua no registrada oscilaba del 34 % de las grandes áreas metropolitanas y el 24 % de las poblaciones inferiores a 20.000 habitantes. En la encuesta de 2000, el porcentaje de agua no controlada había descendido al 24,81 %, con valores del 19,72% en las áreas metropolitanas y del 29,52 % de las poblaciones con población comprendida entre 20.000 y 50.000 habitantes. Entre las causas que explican la existencia de un alto volumen de agua no registrada, se encontrarían las propias pérdidas en la red (45%), los errores en la medición y el subcontaje (18%), situaciones de fraude (4%), y otros factores desconocidos (23%). Y es que los problemas del agua constituyen una compleja realidad poliédrica en la que entremezclan escalas y situaciones, intereses y valores, derechos y apetencias. Cualquier intento de solución debe partir de un análisis objetivo, holístico y ponderado, de los elementos que conforman esa realidad. En cierto modo podemos decir que lo que ocurre con el agua es, simplemente, la versión hidrológica de una realidad superior, que no es otra que el modelo de sociedad que hemos creado, que -a su vez-, ha dado lugar a un tipo de ser humano especial, depredador, atrapado en una dinámica que le obliga a consumir toda su energía, su capacidad de imaginación y su libertad en una dirección negativa, insolidaria y destructora.

FIGURA 32. La “Huella Hídrica” por provincias (2007).

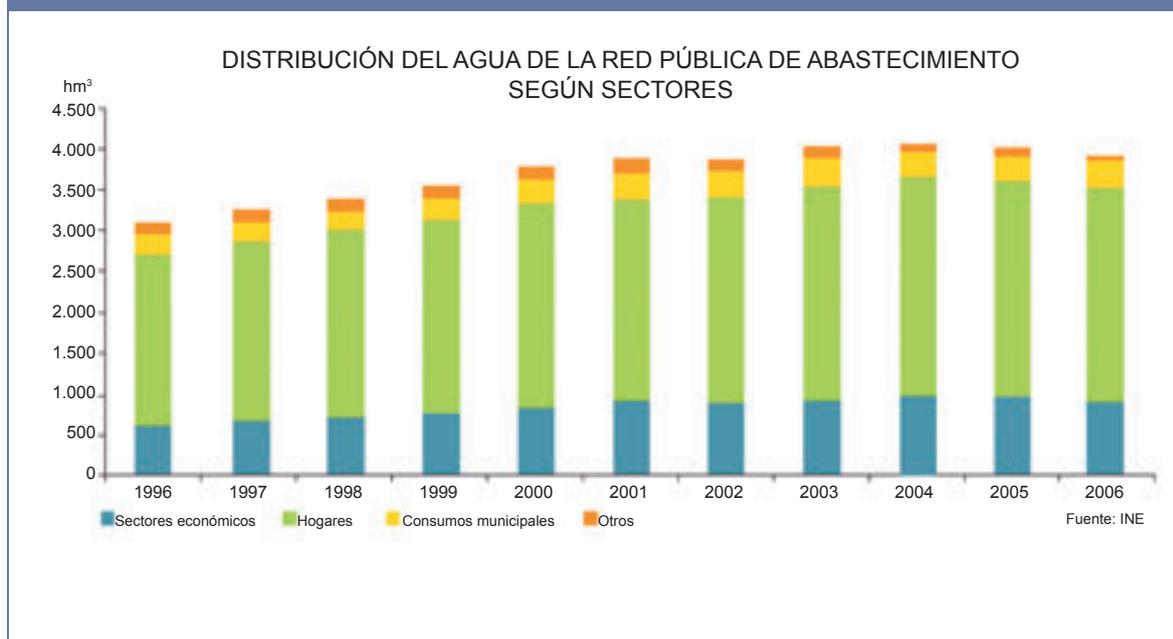


FUENTE: Elaboración propia.

Una singularidad reciente añadida al escenario hidrológico del país, es que al ancestral uso del agua para transformar secanos en regadío y para la generación de electricidad, se ha unido la apetencia por el recurso, también desmesurada e insaciable por naturaleza, para promover grandes negocios urbanísticos basados en la creación de formas exóticas de vida, en las que el agua es ofrecida como un bien libre que permite crear ambientes idílicos de fantasía y capricho, con jardines hidrófilos, murmullos de agua, piscinas privadas a discreción, y generosas cartas de campos de golf,... todo ello para deleite de un determinado tipo de sociedad dispuesta a pagar el capricho y la ostentación en lugares donde la naturaleza no dispone del agua requerida para esas fantasías, que debe ser traída de otras cuencas, o satisfecha a expensas de la esquilación de los sistemas hidrológicos propios mientras se pueda, con la seguridad que les da la experiencia de los hechos consumados. De aquí la notable importancia que adquiere el análisis a nivel municipal de la “Huella Hídrica” de nuestro país. En el mapa adjunto se pone de manifiesto, a nivel estatal, el enorme peso de la “Huella Hídrica” de Madrid y Barcelona, junto con el resto de la trama urbana de nuestro país.

Una explicación la encontramos en el consumo de agua de nuestro país, que en 2006 redujo su volumen, tanto en el abastecimiento urbano como en los usos agrarios (tal y como recoge el “Perfil Ambiental de España”, 2009).

FIGURA 33. Distribución del agua de la red pública de abastecimiento según sectores.

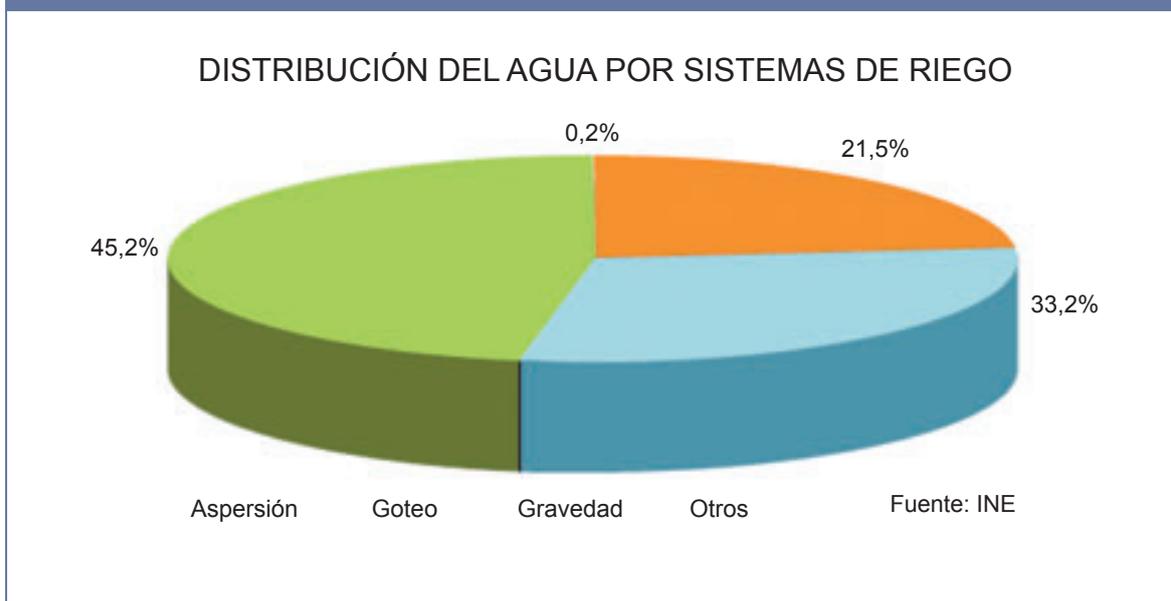


FUENTE: MIMAN.

El volumen de agua distribuida por las redes de abastecimiento urbano en España en el año 2006 ha disminuido un 3,6% con respecto al año anterior, hasta los 4.698 hm<sup>3</sup> de agua. Esto supone, una confirmación de la tendencia a la baja iniciada en el año 2005. De esta cantidad, un 83,3% se distribuyó para el consumo de los hogares, de los diversos sectores económicos (industria, servicios y ganadería), así como para los consumos municipales (Figura 33).

El consumo medio de agua de los hogares se situó en 160 litros por habitante y día en el año 2006 frente a los 166 litros por habitante y día, registrados en 2005. El uso de agua de las explotaciones agrarias ascendió a 15.865 hm<sup>3</sup>, pero se redujo con respecto al año 2005 en un 3,9%. Se mantiene la disminución en el consumo de agua para riego, fruto de la modernización de regadíos llevada a cabo en los últimos años. La cantidad de agua empleada para riego por aspersión y gravedad continuó descendiendo, un 11,9% y un 7,5% respectivamente, aumentando en un 8,3% el volumen de agua aplicado en cultivos con técnicas de riego por goteo (Ver Figura 34).

FIGURA 34. Distribución de agua por sistemas de riego.



FUENTE: MIMAN.

En la comparación de la evolución de PIB (a precios constantes) con el consumo de agua, expresado como “disponibilidad total de agua potabilizada” y como “agua distribuida para el abastecimiento público”, se observa que después de unos años en los que ambas variables aumentaban de forma similar, a finales del año 2004 comienza a producirse un descenso en el consumo de agua, mientras el Producto Interior Bruto continuaría aumentando. El comportamiento ascendente del Producto Interior Bruto, en contraposición con la estabilidad de los valores de disponibilidad de agua, indica un uso más eficiente del agua, que permite un crecimiento económico sin necesidad de aumentar el consumo del recurso agua.

De esta manera, el análisis e interpretación de la “Huella Hídrica” a nivel municipal (en el ámbito estatal y regional), nos permitirá valorar las diferencias territoriales y los desequilibrios inter e intrarregionales. La observación del mapa de la “Huella Hídrica” a nivel estatal nos muestra la aparición de la dicotomía centro-periferia, remarcando la huella de las ciudades españolas, complementado con la aparición de dos ejes perfectamente diferenciados: El Atlántico y el Mediterráneo.

En su interpretación, distinguimos de esta manera unas desigualdades territoriales que, “grosso modo”, coinciden con los desequilibrios demográficos, sociales y económicos. A saber:

**a)** Mantenimiento e incluso aumento de las desigualdades desde la perspectiva de la “Huella Hídrica” en relación con la población y la producción. Excepción hecha de Madrid, la población española ha mantenido la tendencia a dirigirse hacia los grandes núcleos urbanos de la periferia peninsular, así como hacia los distintos paisajes de huerta, vega o “ribera” constituye, a una determinada escala, una pieza de patrimonio cultural. A mayor escala, con mayor detalle, el patrimonio cultural que albergan esos paisajes es un entrelazado de estructuras de interés y valor por sí mismas: tramas rurales (parcelario, viario, mosaicos de cultivos, edificaciones tradicionales dispersas), sistemas hidráulicos (pequeñas presas, azudes, partidores, canales, azarbes, acequias...), elementos de patrimonio arqueológico industrial (molinos, batanes, aceñas, pequeñas centrales), puentes, red de asentamientos tradicionales, etc. Ese repertorio de estructuras paisajísticas, en el sentido que las entiende y define la Loi Paysage de Francia (1993), constituye un índice tentativo, ajustable siempre a la realidad de cada lugar, para la caracterización de los paisajes culturales de los viejos regadíos; se trata de una tarea que nunca puede desligarse de su base geográfico-física -por más que aquí se insista en los factores culturales-, con la que históricamente se han establecido relaciones de adaptación, que hacen a estos paisajes legibles y coherentes con su medio. Coincidiendo estos espacios con municipios que presentan unos mayores índices de “Huella Hídrica”.

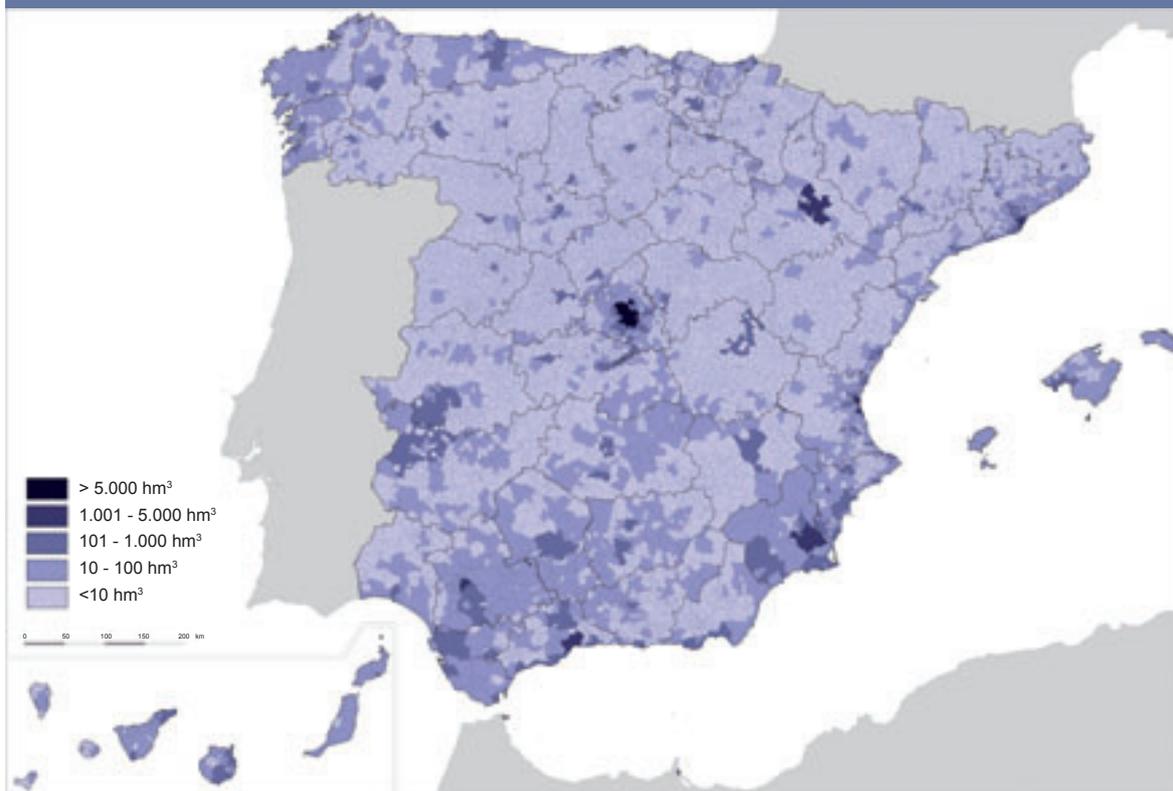
Como señalan Rafael Mata Olmo y Santiago Fernández Muñoz (“Paisajes y patrimonios culturales del agua”) al patrimonio material, hay que sumar usos, conocimientos, técnicas e instituciones que las Comunidades que han aprovechado históricamente estos espacios han ido generando y transmitiendo, hasta constituir un acervo de patrimonio inmaterial de elevado valor, que los individuos reconocen como propios y que, en la mayor parte de los casos, manifiestan aún su vitalidad en la gestión actual del riego. De hecho, en los municipios de la Ribera valenciana, tan importantes como la tecnología hidráulica o el uso agrario del agua, son los aspectos organizativos: normas claras, coordinación de las actuaciones, sanciones para hacer efectivas las normas, todo un sistema institucional que “depende de factores inmateriales difíciles de acotar puesto que afectan a las relaciones sociales y, en buena medida, no han dejado testimonio escrito” (Calatayud Giner, 2006:56). Ciertamente, la construcción histórica de estos paisajes de vegas, huertas y riberas –y, a otra escala y en contextos ambientales muy distintos, de los de regadíos abancalados de montaña- ha supuesto una transformación importante de los paisajes fluviales naturales con fines productivos (desde la circulación hídrica y la morfología fluvial, a los sotos y topografía de la planicie aluvial). Pero cierto es también que los sistemas de regadío han desempeñado –y desempeñan- un importante papel ecológico y ambiental, de forma similar a otros sistemas agrarios mediterráneos en los que la gestión inteligente de los recursos y de los paisajes ha conducido al diseño de sistemas muy productivos y a la vez sostenibles, hasta el punto de que muchos de ellos se han mantenido durante siglos hasta la actualidad. Podría decirse, utilizando un calificativo de creciente predicamento en las tareas de caracterización y valoración paisajística, que estos paisajes culturales del agua son legibles (entendibles) y coherentes con el potencial agroecológico del ambiente natural sobre el que se levantan, responden a una historia y a una cultura propias del mundo mediterráneo (aunque no sólo), y presentan, como se ha señalado recientemente (Matínez y Esteve, 2001), una gran proximidad espacial e incluso ecológica del regadío respecto a los ecosistemas riparios naturales. En relación con los procesos ecológicos fundamentales, los ciclos hídricos no son modificados en exceso en el conjunto del sistema río-vega-acuífero aluvial. El sistema presenta, en palabras de los autores citados, una elevada recirculación interna de agua y de nutrientes y, de modo global, una exportación neta ligada a un comportamiento vectorial desde la cuenca hacia la costa, similar a la que pueden presentar los sistemas fluviales naturales.

Algo parecido puede señalarse de los viejos paisajes de regadío de montaña, fuertemente humanizados, como el de las vertientes aterrazadas y las acequias de la Alpujarra, al sur del macizo de Sierra Nevada, un área con grandes dificultades de regulación hídrica y escaso poder de almacenamiento e infiltración del agua, tanto por razones topográficas como litológicas, y por la falta de adecuada cobertura vegetal. Las acequias no son más que la respuesta humana a la necesidad de satisfacer necesidades de abastecimiento, en un sistema de baja regulación, con estiajes muy secos y prolongados.

Justamente el sistema tradicional de regulación ha consistido –siguiendo a Antonio Castillo (1999)- en derivar aguas del deshielo de los ríos y manantiales, para jugar con ellas por las laderas, careándolas y favoreciendo infiltraciones y emergencias continuas, a fin de retenerlas durante el mayor periodo de tiempo posible en el espacio alpujarreño. Con las derivaciones más altas (borreguiles y chortales) se pretendía extender los pastizales de montaña, alimento durante el estío de la importante cabaña ganadera, así como de las poblaciones de cabra montés. Más abajo, la misión fundamental de las acequias era la de transportar el agua hasta los campos de cultivo abancalados, en muchos de los cuales se abrían boqueras para favorecer, en sitios elegidos, pastizales más bajos o mantener arboledas. En otras ocasiones, el objetivo era únicamente el de recargar acuíferos, dejando carear el agua en zonas calizas o de fractura, con el objetivo de incrementar los caudales de las fuentes y “remanentes” situados más abajo, ya en las proximidades de los pueblos. Un sistema hídrico, pues, claramente humanizado, modelador de un paisaje cultural coherente con el medio montano, y de interés económico, ambiental y patrimonial, aunque sometido a intenso abandono en los últimos decenios (Camacho, 2003). También aquí las iniciativas de “modernización” y de trasvases, surgidas con fuerza en la comarca tras la sequía de los años 90, habrán de tomar en consideración, como señala Castillo Martín (1999: 8), junto a otras motivaciones, unos impactos considerables no sólo sobre la estética y la percepción del paisaje, sino sobre el papel fundamental de las “pérdidas” en el ciclo del agua en estas laderas, en relación con el mantenimiento de arboledas y pastizales, y con la existencia de fuentes y manantiales tradicionales.

**b)** En líneas generales, los municipios que presentan un mayor nivel de “Huella Hídrica” se corresponden con los núcleos urbanos de nuestro país. Y es que, la ubicación de funciones consuntivas de agua en los mismos coadyuva a que se produzca este fenómeno. De hecho, si concedemos rango plenamente urbano a las poblaciones de más de 2000 habitantes, podemos observar que se da una correspondencia casi total con una Huella de más de 100 hm<sup>3</sup>, superándose los 5000 hm<sup>3</sup> en las áreas de influencia de las principales ciudades de nuestro país (Madrid, Barcelona, Zaragoza, Sevilla, Málaga, ...). Sobre estos datos, a la vista de los resultados recogidos en el mapa adjunto, podemos señalar la laxa disposición sobre el territorio de los municipios con una mayor Huella (correspondiéndose, *mutatis mutandis*, con los propios desequilibrios territoriales existentes en nuestro país; de hecho, los menores niveles de Huella se corresponden con áreas que quedan al margen de un sistema urbano marcado por su desajustada jerarquía) (Figura 35).

FIGURA 35. España, “Huella Hídrica” por Municipios (2007).



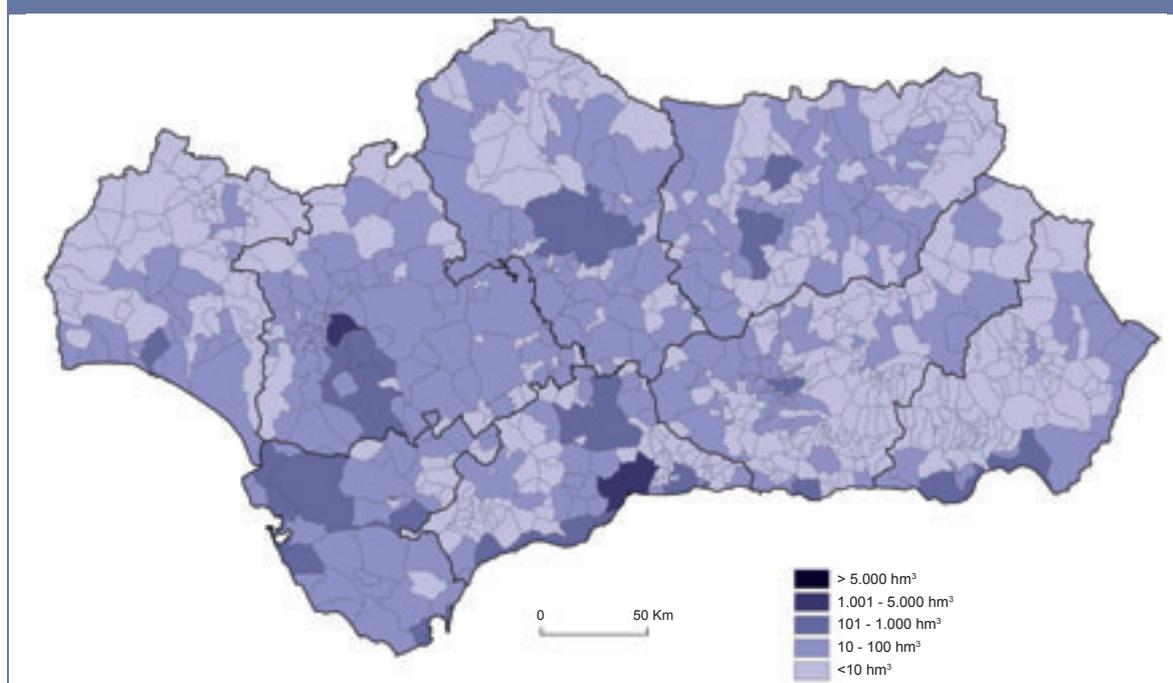
FUENTE: Elaboración propia.

**c)** Junto con las diferencias interregionales es importante valorar los desequilibrios intrarregionales. Detengámonos, pues, en el análisis de la “Huella Hídrica” de las Comunidades Autónomas de nuestro país. Cuando todo era medio natural, el hombre escogía de la naturaleza aquellas partes o aspectos que consideraba de importancia para el desarrollo de su vida, dando valor, según los lugares y las culturas, a esas condiciones que constituyen la base natural de la sociedad. Desde esta perspectiva, la valoración de la “Huella Hídrica” de las regiones españolas puede servirnos para interrelacionar el medio natural y técnico de nuestro país, teniendo en cuenta que las técnicas y el trabajo se convinan con los recursos que nos ofrece la naturaleza, en la que cobra una gran importancia el agua. No debemos olvidar que en lo relativo al espacio, el componente material está cada vez más integrado por lo “natural” y lo “artificial”. Las regiones pasan a distinguirse en función de la extensión y de la densidad de la sustitución entre los objetos naturales y los objetos culturales por los objetos técnicos. De esta manera podemos valorar las diferencias intrarregionales del medio técnico-científico-informacional no sólo mediante la valoración de un elemento esencial para nuestra vida, el agua, sino en las variaciones que encontramos al tratarla desde las nuevas perspectivas, en éste caso, la “Huella Hídrica”. Detengámonos, pues, en su interpretación, y en la dualidad causa-efecto, consecuencia de su distribución espacial.

### c.1. Andalucía:

La “Huella Hídrica” de Andalucía presenta una disposición en los niveles superiores, similar a la distribución de la población y a los principales núcleos urbanos; es decir, nos encontramos con una mayor concentración en los municipios costeros (desde Ayamonte, en Huelva, hasta Almería). Esto se explica por la concentración de las actividades industriales (Huelva, Cádiz, Algeciras, Málaga), el desarrollo de una agricultura intensiva en el cordón litoral, la dinámica turística, en toda la costa. A éstos añadir los municipios del interior, asentados en el valle del Guadalquivir, representativos de las agrocidades, que muestran una Huella en ocasiones superior a los 1.000 hm<sup>3</sup>. Por el contrario, los municipios que presentan niveles inferiores incluso a los 100 hm<sup>3</sup>, son los del interior; los que se ubican en las áreas de montaña (áreas deprimidas, como es el caso de la Sierra Morena Onubense). Desde una perspectiva sectorial, se pone de manifiesto el importante nivel de agua virtual exportada a través de los productos agropecuarios, si bien la construcción y los servicios, también explican, en parte, la Huella de los municipios andaluces. Indudablemente, en la explicación buscada desempeña un papel importante el hecho de que la superficie agraria utilizada en Andalucía supone casi el sesenta por ciento de las tierras (éstas se distribuyen entre tierras labradas y pastos permanentes, completándose un cuarenta por ciento más, de tierras dedicadas a especies arbóreas forestales). Además, en Andalucía no sólo no se ha producido una disminución del número de explotaciones, sino que se está dando un aumento, que cabe relacionar con el proceso de nueva ruralización que se ha dado a lo largo de las últimas décadas (Figura 36).

FIGURA 36. “Huella Hídrica” por Municipios; Andalucía. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

Por otra parte, podemos señalar que los principales niveles de “Huella Hídrica” de Andalucía, se corresponde, grosso modo, con el propio sistema urbano andaluz, que descansa sobre la red de ciudades medias y los centros subregionales o capitales de provincia (junto con dos ciudades con una importante Huella, Jerez de la frontera y Algeciras). De una u otra forma, de lo anteriormente señalado se desprende la importancia que puede jugar la “Huella Hídrica” en el futuro desarrollo de esta región, contribuyendo –a partir de su conocimiento- a la corrección de las desigualdades en calidad de vida y bienestar social, de los municipios andaluces.

### c.2. Aragón:

La “Huella Hídrica” de Aragón muestra la realidad de una región que dista mucho de constituir una región natural; su medio físico se caracteriza por una gran diversidad que se traduce en riqueza de recursos y gran potencialidad de usos (y esto se refleja en su “Huella Hídrica” municipal). Así, mientras en el Pirineo dispone de notables excedentes hídricos, la sedienta tierra llana está especialmente dotada por el régimen térmico para el uso agrícola; ello hace de la gestión del agua una cuestión crucial, aún no enteramente resuelta. Aragón dispone además de amplios espacios susceptibles de repoblación, así como una riqueza forestal no desdeñable. La ganadería encuentra también amplias posibilidades. El turismo es otro beneficiario de la diversidad del territorio, en especial de ciertos recursos como la nieve. La intensidad del viento –en especial el cierzo, del NO- y el carbón bajoaragonés se suma el agua en cuanto a fuentes de energía de gran potencialidad (Figura 37).

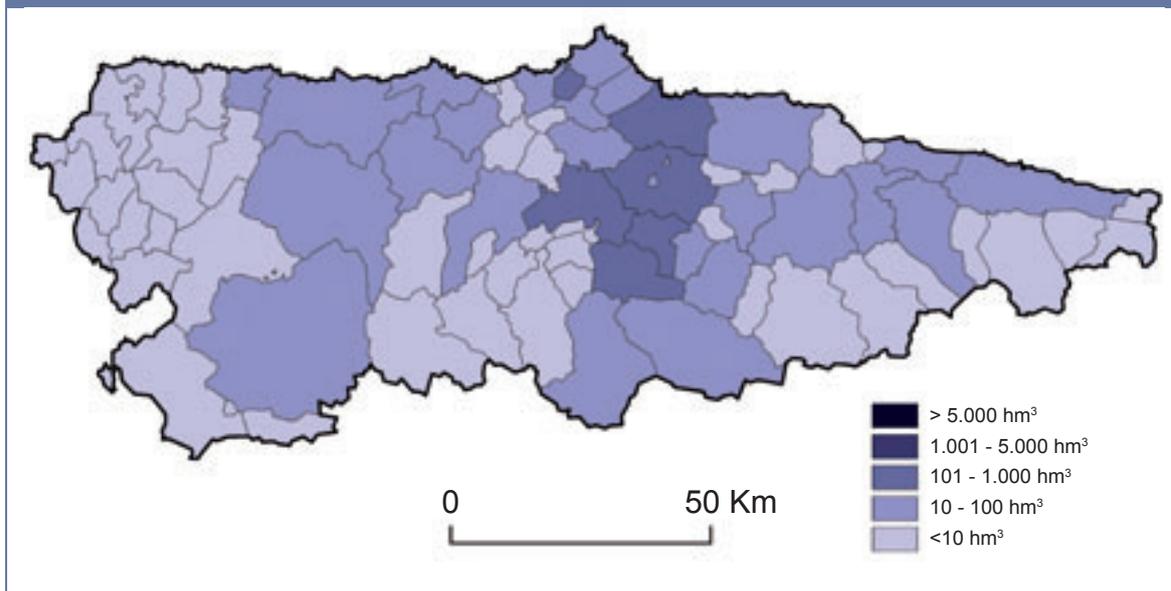
La distribución de su “Huella Hídrica” corre pareja al reparto de la población sobre el territorio, plasmado en el tipo y características de los asentamientos, base primordial de su organización humana, pues el tamaño de los núcleos y la distancia entre ellos, así como la existencia o no de viviendas aisladas, se debe a una determinada forma de apropiamiento y dominio de la tierra, y, ha repercutido en la posterior evolución y dinámica demográfica (Frutos, L. M.<sup>a</sup> et al 2000).

La “Huella Hídrica”, a nivel municipal, se eleva sobre el entramado de casas rurales, pueblos, villas y ciudades de escasa dimensión que ha caracterizado desde antiguo esta región, la población de Aragón ha sido siempre escasa, creciendo a un ritmo bastante lento y desigual, tanto en el espacio como en el tiempo, mostrando en la actualidad claros síntomas de envejecimiento y un marcado desequilibrio en su distribución territorial. Aragón es un territorio poco poblado y de desigual ocupación espacial, hecho subrayado por la escasez de ciudades de rango medio y la abundancia de pequeños pueblos de menos de 100 y de 500 habitantes, todo lo cual repercute en la organización del territorio (la densidad demográfica media es de 78 hab/km<sup>2</sup>, pero existe una importante desviación de este valor medio).

Es significativo que la mayoría de las zonas con tan escasa densidad se sitúen en las áreas montañosas del Pirineo o la Ibérica, donde la Jacetania, Calatayud y las Cuencas Mineras son excepción a la regla. Fuera de ese ámbito, Monegros y Campo de Cariñena destacan asimismo, por su baja densidad. Hay, sin duda relación con las características del relieve y la aridez, factores ambos que han estimulado la secular emigración de la montaña al valle y de los secanos a las zonas de regadíos: más del 65% de la población está asentada entre las cotas de 200 y 400 m. de altitud, que es también el área con mayor intensidad de tierras regadas. Los pueblos son de reducidas dimensiones demográficas, pues algo más del 70% no rebasan los 500 habitantes y de ellos un 17% no tiene más de 100 habitantes. Sólo 51 superan las 2.000 almas, que es el límite estadístico en España para calificar de semiurbano un núcleo, y tan sólo 11, incluyendo las tres capitales de provincia, tienen más de 10.000 habitantes, pudiendo ser considerados plenamente urbanos. Ninguno de ellos rebasa los 50.000 habitantes, salvo Zaragoza, que acumula más de 600.000 personas. Esto supone una marcada macrocefalia, a la que ya se ha aludido, y una deficiente jerarquización de la red urbana. Si se considera la capital y su área de influencia inmediata, se asienta aquí el 60% de la población aragonesa de hecho, y si al contingente total se le restan los habitantes de las tres capitales de provincia, el montante demográfico regional se reduce a unas 525.000 personas. Las consecuencias de esta atomización del doblamiento y del desequilibrado reparto han de repercutir, sin duda, en otros aspectos de la organización económica y, en suma, en los problemas que plantea una inadecuada articulación del territorio. Todo ello tiene especial reflejo en la “Huella Hídrica” que presenta niveles muy elevados en Zaragoza (por encima de los 5000 hm<sup>3</sup>), el resto de la región muestra unos niveles por debajo, incluso, de los 10 hm<sup>3</sup>, cuya relación causa-efecto acabamos de mostrar anteriormente.



FIGURA 38. “Huella Hídrica” por Municipios; Asturias. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

#### c.4. Islas Baleares.

La “Huella Hídrica” de Baleares está directamente relacionada con el hecho de que Mallorca concentra, las cuatro quintas partes de la población. Además, en Palma, la capital, se censan dos de aquellas cinco partes, la mitad de la población mallorquina de derecho. A esta situación se ha llegado a través de una evolución demográfica, económica y del doblamiento que, entre islas, ha acusado notables diferencias. También resulta fácil identificar lo balear en términos de geografía humana. Los flujos e influencias humanas –demográficas y socioeconómicas- interinsulares han sido, y en gran medida siguen siendo, efímeras. El aislamiento afecta, y ha afectado, a cada una de las islas (esto tiene fiel reflejo en la realidad de una Huella que en las islas oscila entre los 10 y los 100  $\text{hm}^3$ , umbral sólo superado por Palma de Mallorca en niveles entre 100 y 1000  $\text{hm}^3$ ).

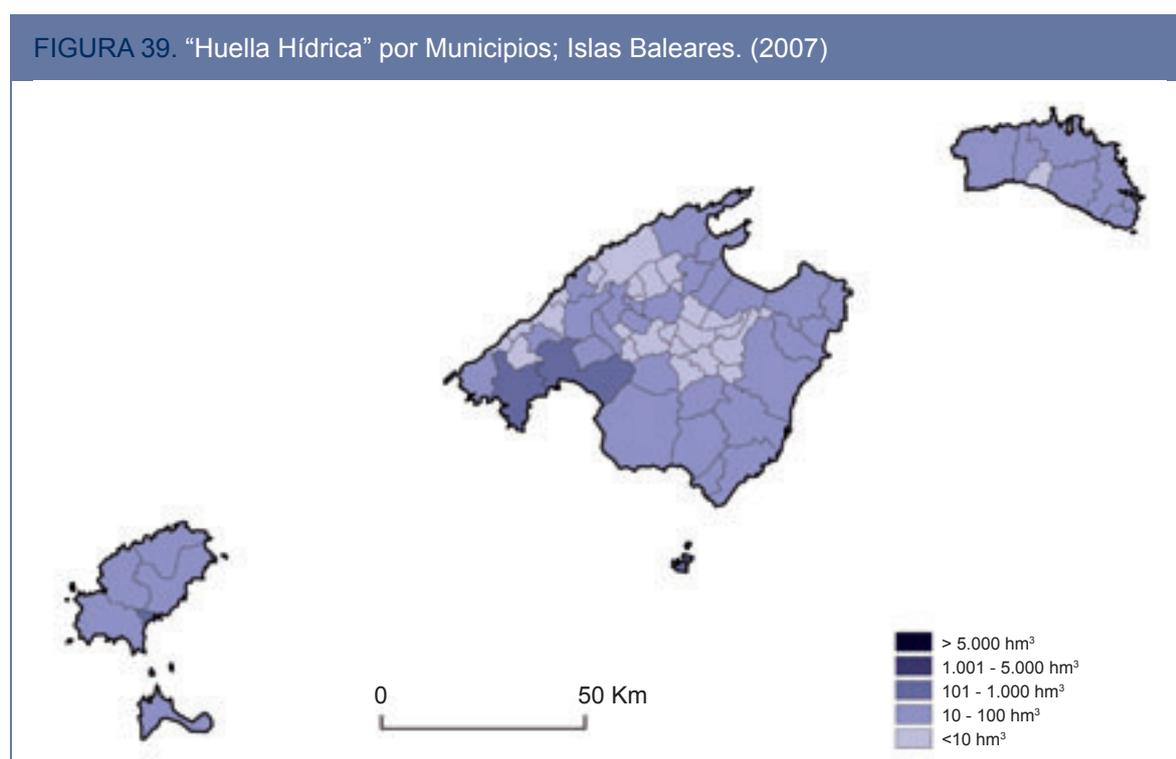
Hoy existen unos activos demográficos que pueblan y controlan el espacio con diferentes patrones territoriales. Esta organización espacial responde a dos tipos de condicionantes: los derivados del medio físico y los que la historia ha legado. Del desarrollo industrial postautárquico queda, en Mallorca y en Menorca, la consideración urbana de los principales núcleos de la jerarquía urbana, la especialización ganadera de Menorca, el regadío de Mallorca y el tapiz de frutales de secano –especialmente del almendro- que cubre Mallorca e Ibiza conviviendo con un pie de herbáceos de secano. La parcelación de las fincas rústicas que inicia el deshielo de la gran propiedad es, igualmente, de la época colonial.

En los momentos actuales la “Huella Hídrica” nos muestra una realidad consecuencia de una economía turística, crecimiento económico y motorización. De una parte la población de derecho que no trabaja directamente en el sector turístico se relocaliza puntualmente en fin de semana y provisionalmente en verano. Por otra parte, en momentos punta de la temporada veraniega, las islas incorporan una población alóctona casi equivalente a la autóctona (Rollán, O., 2000).

La “Huella Hídrica” refleja en las islas Baleares la complejidad de una terciarización de la economía que impregna y estructura el territorio. Sin embargo, los sectores primario e industrial, aun siendo minoritarios y terciariodependientes, siguen contando a la hora de interpretar la geografía balear. El primario es clave para entender el paisaje insular mientras que el secundario lo es a la hora de interpretar parte de susodicha Huella. Ésta se ve complementada por las actividades turísticas; gracias a éstas las islas Baleares se han distanciado, a partir de los años sesenta, de la media española en renta disponible, hasta colocarse, en los prolegómenos del presente siglo, a la cabeza de las Comunidades Autónomas;

al mismo tiempo, las islas se han situado en unos niveles de densidad de población soportada muy superiores a las preturísticas.

La referida “Huella Hídrica” en su distribución se nos presenta marcada por macrocefalia que ejerce Palma sobre el resto del supuesto sistema urbano, hipertrofiándolo hasta límites que, en el mejor de los casos ronda el 50% del peso del territorial, dependiendo de la variable utilizada (en nuestro caso la “Huella Hídrica”). Todos estos intentos consideran el sistema urbano balear o mallorquín como si fuera una estructura cerrada. En la isla de Mallorca, la consolidación del modelo urbano de asentamiento. El segundo boom de crecimiento turístico ha incrementado la población en un 37% al tiempo que ha urbanizado definitivamente a la población residente; tres de cada cuatro mallorquines viven en municipios de más de 10.000 habitantes, dos de cada tres lo hace en municipios metropolitanos y tan sólo el 7% de la población mallorquina (unas 44.000 personas) escapa a los grandes municipios y al hecho metropolitano (Figura 39).



Fuente: Elaboración propia.

### c.5. Islas Canarias:

El clima canario, tan ponderado en los últimos años con fines propagandísticos para el turismo, ha sido secularmente un inconveniente más a sumar a un relieve adverso, en la vida de los habitantes de Canarias. Uno u otro elemento, o los dos, han hecho ingrato la interacción entre el medio y el hombre. Esto se refleja también en la “Huella Hídrica” de la región. La constitución paisajística del archipiélago canario puede calificarse de cualquier manera menos de homogénea. En espacios de pocas decenas de kilómetros e, incluso, metros cuadrados, pueden apreciarse muy diferentes unos de otros, marcados por la disposición de un relieve con características orográficas y litológicas muy variadas.

A esto añadir las variaciones demográficas que han modificado el modelo de organización territorial de las islas, a partir de una acusada terciarización ocupacional y un proceso de “urbanización” de la vida del isleño. Se produce, por tanto, un proceso de confrontación entre un espacio rural que tiende a adquirir comportamientos sumisos al macrodinamismo de las ciudades y a estabilizar su evolución demográfica frente al aumento de la densidad poblacional, en algún caso de forma espectacular e indeseada, la diversificación de los servicios, empleo y el nivel de vida en éstas, y el surgimiento de nuevas zonas urbanas sobre áreas antaño despobladas, fenómenos asociados a unos cambios en el

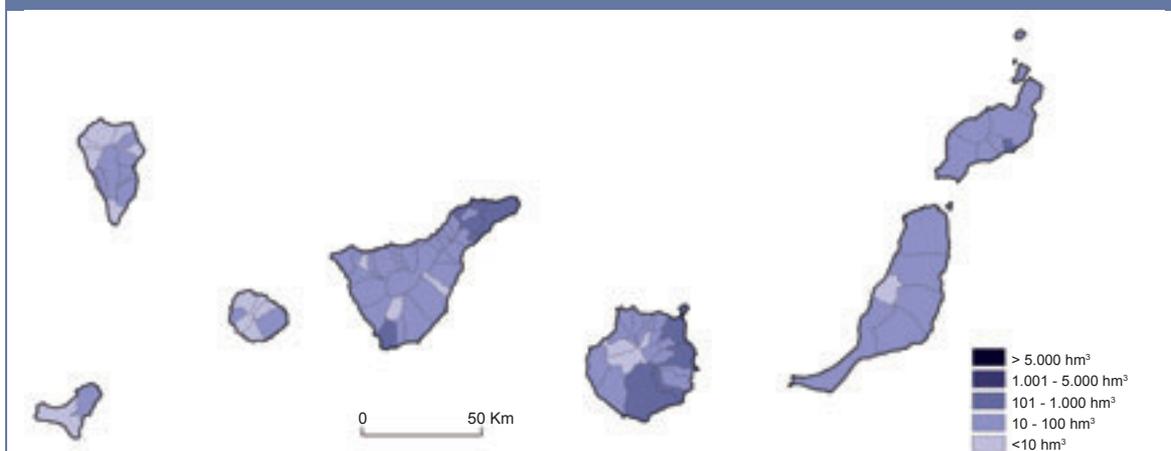
concepto de recursos naturales que orientan su representatividad a la aptitud turística, infraestructural y de ocio en el litoral. La ruptura de la relativa homogeneidad territorial de su distribución a nivel provincial, con mayor peso en las islas occidentales, tiende a consolidar un trasvase poblacional hacia las tres islas orientales, dado el importante dinamismo que ha existido en Gran Canaria y, en los últimos años, en Lanzarote y Fuerteventura, donde la revitalizada actividad portuaria, comercial y, especialmente, la turística, han supuesto factores de atracción ineludibles para una población cansada de las dificultades seculares de la economía rural. La mayor intensidad de estos factores en las islas orientales explica esa tendencia, aunque aún no se haya perdido el equilibrio interprovincial, ya que aquellas han pasado de acoger un 48% de la población regional en 1960, a casi un 53% en 1996. No obstante se aleja bastante del 43% que alcanzaban las islas orientales en 1900. Estos fenómenos explican, en parte, la realidad de una "Huella Hídrica" que en general supera en todas las islas los 10 hm<sup>3</sup>.

A nivel intrainsular, los movimientos hacia los municipios y núcleos costeros, y las importantes diferencias entre éstos y los del interior, especialmente los de cumbres, definen la distribución poblacional de las islas, circunstancia más llamativa en las islas de Gran Canaria y Tenerife. Esto ha sido, en parte, debido a la expansión urbana, mediante procesos de causa-efecto, y la elevada densificación de las ciudades bastante por encima de los límites estándar, a partir de los que se producen externalidades propias de la concentración humana (agotamiento de recursos, elevado consumo de agua, congestión del tráfico, generación de residuos y emisiones contaminantes, etc.), variables que coadyuvan a entender la realidad de la "Huella Hídrica" canaria (Figura 40).

Los últimos componentes que explican importantes transformaciones también se han producido en la estructura sectorial de la economía canaria. El sector servicios ha experimentado un crecimiento explosivo, tal que entre 1960 y 2005 su participación en el PIB regional ha pasado de un 44 a un 85%. Esta terciarización se ha visto acompañada por una pérdida apreciable en la agricultura y la pesca que ha pasado de ser el último de los sectores con un 4% (ocupaba a un 32%), al igual que la industria aunque en menor medida (19-9%). La construcción, en cambio, ha mantenido tendencias moderadas al alza, debido a la expansión urbanística y turística (5-8%). En la "Huella Hídrica" también presenta una notable importancia el cultivo del plátano da lugar a un paisaje intensamente ocupado, con bancales y terrazas, una compleja infraestructura hidráulica compuesta por una trama de acequias, cantoneras, albercas y estanques (Morales, G. et al 2000).

Las ciudades experimentan un fuerte crecimiento y una profunda modernización de su interior, debido al desarrollo del comercio y al aumento de la población, muy importantes en las Palmas de Gran Canarias. Este desordenado crecimiento ha dado lugar a la aparición del espacio periurbano. Invasado por la urbanización marginal, los "bosques", las urbanizaciones dormitorio, las instalaciones industriales y las naves de almacenamiento compiten en el espacio con los restos de lo que hace pocos años fuera suelo rústico, generando una promiscuidad de usos, que se hace muy intensa en las áreas metropolitanas de Las Palmas-Telde (Gran Canaria) y Santa Cruz-La Laguna (Tenerife). En definitiva, una "Huella Hídrica" cuyos componentes están marcados por una notable complejidad.

FIGURA 40. "Huella Hídrica" por Municipios; Islas Canarias. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.6. Cantabria:

En esta región las precipitaciones son abundantes si bien los valores oscilan considerablemente en función del relieve. Principalmente invernales, suelen totalizar entre 1.000 y 1.400 mm anuales en el litoral y en los valles abiertos al mar, donde la lluvia se produce cerca de 200 días al año. Para entender la “Huella Hídrica” de Cantabria conforma un punto de partida que se ve complementado por los contrastes de los fenómenos demográficos; diferencias que en cuanto al nivel de ocupación del espacio regional eran ya notables en 1900 y en mayor medida en 1950, período durante el cual se consolida la comarca costera, y esencialmente su tramo central, como el área más dinámica. Tramo este que presenta los mayores niveles de “Huella Hídrica” de la región. Este proceso de concentración demográfica en el área costera es más patente si se consideran como unidades de análisis no los 102 municipios sino los 962 núcleos de población.

La “Huella Hídrica” supera los 1000 hm<sup>3</sup> en la Cantabria central, definida por el área metropolitana de Santander y el área urbana de Torrelavega, así como por la mayor parte de los municipios de la comarca costera oriental y las excepciones de Potes, Reinosa y los municipios pasiegos. En la susodicha Huella también juega un papel fundamental las actividades económicas, que analizada desde la perspectiva territorial, ponen de manifiesto las diferencias y los desequilibrios internos que caracterizan a la región.

a) Espacios fuertemente terciarizados (con un 55% de población ocupada en el sector servicios) integrados exclusivamente por tres municipios: Santander, centro terciario por excelencia en la primera región al concentrar en su seno los servicios de primer orden (educación, Sanidad, administración pública...); Santa Cruz de Bezana, municipio que ha experimentado una profunda mutación como área de expansión residencial de la capital regional, y Potes, que juega el papel de centro de servicios para la comarca de Liébana.

b) Espacios netamente industriales (más del 50% de la población activa en el sector secundario), que configuran un área homogénea y especialmente continua: el valle medio del Besaya (Molledo, Arenas de Iguña, Cieza, Los Corrales de Buelna, Reocín...) y dos áreas de menor importancia: el valle del Pisueña (Santa María de Cayón y Castañeda) y, en Campoo, los municipios de Reinosa y Enmedio.

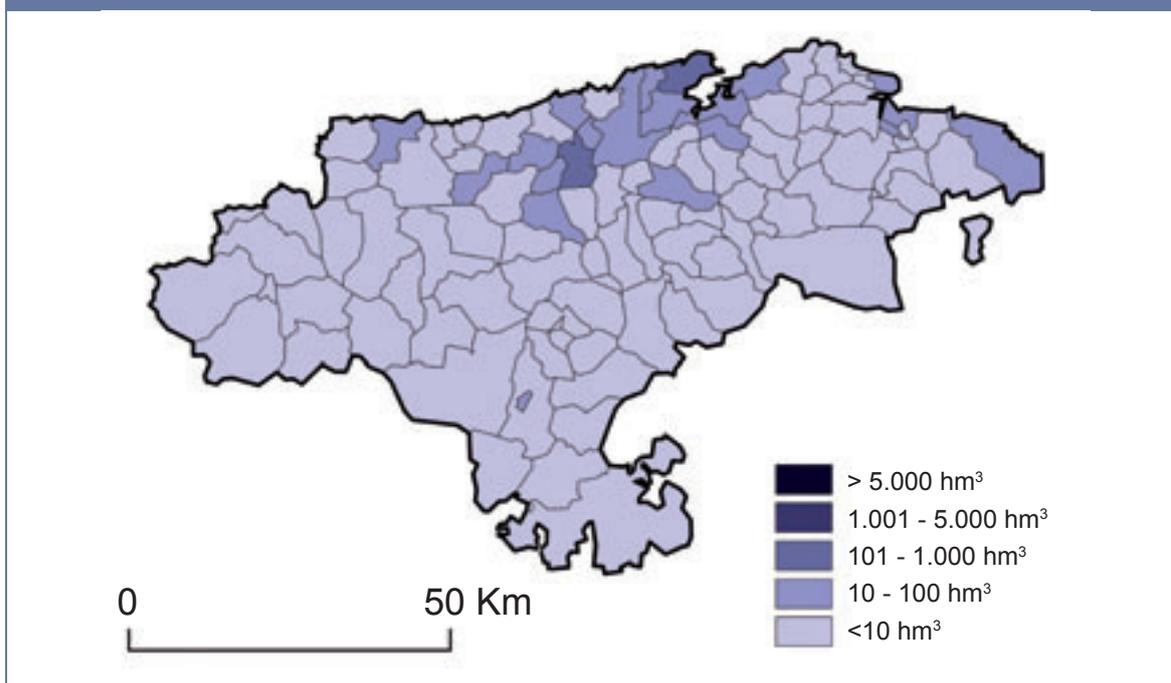
c) Espacios de predominante agraria (o municipios en los que más del 50% de su población activa se dedica al sector primario), definidos territorialmente por los municipios más altos, con mayores pendientes, más inaccesibles, marginales y envejecidos. Así la mayor parte de Liébana, Valderredible, los valles altos del Pas y del Miera, y Soba conforman una amplia aureola territorial, que coincide bastante fielmente con las áreas de montaña de la región (García, J.C. et al).

La “Huella Hídrica” también se ve influida por una red urbana caracterizada por su debilidad y fragilidad, al estar compuesta de un primer nivel con un único municipio con casi 200.000 hab., Santander, seguido de un segundo, Torrelavega, con más de 50.000, y situándose el resto de los municipios por debajo de los 20.000.

Ahora bien, aunque en el conjunto regional el incremento de la población urbana no sea muy significativo, actualmente se está experimentando una progresiva urbanización, proceso que debe ser valorado en sus dos manifestaciones: concentración de la población y creación de suelo urbano, reflejándose, “grosso modo”, en la propia “Huella Hídrica” de la región (Figura 41).

La “Huella Hídrica” de refleja el hecho de que la región está inmersa actualmente en un proceso de cambio económico y territorial irreversible, como consecuencia, entre otros factores, de la reconversión industrial, de la reestructuración del sector servicios, muy especialmente del turismo, y del desarrollo de las grandes infraestructuras de transportes (autovía del Cantábrico, mejora de las comunicaciones intrarregionales...). Todos estos factores tienen un peso fundamental en la concreción de la “Huella Hídrica” de la región. Desde esta perspectiva, los principales fenómenos ligados a este cambio son el mayor grado de integración de sus espacios rurales, el proceso de periurbanización en torno a sus principales núcleos urbanos, el aumento de la movilidad de su población, la modernización de las explotaciones ganaderas, el desarrollo del sector terciario, la ralentización del proceso de despoblación de las áreas de montaña y, en suma, el proceso de urbanización, entendido en su más amplio sentido.

FIGURA 41. "Huella Hídrica" por Municipios; Cantabria. (2007).



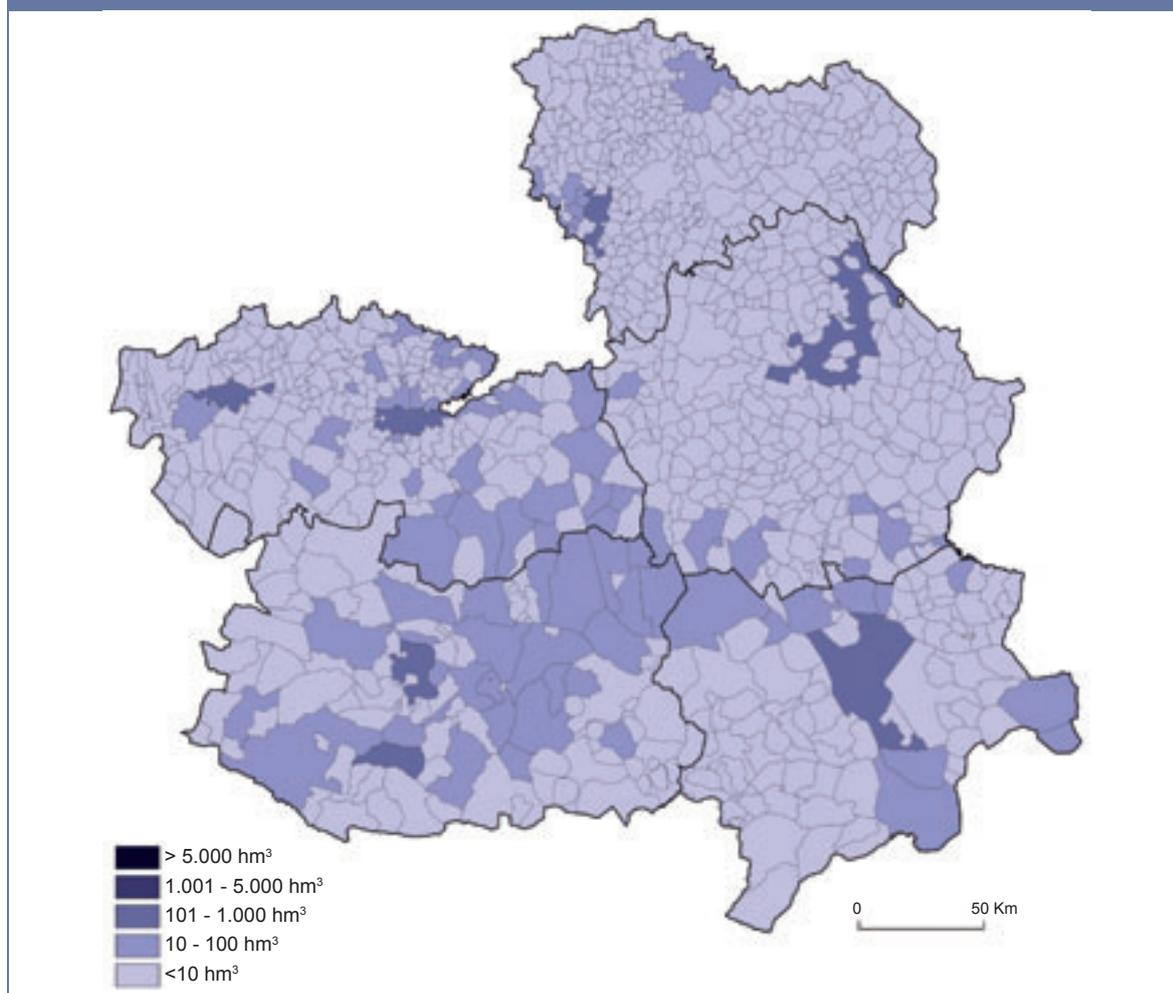
Fuente: Elaboración propia.

#### c.7. Castilla - La Mancha:

Castilla-La Mancha ocupa gran parte de la submeseta meridional de nuestro país, al sur y al este de la Comunidad de Madrid. Ambas Comunidades presentan una notable interdependencia u una fuerte complementariedad de sus sistemas productivos, por lo que los flujos que se desarrollan entre ellas son muy intensos. Esto se puede observar también a la hora de tratar de la "Huella Hídrica" de la región. Grosso modo, esto se concreta en diversas variables; así, desde 1980 la población censada como urbana se distribuye entre 23 municipios. Solamente uno, Albacete, supera los 100.000 hab., y otros cinco más, los 50.000 (Talavera de la Reina, Guadalajara, Toledo, Ciudad Real y Puertollano); de las cinco capitales de las provincias que integran la región, una de ellas, Cuenca, todavía no ha alcanzado esa última cifra. Es en estas capitales y ciudades la "Huella Hídrica" oscila entre los 100 y los 1000  $\text{hm}^3$ .

Para entender esta realidad, no debemos olvidar que el núcleo rector de gran parte del territorio de Castilla-La Mancha ha sido, durante los últimos siglos, Madrid. La atracción de esta ciudad sobre el dilatado Hinterland de las llanuras de Castilla-La Nueva se ha dejado sentir con mayor intensidad en los centros urbanos más próximos, tanto antes como ahora. Al contrario que la mayor parte de las regiones, la de Castilla-La Mancha se mantenía, pasados diez años de su creación, en la indefinición de su modelo territorial (con una Huella que oscila entre datos inferiores a los 10  $\text{hm}^3$  y los 100  $\text{hm}^3$ ). Una explicación lógica la encontramos en el hecho de que Castilla-La Mancha es la tercera región en tamaño, entre las españolas, y con una de las densidades más débiles de toda la Comunidad Europea, sin una ciudad central capaz de dirigir la vertebración de su territorio, conformando un espacio insuficientemente estructurado (Figura 42).

FIGURA 42. Huella Hídrica” por Municipios; Castilla - La Mancha. (2007)



Fuente: Elaboración propia.

### c.8. Castilla y León:

La “Huella Hídrica” de Castilla y León es fiel reflejo de los caracteres que definen la población: la constante disminución, definida por un despoblamiento sostenido, tanto en los tiempos presentes como en los históricos con períodos de recuperación, y su marcado carácter agrícola. La elevada superficie regional y sus bajas densidades demográficas han desarrollado tradicionalmente en Castilla y León un hábitat rural basado en pequeños núcleos con un término municipal acorde al mismo, cuya área permitía los desplazamientos habituales para las labores agrícolas. La “polimunicipalidad” resultante se establece en distancia más o menos cortas entre ellos y con la tendencia a un poblamiento concentrado (la mayor parte de sus municipios presentan una Huella por debajo de los  $10 \text{ hm}^3$ ) (Figura 43).

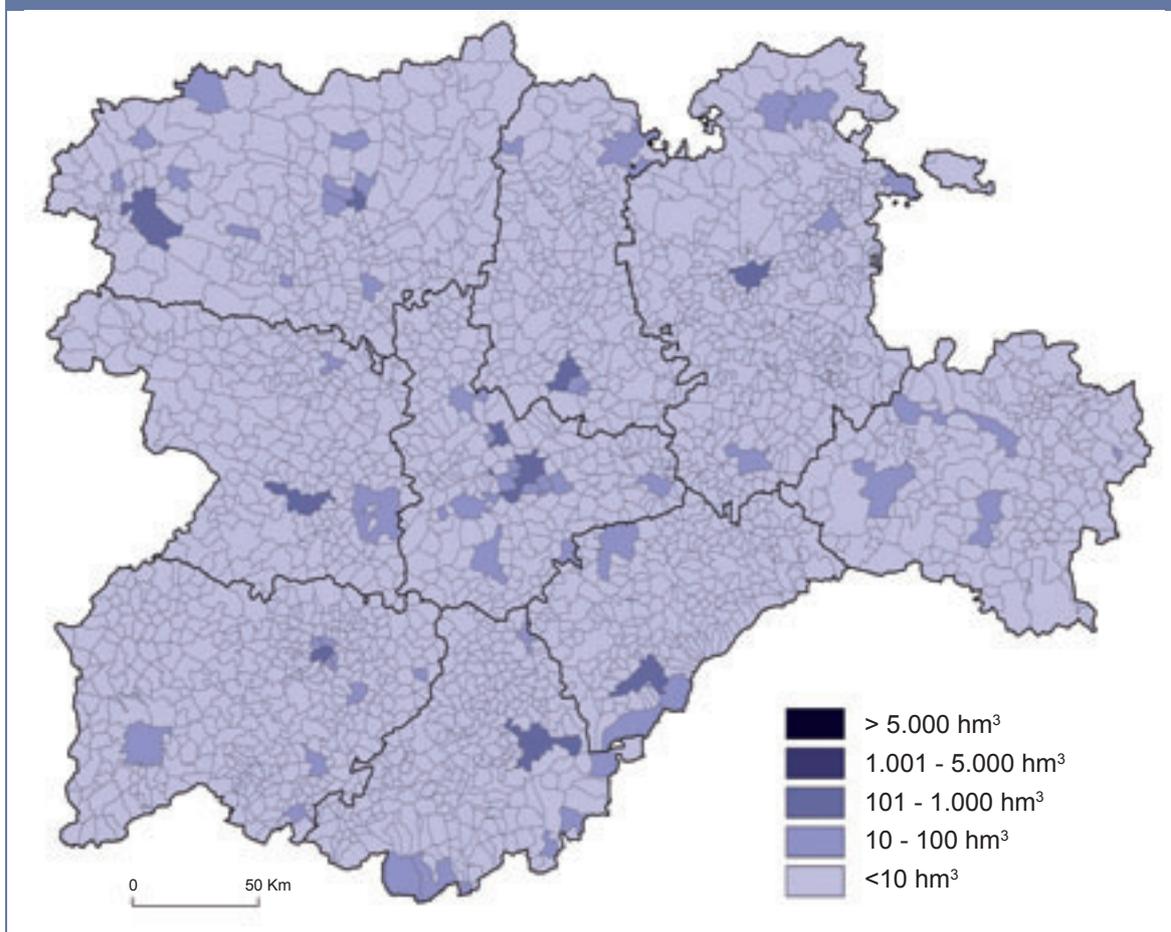
Los niveles de Huella se corresponden con una serie de ciudades medias que tienen su área de influencia en zonas profundamente rurales, zonas caracterizadas por la pérdida mantenida de la población y el sobrevejecimiento, por lo que han tenido la tendencia de atraer y concentrar a la población del entorno rural, con un fuerte crecimiento en las últimas décadas, y aparecen como los únicos puntos de vitalidad demográfica de la región. Si se valora exclusivamente la jerarquía regional, aparece un nodo de un primer nivel, Valladolid, centrado geográficamente con respecto a la región, capital regional, un desarrollo industrial consolidado y que está originando su área metropolitana; se sitúa en la primacía de la jerarquía regional y en el tercer nivel de la jerarquía española (Área metropolitana regional, con una Huella superior a los  $1000 \text{ hm}^3$ ).

En torno a Valladolid aparecen tres núcleos de nivel inmediatamente inferior (Principales áreas urbanas): Burgos, León y Salamanca. Su situación en los extremos regionales del NE, NO y SO les permiten organizar estos espacios en ámbitos provinciales, tienen distancias similares entre ellos y con Valladolid, y la excepcionalidad del SE se establece por la cercanía madrileña (Alcolea, M.A. et al 2000).

El tercer nivel (Capitales de provincia de menor nivel) está integrado por seis núcleos: Palencia, Zamora, Ponferrada, Segovia, Ávila y Soria. Situados entre los núcleos de jerarquía superior, el rasgo principal de estos núcleos es organizar espacios inaccesibles para los nodos superiores por las grandes distancias regionales. Sueles coincidir con las respectivas provincias y en el caso de Pontferrada polarizar el oeste de León en las cuencas del Sil (Figura 43).

Por último, en cuarto y último nivel (Núcleos urbanos locales y comarcales), estaría integrado por una veintena de nodos. Organizan espacios de ámbito comarcal o tienen una funcionalidad concreta y tienen un tamaño suficiente para dotar de servicios a sus correspondientes ámbitos de influencia (la mayor parte de los núcleos urbanos anteriormente citado, en los diferentes niveles presentan Huellas que oscilan entre 10 y 100 hm<sup>3</sup>).

FIGURA 43. "Huella Hídrica" por Municipios; Castilla y León. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.9. Cataluña:

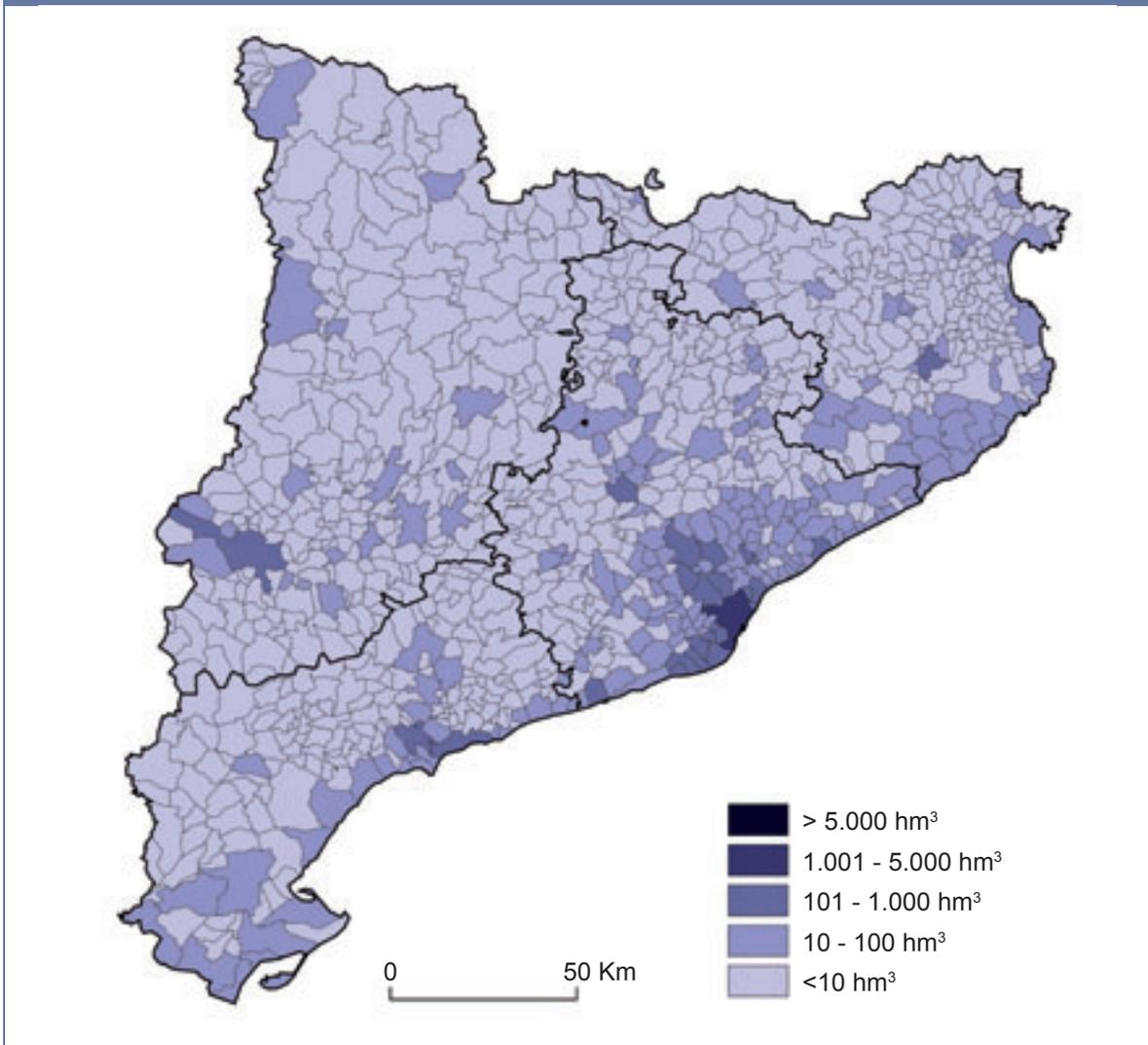
La “Huella Hídrica” de Cataluña corre paralela a un sistema urbano maduro y consolidado en el que se puede establecer una jerarquía de ciudades en función del volumen demográfico, su capacidad de estructuración sobre el territorio circundante, y la propia Huella. En el nivel más elevado aparece el área metropolitana de Barcelona (presenta una Huella que supera los 5000 hm<sup>3</sup>). Esta aglomeración urbana está compuesta por un núcleo central y sus respectivas prolongaciones hacia comarcas colindantes con el Barcelonès. En estrecha relación con estas tendencias recientes en el seno del área metropolitana, debe interpretarse el protagonismo que están cobrando en la última década y media de las prolongaciones del continuo urbano de la aglomeración barcelonesa (con una Huella que oscila, según los municipios entre los 100 y los 5000 hm<sup>3</sup>). Si las desigualdades en el crecimiento poblacional a nivel rural-urbano son un rasgo destacado desde el punto de vista territorial cabe, asimismo, resaltar la existencia de una dinámica diferente entre las comarcas litorales, por un lado, y las comarcas interiores y de montaña, respecto de la Huella.

El resto de las variables que ayudan a entender la realidad de la “Huella Hídrica” de esta región la hallamos en el hecho de que tras un prolongado proceso de crisis y reconversión industrial la economía catalana ha experimentado una fuerte terciarización, sin que por ello la industria, el motor económico tradicional de Cataluña, haya dejado de tener un papel destacado. Por otra parte, señalar que Cataluña no cuenta con una importante tradición ganadera. Antiguamente, sólo los ovinos constituían rebaños grandes y eran la base de una ganadería comercial que se completaba básicamente con los animales de trabajo y otros animales domésticos (gallinas, pollos, conejos, cerdos). Sin embargo, desde los años sesenta, se ha producido un incremento espectacular de la cabaña ganadera, basado principalmente en las especies de crecimiento rápido (sobre todo de porcino y aves), criadas mediante nuevos sistemas de producción industrial (Font, J. 2000).

Además, el proceso de tecnificación alcanza actualmente en Cataluña a todos los aspectos de la producción agrícola y ganadera. Debido a la guerra civil y al período autárquico posterior, el campo se mecanizó en Cataluña como en España en general, mucho más tarde que en los países europeos. El hecho más destacable en cuanto a la localización de la industria catalana es su fuerte concentración en el área cercana a Barcelona: en el 7.7% del territorio catalán (Barcelonès, Vallès Occidental y Oriental, Maresme y Baix Llobregat) se concentra más del 70.3% de las empresas y un porcentaje similar de la ocupación industrial, en municipios cuya Huella oscila entre los 1000 y los 5000 hm<sup>3</sup>.

A partir de la crisis industrial que afecta a Cataluña desde mediados de los años setenta, se produce una clara terciarización de la economía, tal y como hemos señalado anteriormente; desde esta perspectiva la “Huella Hídrica” de esta región refleja la importancia de subsectores como el turismo; éste constituye en Cataluña, al igual que en otras regiones españolas, un factor de desarrollo social, económico y territorial y se contempla en la actualidad como un componente estructural y una de las actividades más significativas de la economía catalana, a pesar de que ha acentuado la dependencia exterior que la caracteriza (Ver Figura 44).

FIGURA 44. "Huella Hídrica" por Municipios; Cataluña. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

#### c.10. Comunidad Valenciana:

Desde el punto de vista económico el espacio valenciano sorprende por su diversidad productiva (agricultura, industria y turismo) que tiene en común su proyección hacia los mercados exteriores, lo que les confiere un talante eminentemente comercial, y una implicación en la realidad de la "Huella Hídrica" de la región, de notable importancia. No debemos olvidar que el territorio valenciano se halla situado en la fachada occidental del mar Mediterráneo y bajo la influencia unificadora del mismo, máxime si se tiene en cuenta que la distancia al mar, rara vez supera los 80 km., aunque a partir de los 40 ya empiezan a dejarse sentir los rasgos de continentalidad. La configuración estrecha y alargada del territorio valenciano y la presencia de dos grandes "espacios naturales" dominantes (la llanura central valenciana y la depresión del Segura-Vinalopó), han hecho que desde muy antiguo se pueda hablar de dos modelos de redes urbanas: el monocéntrico de Valencia y el policéntrico de Murcia-Alicante (fenómeno que se refleja "grosso modo", en la distribución de los municipios de mayor "Huella Hídrica" de la región.

Y es que si la comparamos con la media española, la agricultura valenciana destaca por su mayor productividad, su diversidad, su especialización en cultivos arbóreos y su vocación exportadora. En contraste con el predominio de la tierra campá en España (74%), la superficie agrícola valenciana está cubierta en sus tres cuartas partes por cultivos arbóreos y leñosos, con la circunstancia de que su loca-

lización actual difiere mucho a la que tenían a mediados del siglo XIX (convirtiéndose, de esta forma, en una variable de gran importancia en la concreción de la referida Huella) (Figura 45).

En el momento actual, y según la media del quinquenio 2003-2007, la producción agrícola anual se estima en unos 7 millones de toneladas, de los que son exportados fuera de España más de la mitad. Al igual que sucedía con la agricultura, también la industria valenciana presenta una fuerte orientación hacia el mercado exterior tanto por parte de las empresas autóctonas como de las grandes multinacionales del automóvil y la informática (Piqueras, J. 2000).

Desequilibrio comarcal:

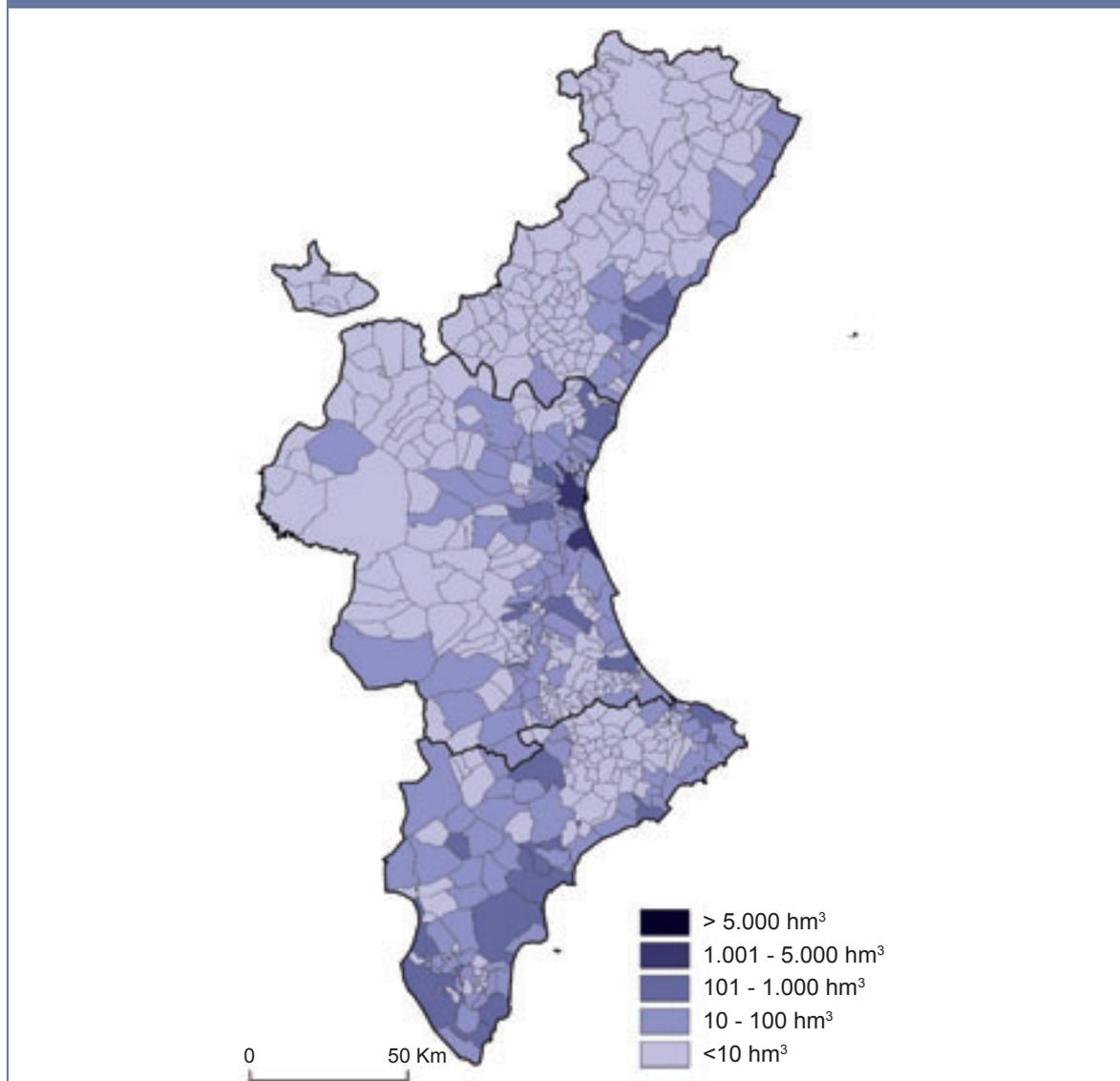
a) Espacios de alto desarrollo agrícola, industrial y terciario (su "Huella Hídrica" oscila entre los 1000 y los 5000 hm<sup>3</sup>, superándose incluso esta cifra en el caso de Valencia y su área metropolitana).

b) Espacio de expansión reciente del regadío, industrializados y turísticos (con una Huella que va de los 100 a los 1000 hm<sup>3</sup>).

c) Espacios con agricultura de secano de potencial relativamente alto en vías de desarrollo. Industrialización incipiente (Huella entre 10 y 100 hm<sup>3</sup>)

d) Espacios de agricultura de secano poco desarrollada y áreas de montaña (su Huella queda por debajo de los 10 hm<sup>3</sup>).

FIGURA 45. "Huella Hídrica" por Municipios; Comunidad Valenciana. (2007) (2007).



Fuente: Elaboración propia.

**c.11. Extremadura:**

En la región extremeña, el agua escasa y caprichosa, desordenada y esquiva, proporciona la feracidad o la miseria sin ritmo y sin aviso. El Tajo y el Guadiana no son capaces de mitigar la irregularidad de las precipitaciones. Sólo el Sistema Central es un reservorio solvente, pero afecta apenas a su somontano (Barrientos, G. et al 2000).

Las precipitaciones no son la única fuente de humedad ni de agua para Extremadura, pero sí la más importante. La combinación equilibrada de humedad y temperatura tiene capital importancia en el ciclo vegetativo y, por tanto, en la agricultura. No hace falta destacar el significado actual y el potencial del sector primario en la economía extremeña, y en su "Huella Hídrica".

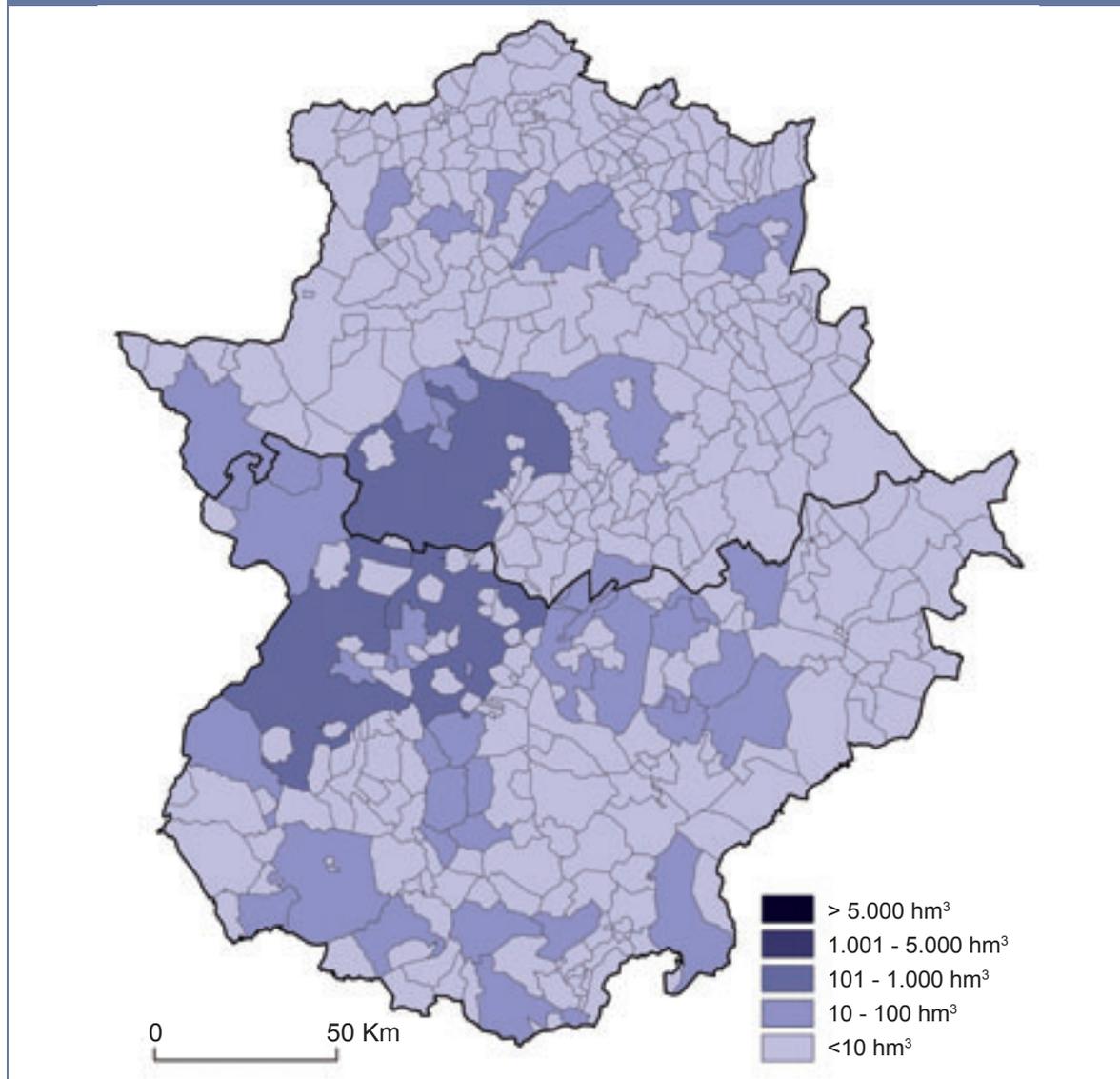
Los ciclos vegetativos de las plantas se interrumpen por la sequía, a pesar de coincidir con los óptimos térmicos. La identificación de Extremadura con la dehesa exige algunas aclaraciones. Paisajes de regadío, besanas cerealísticas, olivares y viñedos, policultivos tradicionales, paisajes de media montaña enriquecen una realidad regional profundamente variada. La dehesa es, sin embargo, el distintivo más influyente en su consistencia histórico-administrativa. En su cabaña ganadera, las especies dominantes han sido el ganado de cerda, el lanar, el vacuno y el cabrio.

Extremadura constituye un espacio débilmente poblado. Son diversas las razones que pueden aducirse para justificar tal precariedad de recursos humanos. El carácter fronterizo de Extremadura y su posición periférica han evitado históricamente una presencia humana más nutrida y constante. La economía extremeña viene perdiendo en las últimas décadas el carácter eminentemente agrario que la ha definido históricamente. Ciertamente, los nuevos planteamientos de la PAC pueden resultar especialmente beneficiosos para un sector de tan profundo arraigo y significación espacial como el de la dehesa; pueden incentivar la producción, elaboración y comercialización de productos de calidad.

La reestructuración de los cultivos, la mecanización del campo, la mejora de los rendimientos y la consecución de mayores cotas de calidad en alguna de las producciones constituyen buenos ejemplos para ilustrar la coherencia evolutiva de un subsector que aún resulta clave en la economía de múltiples comarcas extremeñas.

De este modo, al tratar de la distribución municipal de la "Huella Hídrica" extremeña, se reconstruye el viejo eje norte-sur, apoyado en Plasencia, Cáceres, Mérida, Almendralejo y Zafra. Los ejes transversales unen las vegas del Alagón y del Tiétar en el norte (Coria y Navalmoral de la Mata), las Altas y Bajas del Guadiana (Villanueva de la Serena –Don Benito y Badajoz) y los ejes de Córdoba (Llerena, Azuaga) y Huelva (Fregenal de la Sierra, Jerez de los Caballeros). Como sobre imposición vertebradora de la concepción central, el eje de la N-S se apoya y potencia a Navalmoral de la Mata, Trujillo, Mérida y Badajoz, camino de Lisboa (aquí es donde encontramos los mayores niveles de "Huella Hídrica" que oscila entre los 100 y los 5000 hm<sup>3</sup>, en algunos de los municipios y centros citados; en ésta como en el resto de los aspectos socioeconómicos, la clave explicativa reside en la debilidad de los recursos humanos regionales, junto a éstos, una amalgama de estilos y de épocas se plasman en los tejidos urbanos de Badajoz, Trujillo, Guadalupe o Cáceres, con unos volúmenes de "Huella Hídrica" superiores a los 1000 hm<sup>3</sup>) (Ver Figura 46).

FIGURA 46. "Huella Hídrica" por Municipios; Extremadura. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.12. Galicia:

La “Huella Hídrica” de Galicia y su distribución territorial presenta una notable complejidad, en su interpretación. Empecemos por decir que en su territorio la mayor o menor proximidad al mar, exposición a los vientos húmedos dominantes y presencia o no de sierras, se aprecian matices de un clima atlántico húmedo. Sin embargo, a la hora de analizar la Huella no debemos olvidar que la vertebración del territorio tiene más que ver con el poblamiento que con la población. Asumir una “Galicia invertebrada” es admitir que los antepasados desconocían las potencialidades del territorio. Los asentamientos se ajustaban a la capacidad productiva de la tierra.

La “Huella Hídrica” de Galicia es fiel reflejo de la realidad de un territorio que ha sido históricamente una región superpoblada, con una densidad y dispersión extraordinarias. Además, en su distribución se refleja las consecuencias de unos modelos de desarrollo ligados a la descentralización del tejido productivo y residencial hacia áreas que podrán beneficiarse por capilaridad de la difusión urbana. Mientras en casi toda España sólo se diferencian pueblo y ciudad, en Galicia se distinguen aldea, pueblo y villa (lo que se refleja en la Figura 47).

La “Huella Hídrica” de Galicia refleja la realidad de que los casi tres millones de hectáreas de superficie útil dos tercios corresponden a espacios forestales y otra quinta parte a labradíos. En la superficie cultivada los forrajes, maíz-patatas y leguminosas ocupan más de la cuarta parte cada uno, en detrimento de los demás cereales y otros cultivos. Salvo en “openfields” en que todavía se hallan rodales de centeno y barbecho, las rotaciones intensivas son múltiples, aunque con sólo unos cultivos básicos. Las patatas se combinan con centeno, trigo y nabos en la meseta lucense y altiplanos orensanos. El maíz lo hace con las patatas, trigo, centeno y alcacer en la Galicia de transición, con la avena en el bajo Miño y con el ray de grass en A Mariña y Rías Baixas. Los campos de maíz dominan más cuanto más al oeste donde el riesgo de heladas disminuye. Apenas se siembra ya maíz de grano para el consumo humano. El maíz forrajero, alguno híbrido, cada vez ocupa mayor extensión por su adaptabilidad a las pequeñas explotaciones, ya que es fácil de ensilar, produce mucha materia seca, con un alto valor energético y combina bien en distintas rotaciones. Las praderas, artificiales y naturales, se han convertido en uno de los elementos más característicos del paisaje; a veces ocupan tierras de labor más aptas para otros usos.

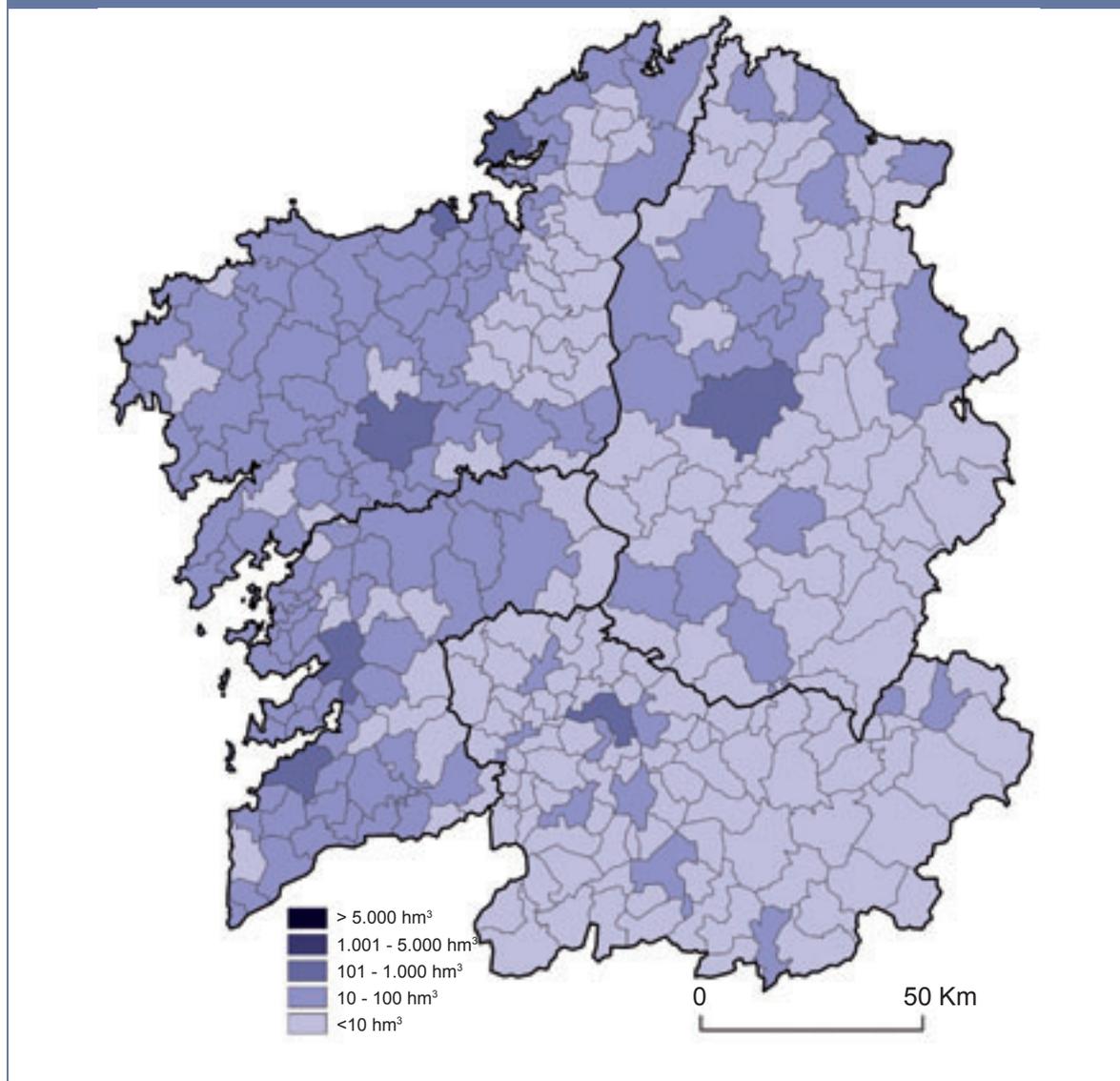
La “Huella Hídrica” también se relaciona con la realidad de las dos supuestas “áreas metropolitanas” en torno a las ciudades de La Coruña y Vigo.

Además se ve la influencia en la Huella de conurbaciones como Pontedeume-Cabanas o Viveiro-Covas, cuando resultan de la simple explotación común del contorno de una playa, no deja de ser una exageración. Como también lo es aplicarlo a Cee-Corcubión o a Ribeira-Rianxo, Vilagarcía-Cambados y Sanxenxo-Poio, sólo porque entre esos núcleos se extiende un *continuum* de asentamientos dispersos, alargados a causa de condicionantes topográficos. Ello llevaría a admitir que todas las rías cuentan con conurbaciones. Incluso se habla de conurbaciones históricas para aludir al simple crecimiento de villas mediante la fusión de asentamientos rurales o pesqueros (Cambados, Pobra do Caramiñal).

Se trata de *áreas rururbanas* cuyas características más definitorias son la heterogeneidad morfológica y la pluriactividad de sus habitantes tanto por lo que respecta a los sectores económicos (agricultura, marisqueo, pesca, construcción, industria, comercio, servicios), como por el medio de trabajo (campo, mar, ciudad); es el moderno *modus vivendi* del “part time” que se funde con la vieja cultura del minifundio tradicional, lo que se refleja directamente en la realidad de la “Huella Hídrica” de la región (Armas, P. 2000).

Además, la “Huella Hídrica” refleja en su distribución la existencia de dos áreas urbanas, con escasas ligazones entre sí, Vigo (compuesta por Vigo, Redondela, Nigrán) y La Coruña (La Coruña, Arteixo, Oleiros, Cambre, Culeredo); equiparadas en cuanto a población (algo más de 320.000 hab. cada una). Les siguen en la jerarquía cinco ciudades medias: Ferrol (Ferrol, Fene, Narón, Neda), Santiago (con sus prolongaciones por Ames, Teo, Boqueixón y Vedra), Ourense (con sus pequeños municipios limítrofes, como San Ciprián das Viñas, Barbadas, Toén, Pereiro de Aguiar, Coles), Pontevedra (Pontevedra, Marín, Poio) y Lugo; con poblaciones entre los 145.000 y los 80.000 hab. El resto de los concellos de Galicia reflejan una “Huella Hídrica” inferior a los 10 hm<sup>3</sup>; la causa la encontramos en que en esta región nos encontramos ante un territorio de aldeas.

FIGURA 47. "Huella Hídrica" por Municipios; Galicia (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.13. La Rioja:

La “Huella Hídrica” de La Rioja refleja, *mutatis mutandis*, la realidad de un territorio que hasta principios del siglo XX había dispuesto de unas actividades económicas diversas de larga tradición histórica. La agricultura, a pesar de las dificultades del terreno, había ocupado extensas superficies para la producción de cereales. La ganadería trashumante y la industria artesanal habían permitido durante siglos la acumulación de capital.

La Huella es consecuencia de variables muy diversa; un clima de carácter mediterráneo-conti-nentalizado y una pobre vegetación natural que se acantona en los lugares más inaccesibles y menos rentables desde un punto de vista agrícola. El bloque occidental, más elevado y abierto a las influencias atlánticas, registra las precipitaciones más elevadas de la región y las temperaturas más bajas. En la montaña oriental, el régimen de la lluvia pasa a ser equinoccial, con un máximo principal en primavera y otro secundario en otoño. Las carencias hídricas se dejan notar la mayor parte del verano, calculándose que al menos uno de cada tres años dispone de un período seco de duración superior al mes.

Junto a esto, comprender la “Huella Hídrica” y su distribución territorial en esta región va paralela al reparto de la población; en su análisis podemos distinguir dos sectores con un comportamiento muy diferente: la montaña (sistema Ibérico) y el llano (depresión del Ebro). En el sistema Ibérico riojano el despoblamiento ha sido la nota más destacada a lo largo del siglo pasado. El hundimiento de su economía tradicional, apoyada en la ganadería trashumante y en una cierta actividad industrial de carácter artesanal, y el alejamiento de las vías principales de comunicación forzaron unos procesos migratorios que inicialmente fueron moderados para pasar a ser masivos a partir de la década de los cincuenta. Y es que el patrón de distribución de la “Huella Hídrica” de la Rioja coincide, “grosso modo”, como hemos señalado, con la distribución de la población que obedece a un modelo sencillo. Hay una especial preferencia por concentrarse en los núcleos urbanos del Valle del Ebro en detrimento de las áreas rurales y, en especial, de las zonas de montaña. En la actualidad tres municipios (Logroño, Calahorra y Arnedo) acogen al 58% de la población. Este porcentaje se eleva al 70% si se amplía la lista de ciudades y se incluyen otras cabeceras comarcales (Nájera, Haro, Sto. Domingo de la Calzada y Alfaro). El 30% restante se reparte en 167 municipios. En la depresión del Ebro se asientan los núcleos de población más dinámicos y unas redes de comunicaciones que han facilitado los intercambios comerciales y la localización de las industrias (Arnáez, J. 2000).

La Rioja ha seguido un proceso similar al experimentado en el resto del país. Es decir, las actividades primarias han ido perdiendo importancia en beneficio de la industria y los servicios. No obstante, la actividad agraria riojana tiene todavía una cierta trascendencia económica, pues una parte de la misma se ha convertido en el soporte de una pujante industria agroalimentaria. Si se comparan los datos estadísticos riojanos con los del conjunto del Estado, se constata el mayor peso del sector agrario en la Rioja. Su aportación al valor añadido bruto total en 1996 fue del 6,55% frente al 3,68%. El espacio agrícola riojano se extiende actualmente por las tierras llanas de la depresión del Ebro y sólo logra penetrar en la montaña meridional por los fondos de los cursos fluviales más desarrollados. Se trata de un paisaje de secano (casi las tres cuartas partes del área agrícola) en el que se cultiva el cereal, la vid y, en la Rioja Baja, algunos cultivos arbóreos. Estos cultivos se alteran aprovechando las aptitudes del terreno.

El regadío ocupa una superficie de 49.456 Has. El más tradicional se localiza próximo a los núcleos de población, aprovechando el agua de un río o incluso de un manantial. Configura un medio rural muy abigarrado, de pequeñas parcelas en las que se cultivan, en muchos casos a tiempo parcial, productos hortícolas. Este tipo de regadío adquiere importancia en el valle del Iregua, Najerilla, Oja y en el corredor Calahorra-Alfaro. Si la agricultura ha sufrido importantes cambios, lo mismo puede decirse de la actividad ganadera.

Con respecto al tipo de ganado, el ovino ha descendido mientras aumentaba la ganadería vacuna, más demandada por su leche y carne. El vacuno lácteo tiende a concentrarse en los municipios más poblados de la depresión del Ebro, próximo a los mercados. Los censos de ganado ovino son muy bajos en la sierra, habiendo incluso casi desaparecido en algunos municipios de larga tradición como Munilla, Pazuengos, Zorraquín, etc. Por el contrario, los rebaños más numerosos aparecen en el sector oriental de la región. Este esquema se complementa con otros tipos de ganado orientados claramente al mercado. El reducido número de cerdos, conejos o aves que mantenían las unidades familiares tradicionales como complemento de sus ingresos y de su dieta alimenticia han evolucionado a explotaciones

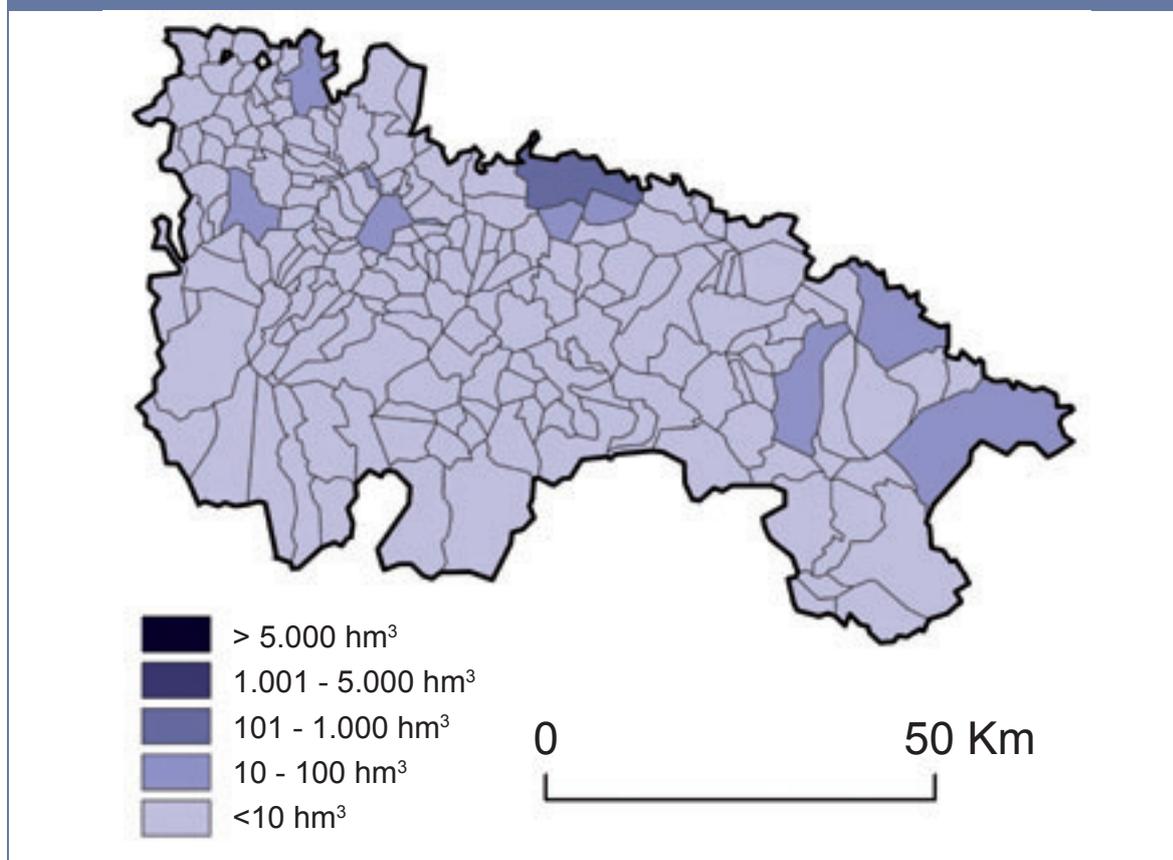
modernas de cerdas reproductoras, conejas y broilers que se localizan en los municipios del valle. En este sentido, como señala Lasanta (1994), la ganadería riojana muestra durante los últimos años un gran dinamismo, adaptándose a las condiciones demográficas y a la optimización de los beneficios.

La "Huella Hídrica" pone de manifiesto que en La Rioja, en el sector primario la agricultura representa el 77,9% de la producción final agraria mientras que la ganadería sólo aporta el 20,4%. Uno de los rasgos más característicos de la primera es la gran diversidad de cultivos existentes, aunque son los cereales (60.132 Has.), el viñedo (36.348 Has.), los frutales (16.854 Has.) y las hortalizas (12.260 Has.) los más representativos (88% del total). Los cereales han ido reduciendo su importancia en las últimas décadas. Todo ello sin olvidar que el viñedo es un cultivo emblemático para la Rioja al estar directamente relacionado con una industria del vino que tiene una importante participación en la exportación.

Prácticamente la totalidad de la producción agraria en La Rioja se destina al mercado. Las patatas, las hortalizas y las frutas se comercializan en la propia región y en las Comunidades limítrofes. Las hortalizas tienen básicamente dos destinos: el consumo en fresco y la industria agroalimentaria.

Por otra parte, la Huella muestra en su distribución otra realidad, la conformada por las ciudades de nivel superior que son las que, en estos momentos, gestionan el territorio riojano, al disponer de unas áreas de influencia cuyas dimensiones están en relación directa con el tamaño y las funciones de la ciudad. Un número importante de núcleos navarros y alaveses (Laguardia, Oyón, Mendavia, etc..) basculan hacia Logroño. En la Rioja Alta tres son las ciudades con área de influencia propia. Haro vertebró el sector más noroccidental de la región, es decir, el curso bajo del río Oja-Tirón. Alrededor de Logroño se ha articulado un cinturón industrial que afecta a un grupo de municipios que han aprovechado los beneficios que conlleva la proximidad a la capital. La segunda área industrial riojana se localiza en la Rioja Baja, en ciudades como Arnedo, Calahorra, Alfaro, Rincón de Soto, Autol y Quel. Estas ciudades suman el 25% del empleo industrial (Figura 48).

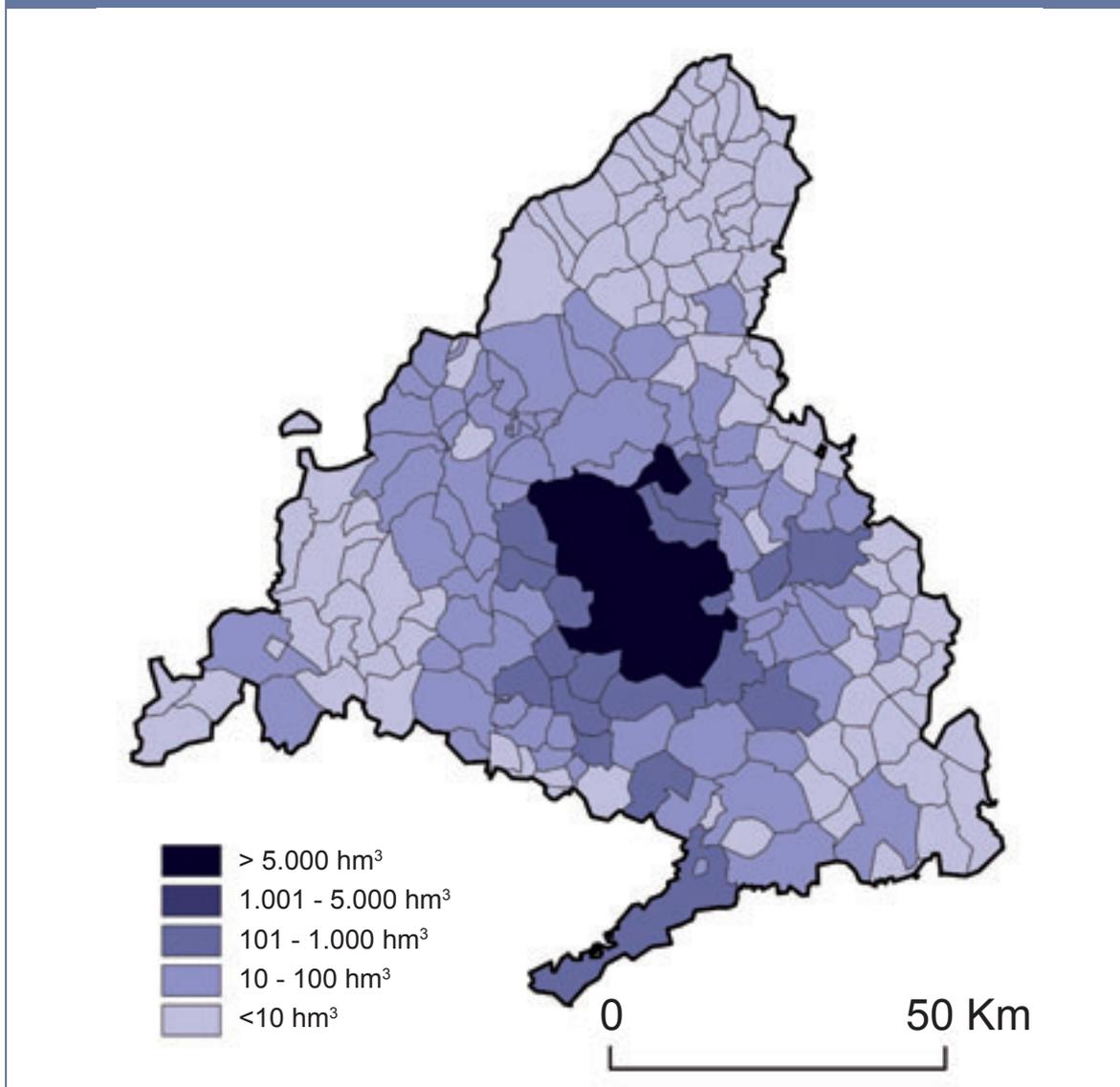
FIGURA 48. "Huella Hídrica" por Municipios; La Rioja. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

## c.14. Comunidad de Madrid:

FIGURA 49. "Huella Hídrica" por Municipios; Comunidad de Madrid. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

Al estudiar la "Huella Hídrica" de la Comunidad de Madrid nos encontramos una realidad marcada por un territorio de escasa relevancia en el conjunto del país (no supone más que el 1,5 % de la extensión de España). Sin embargo, frente a este parámetro su Huella es de la más elevada; de hecho, la mayor parte de sus municipios superan el umbral de los 10 hm<sup>3</sup>, encontrándonos en la corona metropolitana valores superiores a los 100, los 1000 e incluso en la "almendra central", los 5000 hm<sup>3</sup>. Indudablemente, buscar una explicación medianamente lógica, nos aproxima a que nos encontramos ante una región de muy elevada concentración demográfica con densidades de población nueve veces superiores a la nacional, y cinco veces superior a la de la Unión Europea. Junto a esto, apuntar que la Comunidad de Madrid queda definida por ser esencialmente urbana y terciaria (García, J. M.<sup>a</sup> et al 2000).

Y es que una de las características fundamentales de esta región es la existencia de territorios con una "Huella Hídrica" en relación con dinámicas demográficas muy diferentes. Frente al Municipio de Madrid que muestra una Huella superior a los 5000 hm<sup>3</sup>, y un crecimiento demográfico negativo desde la segunda mitad del pasado siglo, la corona metropolitana mantiene una "Huella Hídrica" que oscila entre los 100 y los 5000 hm<sup>3</sup>, y un notable crecimiento demográfico mantenido a lo largo de las últimas

décadas- El resto “no metropolitano” va teniendo una mayor participación en el desarrollo urbano de la región, con una “Huella Hídrica” por debajo de los 10 hm<sup>3</sup> (características de una Huella que, en definitiva, refleja la realidad de un territorio esencialmente urbano y terciario). Todo ello en el contexto de un modelo territorial que se nos muestra en correspondencia con una región urbana afectada por importantes desequilibrios, entre los que destacan la hipertrofia de la capital y la excesiva densificación del espacio urbanizado, en contraste con los vacíos existentes, por motivos especulativos y financieros. La mencionada distribución espacial de la “Huella Hídrica” de los municipios que integran la red urbana, es el resultado de las características del medio físico y de un largo proceso de evolución histórica en el que intervienen factores de tipo social, económico, tecnológico,... (Figura 49).

### **c.15. Región de Murcia:**

La “Huella Hídrica” de la región murciana es de las más elevada del país. De hecho, la mayor parte de sus municipios presentan niveles de Huella elevados o muy elevados (por encima de los 100 hm<sup>3</sup>). Y es que este territorio si bien muestra la mayor estabilidad en sus rasgos naturales, puede afirmarse que la acción antrópica ha sido extraordinariamente violenta, transformando y modificando el espacio regional. Y es que en el clima regional murciano, la anormalidad es lo habitual. La escasez de las precipitaciones es un rasgo definitivo en los climas murcianos, junto a su acusada irregularidad interanual. Su distribución espacial corresponde bien con la propia orografía. La mayor parte del territorio regional, más de dos tercios, contabiliza valores medios entre 300 y 400 litros/m<sup>2</sup>. Sólo se supera esa cifra de forma generosa en el noroeste y de manera local en los espacios montañosos, más elevados, del interior. Pero son también amplias las franjas, caso de las áreas costeras, donde aún es más escasa la lluvia (Serrano, J.M<sup>º</sup>. 2000).

Indudablemente, esta realidad contrastada al tratar de la “Huella Hídrica” de la región murciana, que arranca del propio modelo de poblamiento, tiene en buena medida su origen en la tradicional división existente en el “mundo mediterráneo” en torno a la clásica dualidad secano-regadío. A partir de ahí el desarrollo de las actividades económicas y los transportes han contribuido a configurar lo que se ha dado en llamar “ejes de doblamiento” frente a “áreas de despoblación”, como modelo que sintetiza bastante bien la distribución espacial de la población.

La Huella también se refleja en la realidad de los desequilibrios comarcales: un mayor crecimiento de la población residente en torno a Murcia ciudad y los demás municipios cercanos de la Vega Media, además de ritmos rápidos de ascenso poblacional en aquellos otros próximos al mar Menor; todo eso frente a una despoblación y, en el mejor de los casos, una situación de estancamiento, registrada en las restantes áreas. Y es que en esta región sólo hay cuarenta y cinco municipios. Este reducido número de términos administrativos ha llevado, en años recientes, a segregaciones, sumando nuevos municipios. Pero, a su vez, tras esa división administrativa, se encierran unidades municipales contrastadas en su extensión; desde los que sólo abarcan unos pocos kilómetros cuadrados, hasta aquellos otros con dimensión muy amplia (a título de ejemplo basta señalar las cifras que alcanzan Lorca, 1.675,2 km<sup>2</sup> y Beniel, 10,1 km<sup>2</sup> (fenómeno que se refleja también en la mencionada Huella).

Durante los últimos decenios se ha producido una notable transformación de los espacios rurales, pasándose de una organización rural tradicional, típica del mundo Mediterráneo con su clásica división de secano y regadío, pero orientada en gran medida al autoconsumo, a otra situación donde predominan actividades especializadas, que persiguen un incremento de la producción y, sobre todo, una orientación de esta hacia el mercado; no tanto local, cuanto nacional e internacional, fenómeno que explica en parte los elevados niveles de “Huella Hídrica”. Si bien debe tenerse en cuenta que el regadío sólo representa el 30,87% de las tierras cultivadas y una proporción aún más modesta en referencia al conjunto de la superficie regional (16,61%). Para esta región, por sus especiales condiciones climáticas, disponer de agua se convierte en elemento esencial para conseguir renovaciones concluyentes en las prácticas agrarias y en el sistema rural. El agua, al ser un bien escaso en la mayor parte de España, su disponibilidad adquiere en ocasiones rasgos dramáticos; de forma resumida puede añadirse que esta región padece una obsesión por el regadío (Serrano, J. M.<sup>º</sup> 2000).

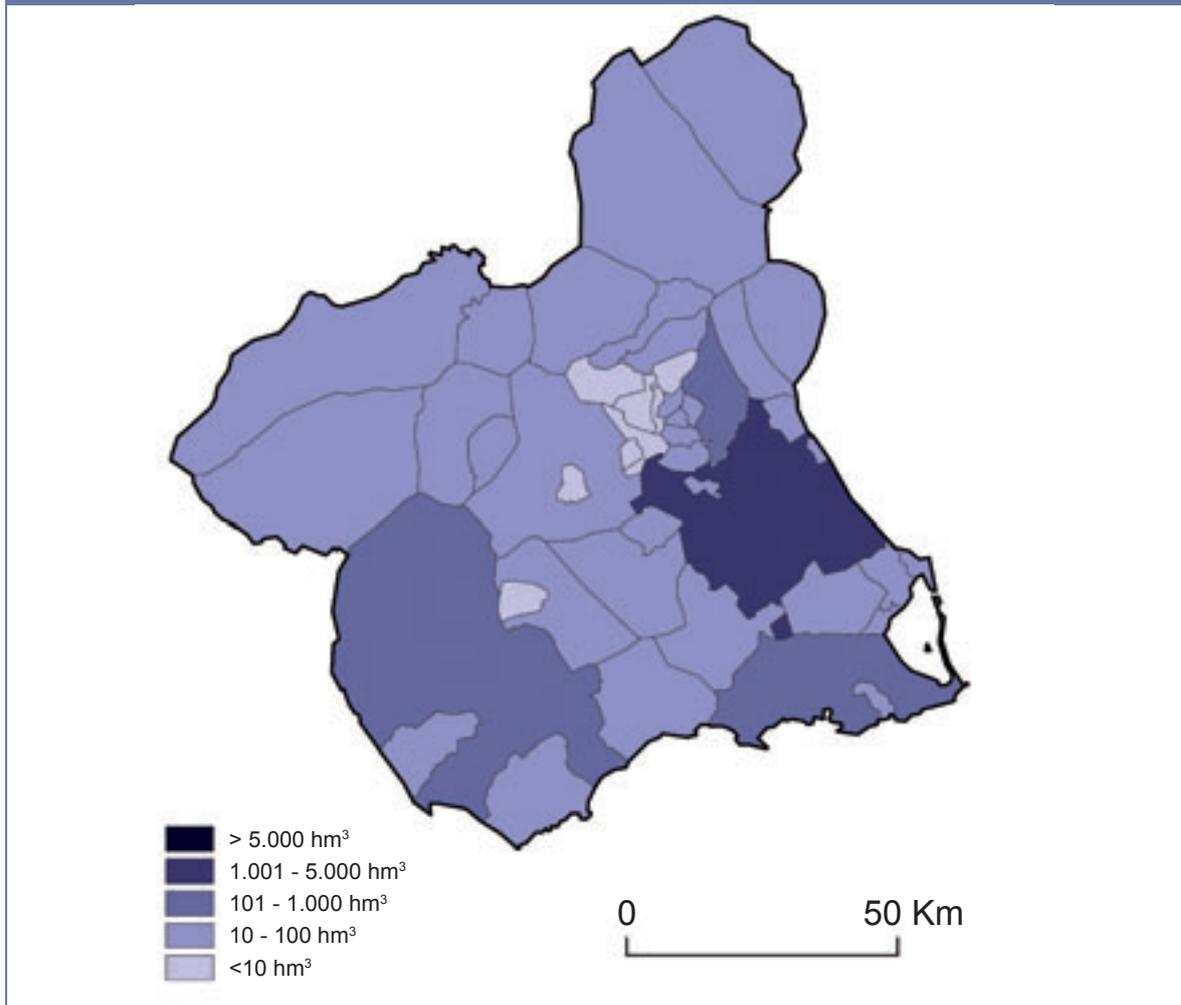
Respecto de la Huella y las entidades poblacionales, en el ámbito municipal, podemos distinguir: por un lado se ha configurado una extensa área metropolitana en torno a Murcia ciudad, con forma de poblamiento plurales y complejas, pero de indiscutible contenido y organización urbana, cuya población

asciende a casi medio millón de habitantes (con municipios como Molina de Segura, Alcantarilla,...). Por otro lado, encontramos los restantes municipios, si consideramos población urbana la residente en núcleos que superen los 10.000 hab., nos encontramos; Cartagena, Lorca, Cieza, Yecla Águilas, Jumilla, Totana, Caravaca, Alama, La Unión, Cehegín y Mula.

La fuerte jerarquía urbana existente en la región explica la propia organización de la red y su fundamentación como tal sistema urbano (lo que se refleja en la propia "Huella Hídrica"). Cabe destacar en ella una cierta polarización, alrededor de su nodo central, el área metropolitana de Murcia ciudad. La "Huella Hídrica" es la consecuencia de un marco territorial enormemente complejo en el que se superpone y mezcla un espacio de huerta tradicional, con un centro urbano de tamaño mediano, rodeado de una decena de unidades urbanas, más un número mayor de centros urbanos intermedios. Todo ello envuelto y mezclado con varias áreas de expansión periurbana, junto a urbanizaciones utilizadas tanto para viviendas secundarias como de forma permanente (ver mapa adjunto). Desde una perspectiva de actividades industriales señalar que junto a las tradicionales manufacturas desarrolladas para transformar sedas y lana o las de fibras vegetales, cáamo y esparto, debemos añadir la fabricación de vidrio y papel; el trabajo de cueros y pieles; junto con otros ingenios dedicados a la transformación de productos agrarios, pimentón, etc. Igualmente, debemos destacar, la nodalidad del equipamiento terciario alrededor de Murcia ciudad.

Por último, para explicar la elevada "Huella Hídrica" de esta región, no debemos olvidar la tradición existente de desplazarse hacia el mar en verano, lo que ha generado un importante número de viviendas secundarias en La Manga –principal área de localización turística-, Águilas y San Javier (Figura 50).

FIGURA 50. "Huella Hídrica" por Municipios; Murcia. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.16. Comunidad Foral de Navarra:

Al tratar de la “Huella Hídrica”, dentro de Navarra se diferencia un comportamiento diverso a este respecto. Frente a una ribera, determinados municipios de la zona media y el noroeste y la propia ciudad de Pamplona, de carácter netamente progresivo, se vislumbra una montaña, y especialmente el ámbito pirenaico de cariz decididamente regresivo. Pamplona pasa de los 28.886 hab. De 1900 a tener 72.394 en 1950, registrando el mayor incremento de todos los núcleos de la región. Es aquí dónde encontramos una Huella que oscila entre los 100 y los 1000 hm<sup>3</sup> (y es que el desequilibrio demográfico se ha acentuado, concentrándose en la actualidad aproximadamente la mitad de la población navarra en Pamplona y su área metropolitana).

Frente al núcleo capital de la Comunidad Foral y su entorno en la cuenca prepirenaica del centro de Navarra con densidades elevadas se dibuja una aureola pobre que agrava su situación hacia el este y el norte, con municipios en los que la Huella oscila entre los 10 y los 100 hm<sup>3</sup>. Esto se explica, en parte, por el hecho de que Navarra posee una trama de doblamiento muy densa y contrastada. La impronta histórica se deja sentir junto a la condición ambiental en esa configuración tan diversa que enlaza la montaña con asentamientos prolijos y de tamaño reducidos con la zona media y rivera de núcleos más grandes y distanciados entre sí. El resto de la Comunidad presenta una “Huella Hídrica” con niveles inferiores a los 10 hm<sup>3</sup>. Las causas de semejante realidad las encontramos en el hecho de que la Navarra húmeda del noroeste alberga el típico poblamiento disperso con profusión de caseríos entre una densa red de aldeas y pequeñas villas; las cuencas prepirenaicas y el resto de la montaña navarra viene caracterizado por la dispersión de sus habitantes. En un sinfín de aldeas y lugares de estructura laxa sin la presencia ya de los caseríos unifamiliares; por último, la Navarra media y la Rivera concentran su población en núcleos compactos donde se distinguen los barrios históricos y los modernos ensanches. Sobre esa trama de asentamientos que sigue caracterizando al poblamiento navarro se sobre impone los recientes procesos de crecimiento urbano y abandono rural hasta distorsionar un equilibrio secular a favor de la sobrecarga de la capital regional y su área metropolitana y la ruina de numerosos desolados (Pancho, J. 2000).

La Navarra rural sigue constituyendo el argumento geográfico de la Comunidad Foral. No tanto por la importancia manifestada de las cifras macro-económicas sino más bien por su impronta paisajística. Junto a la expansión del terrazgo labrado se dan otros hechos de notable repercusión. En primer lugar, cabe señalar el aumento de las tierras regadas que, por la construcción del canal de Lodosa y el de las Bardenas, se verán incrementadas en más de 15.000 Has. En segundo lugar, se introducen y expanden con gran rapidez nuevos cultivos como la remolacha azucarera, diversas especies hortofrutícolas y no pocas forrajeras hasta consolidar un cambio productivo sobre todo en los regadíos. Por último, en la Navarra húmeda los viejos labrantíos son sustituidos, en una buena parte, por los prados (en 1906 los prados ocupan el 33 % de la superficie agrícola mientras que en 1965 lo será del 49,6%).

Toda esta revolución agrícola lleva aparejado un cambio en el sector ganadero. La disminución de superficies pastables en el conjunto de Navarra, tanto por rotura de viejos eriales, como por reducción del barbecho, llevó consigo un decrecimiento de la cabaña ganadera que en el caso del ovino pasó de las 539.471 cabezas en 1891 a las 494.809 cabezas en 1950 y en el cabrío se vio reducido a la mitad (sobre las 50.000 cabezas a principios del siglo y alrededor de las 26.000 en 1960).

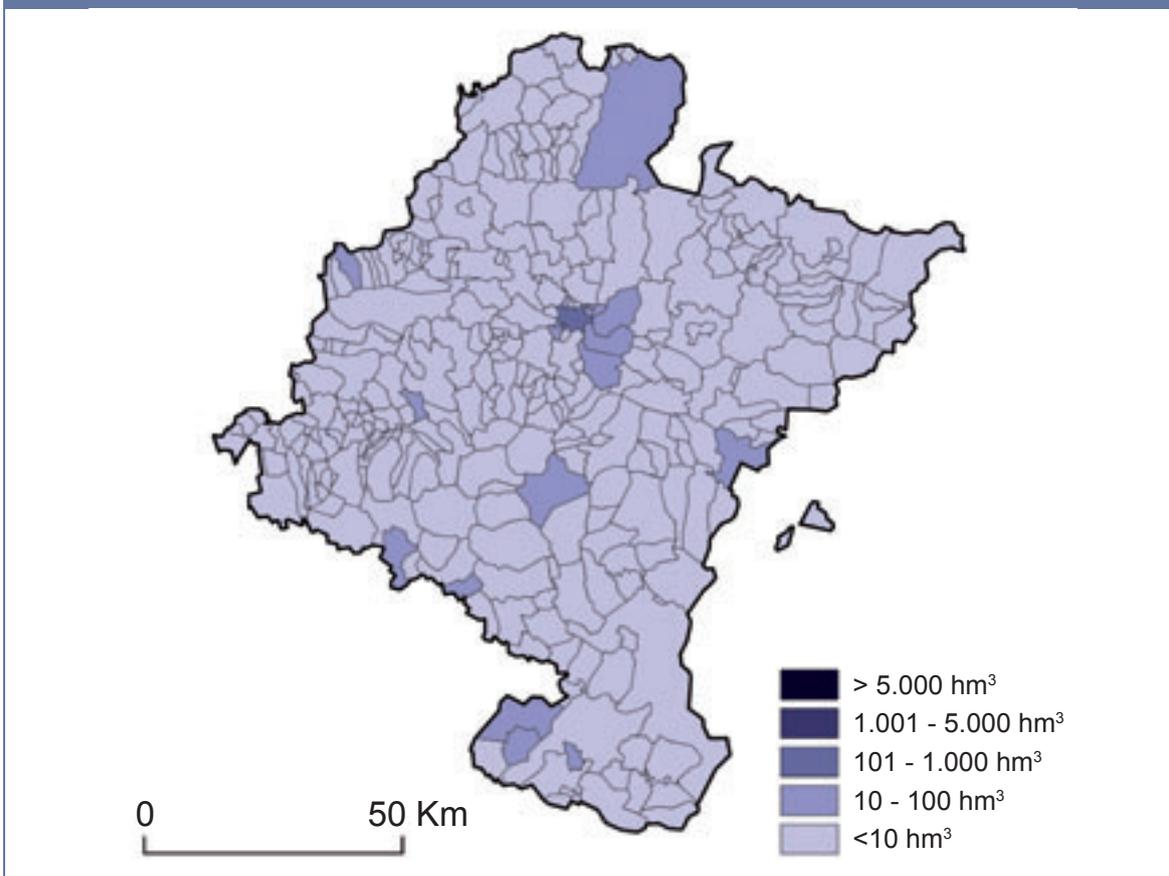
Todos estos cambios técnicos y estructurales estuvieron acompañados por transformaciones de gran envergadura en los sistemas de cultivos y la orientación productiva, explicación lógica de los niveles de “Huella Hídrica” recogidos en el mapa adjunto. A parte de reseñar el abandono de tierras marginales (unas 10.000 Has. entre 1963 y 1980), cabe señalar el significativo aumento de la extensión dedicada al cultivo de la cebada (en 1973 esta supera al trigo y en 1980 llega a las 120.000 Has. frente a las 46.000 de trigo) y la generalización del cohecho cerealista en las cuencas (varios años seguidos de cereal con inserción de uno de barbecho) en detrimento del tradicional sistema de año y vez. El maíz se asienta en los regadíos de la rivera, desplazando a la montaña de su tradicional posición dominante, en tanto se consolida la presencia del espárrago en los secanos y regadíos del sur de Navarra (8.000 Has. en 1980) y sigue el declive de los cultivos leñosos (se pierden unas 10.000 Has. en el viñedo en la década de los setenta y sobre las 1.300 de olivar). La cabaña ganadera registra cambios cuantitativos y cualitativos que merecen ser reseñados: disminución del censo de lanar y bovino y aumento rápido de avícola, porcino y cunícola; aumento de rendimiento por incorporación de avances genéticos y técnicas

de producción (aparecen las “granjas industriales” sin base territorial las cooperativas de producción y venta, etc.).

La base económica de Navarra está constituida, en buena parte, sobre este sector (espacios industriales) que, a pesar de las crisis industriales vividas resulta vital en la Comunidad Foral. La orientación productiva de esta nueva industria cambia con respecto a la existente hasta comienzo de los años setenta. En los primeros momentos del despegue industrial Navarra cuenta con el legado recibido del sistema tradicional con fuertes especializaciones en alimentación, cuero-calzado-vestido, cerámica-vidriocemento y construcción. A mediados de los años setenta aparece la metalúrgica básica y de transformación, junto con el papel y artes gráficas, entre las nuevas especializaciones de la industria navarra. En el octavo decenio se termina de perfilar la nueva imagen de la actividad industrial en la Comunidad Foral. El sector energético es fuertemente dependiente del sector industrial. La industria alimentaria sigue teniendo gran importancia, sobre todo si es contemplada como la prolongación natural de la actividad rural.

En resumen, respecto de la “Huella Hídrica”, tal y como hemos expuesto, Pamplona se consolida, de esta manera, como área metropolitana, distanciándose cada vez más de las ciudades intermedias; en un segundo nivel se distinguen estas “ciudades medias” que hacen las veces de cabeceras comarcales (Tudela, Estella, San Güesa y Tafalla) siendo las dos primeras algo más importantes; en un tercer nivel aparecen las cabeceras subcomarcales que por diversas razones siguen ejerciendo una influencia apreciable en su entorno (Alsasua, Aoiz, San Adrián, Lodosa, Cintruénigo, Santesteban y Elizondo); en último nivel estarían una serie de núcleos de menor entidad, aunque alguno de ellos históricamente tuvieron gran importancia (Viana, Puente de la Reina), otros se caracterizan por su peso industrial (Leiza, Irurzun, Vera de Vidasoa) y los hay por su relativo tamaño (Marcilla, Cascastillo, y otros). Se da, por tanto, un decrecimiento de la Huella de los mayores niveles, a los inferiores (Figura 51).

FIGURA 51. “Huella Hídrica” por Municipios; Navarra. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

### c.17. País Vasco:

En la realidad de la “Huella Hídrica” del País Vasco influye notablemente la elevada humedad ambiental, la frecuente nubosidad y precipitaciones. No podemos olvidarnos, no obstante, que pese a la pequeña superficie de la comunidad, los contrastes pluviométricos, y climáticos en general, son considerables (hecho éste que se plasma, igualmente, en la Huella). En corta distancia se pasa del clima oceánico costero al mediterráneo de interior a través de una matizada gradación de ambientes, impresa en el paisaje por la vegetación y los diversos usos agrarios.

Respecto de la distribución espacial, el territorio de Vizcaya concentra algo más de la mitad de los efectivos demográficos de la comunidad vasca –el 55%–, mientras que en Guipúzcoa reside el 32% y en Álava el 13% restante, fenómeno que, “grosso modo”, se observa al tratar de la “Huella Hídrica”. Ésta presenta un notable paralelismo con una disposición tripolarizada de los asentamientos urbanos, y de una Huella que supera oscila entre los 100 y los 1000 hm<sup>3</sup>: el área del Gran Bilbao, donde se localiza cerca del 43% de la población vasca, además de constituir la aglomeración urbana y económica más significativa de la comunidad; el área urbana de la comarca guipuzcoana de Donostialdea, que comprende casi el 15% del conjunto demográfico vasco, y el municipio de Vitoria-Gasteiz que concentra el 10% de la población vasca, siendo el principal núcleo urbano Álava (todos estos municipios reflejan los datos de Huella anteriormente considerados).

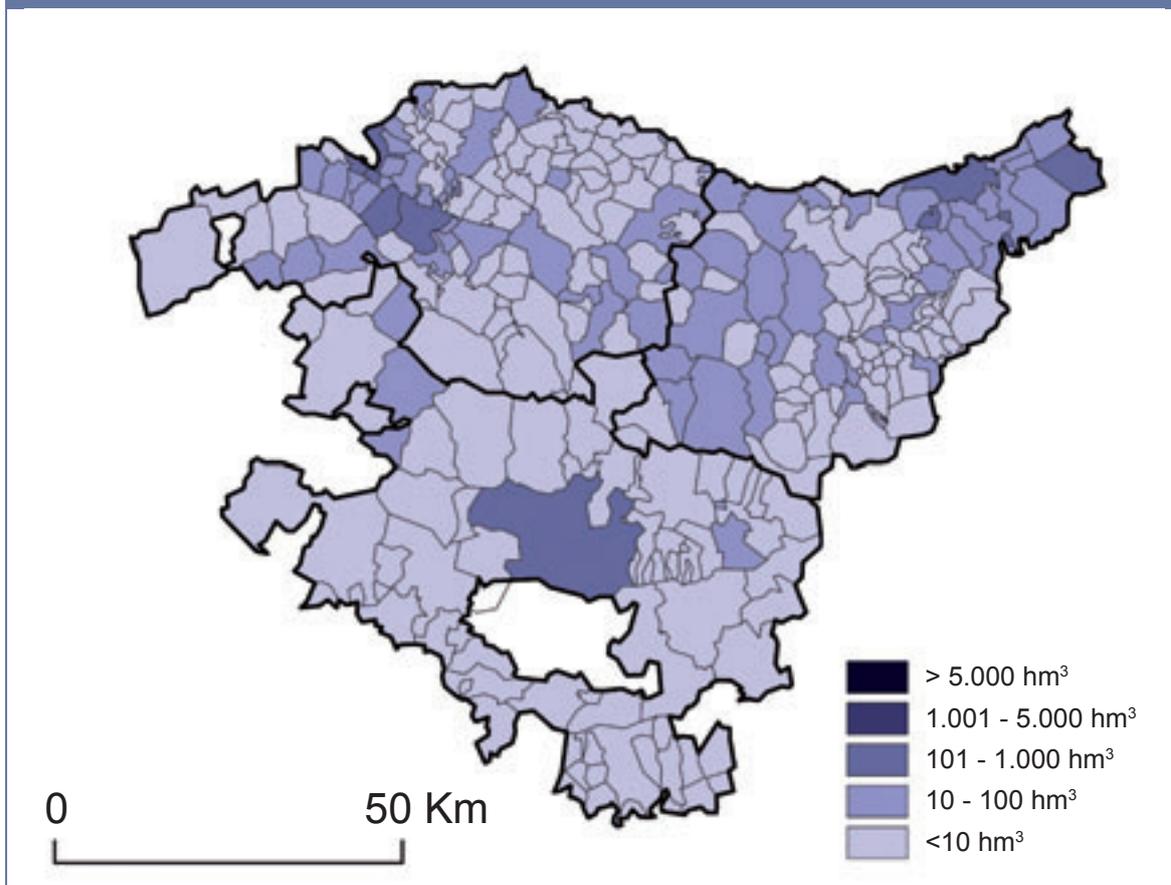
Por otra parte, señalar que la densidad de población es el reflejo de la desigualdad existente entre los espacios costeros de Vizcaya y Guipúzcoa y el territorio de Álava. El espacio alavés es el menos densamente poblado. Comarcas como Valles Alaveses y Montaña Alaveses presentan las menores ocupaciones del territorio con valores en torno a los 6 hab/km<sup>2</sup>. En estos municipios la “Huella Hídrica” queda en los niveles más bajos –no supera los 10 hm<sup>3</sup>– (Figura 52).

En la situación opuesta se encuentran los espacios costeros de la comunidad vasca, donde las espectaculares densidades del Gran Bilbao con más de 2.200 personas por km<sup>2</sup>, o las de la comarca guipuzcoana de Donostialdea con un valor superior a los 1.000 hab/ km<sup>2</sup>, son el claro exponente de la gran congestión urbana y demográfica del espacio vasco. Sin embargo, en las últimas décadas, Bilbao y Donostia-San Sebastián, en función de su anterior desarrollo económico y poblacional, se encuentran con importantes problemas de saturación que obligan a un crecimiento moderado, de forma que los municipios limítrofes se benefician de esta situación y absorben gran parte del incremento demográfico, que se extiende en forma de mancha de aceite. Todo esto se refleja en los niveles de “Huella Hídrica” próximos a los 1000 hm<sup>3</sup>.

Esto explica en parte que a los mayores niveles se corresponda los núcleos de población de carácter propiamente urbano, que concentran volúmenes importantes de población algunos con fuertes densidades demográficas y problemas de congestión y deterioro ambiental (Barakaldo, Bilbao, Basauri, Portugalete, Rentería, Pasajes, etc.), desempeñan funciones centrales respecto a un área de influencia a la que sirven, organizan y centran las actividades secundarias y terciarias. Este tipo de poblamiento muestra una diferenciación entre un tipo de “Huella Hídrica” homogéneo en su distribución en Guipúzcoa, y un tipo polarizado en los otros territorios vascos, llegándose al caso extremo de la concentración vitoriana que polariza más de dos terceras partes de la población alavesa, con unos niveles de Huella elevados.

La “Huella Hídrica” del País Vasco muestra, como hemos señalado, una correspondencia con los espacios urbanos marcados por la primacía demográfica y económica de Bilbao, o más bien, del área metropolitana del Bajo Nervión. Su pujanza industrial, en declive, se ve sustituida por un incremento de las funciones comerciales y del sector terciario orientado a la exportación. Un segundo nivel lo encontramos en la Huella de ciudades como Vitoria o San Sebastián, marcadas por sus funciones administrativas. Por debajo de las ciudades capitales de provincia existe una constelación de pequeñas villas y ciudades que ofrecen servicios de alcance comarcal, con Huellas comprendidas entre los 10 y los 100 hm<sup>3</sup>. Vizcaya, esta se localizan siguiendo un patrón marcado por centros de valles, y organizando un entorno rural de doblamiento disperso: Balmaseda, Munguía, Guernika-Lumo, Markina, Durango, Elorrio. En Álava, Llodio y Amurrio, base del crecimiento industrial del valle del Nervión. En Guipuzcoa, la topografía condicionó el crecimiento urbano a lo largo de los fondos de los valles; sirvan como ejemplos, Beasaín-Ordicia, o Zumarraga-Urretzu, junto con Tolosa, Vergara, Azpeitia, Azcoitia Eibar y Arrasate-Mondragón, más Irún (Figura 52).

FIGURA 52. "Huella Hídrica" por Municipios; País Vasco. (2007).



Fuente: Elaboración propia.

Llegados a este punto podemos afirmar que la región y el lugar no tienen existencia propia. Son sólo una abstracción si los consideramos separadamente de la totalidad. Al tratar de la "Huella Hídrica" como un índice utilizado para medir un recurso, el agua, no debemos olvidarnos que nos encontramos ante el hecho de que a cada temporalización práctica corresponde una especialización práctica que crea nuevos límites. Detengámonos en las nuevas estrategias para la reducción del consumo de agua.

## **8. ESTRATEGIAS PARA REDUCCIÓN DEL CONSUMO DE AGUA, EN EL CONTEXTO DE LA “HUELLA HÍDRICA” ESPAÑOLA**

A partir de la década de los sesenta se empezó a introducir prácticas eficientes en el uso del agua con el objetivo de garantizar el recurso hídrico en el sector urbano (Arreguín-Cortés, F.I. 1991; Sánchez y Sánchez, 2004). Aplicándose posteriormente de manera progresiva estas estrategias en el sector agrario y en el sector servicios (Sánchez y Sánchez, 2004). Inicialmente, estas estrategias se implementaron como respuesta a emergencias locales, pero su eficiencia y la escasez actual de agua las han convertido en programas clave de mediano y largo plazos (Gordón, 1990; Van Dyke y Pettit, 1990; Sánchez y Sánchez, 2004).

Por otra parte, en casi todos los países áridos o semiáridos la adecuada gestión de los recursos hídricos es un tema tan importante como conflictivo (Aldaya y Llamas, 2008)). La situación actual en España es un ejemplo más entre los muchos casos que existen en la actualidad. Esta situación complicada responde a distintas causas, con variadas y complejas soluciones, de acuerdo no sólo con las características climáticas de la región considerada, sino también con factores económicos, políticos y culturales (Llamas, 2005).

La mayor parte de los expertos en estos temas suele admitir hoy que los conflictos hídricos no se deben normalmente a la escasez física de agua sino a la mala, a veces pésima, gestión que realizan los poderes públicos de este recurso (Llamas, 2005). Llamas et al. (2008) considera que la escasez de agua en España se debe principalmente a la asignación ineficiente de los recursos hídricos y a la mala gestión de ella en el sector agrícola.

Los avances científico-técnicos de los últimos años permiten resolver una gran parte de los conflictos hídricos existentes. Llamas (2005) menciona como avances de gran interés: la desalación de las aguas marinas o salobres, el abaratamiento y la rapidez del transporte de mercancías, la facilidad para extraer aguas subterráneas a bajo coste, las técnicas para depurar las aguas urbanas e industriales, la biotecnología, entre otras.

En el caso de España, la presencia de un régimen de precipitaciones muy variado, la concentración de la aportación anual de los ríos (70%) en pocos meses y las inundaciones que se producen como consecuencia, y la sobreexplotación de los recursos hídricos, han producido un delicado y precario balance hídrico (Ministerio de la Presidencia, 2007). En el mismo sentido, Chapagain y Orr (2009) señalan que en la región del Mediterráneo existen presiones ambientales y sociales importantes que afectan el suministro de agua, como la sequía, la calidad del agua, el aumento de la población, el turismo y la actividad agrícola intensiva.

### **8.1. SOSTENIBILIDAD DE LA “HUELLA HÍDRICA”**

La sostenibilidad de la “Huella Hídrica” de un proceso, de un producto, o de un consumidor o productor, depende de sus propias características, como son el tamaño, duración, ubicación, color, entre otras; y de las condiciones del área geográfica (Hoekstra et al., 2009). La sostenibilidad de la “Huella

Hídrica” se puede analizar desde una perspectiva ambiental, social o económica, y a diferentes escalas, nivel micro (local – zona de captación), meso (cuenca hidrográfica) y macro (global, superior a la cuenca fluvial).

Los impactos locales pueden ocurrir por la sobreexplotación o la contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, o debido a una reasignación del flujo de agua verde evaporada desde la vegetación natural a los cultivos. Los impactos ambientales en una cuenta hidrográfica pueden ocurrir cuando existen pequeñas extracciones de agua o flujos de residuos que se acumulan y causan impactos posteriores río abajo en ecosistemas acuáticos o terrestres adyacentes al río. A nivel global, todas las huellas hídricas que se van sumando crean una situación en la cual la escasez de agua dulce conduce a su sobreexplotación. Siendo importante analizar si esta situación se puede reducir o evitar.

Cuando las captaciones son bastante pequeñas (menos de 100 km<sup>2</sup>), se realiza una evaluación ambiental a nivel micro. En este caso, se incluyen los impactos que se producen dentro de la zona donde se evalúa la “Huella Hídrica”, pero los impactos aguas abajo no se incluirían en el estudio.

Se pueden identificar los puntos conflictivos o calientes de la “Huella Hídrica” de un producto, de un consumidor o de un productor en función de los componentes que se localizan en la cuenca donde se consume o se contamina agua a costa de la calidad de los ecosistemas naturales. En este nivel, el impacto de la “Huella Hídrica” de un producto, un consumidor o un productor, siempre dependerá de la suma de las huellas hídricas de todas las actividades en relación con los recursos disponibles de agua y su capacidad de asimilación.

A partir de la evaluación ambiental, surgen tres impactos importantes: la escasez de agua verde, la escasez de agua azul y el nivel de contaminación del agua.

Desde una perspectiva social, la sostenibilidad de la “Huella Hídrica” se relaciona con temas como el reparto equitativo, los efectos externos, los oportunistas, el empleo y la salud humana.

El reparto equitativo se analiza por ejemplo, cuando en la zona hay un gran consumidor de agua que obtiene grandes beneficios por la producción de productos de exportación, mientras las Comunidades de alrededor no obtienen beneficio alguno y además sufren la contaminación ocasionada por este usuario. A nivel de cuenca hidrográfica, el reparto equitativo se analiza cuando la extracción de agua se realiza río arriba, se consumen grandes cantidades y la contaminación se produce a costa de los usuarios río abajo. En una escala global, la equidad toma mayor relevancia, porque algunos consumidores tienen una “Huella Hídrica” cinco veces superior que otros, y los recursos de agua dulce a nivel mundial son limitados. Aparte de la cuestión de la equidad dentro de esta generación, está la cuestión de la equidad intergeneracional.

Los efectos externos son muy frecuentes en el empleo de los recursos hídricos: los costes del consumo y de la contaminación por la población ubicada aguas arriba de una cuenca hidrográfica no compensan a los consumidores aguas abajo.

Los oportunistas son aquellos que extraen agua de los acuíferos o de los ríos en mayor cantidad que otros.

En relación con el empleo, ocurre en muchas regiones que la producción de cultivos en una cuenca lleva a la sobreexplotación de los recursos hídricos disponibles, que se pone de manifiesto por ejemplo, en la disminución de la capa freática. Este tipo de “Huella Hídrica” debe reducirse, pero puede ocurrir que sea a costa del empleo regional, efecto no deseado. La “Huella Hídrica” suele ser especialmente alta por el consumo de agua en la agricultura, que en muchos países es un sector importante de empleo.

Por último, la “Huella Hídrica” gris puede afectar a la salud humana, tanto en el punto de eliminación de residuos como aguas abajo.

Una determinada “Huella Hídrica” siempre puede estar asociada con la creación de un determinado valor económico. Por ejemplo, el agua dulce puede ser considerada como un factor de producción. Idealmente, el agua dulce se utiliza de manera que cree el más alto nivel de bienestar, entendiendo el bienestar en un sentido amplio e incluyendo cualquier valor que la sociedad considere pertinente. Sin embargo, en la práctica solo pocas de las condiciones requeridas para el uso eficiente del agua se cumplen.

Generalmente, el abastecimiento de agua está altamente subsidiado, y en ocasiones no es asignada a los fines que crean el mayor beneficio posible a la sociedad y, la escasez de agua, la contaminación y los costes externos del abastecimiento de agua generalmente no se traducen en un coste real para el consumidor. Como consecuencia, los patrones de consumo están, en general, muy lejos del óptimo económico. El bienestar perdido de esta manera es lo que se puede considerar como el impacto económico (negativo) de la “Huella Hídrica”.

Entre las razones por las cuales las condiciones para el uso eficiente del agua no se cumplen, destacan dos:

- Debido al carácter público del agua y la ausencia física de la propiedad privada, no existe un mercado que establezca un precio de agua que se base en la oferta y la demanda, y que refleje su escasez.
- En parte como resultado de la anterior, los usuarios suelen pagar un precio por el agua dulce que está muy por debajo de su valor económico real.

La mayoría de los gobiernos subsidian el suministro de agua a gran escala mediante la inversión en infraestructura como presas, canales, purificación de agua, sistemas de distribución y tratamiento de aguas residuales. Estos costes generalmente no se cobran a los consumidores, y como resultado, existe un insuficiente interés comercial por parte de los consumidores para ahorrar agua.

Además, la escasez de agua por lo general no se traduce como un componente adicional del precio de los bienes y servicios que se producen con el agua, como sucede de forma natural en el caso de los bienes privados.

Finalmente, los consumidores, por lo general, no pagan por los impactos negativos que causan en las personas o en los ecosistemas aguas abajo. Por tanto, las entradas de agua no forman un componente importante del precio total, e inclusive de los productos que más consumen agua. En definitiva, la producción de bienes no es, o no está suficientemente, regulado por la escasez de agua.

El impacto económico de la “Huella Hídrica” está relacionado de alguna manera con la ineficiencia en el uso del agua. Se pueden distinguir tres niveles en los que se puede considerar la eficiencia del uso del agua: local, cuenca hidrográfica y global (Hoekstra y Hung, 2002, 2005).

A nivel local, o del consumidor, la pregunta es si se pueden utilizar menos recursos hídricos para producir el mismo bien o servicio y lograr el mismo beneficio. La cuestión está en la cantidad de bienes producidos por unidad de agua. En la agricultura, la pregunta es: ¿podemos pedir “más por cada gota”. La eficiencia del consumo local de agua en ocasiones se denomina “eficiencia productiva”, y se puede expresar en términos de unidad de producto por unidad de agua, por ejemplo en  $t\ m^{-3}$ . Ésta eficiencia se puede incentivar mediante el impulso de las tecnologías de ahorro de agua, como son los precios de tarificación basados en el coste marginal total, subsidiando una mejor tecnología, mayores impuestos a las tecnologías que desperdician agua, y/o la concientización de los consumidores sobre el valor del ahorro de agua.

A nivel de cuenca hidrográfica o de zona de captación, la pregunta es cómo los recursos hídricos disponibles son asignados a los diferentes usos. Para ello es necesario conocer si se puede pedir un mayor “valor por gota”. La eficiencia en el consumo eficiente del agua a este nivel también se la denomina “asignación de eficiencia”, y se expresa en términos de valor monetario obtenido por unidad de agua, por ejemplo en  $euro\ m^{-3}$ . Este tipo de eficiencia se puede mejorar mediante la reasignación de agua a las zonas y los propósitos que generan el mayor beneficio marginal.

Finalmente, a un nivel superior al de cuenca hidrográfica, es importante preguntarse qué regiones del mundo tienen una ventaja comparativa en la producción de bienes intensivos en agua y qué regiones tienen una desventaja comparativa. La “eficiencia global de uso del agua” se puede incrementar si los países utilizan sus ventajas y desventajas comparativas para alentar o desalentar a determinados tipos de producción. Los factores que influyen en que un país tenga una ventaja comparativa o una desventaja en la producción de un determinado producto intensivo en agua son:

- el clima regional,
- el grado de escasez de agua regional,
- la disponibilidad y la utilización real de tecnologías hídricas,
- el suelo,
- la productividad laboral, entre otros.

## 8.2. GOBERNANZA Y GESTIÓN DEL AGUA.

Para alcanzar la gobernanza global del agua, el consumo sostenible del agua a nivel mundial incluye la equidad social, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica. Además, todos los seres humanos deben tener los mismos derechos para acceder a los recursos hídricos, los ecosistemas deben ser preservados, y el agua se debe utilizar lo más eficientemente posible (Verkerk et al., 2008).

Hoekstra (2006) considera que los tres factores más importantes que dan a la gestión del agua una verdadera dimensión global son: el cambio climático, la liberalización del comercio y la privatización del sector hídrico. Los temas donde la coordinación a nivel global más podría contribuir para alcanzar la gobernabilidad efectiva del agua son: la promoción del uso del agua, garantizar el uso sostenible del agua y el fomento de la distribución equitativa de los recursos hídricos limitados.

Por lo general, cuando existe escasez de agua en una determinada región, es cuando se elaboran estrategias para buscar fuentes alternativas (Sánchez y Sánchez, 2004). Hoff (2009) considera que la gestión y la gobernanza del agua todavía no se han adaptado a las dependencias interescales e intersectoriales existentes y a sus dinámicas e incertidumbres.

Por otra parte, Novo et al. (2008) considera que la mayoría de la literatura sobre agua virtual se ha centrado en la cuantificación de los flujos de agua virtual y en su aplicación dentro de la seguridad alimentaria y el abastecimiento de agua. Sin embargo, en el análisis de las ganancias potenciales del comercio internacional, al menos desde una perspectiva de los recursos hídricos, es necesario tener en cuenta tanto las variaciones espaciales y temporales de agua azul (agua subterránea y superficial) y agua verde (humedad del suelo), así como las condiciones socioeconómicas y políticas.

El análisis de la política de agua española puede aportar experiencias interesantes para otros países de similares condiciones climáticas (áridos o semi-áridos) o económicas (economías emergentes) (Llamas et al. 2008). El aumento de la exportación de productos procedentes de cultivos intensivos depende en gran medida de tierras que no son tradicionalmente agrícolas y de la presencia de aguas subterráneas (Chapagain y Orr, 2009).

Verkerk et al. (2008) consideran que los acuerdos institucionales, factibles y realizables, para la gobernanza global del agua son: un protocolo de control de los precios del agua, acuerdos empresariales en informes de Sostenibilidad y permisos de "Huella Hídrica". Además, consideran que estos acuerdos promueven la equidad social, la sostenibilidad ambiental y la eficiencia económica. En la Tabla 34 se expone la justificación y las principales características de los tres acuerdos institucionales propuestos. Los tres acuerdos propuestos no son excluyentes entre sí, sino complementarios y se refuerzan mutuamente, de tal manera que el agua se utiliza de forma sostenible a nivel global.

TABLA 40. Principales características de tres acuerdos institucionales globales.			
	Protocolo de control de los precios del agua	Acuerdos empresariales en informes de Sostenibilidad	Permisos de "Huella Hídrica"
<b>Justificación</b>	Los costes marginales totales incrementan la eficiencia. Para combatir la negativa de varios países a autoregular su consumo requiere de la cooperación internacional.	Las compañías ganan de forma proactiva aspectos de la sustentabilidad ambiental. Los canales de acuerdo de los esfuerzos empresariales para aumentar la sostenibilidad ambiental de sus actividades.	Todo individuo tiene derecho a utilizar una cierta cantidad de los recursos hídricos mundiales y su consumo total no debe exceder la capacidad de carga de la Tierra.
<b>Agentes del cambio</b>	Gobiernos nacionales	Consejo Empresarial Mundial para el Desarrollo Sostenible	Gobiernos nacionales
<b>Agentes primarios</b>	Productores	Industria, minoristas	Consumidores
<b>Elementos propios</b>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método de costes marginales totales</li> <li>Método de asignación de fondos</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Método de medición</li> <li>Método de informe</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>Definición máxima de la "Huella Hídrica" mundial</li> <li>Permiso de asignación Marco de seguimiento</li> </ul>
<b>Mecanismo de comportamiento</b>	El incremento en los precios se transmite, en última instancia, a los consumidores	Los canales de liderazgo involucran a los productores; en los informes de sostenibilidad se implica a los consumidores	Existen varios instrumentos que pueden utilizar los gobiernos nacionales para involucrar a todos los agentes en la cadena del agua virtual

Fuente: Verkerk et al. (2008)

Desde esta perspectiva el riego y la ganadería son las actividades agrarias que más agua consumen, siendo el riego la actividad económica que requiere mayor cantidad de agua (casi el 70% de la demanda total) (Sánchez y Sánchez, 2004). Llamas et al. (2008) señalan que en España el 90% del agua verde y azul se utiliza en el sector agrario, y por tanto las actuaciones para reducir la "Huella Hídrica" deben ser prioritarias en este sector. Además, una gestión eficiente del agua destinada al riego es esencial para lograr la eficiencia global del aprovechamiento del recurso (CEPAL, 1.999; Sánchez y Sánchez, 2004).

Llamas et al. (2008) recomiendan corregir el mal aprovechamiento de una gran cantidad de agua azul en cultivos con altas exigencias de agua y de escaso valor económico. Es importante considerar que la eficiencia del riego se ha estimado en algo menos del 30% (GWP, 2.000; Sánchez y Sánchez, 2004), y que con aproximadamente el 10% del agua azul empleada en el regadío se produce el 90% del valor económico de los cultivos de regadío (Llamas et al., 2008).

En el área del regadío con aguas subterráneas o mixtas, Llamas et al. (2008) considera que éstas ofrecen un mayor dinamismo en comparación con el riego con aguas superficiales. Principalmente, porque favorecen la resiliencia a las sequías, el estímulo emprendedor en la zona de influencia, el bajo coste de inversión, entre otras.

Como medidas para corregir la ineficiencia en el uso del agua de regadío es necesario que (Sánchez et al., 2.003; Sánchez y Sánchez, 2004; Llamas et al., 2008):

- se reasignen los recursos de agua azul hacia cultivos con mayor valor económico y menor consumo de agua, en las futuras políticas agrarias y de manejo del agua.
- se replantee la continuidad de los cultivos de regadío tradicionales de escaso valor económico, o reconvertirlos al cultivo de secano, incrementando los pagos por servicios ambientales.
- se enfoque la producción hacia productos de calidad y/o ecológica.
- se mejore la operación de los sistemas de riego y el monitoreo de las condiciones del suelo y del clima.
- se establezca el papel de las aguas subterráneas en la política del agua española, y su correcta gestión.
- se desarrollen programas de control de pérdidas de agua, considerando el desarrollo y empleo de estructuras de aforo o medición, y la corrección de fugas en las redes de distribución.

La posible reasignación de recursos de agua azul de regadío gracias a la globalización del mercado de alimentos no significa necesariamente un impacto negativo en la seguridad alimentaria de España. Por lo contrario, es una oportunidad que de hecho puede contribuir a solucionar uno de los temas mas

problemáticos cara a la directiva Marco Europea, como es disminuir sensiblemente la contaminación difusa de la agricultura intensiva, que es posiblemente el principal problema medio ambiental tanto en España como en casi todos los países industrializados (Llamas et al., 2008).

Así para Llamas et al. (2008), España puede ser un país pionero en pasar de una política de “more crops and jobs per drop” (más cultivos y empleos por gota de agua) a una gestión de “more cash and care of nature per drop” (más dinero y cuidado de la naturaleza por cada gota de agua). Pero, esta inevitable transición positiva requiere del fomento e incentivo de la innovación en el sector hídrico, de alimentos y de energía por parte del gobierno.

Por supuesto, Chapagain y Orr (2009) resaltan la dependencia por parte de los consumidores a nivel mundial de los escasos recursos locales de determinadas regiones. Siendo importante que los consumidores a nivel mundial tengan claro que es insostenible un mundo que aspire a consumir más agua de la que hay disponible. Como ejemplo de los distintos patrones de consumo, Chapagain y Hoekstra (2004) calcularon que el consumo “per cápita” de agua virtual contenida en la alimentación varía según el tipo de dieta alimenticia, desde  $1 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$  para una dieta de supervivencia, hasta  $2,6 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$  para una dieta vegetariana, y de más de  $5 \text{ m}^3 \text{ día}^{-1}$  para una dieta basada en carne, como es el caso de Estados Unidos, que tiene un consumo de  $120 \text{ kg cap}^{-1} \text{ año}^{-1}$ .

Una opción para cambiar los patrones de consumo es que se haga más visible el carácter local del contenido de agua virtual de un determinado producto (indicador adicional del uso de los recursos) a través de la cadena de suministro. De manera que, se pueda comprender mejor las consecuencias e impactos del consumo en una determinada región sobre los recursos hídricos locales de otra. Por ejemplo, mediante programas específicos de concientización o la implantación de un etiquetado de los productos con la cantidad de agua virtual empleada.

Para alcanzar la sostenibilidad de los recursos hídricos mundiales, la reducción del consumo de carne roja sería un paso muy importante. Además, ayudaría a terminar con la lógica de que, a mayor consumo de agua, mayor nivel de desarrollo. También, los consumidores deben seguir los consejos por parte de los organismos internacionales, nacional, públicos y privados para reducir el gasto de agua en todas las actividades diarias.

### 8.3. AGUAS RESIDUALES. CARACTERÍSTICAS Y CLASIFICACIÓN

Las aguas residuales (grises y negras) son aquellas que se generan como producto del uso del agua natural o de la red de abastecimiento, en una actividad determinada. Conocer el tratamiento más adecuado de las aguas residuales y su posterior reutilización para múltiples usos contribuye al consumo sostenible del agua. Cuando las aguas residuales se descargan o desaguan, se denominan vertidos. Es importante conocer los distintos tipos de aguas residuales de acuerdo a su procedencia (aguas residuales domésticas, industriales y urbanas), para elegir la mejor técnica para su gestión y tratamiento.

Las aguas residuales domésticas son aquellas que se generan por el metabolismo humano y las actividades domésticas. Generalmente son recogidas por las redes de alcantarillado y saneamiento, y su depuración se realiza en las Estaciones Depuradoras de Aguas Residuales (EDAR).

Las aguas residuales industriales son vertidas desde los locales donde se lleva a cabo una actividad comercial o industrial, que no sean aguas residuales domésticas ni aguas de escorrentía pluvial. Generalmente, las industrias se clasifican en cinco grupos según sus vertidos:

- Industrias con efluentes principalmente orgánicos: papeleras, azucareras, mataderos, curtidos, conserveras, lácteas y subproductos, fermentaciones, preparación de productos alimenticios, bebidas y lavanderías.
- Industrias con efluentes orgánicos e inorgánicos: refinerías y petroquímicas, coquerías, químicas y textiles.
- Industrias con efluentes principalmente inorgánicos: químicas, limpieza y recubrimiento de metales, explotaciones mineras y salinas.
- Industrias con efluentes con materias en suspensión: lavaderos de mineral y carbón, corte y pulido de mármol y otros minerales, laminación en caliente y colada continua.
- Industrias con efluentes de refrigeración: centrales térmicas y centrales nucleares.

Como aguas urbanas se considera la mezcla de las aguas residuales domésticas con aguas residuales industriales y/o aguas de escorrentía pluvial. Al igual que las aguas residuales domésticas, son enviadas a las EDAR para su tratamiento.

## **8.4. TÉCNICAS PARA LA GESTIÓN DEL AGUA**

### **8.4.1. Ahorro y Uso eficiente del agua**

En los hogares se pueden implementar distintas tecnologías y métodos para alcanzar el ahorro de agua (Sánchez y Sánchez, 2004)., entre ellas:

1. Uso de sanitarios de bajo consumo, que pueden ahorrar hasta en un 50% el volumen de agua de cada descarga. En promedio utilizan de 6 a 10 litros.
2. Uso de sistemas de bajo consumo para duchas, como son los reductores de flujo o duchas de bajo consumo.
3. Uso de aireadores, que inyectan aire y aumentan el volumen de agua, en los fregaderos, de manera que se incrementa el área de cobertura y se mejora la eficiencia del lavado.
4. Uso de grifos con válvulas o sensores que solo permiten que salga agua cuando se colocan las manos debajo de ellos.
5. Utilizar las cargas adecuadas de ropa en las lavadoras, o utilizar equipos que usan una menor cantidad de agua.
6. La reutilización del agua procedente de las lavadoras es también factible, y puede emplearse para el lavado de exteriores, suelos o para la recirculación hacia los sanitarios.
7. Reparar las instalaciones hidráulicas y sanitarias ayudan a reducir las pérdidas de agua debido. Se estima que un grifo que gotea desperdicia 80 litros de agua por día, equivalente a 2,4 m<sup>3</sup> al mes.
8. Regar los jardines en horas de poco sol, para evitar la evaporación y aprovechar mejor la capacidad de absorción del suelo.
9. No lavar los coches con manguera, preferentemente hacerlo con un paño húmedo. También se recomienda hacerlo en sitios donde se disponga de equipos especiales con aire y de alta presión, que usan menos agua.
10. Economizar el agua estableciendo un precio que pueda influenciar la demanda o a través de campañas educativas tendientes a disminuir el uso por parte de los usuarios.
11. Empleo de criterios de eficiencia y educación, para reducir el desperdicio por fugas, sistemas de baja eficiencia o negligencia de los usuarios.

En el sector industrial se puede reducir el consumo de agua mediante la incorporación de principios de producción más limpia o uso eficiente de agua (Arreguín, 1.991). El uso eficiente del agua en la industria contribuye a una producción más limpia, y con la obtención de los datos de consumo se pueden determinar los valores mensuales, estacionales y medios (Sánchez y Sánchez, 2004). La medición sirve para el control de equipos, accesorios, zonas de riego, baños etc., de manera que se pueden realizar comparaciones y determinar si las medidas tomadas están siendo efectivas y eficientes. Los beneficios estimados en la industria son: ahorro en energía, optimización de procesos, menos agua residual y, por lo tanto, menos necesidad de capacidad instalada en tratamiento y menor cantidad de agua facturada.

En el caso de las industrias, se recomiendan las siguientes acciones para reducir el consumo de agua (Sánchez y Sánchez, 2004):

1. Aplicar el principio de “quien contamina paga”, que ha estimulado a la industria a mejorar el uso eficiente del agua.
2. Incentivar la recirculación en procesos de producción, la reutilización y la reducción del consumo interno.
3. Se recomienda incluir a los trabajadores y usuarios para motivar el uso eficiente del agua por parte de ellos.

Entre los problemas encontrados en el uso eficiente del agua y el desarrollo de sus estrategias, se menciona la debilidad en la conceptualización sobre la gestión integrada de los recursos hídricos, la gestión con una visión sectorial, la falta de interdisciplinariedad en el desarrollo de los programas,

la existencia de limitaciones para comprender el ciclo antrópico del agua y de una visión parcializada hacia los costes de los diferentes usuarios, y la no inclusión de los patrones culturales relacionados con las prácticas tradicionales de uso del agua, en especial en los países en desarrollo (Sánchez y Sánchez, 2004).

Cuando se implementan los programas de uso eficiente del agua, no se toman en cuenta los patrones culturales relacionados con las prácticas tradicionales de uso y se consideran acciones puntuales y no procesos continuos a través del tiempo. Además, no se definen indicadores de fácil verificación y seguimiento, en especial en los sistemas de agua pequeños. La falta de información es un problema común y normalmente es el punto de partida cuando se implementan acciones de uso eficiente.

#### 8.4.2. Depuración

Depuración de aguas residuales se denomina a los distintos procesos implicados en la extracción, tratamiento y control sanitario de los productos de desecho arrastrados por el agua y procedentes de viviendas e industrias. Generalmente el depurado de aguas residuales consta de 7 fases o etapas:

1. Desbaste y tamizado: el agua circula a través de rejillas y tamices de diferentes calibres para la separación de los sólidos de diferentes tamaños.
2. Desarenado para eliminar por acción de la gravedad elementos como gravas, minerales y otras partículas no orgánicas. Y el desengrasado para eliminar las grasas, espumas y materias flotantes que podrían obstaculizar la posterior aireación del agua.
3. Tratamiento de decantación primaria se realiza en tanques (decantadores) en los que el agua fluye muy despacio para que se sedimentan por gravedad los sólidos en suspensión. Se pueden añadir sustancias coagulantes o floculantes que favorezcan este proceso.
4. Tratamiento secundario o biológico en el que actúan microorganismos que se alimentan de la materia orgánica presente en las aguas, disminuyendo su contaminación.
5. Decantación secundaria (clarificadores) para eliminar los fangos o lodos generados en el tratamiento biológico y dejar el agua lo más limpia posible.
6. Tratamiento terciario (químico) para eliminar o reducir la presencia de algunas sustancias concretas.
7. Línea de fangos, donde los lodos o fangos que son producto de los procesos de depuración recirculan o son eliminados, estabilizando previamente su contenido orgánico por digestión aerobia, anaerobia o química. Para su manejo se someten a un proceso de secado, pudiendo entonces ser transportados al vertedero, o ser utilizados en la agricultura o incinerados.

#### 8.4.3. Reutilización

La reutilización del agua se puede definir como dar un nuevo uso al agua. En la actualidad existen tratamientos, denominados Tratamientos Terciarios, que permiten suministrar agua de calidad a partir de aguas residuales. En su mayoría, las aguas reutilizadas se destinan para el riego agrícola., otras opciones son la infiltración en el terreno, la limpieza de vías públicas, la reutilización industrial o aguas de aporte para torres de refrigeración.

Entre las tecnologías de tratamiento para reutilizar las aguas residuales, se menciona:

- Tecnologías de membrana. Tienen un coste significativo y su uso dependerá del fin del agua. Crean un problema grave de eliminación de las salmueras y de demanda de electricidad. Se utilizan principalmente en islas, zonas costeras con pocos recursos hídricos, campos de golf y agricultura. Se menciona:
  - Microfiltración. Es efectiva eliminando patógenos de gran tamaño (como Giardia y Cryptosporidium). Generalmente se usa como pre-tratamiento para otras tecnologías de membranas.
  - Ultrafiltración. Elimina prácticamente todas las partículas coloidales. Generalmente se usa como pre-tratamiento para otras tecnologías de membranas (nanofiltración, hiperfiltración u osmosis inversa).
  - Nanofiltración. Elimina prácticamente todos los sólidos disueltos.
  - Ósmosis inversa. Elimina prácticamente todas las sales y los solutos de bajo peso molecular. Se utiliza cuando la finalidad es el agua de bebida o la recarga de acuíferos.

- Electrodiálisis reversible. Recircula la mayor parte del agua de los compartimientos de concentrados para ahorrar agua.
- Electrodesionización. Emplea corriente eléctrica continua como fuente de energía para la desalinización.
- Tecnologías de filtración para tratamiento avanzado de aguas residuales, entre ellas los filtros clásicos de arena o los filtros de anillas.
- Tecnologías intensivas de regeneración, entre ellas:
  - Reactores secuenciales discontinuos. Ocupan poca superficie y sus costes son competitivos.
  - Biodiscos. Los microorganismos fijados descomponen la materia orgánica empleando procesos aerobios. El proceso es fiable y barato en cuanto a la energía empleada.
  - Bioreactores de membrana. La membrana no permite el paso de los biosólidos que quedan en el reactor y se obtiene un efluente de buena calidad, fácilmente desinfectable.
  - Sistemas físico-químicos. Mediante un reactivo se procede a la coagulación-floculación, y filtración por arena u otro sistema.
- Tecnologías extensivas de regeneración.
  - Infiltración-Percolación. Es un sistema de tratamiento avanzado, natural, extensivo y basado en el uso de arena. Puede incluso llegar a cumplir las especificaciones para generar agua con la que se puede regar sin restricciones.
  - Sistemas de lagunaje. Tecnología que potencia la eutrofización, mediante la simbiosis de algas y bacterias. El sistema es capaz de lograr una buena desinfección por la acción de la radiación UV del sol.
  - Zonas húmedas construidas (Wetlands). Son terrenos inundados que tienen plantas acuáticas emergentes. Combinan zonas anaerobias (principalmente) con aerobias y anóxicas.
- Tecnologías de desinfección para regeneración, se excluye la cloración.
  - Ozonización. Actúa principalmente contra virus y bacterias, y reduce al mismo tiempo los olores, no genera sólidos disueltos adicionales, no es afectado por el pH y aumenta la oxigenación de los efluentes.
  - Dióxido de cloro. Se considera como una de las mejores alternativas a la cloración convencional.
  - Radiación ultravioleta. Se emplea la radiación a 253,7 nm, que se considera la más adecuada para el proceso.

#### **8.4.4. Desalación de aguas en España: estado de la cuestión ante la realidad de la “Huella Hídrica” de nuestro país.**

La desalación en España que, como han precisado Canovas y Martínez (2009), tiene sus antecedentes en los años cincuenta (Sevilla) y sesenta (Canarias), experimentó un importante crecimiento en la última década del pasado siglo en relación con el desarrollo de la secuencia de sequía (1990-1995) que evidenció, en diversos territorios del sur y este de nuestro país, graves problemas para el abastecimiento urbano (vid. Rico, Olcina, Paños y Baños, 1998; Olcina y Rico, 1999). Desde entonces la importancia de las aguas desaladas entre los recursos disponibles para diferentes usos –principalmente, abastecimiento urbano- no ha dejado de crecer y se configura, en la actualidad, como un elemento imprescindible en la planificación hidrológica.

Al igual que se ha señalado a la hora de evaluar los recursos de agua procedentes de la depuración de aguas residuales, es asimismo difícil disponer de cifras reales sobre caudales desalados al año en España. Se conocen las capacidades de producción de las instalaciones de desalación oficiales financiadas por alguna administración, que generalmente coinciden con las desaladoras de agua del mar de gran capacidad para abastecimiento urbano; asimismo es posible conocer la capacidad de producción de plantas de desalación de grandes empresas que requieren caudales importantes de agua para llevar a cabo sus procesos productivos; e incluso se pueden descifrar los volúmenes de aguas salobres desaladas para usos agrícola de aquellas plantas incluidas en planes oficiales de aprovechamiento de aguas desaladas. Pero es imposible conocer el número real de plantas de desalación existentes y el caudal tratado puesto que existen muchas instalaciones, de pequeño tamaño, que han puesto en marcha en los últimos años pequeños agricultores para regar cultivos intensivos (invernaderos) e incluso unidades

móviles que se han instalado en instalaciones hoteleras del litoral mediterráneo aprovechando aguas salobres de acuífero costero para hacer frente a puntas de demanda estival.

Por otra parte, el registro de desalinizadoras previsto en el artículo 7 del Real Decreto 1327/1995, de 28 de julio, nunca se completó y su consulta es prácticamente imposible.

El inventario de los regadíos españoles realizado por el Ministerio de Agricultura para la elaboración del Plan Nacional de Regadíos (Horizonte 2008) se incluye un apartado sobre origen del agua en las superficies de regadíos españoles. Sólo Canarias y Murcia aparecen como las dos únicas regiones donde se aprovechan esta agua con fines agrarios para el riego de 273 y 271 ha., respectivamente. Y pese a ser cierto que estas dos regiones concentrarían buena parte de las instalaciones de desalación para fines agrarios existentes en España, resulta incorrecta la superficie total que se beneficia del empleo de esta fuente no convencional. E igualmente sorprende que no se considere superficie alguna regada con aguas desaladas en Andalucía cuando en territorio almeriense es una realidad la utilización de esta fuente “no convencional” en regadíos de alto rendimiento de los Campos de Níjar y Dalías. Y, por su parte, la Comunidad Valenciana es la región peninsular que, tras Andalucía y Murcia, mayor uso de aguas desaladas para uso agrario emplea, incluso con planes desarrollados por la Administración regional (Consellería de Agricultura) para el fomento de este recurso.

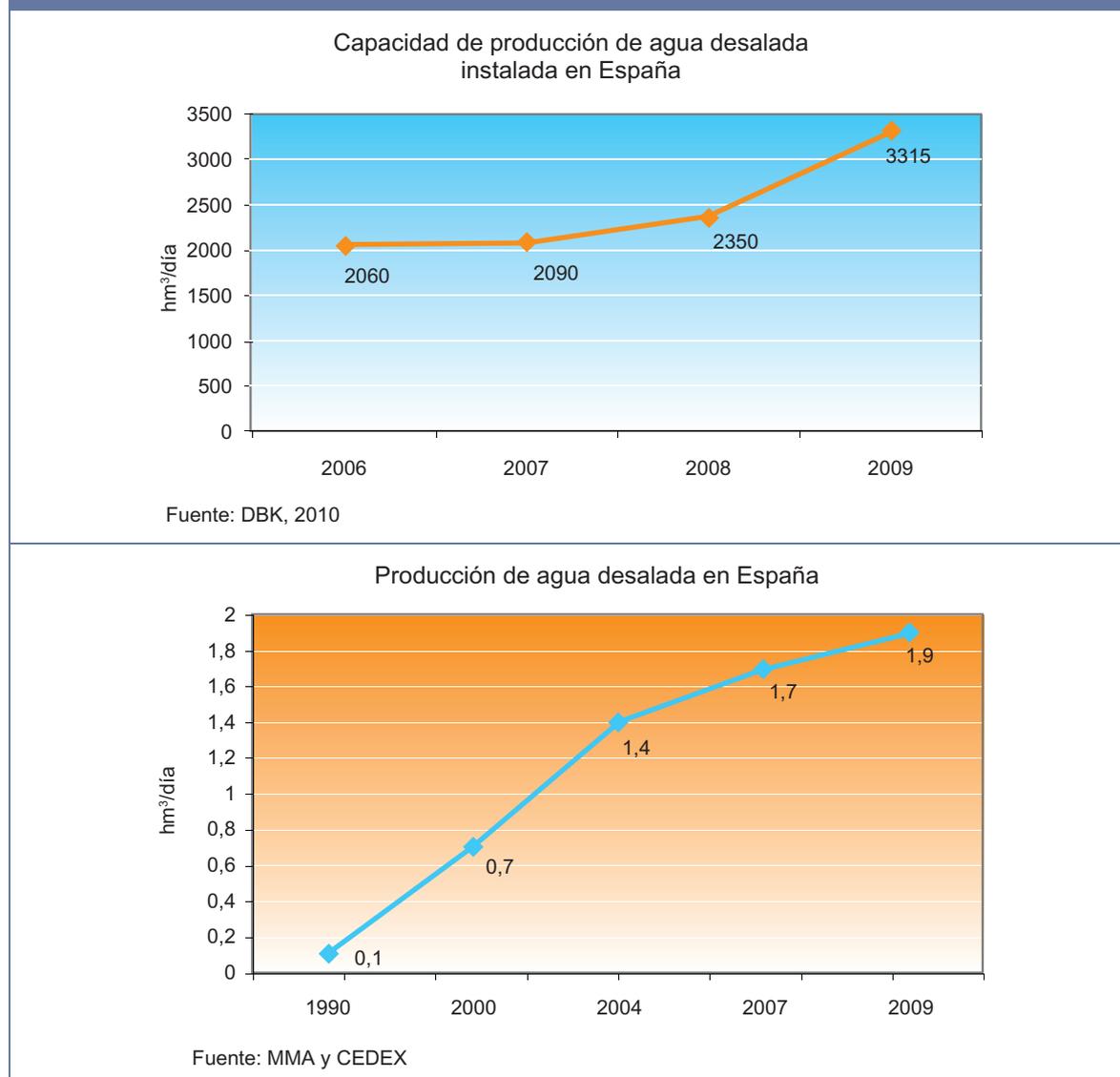
A comienzos del presente siglo y antes del impulso oficial de la desalación incluido en el Plan Hidrológico Nacional 2001 y en el Programa AGUA 2004, existían ya 600 minidesaladoras instaladas en el sureste español de las cuales un tercio sería ilegal al no estar registradas y carecer de permiso para el vertido de la salmuera. Son cifras que revelan la importancia que ha adquirido la actividad desaladora en el último lustro y la dificultad de controlar la instalación de unidades de desalación para aguas salobres de pequeña capacidad que abastecen parcelas de horticultura de ciclo manipulado en la región climática del sureste ibérico.

La Asociación Española de Desalación y Reutilización señala que, en la actualidad, existen en nuestro país 900 plantas desaladoras, tanto de agua salobre como de mar, y de tamaños entre 100 y más de 100.000 m<sup>3</sup>/día de capacidad. Por su parte, el reciente informe de la consultora DBK sobre empresas de desalación en España eleva el número de plantas desaladoras operativas a 1000, que tendrían una capacidad de 3,3 millones de metros cúbicos diarios (Ver Figura 53).

En otros términos, existe disparidad en las cifras de desalación en nuestro país. Los datos oficiales que ofrece el Ministerio de Medio Ambiente (2009) hablan de una capacidad de producción instalada de 2,7 millones de m<sup>3</sup>/día y una producción real de 700 hm<sup>3</sup>/año. El 70% de este volumen corresponde a la destilación de aguas marinas y el 30% al tratamiento de aguas salobres continentales.

En el conjunto de aguas procedentes de desalación (del mar y salobres) el uso urbano es el prioritario y supone el 55% de la producción anual. Este porcentaje se eleva si nos referimos a aguas marinas desaladas puesto que el 95% de las producidas se destina a abastecimiento urbano y turístico debido sin duda al mayor coste de producción que tienen las aguas de esta procedencia.

FIGURA 53. Capacidad de producción de agua desalada en España y producción real.



Fuente: DBK, MMA y CEDEX. Elaboración propia

Aunque el volumen de agua desalada apenas representa el 3% del consumo total efectivo de agua en España, comienza a ser significativo si nos referimos al gasto urbano de agua puesto que en 2010 supone ya el 13% del consumo de agua en las ciudades.

Asimismo, este volumen de agua sitúa a España como primer país europeo en producción anual de agua desalada y el cuarto país del mundo en capacidad de producción de agua desalada, por detrás de Arabia Saudí, Estados Unidos y los Emiratos Árabes. En el mundo, según los últimos datos de la Asociación Internacional de Desalación (IDA) la capacidad de desalación de las plantas oficiales (12.451) se cifra en 60 hm³/día (21.900 hm³/año). El 62% de esta nueva capacidad contratada (39 millones de m³/día) corresponde a desalación de agua de mar, mientras que la desalación de aguas salobres representa otros 12 millones de m³/día (19%). En la actualidad, más de 150 países del mundo utilizan la desalación como proceso para aumentar sus recursos de agua.

El agua desalada de origen marino se ha convertido en fuente principal de abastecimiento a poblaciones en las islas de Fuerteventura, Lanzarote, Gran Canaria, Ibiza y Formentera, y supone una parte muy importante del agua consumida en Ceuta y Melilla. En las islas orientales canarias el 90% de sus respectivas poblaciones se abastece con esta agua. En estos casos pierde sentido, como se ha señalado, la expresión “no convencional” para aludir al tipo de agua utilizado. En los últimos años, además, la

desalación de aguas marinas ha experimentado un decisivo impulso en la isla de Mallorca para poder atender el crecimiento de la demanda en la Bahía de Palma. La apertura de la macro-planta desaladora de Palma de Mallorca en 1999, con una capacidad de tratamiento de 42.000 m<sup>3</sup>/día –actualmente en fase de ampliación–, que se suma a la serie de actuaciones llevadas a cabo en este espacio geográfico a lo largo de los años noventa, ha situado a esta isla en posición destacada de producción de aguas desaladas de origen marino en el conjunto de España (vid. Tabla 41).

TABLA 41. Capacidad de producción de agua desalada en España (situación en 2010).		
Comunidad Autónoma	Capacidad instalada (m <sup>3</sup> /día)	Nº instalaciones
ANDALUCIA	816.658	67
COMUNIDAD VALENCIANA	714.080	87
CANARIAS	671.602	317
MURCIA	454.698	71
CATALUÑA	381.776	83
BALEARES	189.146	30
CASTILLA-LA MANCHA	97.936	32
CEUTA Y MELILLA	43.000	3
ARAGON	40.609	10
CASTILLA-LEON	9.448	18
EXTREMADURA	2.700	3
ASTURIAS	1.000	1
NAVARRA	960	1
MADRID	800	7
GALICIA	752	2
RIOJA, LA	720	1
PAIS VASCO	616	3
CANTABRIA	340	2

Fuente: Ministerio de Medio Ambiente y CEDEX

El análisis de estos datos permite destacar los siguientes aspectos sobre la evolución de la desalación en España durante la última década:

a) Las seis primeras Comunidades Autónomas que se reflejan en la Tabla anterior (Andalucía, Comunidad Valenciana, Canarias, Murcia, Cataluña y Baleares) concentran el 95% de la capacidad de producción de aguas desaladas de nuestro país

b) En la última década, el gran avance de la desalación en España ha tenido lugar en las regiones del litoral mediterráneo y, en particular, Andalucía, Cataluña, Comunidad Valenciana y Murcia. Este incremento en la capacidad de producción de aguas desaladas ha tenido relación con la instalación de plantas desaladoras con fines de abastecimiento urbano.

c) Las Comunidades Autónomas que incluyen capacidades de producción por debajo de 10.000 m<sup>3</sup>/día y donde la desalación es un asunto excepcional en el conjunto de sus recursos hídricos disponibles, tienen que ver con la existencia de unidades para desalación de agua con fines industriales, con la instalación de sistemas de osmosis inversa en procesos de depuración de agua residual para reducir el contenido en sales de las aguas depuradas y, en menor medida, uso agrario de esas aguas.

De manera que las experiencias de desalación de aguas en España se concentran, básicamente, en los dos archipiélagos y en las tierras del litoral mediterráneo (Alicante, Murcia, Almería, Málaga) si bien existen instalaciones puntuales en municipios del interior de España (Castilla-La Mancha, Castilla y León, Extremadura, Aragón, Madrid, interior de Andalucía, Navarra) para la desalación de aguas salobres o aguas con elevado contenido en sales procedentes de depuración.

Como se ha indicado el abastecimiento a poblaciones a partir del tratamiento de aguas marinas supone el volumen mayor de agua desalada producida en España. En la actualidad el 13 % de volumen total de agua destinada a abastecimientos urbanos en el conjunto de España procede de la desalación de agua marina y está previsto que este porcentaje se eleve al 20% hacia 2015.

Hay varios hechos que explican el enorme avance de la desalación de agua para uso urbano en España en los últimos años. Hay que mencionar que las actuaciones programadas –y en fase de desarrollo– estaban incluidas ya, en muchos casos, en el listado de inversiones del Plan Hidrológico Nacional 2001 y fueron recogidas y ampliadas en el Programa AGUA 2004. Como hitos relevantes en la política reciente de desalación de aguas en España, cabe destacar:

a) La construcción de nuevas plantas de desalación de agua marina (IDAM) o ampliación de instalaciones existentes en Canarias. De los 2.500 m<sup>3</sup>/día de la primera desaladora instalada en Lanzarote se ha pasado a una producción de 671.000 m<sup>3</sup>/día. Destacan las islas orientales (Gran Canaria, Lanzarote y Fuerteventura) donde el abastecimiento urbano con agua desalada supone más del 50% en todas ellas. Pero asimismo, Tenerife produce cerca de 100.000 m<sup>3</sup>/día de aguas desaladas de procedencia marina. Y se han instalado unidades de desalación en las islas de La Palma, Gomera y Hierro.

b) Ceuta y Melilla disponen de sendas instalaciones de desalación de agua marina de gran capacidad, (23.000 y 20.000 m<sup>3</sup>/día, respectivamente) y está previsto la ampliación de la capacidad de desalación en la desaladora de Ceuta (15.000 m<sup>3</sup>/día) dentro de las actuaciones del programa AGUA.

c) Andalucía ha experimentado un incremento notable de su capacidad de desalación (190 hm<sup>3</sup>/año) merced a la puesta en marcha de nuevas unidades en Málaga y, sobre todo, en Almería. En esta última provincia destacan las estaciones desaladoras de Carboneras (120.000 m<sup>3</sup>/día), Almería ciudad (50.000 m<sup>3</sup>/día) y rambla de Morales (60.000 m<sup>3</sup>/día), todas ellas con agua del mar. Por su parte, en la provincia de Málaga destacan la desaladora de Marbella -inaugurada en 1995 y reformada en 2005- (56.000 m<sup>3</sup>/día) y la planta desalobradoradora de El Atabal con una capacidad instalada de 165.000 m<sup>3</sup>/día. Se estima que el 40% del agua de abastecimiento urbano que consume la Costa del Sol procede de la desalación.

d) Las Comunidades de Murcia y Valencia han dado un salto cuantitativo enorme en relación con la desalación de aguas para abastecimiento. En el territorio de la Demarcación Hidrográfica del Segura integrado en estas dos Comunidades autónomas están en funcionamiento las desaladoras de abastecimiento urbano de Alicante y San Pedro del Pinatar, ambas pertenecientes a la Mancomunidad de Canales del Taibilla y que, tras sus respectivas ampliaciones producen 76 hm<sup>3</sup>/año. Está prevista la entrada en funcionamiento en 2010 de las desaladoras de Valdelentisco, Aguilas y Torrevieja (70, 50 y 80 hm<sup>3</sup>/año) con uso mixto del agua (abastecimiento y regadío). Se puede afirmar que, en la actualidad, la producción de agua desalada de origen marino para abastecimiento urbano en la Demarcación Hidrográfica del Segura es de 120 hm<sup>3</sup>/año, y está previsto ampliar dicha capacidad, en una segunda fase, a 133 hm<sup>3</sup>/año. En la provincia de Alicante funcionan asimismo plantas de desalación con destino al abastecimiento urbano en la comarca de la Marina Alta (Denia, Javea, Calpe). Y en el litoral de Castellón hay instaladas, asimismo, plantas desaladoras en Nules, Moncofa, Vall d'Uixo, todas ellas con capacidades de producción superiores a los 4.000 m<sup>3</sup>/día y en Betxi (1.000 m<sup>3</sup>/día), que permiten potabilizar agua salobre obtenida en pozos salinizados y con problemas de contaminación difusa por nitratos. En 2011 está prevista la puesta en marcha de la desaladora de Cabanes-Oropesa, con una capacidad de 65.000 m<sup>3</sup>/día, ampliables hasta 130.000 m<sup>3</sup>/día, para garantizar el abastecimiento de este sector del litoral de Castellón que ha experimentado un importante incremento en su parque de viviendas y que tiene previsión de que así siga siendo en los próximos años. Se está construyendo la desaladora. Y se construye, asimismo, una nueva desaladora en Moncofá para abastecimiento urbano, con capacidad para 10,3 hm<sup>3</sup>/año, ampliable a 21 hm<sup>3</sup>/año. Por último, en Sagunto está próxima la inauguración de otra macro-desaladora con capacidad para producir 8,4 hm<sup>3</sup>/año y que será la primera que se ponga en marcha en la provincia de Valencia y que tiene como finalidad el refuerzo del abastecimiento del Camp de Morvedre y del área metropolitana de Valencia. En resumen, en la Comunidad Valenciana el Gobierno ya tiene, en servicio o en diferente fase de ejecución, un total de 10 desalinizadoras (2 en Castellón: Cabanes-Oropesa y Moncofá, y 7 en Alicante: Torrevieja, Campello-Mutxamel, Denia, Guardamar, Alicante II, ampliación de Alicante I y Vega Baja).

e) Baleares ha apostado por la desalación de agua marina para garantizar el abastecimiento urbano-turístico de agua potable. Desde 1999 funciona la macro-planta de la Bahía de Palma (proyectada inicialmente para el tratamiento de 42.000 m<sup>3</sup>/día y posteriormente ampliada hasta 65.000 m<sup>3</sup>/día). La ampliación en la planta desaladora de Palma ha estado motivada por la situación de desabastecimiento que se padeció realmente en la Bahía durante el verano de 2000 y que obligó a la instalación de 7 unidades móviles (“doritas”) con capacidad total de 15.000 m<sup>3</sup>/día (Vid. Rico Amorós, 2001). A la puesta en marcha de esta ampliación se han sumado las desaladoras de Formentera (4.000 m<sup>3</sup>/día), la de Ibiza (9.000 m<sup>3</sup>/día), San Antonio (17.500 m<sup>3</sup>/día) y la de Son Ferrer en la isla de Mallorca (6.500 m<sup>3</sup>/día). Asimismo, se han construido instalaciones de desalación en la isla de Menorca (Andaraz, Alcuia y Ciudadela) con capacidades de producción entre 10.000 y 14.000 m<sup>3</sup>/día. Asimismo, está en fase avanzada la construcción de la desaladora de Santa Eulalia, que aportará otros 15.000 m<sup>3</sup>/día para abastecimiento.

f) Por último, la puesta en marcha de la macro-desaladora de El Prat de Llobregat ha situado a Cataluña en una posición destacada en el conjunto del Estado español por lo que se refiere a la producción de agua desalada para abastecimiento urbano. La capacidad de producción de esta planta desaladora se eleva hasta los 200.000 m<sup>3</sup>/día y su construcción avanzada –inaugurada en julio de 2009– junto al extraordinariamente lluvioso mes de mayo de 2009, tras la aguda sequía sufrida meses atrás, resultó determinante para que la Administración del Estado desechara la construcción del proyectado trasvase del Ebro a Barcelona. En Cataluña hay también experiencias de desalación con fines de abastecimiento urbano en Girona que emplea agua salobre (desaladora de la Tordera, 28.000 m<sup>3</sup>/día).

FIGURA 54. Capacidad de desalación en España a escala municipal.



Fuente: Libro Digital del Agua. Ministerio de Medio Ambiente

A su vez, se han puesto en marcha algunas actuaciones destacadas a partir de la desalación de aguas salobre para riego. En la Tabla adjunta (vid. Tabla 42) recoge las actuaciones más importantes de desalación de agua salobre continental iniciados en España durante los últimos años. Canarias y el territorio de la región climática del sureste peninsular acaparan las experiencias más importantes desarrolladas en los últimos años a partir de agua salobre y agua marina.

TABLA 42. Actuaciones destacadas de utilización de aguas desaladas para riego en España.

ÁMBITO	ACTUACIÓN
MURCIA	-Instaladas 80 desaladoras para uso agrario con un potencial de desalación de 35 hm <sup>3</sup> /año (ubicadas en campo de Cartagena, Mazarrón, Lorca y Águilas). De ellas 20 hm <sup>3</sup> /año corresponden a desalación de aguas salobres y 15 hm <sup>3</sup> /año a desalación de aguas marinas. -Destaca por su carácter pionero la desaladora de la Comunidad de Regantes "Virgen del Milagro", inaugurada en noviembre de 1995 y con una capacidad de producción de 13.500 m <sup>3</sup> /día. Riego de 3.500 Ha.
ALICANTE	-La producción de aguas desaladas para riego está estrechamente vinculada con la implantación de unidades de osmosis inversa en algunas depuradoras de gran tamaño para rebajar el contenido en sales de las aguas regeneradas (Alicante, Benidorm). Se trata en realidad de plantas desaladoras. En la ciudad de Alicante, la capacidad producción de aguas desaladas para uso agrario se estima en 50.000 m <sup>3</sup> /día. En Benidorm, el sistema terciario tiene una capacidad de desalación de 19.500 m <sup>3</sup> /día. -Como experiencia singular de desalación, hay que mencionar el Plan PAYDES (Comarca del Bajo Segura), puesto en marcha en 1995 a raíz de la sequía de comienzos de los años noventa del pasado siglo. Se instalaron 16 plantas desaladoras (14,8 hm <sup>3</sup> /año). Riego de 10.000 Ha. En la actualidad ninguna de ellas está en funcionamiento.
ALMERIA	-En Almería destacan las experiencias de desalación con fines agrarios de Carboneras y Cuevas de Almanzora. La Macro-desaladora de Carboneras tiene una capacidad de producción de 44 hm <sup>3</sup> /año. Abastecimiento a 23 municipios del Campo de Níjar y Bajo Andarax (300.000 hab.) y riego de 15.000 ha. En Cuevas de Almanzora, la Comunidad de Regantes dispone de una planta (2003) con una capacidad de producción de 25.000 m <sup>3</sup> /día. En estos momentos está finalizándose la nueva desaladora del Bajo Almanzora, que tiene como finalidad satisfacer la creciente demanda de recursos hídricos de la agricultura y de las localidades costeras de esta zona del levante almeriense. Para ello, está previsto que la planta tenga una producción de 20 hectómetros cúbicos de agua al año, de los cuales 15 hectómetros cúbicos se destinan a riego de las Comunidades de regantes que componen la Junta Central de Usuarios del Valle del Almanzora. En total, con estos nuevos recursos hídricos se consolidarán hasta 24.000 hectáreas de cultivos de gran valor para la economía de la zona. En cuanto a los 5 hectómetros cúbicos restantes producidos por la planta, se destinarán al consumo urbano de las localidades abastecidas por la sociedad pública Galasa, que suman una población de unas 140.000 hab. Las localidades de Pulpi (5,7 hm <sup>3</sup> /año) y Palomares (7,3 hm <sup>3</sup> /año) disponen de sendas desaladoras para fines agrarios.
CANARIAS	-Existen algo más de un centenar de plantas desaladoras de agua salobre para uso agrario. La producción total de agua desalada para riego asciende a 50 hm <sup>3</sup> /año. Riego de plataneras y tomates y otros cultivos frutícolas y hortícolas. Se localizan en las islas de Gran Canaria, Tenerife y Fuerteventura. Un proyecto interesante es la desaladora del Valle de San Lorenzo en la isla de Tenerife, que aprovecha las aguas residuales depuradas de Santa Cruz de Tenerife y mediante una conducción de 60 km. lleva el agua hasta el valle del San Lorenzo para su posterior distribución entre los agricultores de la zona. La capacidad de producción de agua es de 4.000 m <sup>3</sup> /día.

FUENTE: Elaboración propia

Es necesario mencionar, porque normalmente se considera un aprovechamiento menor, la importancia que tiene el empleo de aguas salobres desaladas para fines industriales. Empresas alimentarias, textiles, farmacéuticas, siderúrgicas, refinerías o centrales nucleares que emplean importantes volúmenes de agua en sus procesos productivos han implantado en los últimos cinco años unidades de tratamiento por ósmosis inversa que permiten el aprovechamiento de más de 40 hm<sup>3</sup> anuales.

Aunque no es un uso destacado, hay que referirse al empleo de aguas desaladas (aguas salobres) para usos turísticos, fundamentalmente riego de campos de golf y utilización en instalaciones de recreo (parques de agua). En efecto, la utilización principal de recursos no convencionales que lleva a cabo esta actividad se relaciona con las aguas depuradas. No obstante un 3,6% de la producción total de nuestro país está destinada a usos turísticos. Así, por ejemplo, en el archipiélago canario, la promoción residencial Meloneras Golf, en el municipio de San Bartolomé de Tirajana, al sur de Gran Canaria, ha diseñado su campo de golf para que sea regado con aguas desaladas. La hierba utilizada a lo largo del recorrido permite su riego con agua desalada, debido a su alta tolerabilidad a la sal. En la isla de Tenerife, el completo hotelero de lujo Abama Resort también utiliza aguas desaladas para el riego de su campo de golf. En el litoral mediterráneo, el empleo de desalación para el riego de campos de golf se limita, hasta el momento presente, al uso de sistemas de osmosis inversa para el tratamiento avanzado de aguas residuales depuradas. Es el caso, por ejemplo, de la promoción Xeresa Golf, utiliza aguas desaladas para el riego de su campo de golf que se obtienen de la planta de osmosis inversa construida para tal fin, con capacidad para producir 5.000 m<sup>3</sup>/día. En el municipio de Alicante sendos campos de golf utilizan aguas residuales depuradas con filtración de osmosis inversa, procedente de las depuradoras de Rincón de León y Orgegia.

Aunque son ejemplos puntuales y su uso no está muy extendido, es necesario referirse al empleo de aguas desaladas para el riego de zonas verdes. Las experiencias desarrolladas en nuestro país utilizan aguas subterráneas salobres que son filtradas con sistemas de ósmosis inversa. Es el caso de la desaladora existente, desde 1996, en el campus universitario de la Universidad de Alicante para el riego de su amplia zona ajardinada, o de la existente en el municipio de San Vicente del Raspeig, desde 1998, para el riego del parque Lo Torrent y baldeo de calles. La primera con una capacidad de producción de 450 m<sup>3</sup>/día y de tan sólo 100 m<sup>3</sup>/día en el segundo caso.

Tan importante como la actividad de desalación que se lleva a cabo en España en la actualidad son los proyectos de próxima puesta en marcha que, en muchos casos ya iniciados, van a incrementar de forma considerable el volumen de aguas desaladas durante los inmediatos años.

a) Costes económicos de la desalación: un proceso de reducción constante.

Un aspecto fundamental para explicar la enorme difusión que ha experimentado la actividad de desalación de aguas en España durante los últimos años es la reducción de los costes de producción del agua desalada. Ello está en relación con el menor coste de los sistemas de ósmosis inversa, que suponen el 90% de los procedimientos de destilación de las aguas saladas instalados en nuestro país, con la reducción de los costes de mantenimiento de las plantas (mayor tiempo de reposición de membranas, menor coste de personal por automatización de las instalaciones) y con la reducción de los costes energéticos que han visto, además, la expansión de sistemas de cogeneración que cuentan con incentivos establecidos por ley (Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre).

Los precios del agua del mar desalada se han reducido en relación, a la disminución del consumo energético. A comienzos de los años setenta del pasado siglo las plantas de desalación producían agua producto con consumos energéticos superiores a 20 kWh/ m<sup>3</sup> debido al propio sistema de producción basado en procesos de evaporación- A comienzos de los años noventa el consumo energético oscilaba entre los 15 kw/ m<sup>3</sup> en los procesos de compresión de vapor y 9 kw/ m<sup>3</sup> en los de osmosis inversa. En la actualidad. El consumo energético específico se sitúa en 2,9 kw/ m<sup>3</sup>. De manera que el avance en la producción de aguas desaladas de las dos últimas décadas ha estado en relación con la difusión de los procesos de osmosis inversa. Han disminuido también los costes de personal debido a la automatización de las instalaciones y se ha reducido asimismo el precio de las membranas al tiempo que ha aumentado el tiempo de vida útil de las mismas.

En las plantas de tratamiento de aguas salobres los costes energéticos oscilan entre 0,7 y 2,5 Kwh/ m<sup>3</sup> en función del grado de salinidad del agua y del proceso de desalación utilizado, siendo consumos entre 0,9 y 1,1 Kw/ m<sup>3</sup> el más habitual para plantas de tamaño medio o pequeño (entre 10.000 m<sup>3</sup>/día y 1.000 m<sup>3</sup>/día) (Prats, D. y Melgarejo, J., 2006).

El coste energético, junto a los gastos de amortización de la propia planta siguen siendo los capítulos que ocupan el porcentaje mayor de la distribución de costes del agua desalada. En función del tamaño de la desaladora el coste energético supone el 37-43 % y el de amortización entre el 33-43 %. El cambio de membranas oscila entre el 2 y 5% del coste total; la mano de obra entre el 4 y 11 % y el resto de gastos se reparten entre mantenimiento, reactivos químicos y limpieza química de la planta.

TABLA 43. Coste de la desalación. Agua del mar.				
PARÁMETROS DE CÁLCULO	1995	2002	2004	2010
Coste de inversión (€/m <sup>3</sup> /día)	890	610	600	590
Periodo de amortización (años)	15	15	15	15
interés (%)	10	4	4	4
Consumo específico (Kw/h/ m <sup>3</sup> )	5,3	4,1	3,6	2,9
Precio del agua (€/kw/h)	0,077	0,048	0,048	0,048
Tipo de toma	Abierta	Abierta	Abierta	Abierta
Energía eléctrica (€/m <sup>3</sup> )	0,408	0,196	0,172	0,139
Personal (€/m <sup>3</sup> )	0,036	0,036	0,030	0,025
Productos químicos (€/m <sup>3</sup> )	0,030	0,028	0,028	0,030
Mantenimiento y otros (€/m <sup>3</sup> )	0,024	0,024	0,024	0,024
Reposición de membranas (€/m <sup>3</sup> )	0,018	0,018	0,016	0,014
Total explotación	0,516	0,302	0,270	0,232
Amortización	0,337	0,170	0,168	0,165
<b>COSTE TOTAL (€/m<sup>3</sup>)</b>	<b>0,853</b>	<b>0,472</b>	<b>0,438</b>	<b>0,397</b>

Fuente: Torres Corral, 2009.

El coste total de agua desalada del mar, incluidos los costes de implantación y los de operación oscila entre 0,38 y 0,60 €/ m<sup>3</sup> según la toma sea de pozo o directa del mar. Por su parte, para aguas salobres el coste final para unidades de tamaño pequeño o medio varía entre 0,20 y 0,60 €/ m<sup>3</sup> según las características de las instalaciones, siendo el más habitual el intervalo entre 0,30 y 0,40 €/ m<sup>3</sup>. Se trata de unos precios asumibles por el uso urbano tanto si se trata de aguas del mar o salobres. Para la agricultura, los costes del agua del mar desalada resultan elevados y los de agua salobre son sólo asumibles en regadíos de agricultura de vanguardia (Morales Gil, 1997) (Ver Tabla 43).

TABLA 44. Costes de la desalación, según origen del agua (€/m <sup>3</sup> ).		
	PLANTAS DE AGUA SALOBRE (1.000-10.000 m <sup>3</sup> /día)	PLANTAS DE AGUA DEL MAR (10.000-140.000 m <sup>3</sup> /día)
Energía	0,030 - 0,080	0,140 - 0,176
Personal	0,017 - 0,035	0,014 - 0,100
Reactivos	0,017 - 0,055	0,018 - 0,048
Membranas	0,005 - 0,009	0,008 - 0,031
Consumibles	0,003 - 0,005	0,003 - 0,006
Mantenimiento	0,006 - 0,012	0,017 - 0,034

Fuente: Prats y Melgarejo, 2006.

Por su parte, Martínez Vicente (2009), en un exhaustivo análisis de experiencias de desalación internacionales y españolas, señala que el coste del agua del mar desalada mediante sistemas de ósmosis inversa oscila entre 0,536 €/ m<sup>3</sup>, en macro-plantas de 140.000 m<sup>3</sup>/día, con toma de agua del mar a través de pozo y 0,695 €/ m<sup>3</sup> en plantas de pequeño tamaño con toma directa de agua del mar. De modo que la concentración de la actividad en plantas de gran tamaño es una tendencia deseable a medio plazo para favorecer la reducción de costes del agua desalada (Ver Tabla 44).

En relación con los datos de coste de la desalación para uso agrario, recientemente se ha señalado el problema que supone la repercusión de las actuales tarifas eléctricas en el precio final del agua. Así, la desaladora de la cooperativa agrícola Virgen del Milagro de Mazarrón, con una capacidad de producción de 20 hm<sup>3</sup>/año, tan sólo ha producido en 2010 la mitad de dicha capacidad debido al alto

precio final del agua desalada (0,90 €/ m<sup>3</sup>). De manera que para satisfacer sus demandas totales los comuneros acuden a la compra de agua (mercado de agua) en el alto Segura (Calasparra) donde consiguen un precio de 0,45 €/ m<sup>3</sup>, notablemente inferior al agua producto desalada.

La evolución futura de los costes de desalación va a estar estrechamente ligada a la reducción de los costes de la inversión inicial, al tipo de interés –actualmente bajo, pero con tendencia al alza– y, de manera particular, al precio de la energía. En todos estos casos, se relacionan precios del agua a pie de planta; a ello hay que sumar el incremento que aplica el concesionario de la misma y los impuestos (IVA).

A efectos de comparación, el Global Water Intelligence en su informe sobre la situación de la desalación en el mundo (2006) ha establecido una serie de escenarios de evolución de la desalación en función de la variación del coste del agua desalada. Según ello, un incremento del coste del 10% disminuiría la capacidad global instalada en el mundo alrededor del 2% respecto a los valores esperados. Por el contrario, una disminución del coste en la misma proporción supondría un aumento en la capacidad instalada del 3%; si la reducción del curso es del 20% la capacidad de producción de agua desalada a nivel mundial aumentará hasta un 14%.

#### b) Costes ambientales de la desalación.

La puesta en marcha de nuevas desaladoras llevada a cabo en España durante los últimos años, así como las propuestas de instalación de nuevas unidades en los próximos deben valorar los costes energéticos y ambientales que ello supone. Hay dos problemas ambientales intrínsecos a la actividad de desalación. El gasto energético, señalado con anterioridad, entendido también como tipo de energía primaria utilizada para la alimentación de las desaladoras. Y la solución que debe darse a los residuos resultantes de la producción de agua desalada, esto es, de las salmueras. La primera cuestión se relaciona con la demanda energética de las desaladoras –especialmente de las desaladoras de agua marina– y la producción de gases de efecto invernadero en las centrales térmicas de carbón, que siguen siendo una fuente principal para el abastecimiento de energía en nuestro país (15,9%). Recordemos que España es un país energéticamente dependiente del exterior y que la atención a las nuevas demandas, si no se reformula un nuevo Plan Energético Nacional, seguirá teniendo en el carbón una fuente básica de producción de energía eléctrica. Otra cuestión es que la investigación en energías limpias avance de tal modo que las centrales de desalación puedan atenderse con energías eólicas o maremotrices en el futuro. En la actualidad esa posibilidad queda sólo en el terreno de las experiencias puntuales (Canarias), sin que puedan generalizarse como fuente de alimentación en otros casos. De manera que, en la actualidad, la puesta en marcha de nuevas desaladoras va acompañada de aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y la dificultad de cumplir los acuerdos internacionales para evitar el calentamiento planetario.

Por su parte, la instalación de desaladoras tiene efectos ambientales en los ecosistemas marinos, esencialmente en las praderas de Posidonia oceanica que actual como regenerador natural de las aguas marinas, amén de mantenedor de abundantes especies. A eso se suma que muchos de los tramos del litoral mediterráneo donde potencialmente podrían implantarse macro-desaladoras están consideradas Lugares de Interés Comunitario en cumplimiento de la Directiva Europea 92/43/CE de 21 de mayo de Conservación de los Hábitats (CEDEX, 2001). Ello obliga a la instalación de salmueroductos en la plataforma litoral que envíe los residuos generados a más de 500 m., al menos, de la línea de costa, con el consiguiente incremento del precio final del agua al aumentar los costes de instalación y mantenimiento. Este tipo de soluciones ya se han aplicado en desaladoras del litoral mediterráneo (San Pedro del Pinatar), con incremento del coste final del agua producto.

#### c) Programa AGUA y nuevos proyectos de desalación de aguas en España.

Como se ha señalado, la puesta en marcha del programa AGUA en 2004 (R.D.L. 2/2004) ha supuesto la consolidación definitiva de las aguas desaladas como un recurso más de la planificación hidráulica de nuestro país. Ha perdido sentido, como se ha señalado, la expresión “recursos no convencionales” a la hora de contabilizar las aguas disponibles en España para garantizar las demandas existentes. La desalación es, en 2010, una pieza importante en el abastecimiento urbano de agua y cumple un destacado papel para el riego agrícola en zonas donde la escasez o la falta de otros recursos impedirían el desarrollo de esta actividad.

El programa AGUA surge, tras la victoria del gobierno socialista en marzo de 2004, como nueva política de planificación y gestión del agua en las cuencas del mediterráneo que iban a ser beneficiadas por el trasvase del Ebro contemplado en la Ley del Plan Hidrológico Nacional (Ley 10/2010). Una vez

derogado dicho trasvase, se diseñó un programa de incremento de recursos y de mejora en la gestión de los existentes para dichos territorios. Por tanto, junto a la construcción de nuevas plantas de desalación para diversos usos –esencial aunque no exclusivamente, abastecimiento urbano- se contemplan medidas de reutilización de aguas residuales depuradas y mejora en sistemas de regadío y en sistemas de abastecimiento urbano. El horizonte inicial de estas actuaciones era el año 2008. Para la desalación de aguas, el conjunto de actuaciones se recogen en la Tabla 45.

TABLA 45. Actuaciones de desalación incluidas en el programa AGUA (R.D.L.2/2004).		
	Actuaciones	Incremento recursos
ALICANTE	Planta desaladora de La Pedrera	141 hm <sup>3</sup> /año
	Planta desaladora. Mejora de la calidad en Pilar de la Horadada	
	Desaladora para L´Alacanti y Vega Baja	
	Desalación en la Marina Alta	
	Desalación en la Marina Baja	
	Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Alicante	
	Ampliación de la desaladora de Jávea	
BARCELONA	Desaladora del área metropolitana de Barcelona	60 hm <sup>3</sup> /año
GIRONA	Ampliación de la desaladora del Tordera	10 hm <sup>3</sup> /año
MURCIA	Desaladora del Campo de Cartagena	140 hm <sup>3</sup> /año
	Planta desaladora para garantizar los regadíos del trasvase Tajo/Segura	
	Ampliación de la desaladora de la Mancomunidad de los Canales del Taibilla en Murcia	
	Planta desaladora en el Guadalentín	
	Planta desaladora para riego en Murcia	
	Desalación del Campo de Cartagena (red de distribución)	
	Medidas urgentes para dotar de recursos al Altiplano	
	Medidas urgentes para dotar de recursos al Alto Guadalentín	
ALMERIA	Desaladora del Campo de Dalías	165 hm <sup>3</sup> /año
	Desaladora en Níjar	
	Desaladora en el Bajo Almanzora	
	Desaladora de agua de mar de Carboneras. 2ª fase	
	Desalación en el Poniente Almeriense	
MALAGA	Remodelación y puesta en servicio de la desaladora de Marbella	50 hm <sup>3</sup> /año
	Desalación en la Costa del Sol	

Fuente: Programa AGUA. MMARM.

Para este conjunto de actuaciones se presupuestó una inversión de 1.191 millones de €, a ejecutar en los cuatro años establecidos en el programa. A estas actuaciones hay que añadir las correspondientes a las ciudades autónomas y que contemplan la ampliación de la desaladora de Ceuta (22 mill. €), y la nueva desaladora de Melilla (19,2 mill. €). Para Canarias y Baleares no se contemplaron actuaciones en la propuesta aprobada del programa AGUA, no obstante se han desarrollado actuaciones que han contado con financiación del Ministerio de Medio Ambiente en el marco de las políticas de incremento de recursos hídricos en los archipiélagos.

Hay que señalar que algunas de estas medidas (plantas desaladoras) ya estaban incluidas en la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional que, en esencia, recogía las actuaciones de desalación de aguas que diseñara el Plan Metasequía de 1995 (Rico, Olcina, Paños y Baños, 1998).

El impulso del programa AGUA durante estos años, con la definición de actuaciones concretas y la financiación, como se ha señalado, de otras nuevas, ha permitido elevar la oferta de aguas desaladas en nuestro país hasta 670 hm<sup>3</sup>/año en 2010. El desarrollo de todos los proyectos contemplados, incluyendo las actuaciones en los archipiélagos, va a permitir que la producción de agua desalada instalada en España se incremente en los próximos años (horizonte 2012) en 1.303.800 m<sup>3</sup>/día (476 hm<sup>3</sup>/año). De manera que la capacidad total de producción de agua desalada en España ascenderá a 1.146 hm<sup>3</sup>/año, lo que permitirá cubrir, a pleno rendimiento, con este tipo de aguas una cuarta parte de la demanda urbana de agua (vid. Tabla 46).

**TABLA 46.** Capacidad de desalación prevista en 2012 en España. Actuaciones en fase de desarrollo o en proyecto.

COMUNIDAD AUTÓNOMA	CAPACIDAD DE DESALACIÓN (m <sup>3</sup> /día)
CANARIAS	87.500
BALEARES	25.000
ANDALUCÍA	192.000
MURCIA	210.000
COMUNIDAD VALENCIANA	411.800
CATALUÑA	400.000

Fuente: Fundación Cajamar, 2009.

Entre los proyectos de construcción de nuevas plantas desaladoras que se encuentran en fase de desarrollo merece destacarse las dos macro desaladoras de Cataluña, en Foix y Tordera II, con una capacidad de producción de 200.000 m<sup>3</sup>/día; en Andalucía está próxima la inauguración de la desaladora de Balema, en El Ejido, con una capacidad de 97.200 m<sup>3</sup>/día; en la Comunidad Valencina destacan las plantas de Torrevieja (180.000 m<sup>3</sup>/día), prácticamente finalizada y a la espera de finalización de su conexión energética, en Guardamar está prevista la construcción de una planta con capacidad para 120.000 m<sup>3</sup>/día y en Muchamiel otra de 50.000 m<sup>3</sup>/día; en Canarias está prevista la construcción de nuevas plantas en Granadilla, Isora, Telde, Lanzarote V, Puerto Rosario, Mogán, Las Playitas. El conjunto de actuaciones previstas en Canarias van a ampliar la capacidad de desalación en el archipiélago en 87.500 m<sup>3</sup>/día; en Baleares lo más destacable es la inclusión de la isla de Menorca en el proceso de desalación, con la construcción de la desaladora de Ciutatdella (10.000 m<sup>3</sup>/día). Por último, en la región de Murcia está en desarrollo la construcción de la desaladora de Aguilas, una macro-planta con capacidad para 210.000 m<sup>3</sup>/día y aguas producidas para abastecimiento y uso agrario (Tabla 47).

**TABLA 47.** Aspectos favorables y desfavorables de la desalación en España en términos de "Huella Hídrica".

ASPECTOS FAVORABLES	ASPECTOS DESFAVORABLES
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Satisfacción de demandas sin necesidad de contar con el ciclo hidrológico natural.</li> <li>- Evita la construcción de nuevas presas en lugares de alto valor ecológico.</li> <li>- Posibilidades de desarrollo en áreas con escasos recursos hídricos. Regadíos en zonas de elevada aridez que incrementan el tapiz verde del suelo.</li> <li>- Aporte de nuevas aguas para el abastecimiento urbano que luego pueden ser reutilizadas para otros usos, una vez depuradas.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Implantación en áreas litorales de valor ecológico.</li> <li>- Necesidades energéticas elevadas. Mayor dependencia del exterior.</li> <li>- Aumento de emisiones de CO<sub>2</sub> por necesidad de alimentación energética de las plantas de desalación.</li> <li>- Posible afección a praderas de posidonia oceánica. Necesidad de construir salmueroductos. Incremento de coste final del agua desalada.</li> <li>- Favorece el crecimiento urbano-turístico en áreas litorales al garantizar el suministro de agua. Necesidad de control desde la ordenación del territorio.</li> </ul>

Fuente: Elaboración propia

## 9. CONJUGUEMOS EL FUTURO IMPERFECTO, A MODO DE RESUMEN Y CONCLUSIONES.

La “Huella Hídrica” debe ser valorada desde el ámbito de un espacio que podemos calificar de racional. De esta manera, nos encontramos ante la posibilidad de una respuesta rápida y adecuada a las demandas de los agentes, de modo que su conocimiento facilite que el encuentro entre las acciones pretendidas y el objeto disponible se realice con la máxima eficacia. Ésta depende de la técnica contenida tanto en las cosas como en las acciones; como señaló el profesor Milton Santos (2000), la validez de las investigaciones radica en el hecho de que una vez iniciada la acción, ésta debe llevar la trayectoria marcada y alcanzar los resultados programados. De ahí la importancia que se ha dado a lo largo de la presente investigación a las normas de acción, que nos ayudan a aproximarnos a una racionalidad expositivo-argumentativa próxima a la utilidad. A lo largo de la misma hemos podido comprobar que analizando la realidad de la Huella Hídrica de España, los espacios de la racionalidad funcionan como un mecanismo regulado, en el que cada pieza convoca a las demás a ponerse en movimiento; nos aproximamos, de esta forma, a la lógica de la naturaleza “artificializada” en su búsqueda de su interpretación e imitación de la naturaleza “natural”. Así, podemos afirmar que las imágenes de síntesis han desbordado y superado a lo largo de los últimos tiempos a su propia praxis convirtiéndose en mecanismos de conocimiento y de acción, a la par –en no pocos casos- de instrumentos de creación, dando lugar a perspectivas originales (ésto es lo que “grosso modo”, sucede al tratar del agua desde la perspectiva de nuevas interpretaciones como la “Huella Hídrica”). Estas nuevas y no siempre originales interpretaciones de realidades interpretadas y valoradas separadamente o en su conjunto muestran no sólo el “desencantamiento de la naturaleza”, sino el propio “desencantamiento del espacio geográfico”, cuyo análisis tiende hacia una completa racionalización, sujeto por completo a reglas preestablecidas que incluyen su propia sustancia. De esta manera, tras el desarrollo de un trabajo abierto, podemos aproximarnos a lo que denominaremos “a la manera de conclusiones”; a saber:

La primera conclusión es que en España a lo largo de las últimas décadas, la política de aguas se ha convertido en un nuevo “cleavage” de la política española, dando lugar a notables conflictos que han enfrentado y enfrentan a los distintos actores de nuestra sociedad. La necesidad de nuevos conceptos y enfoques en el tratamiento y solución de los problemas con los que debemos enfrentarnos, dan valor a las denominadas “Huellas”, entre las que destaca la “ecológica” y más recientemente, “la hídrica”.

La segunda conclusión nos presenta el hecho de que el volumen total de consumo, generalmente está relacionado con el PIB, entendiéndose que un mayor PIB “per cápita” produce un incremento en el consumo general de la población. La eficiencia en el uso del agua en la agricultura es muy baja, pues los sistemas de cultivo tradicionales demandan de una gran cantidad de agua, pero sólo se aprovecha una pequeña parte, acrecentándose el consumo de agua en áreas en las que la evaporación es elevada. Así, se entiende que el consumo y el tipo de alimentación, pasan a desempeñar un papel fundamental en el cálculo de la Huella Hídrica; en España se da un incremento de la misma en relación con nuestro consumo de carne, así como respecto del consumo de productos industriales. De

esta forma, hay que primar la búsqueda de un mayor equilibrio entre la propia realidad económica y el consumo de agua, primando la búsqueda de una mayor eficiencia en el uso y gestión del agua, a la par que, mediante una adecuada Educación Ambiental se forme a la población en el consumo, en general, y del agua, en particular (cuestión ésta que debe proyectarse en una mejor gobernanza, que coadyuve a que se reduzca el consumo de agua en productos que, "grosso modo", se dirigen a la exportación, generando una mayor dependencia hídrica y unos mayores desequilibrios territoriales –tanto desde una perspectiva inter como intrarregional).

Tercera conclusión, en el caso español es de notable importancia una adecuada trasposición y aplicación en las políticas medioambientales de la Directiva Marco del Agua (UE, 2000), mas aún cuando España es el primer país que ha incluido el análisis de la "Huella Hídrica" en la formulación de políticas en el contexto de esta Directiva ya desde el año 2008. En este sentido cobra gran importancia el análisis multidisciplinar en la búsqueda de los objetivos de la misma: establecer un marco para la protección de las aguas continentales, las aguas de transición, las aguas costeras y las aguas subterráneas con los objetivos siguientes: la prevención del deterioro adicional y la protección y mejora de los ecosistemas acuáticos, así como de los ecosistemas terrestres dependientes, la promoción de los usos sostenibles del agua, la protección y mejora del medio acuático, la reducción de la contaminación de las aguas subterráneas, y, el aminorar los efectos de inundaciones y sequías. Su logro cobra gran importancia sobre todo si tenemos en cuenta que España es uno de los países que más agua "per cápita" consume, a pesar de ser el más árido de Europa (tanto el consumo de agua azul como de agua verde supera los 100 km<sup>3</sup> año<sup>-1</sup>, con niveles inferiores a países como Italia en el abastecimiento urbano de agua, correspondiendo la mayor parte del consumo de agua virtual con producción de alimentos, realizada con recursos hídricos propios. Se impone analizar y comparar la "Huella Hídrica", desde un punto de vista hidrológico, económico y ambiental, tomando como punto de referencia las cuencas hidrográficas, permitiendo un análisis más pormenorizado en comparación con los resultados a nivel municipal, tal y como hemos visto.

La cuarta conclusión señala para el lapso considerado una disminución significativa en el consumo de agua entre el año 1996 y el 2000, 2007, principalmente, en lo que se refiere al consumo de agua verde, consecuencia de la disminución de las precipitaciones en el período marcado. Debido a la mayor disminución de las precipitaciones en el año 2007, se da un mayor aumento en el consumo de agua virtual azul (regadío) "per cápita". Sin embargo, señalar que la disminución del consumo de agua "per cápita" entre el año 2000 y 2007, se debe más al aumento de la población que a un menor consumo de agua en la agricultura, en el que aumenta ligeramente. Y es que en líneas generales, se constata una disminución de las superficies agrícolas en los años estudiados en la mayoría de cultivos, lo que también favorece la reducción del consumo de agua en la agricultura. Por grupo de cultivos los mayores porcentajes los obtuvieron los cultivos forrajeros, los cereales en grano, los olivares, flores, hortalizas y cítricos (y es que, solo los cultivos forrajeros y los cereales grano consumieron la mitad del agua utilizada con fines agrícolas).

Como quinta conclusión nos encontramos la notable relación que en España tienen las sequías y la Huella Hídrica. Por propia ubicación geográfica, en relación con la circulación atmosférica general del oeste y la subsidencia subtropical, los episodios de sequía constituyen uno de los principales riesgos naturales de origen atmosférico que padecen las actividades humanas desarrolladas en la Península Ibérica. El profesor Antonio Rico señala que las respuestas, las formas de adaptación y las actuaciones propiciadas por el hombre para hacer frente a este episodio climático han tenido incidencia en la organización territorial de España desde la época romana a la actualidad. Sin embargo, en los albores del siglo XXI y tras siglos de experiencias, la sociedad española no ha sido capaz de articular las medidas necesarias para evitar que la falta de agua propiciada por las sequías, se haya convertido en uno de los riesgos climáticos que más daños económicos y repercusiones ambientales ocasionó en España a lo largo de los años noventa del pasado siglo, y en los prolegómenos del actual. A escala regional, las sequías ofrecen como denominador común la disminución de lluvias durante periodos de tiempo más o menos prolongados que, con ello, restringen la oferta natural de recursos de agua disponible. Por otro lado, sus efectos, grado de percepción y respuestas humanas son muy diferentes según regiones. La pertenencia de gran parte de la Península Ibérica al dominio climático mediterráneo, y su proximidad al ámbito de subsidencia subtropical del anticiclón de Azores explican el carácter de hecho climático

más o menos habitual y generalizable a toda España. Sin embargo, son factores de naturaleza geográfica e hidrográfica los que explican la mayor frecuencia de episodios que padecen los archipiélagos de Baleares y Canarias y las tierras del centro, sur y sureste peninsular. Pero estos factores de riesgo potencial no son en modo alguno excluyentes ni determinantes. Así, la falta de infraestructuras hidráulicas, el incremento del consumo o la precaria gestión del agua han extendido sus efectos a regiones teóricamente bien dotadas de recursos como las cantábricas, las pirenaicas e incluso a comarcas gallegas. Parafraseando al profesor Rico, un factor decisivo ha sido la intensificación de las demandas propiciada por la expansión de las ciudades e industrias, la configuración de dorsales urbano-turísticas en territorios costeros y, por otro lado, el incremento en más de 2.000.000 de hectáreas de regadíos durante los últimos cincuenta años.

Sexta conclusión, durante la segunda mitad del siglo XX y en los prolegómenos del XXI, la expansión de regadíos, la urbanización, la industrialización, el desarrollo de las actividades turísticas y los aprovechamientos hidroeléctricos han favorecido un fuerte incremento de las demandas de agua, superando a veces la oferta natural de recursos disponibles. Así, se ha primado por parte de las diferentes administraciones y regímenes políticos existentes en España, una «Política Hidráulica Tradicional» basada en el incremento de la oferta de agua para atender las demandas crecientes de agua, lo que ha favorecido un mayor riesgo de sequía hidrológica. Se explica de esta forma, en parte, el que análisis e interpretación de la «Huella Hídrica» de nuestro país, desde una perspectiva autonómica nos presenta, con excepción hecha de Madrid, Cataluña, Comunidad Valenciana, y Andalucía, que el resto de las Comunidades Autónomas de nuestro país están por debajo de la cifra de los 10.000 hm<sup>3</sup>. Destaca, en el otro extremo el caso de La Rioja con una huella inferior a los 1.000 hm<sup>3</sup>; el resto de Comunidades oscila entre los 1000 y los 10000 hm<sup>3</sup>: nos encontramos con Navarra o Cantabria, con cifras inferiores a los 2.500 hectómetros cúbicos, u otras como El País Vasco, Castilla y León o Galicia, que superan los 5000 hm<sup>3</sup>. Según las estimaciones del Libro Blanco del Agua en España (1998), el territorio español recibe en régimen natural 111.305 hm<sup>3</sup>/año, frente a unos usos que sumaban en 1995 un volumen de 35.323 hm<sup>3</sup>/año y un consumo efectivo de 20.783 hm<sup>3</sup>/año, tras descontar un volumen de retornos que suma 14.539 hm<sup>3</sup>/año<sup>-1</sup>. Las confederaciones hidrográficas del Norte, incluida Galicia Costa, sumadas a las del Duero y Tajo totalizan 56.450 hm<sup>3</sup>/año, es decir, el 50 % de los recursos frente a unos usos consuntivos que representan el 26 % del total nacional. En cambio, Baleares, Canarias y los territorios adscritos a las confederaciones del Segura, Júcar y Sur tienen demandas próximas o superiores a la oferta natural de recursos existente. Por otro lado, que España reciba en régimen natural 111.000 hm<sup>3</sup>/año, no significa que exista disponibilidad sobre idéntico volumen de recursos. Los diferentes Planes Hidrológicos de cuenca han acuñado la expresión de recursos regulados o garantizados para justificar la falta de disponibilidad sobre todos los volúmenes de agua que reciben sus demarcaciones territoriales. Así, los recursos garantizados se elevan tan sólo a 46.000 hm<sup>3</sup>/año. Varias son las razones. En primer lugar, porque de los 111.305 hm<sup>3</sup>/año, hay 29.908 hm<sup>3</sup>/año, que corresponden a la recarga natural de acuíferos subterráneos y las posibilidades de acceso a estos recursos están insuficientemente aprovechadas. El consumo de recursos hipogeos en España ascendería según el Libro Blanco del Agua (1998) a 5.532 hm<sup>3</sup>/año.

Octava conclusión, desde una perspectiva provincial, Barcelona y Madrid, por un lado, Valencia por otro y Vizcaya, Asturias, La Coruña, Alicante, Murcia, Sevilla, Cádiz y Málaga son las provincias con una mayor «Huella Hídrica» de nuestro país, quedando todas ellas por encima de los 2.500 hm<sup>3</sup>. El resto de las provincias españolas no superan este umbral, e incluso no son pocas las que quedan por debajo de los 1000 hm<sup>3</sup> (Lugo, Orense, Huesca, Teruel, Lérida, Álava y doce provincias más). Una posible explicación la encontramos en el hecho de que a principios de los años noventa del pasado siglo, el agua no registrada oscilaba del 34 % de las grandes áreas metropolitanas y el 24 % de las poblaciones inferiores a 20.000 habitantes. En la encuesta de 2000, el porcentaje de agua no controlada había descendido al 24,81 %, con valores del 19,72% en las áreas metropolitanas y del 29,52 % de las poblaciones con población comprendida entre 20.000 y 50.000 habitantes. Entre las causas que explican la existencia de un alto volumen de agua no registrada, se encontrarían las propias pérdidas en la red (45%), los errores en la medición y el subcuenta (18%), situaciones de fraude (4%), y otros factores desconocidos (23%). Y es que los problemas del agua constituyen una compleja realidad poliédrica en la que entremezclan escalas y situaciones, intereses y valores, derechos y apetencias. Cualquier intento de solución debe partir de un análisis objetivo, holístico y ponderado, de los elementos que conforman esa realidad. En

cierto modo podemos decir que lo que ocurre con el agua es, simplemente, la versión hidrológica de una realidad superior, que no es otra que el modelo de sociedad que hemos creado, que -a su vez-, ha dado lugar a un tipo de ser humano especial, depredador, atrapado en una dinámica que le obliga a consumir toda su energía, su capacidad de imaginación y su libertad en una dirección negativa, insolidaria y destructora.

Novena conclusión, a partir de la década de los sesenta se empezó a introducir prácticas eficientes en el uso del agua con el objetivo de garantizar el recurso hídrico en el sector urbano (Arreguín-Cortés, F.I. 1991; Sánchez y Sánchez, 2004). Aplicándose posteriormente de manera progresiva estas estrategias en el sector agrario y en el sector servicios (Sánchez y Sánchez, 2004). Inicialmente, estas estrategias se implementaron como respuesta a emergencias locales, pero su eficiencia y la escasez actual de agua las han convertido en programas clave de mediano y largo plazos (Gordón, 1990; Van Dyke y Pettit, 1990; Sánchez y Sánchez, 2004). Por otra parte, en casi todos los países áridos o semiáridos la adecuada gestión de los recursos hídricos es un tema tan importante como conflictivo (Aldaya y Llamas, 2008)). La situación actual en España es un ejemplo más entre los muchos casos que existen en la actualidad. Esta situación complicada responde a distintas causas, con variadas y complejas soluciones, de acuerdo no sólo con las características climáticas de la región considerada, sino también con factores económicos, políticos y culturales (Llamas, 2005). La mayor parte de los expertos en estos temas suele admitir hoy que los conflictos hídricos no se deben normalmente a la escasez física de agua sino a la mala, a veces pésima, gestión que realizan los poderes públicos de este recurso (Llamas, 2005). Llamas et al. (2008) considera que la escasez de agua en España se debe principalmente a la asignación ineficiente de los recursos hídricos y a la mala gestión de ella en el sector agrícola. Los avances científico-técnicos de los últimos años permiten resolver una gran parte de los conflictos hídricos existentes. Llamas (2005) menciona como avances de gran interés: la desalación de las aguas marinas o salobres, el abaratamiento y la rapidez del transporte de mercancías, la facilidad para extraer aguas subterráneas a bajo coste, las técnicas para depurar las aguas urbanas e industriales, la biotecnología, entre otras. En el caso de España, la presencia de un régimen de precipitaciones muy variado, la concentración de la aportación anual de los ríos (70%) en pocos meses y las inundaciones que se producen como consecuencia, y la sobreexplotación de los recursos hídricos, han producido un delicado y precario balance hídrico (Ministerio de la Presidencia, 2007). En el mismo sentido, Chapagain y Orr (2009) señalan que en la región del Mediterráneo existen presiones ambientales y sociales importantes que afectan el suministro de agua, como la sequía, la calidad del agua, el aumento de la población, el turismo y la actividad agrícola intensiva.

Décima conclusión, se pone de manifiesto la gran importancia que a lo largo de las últimas décadas está tomando en España la actividad de desalación de aguas. Ello está en relación con el menor coste de los sistemas de ósmosis inversa, que suponen el 90% de los procedimientos de destilación de las aguas saladas instalados en nuestro país, con la reducción de los costes de mantenimiento de las plantas (mayor tiempo de reposición de membranas, menor coste de personal por automatización de las instalaciones) y con la reducción de los costes energéticos que han visto, además, la expansión de sistemas de cogeneración que cuentan con incentivos establecidos por ley (Real Decreto 2818/1998, de 23 de diciembre). Los precios del agua del mar, desalada se han reducido en relación, a la disminución del consumo energético. A comienzos de los años setenta del pasado siglo las plantas de desalación producían agua producto con consumos energéticos superiores a 20 kWh/m<sup>3</sup> debido al propio sistema de producción basado en procesos de evaporación- A comienzos de los años noventa el consumo energético oscilaba entre los 15 kw/m<sup>3</sup> en los procesos de compresión de vapor y 9 kw/m<sup>3</sup> en los de osmosis inversa. En la actualidad. El consumo energético específico se sitúa en 2,9 kw/m<sup>3</sup>. De manera que el avance en la producción de aguas desaladas de las dos últimas décadas ha estado en relación con la difusión de los procesos de osmosis inversa. Han disminuido también los costes de personal debido a la automatización de las instalaciones y se ha reducido asimismo el precio de las membranas al tiempo que ha aumentado el tiempo de vida útil de las mismas. En las plantas de tratamiento de aguas salobres los costes energéticos oscilan entre 0,7 y 2,5 kwh/m<sup>3</sup> en función del grado de salinidad del agua y del proceso de desalación utilizado, siendo consumos entre 0,9 y 1,1 Kw/m<sup>3</sup> el más habitual para plantas de tamaño medio o pequeño (entre 10.000 m<sup>3</sup>/día y 1.000 m<sup>3</sup>/día) (Prats, D. y Melgarejo, J., 2006). El coste energético, junto a los gastos de amortización de la propia planta siguen siendo los capítulos que

ocupan el porcentaje mayor de la distribución de costes del agua desalada. En función del tamaño de la desaladora el coste energético supone el 37-43 % y el de amortización entre el 33-43 %. El cambio de membranas oscila entre el 2 y 5% del coste total; la mano de obra entre el 4 y 11 % y el resto de gastos se reparten entre mantenimiento, reactivos químicos y limpieza química de la planta. La puesta en marcha de nuevas desaladoras llevada a cabo en España durante los últimos años, así como las propuestas de instalación de nuevas unidades en los próximos deben valorar los costes energéticos y ambientales que ello supone. Hay dos problemas ambientales intrínsecos a la actividad de desalación. El gasto energético, señalado con anterioridad, entendido también como tipo de energía primaria utilizada para la alimentación de las desaladoras. Y la solución que debe darse a los residuos resultantes de la producción de agua desalada, esto es, de las salmueras. La primera cuestión se relaciona con la demanda energética de las desaladoras —especialmente de las desaladoras de agua marina— y la producción de gases de efecto invernadero en las centrales térmicas de carbón, que siguen siendo una fuente principal para el abastecimiento de energía en nuestro país (15,9%). Recordemos que España es un país energéticamente dependiente del exterior y que la atención a las nuevas demandas, si no se reformula un nuevo Plan Energético Nacional, seguirá teniendo en el carbón una fuente básica de producción de energía eléctrica. Otra cuestión es que la investigación en energías limpias avance de tal modo que las centrales de desalación puedan atenderse con energías eólicas o maremotrices en el futuro. En la actualidad esa posibilidad queda sólo en el terreno de las experiencias puntuales (Canarias), sin que puedan generalizarse como fuente de alimentación en otros casos. De manera que, en la actualidad, la puesta en marcha de nuevas desaladoras va acompañada de aumentos en las emisiones de CO<sub>2</sub> a la atmósfera y la dificultad de cumplir los acuerdos internacionales para evitar el calentamiento planetario. Por su parte, la instalación de desaladoras tiene efectos ambientales en los ecosistemas marinos, esencialmente en las praderas de Posidonia oceanica que actual como regenerador natural de las aguas marinas, amén de mantenedor de abundantes especies. A eso se suma que muchos de los tramos del litoral mediterráneo donde potencialmente podrían implantarse macro-desaladoras están consideradas Lugares de Interés Comunitario en cumplimiento de la Directiva Europea 92/43/CE de 21 de mayo de Conservación de los Hábitats (CEDEX, 2001). Ello obliga a la instalación de salmueroductos en la plataforma litoral que envíe los residuos generados a más de 500 m., al menos, de la línea de costa, con el consiguiente incremento del precio final del agua al aumentar los costes de instalación y mantenimiento. Este tipo de soluciones ya se han aplicado en desaladoras del litoral mediterráneo (San Pedro del Pinatar), con incremento del coste final del agua producto.

En definitiva, llegados a este punto podemos afirmar al tratar de la Huella Hídrica española, en el contexto del Desarrollo y del Medio Ambiente, que transmisor de un mensaje espiritual del pasado, el agua se integra en el patrimonio monumental de los pueblos, permaneciendo en la vida presente como testimonio vivo de sus perennes tradiciones. Nuestro admirado y añorado profesor Ángel Ramos, al respecto nos enseñó que la degradación o destrucción de estas obras, en aras de un hipotético progreso —entendido por lo general como económico, eso sí, siempre “sostenible”—, supone un desastre y un auténtico drama valorable a escala mundial, mas con notables consecuencias en España. Todo ello sin olvidarnos de que el susodicho patrimonio se integra, como una aportación más del hombre en la naturaleza; en este sentido, la historia lejana y reciente nos muestra con notable claridad las consecuencias de errores ecológicos en la utilización de suelos, bosques, recursos hidrológicos, localización de ciudades y factorías, en el exterminio de recursos marinos, desaparición de especies,... Estos y otros atentados contra el patrimonio ecológico son, también, malos negocios evitables en la medida en que se conozcan sus relaciones causa-efecto, en y sobre nuestro patrimonio (natural, artístico y cultural). A este respecto, recordar que en España se ha insistido mucho en los últimos años en la necesidad de la conservación, olvidándonos en no pocos casos que ésta no supone, necesariamente, caer en actitudes pasivas o negativas, sino que por el contrario requiere de unos conocimientos y unas operaciones inteligentes, adecuados a cada circunstancia.

Debemos considerar que la notabilísima degradación medioambiental de los medios rurales y urbanos, de los monumentos y de todos los vestigios del pasado, son fruto del denominado “progreso tecnológico”, a la par que de la crisis de la cultura humanística —subyugada por los encantos del neoliberalismo—; esta tendencia, únicamente, podrá detenerse si se logra un desarrollo más ecuánime, más racional, siempre mediante la puesta en práctica de una educación más cívica, estética y medio-

ambiental. La cultura es el hilo conductor que une el pasado, el presente y el futuro en los espacios culturales. Sin embargo, respecto del medio ambiente, como señaló el profesor González Bernáldez, desde la década de los sesenta del pasado siglo asistimos a un proceso de divulgación en los sectores más amplios del análisis de sistemas tal como se practica en Ecología y en Geografía. Por el contrario, las realizaciones serias –en el proceso que podríamos llamar “racionalización del uso de la biosfera”— son escasas. Con frecuencia el público tiene una idea deformada –manipulada— de los problemas de la gestión ecológica de los recursos ambientales. Es muy notable la importancia política de la copia y mimetismo de una serie de “clichés”, provenientes del pensamiento único hoy dominante, sin que se advierta ningún esfuerzo de adaptación de los problemas a las circunstancias locales, a la vida real. Frente al esnobismo, tremendismo y frivolidad tan difundidos en este terreno, la Ecología tuvo unos orígenes muy serios. E. Haeckel definidor del término “ecología”, Moebius, que subraya la importancia y entidad de la “biocenosis” como conjunto donde se gestan determinados recursos, y más recientemente Tansley, creador del concepto de “ecosistema”, se movían en un terreno científico, pero al mismo tiempo, preveían las aplicaciones prácticas de esas ideas. Si los recursos naturales, se crean y se mantienen en el marco de sistemas de interacciones relativamente complejos, está claro que el conocimiento de su funcionamiento será interesante para una gestión racional del patrimonio natural. La escasez de agua no se soluciona ni sobreexplotando los recursos subterráneos, ni aumentando los recursos regulados a través de embalses, ni importando agua mediante trasvases, pues ninguno de ellos aportan soluciones definitivas, ni hacen crecer la demanda de forma descontrolada al aumentar la oferta. Todo ello sin olvidarnos de la extrema importancia que debemos dar al agua, primando la gestión racional y sostenible del recurso, la disminución de los consumos, mejorar la eficiencia los usos,...., cuestiones de vital importancia para España.

## 10. BIBLIOGRAFÍA

- ABS (2010). The Desalination Report, Abril. ABS Energy Research edition, 133 p.
- AGENCIA ANDALUZA DEL AGUA (2005): “Informe relativo a los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE”. Sevilla.
- AGENCIA CATALANA DEL AGUA (2005): “Caracterización de las masas de agua y análisis de los riesgos de incumplimiento de los objetivos de la Directiva Marco del Agua (Directiva 2000/60/CE) en las Cuencas Internas de Cataluña. En cumplimiento de los artículos 5, 6 y 7 de la Directiva Marco del Agua”. Barcelona.
- ALCAMO, J. Y HENRICHES, T. (2002) Critical regions: A model-based estimation of world water resources sensitive to global changes, *Aquatic Sciences* 64(4): 352-362.
- ALDAYA, M.M. (2007). How strategically important is green water in international crop trade. Dissertation for MSc in Environmental Policy and Regulation. London School of Economics.
- ALDAYA, y LLAMAS, M. R. (2008). “Problema Mundial del agua: gestión vs. escasez” publicado el 27 mayo 2008 en [www.madrimasd.org](http://www.madrimasd.org) en la sección NOTIWEB, Análisis Madrid+d, pp.5.
- ALDAYA, M., LLAMAS, M.R., GARRIDO, A. y VARELA, C. (2008). “Importancia del conocimiento de la Huella Hidrológica para la Política Española del Agua” en *Encuentros Multidisciplinares*, nº 29, Vol. X.
- ALDAYA, M. y LLAMAS, M. R. (2008). “Water Footprint analysis for the Guadiana Basin”, en *Papeles de Agua Verde*, Núm. 3, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN: 978-84-96655-26-3, 112 págs. Esta publicación ha sido también incluida como la número 35 de la VALUE OF WATER RESEARCH SERIES UNESCO-IHE. <http://www.waterfootprint.org/?page=files/Publications>
- ALDAYA, M. M., GARRIDO, A., LLAMAS, M.R., VARELA-ORTEGA, C., NOVO, P. AND RODRÍGUEZ, R. (2009). “Chapter 6 - Water footprint and Virtual Water Trade in Spain” in GARRIDO, A. AND LLAMAS, M. R. (edits) (2009) “Water Policy in Spain” CRC PRESS, 246 pp., ISBN-10: 0415554114., pp. 49-59
- ALDAYA, M. M., MARTÍNEZ-SANTOS, P & 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.
- ALLAN, J.A., (1993). Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. En: Natural Resources Institute (ed). *Priorities for water resources allocation and management*. Overseas Development Administration. London. pp. 13-26.
- ALLAN, J.A., (1994). Overall perspectives on countries and regions. En: Rogers, P. and Lydon, P. (eds.). *Water in the Arab World: perspectives and prognoses*. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. pp. 65-100.
- ALLAN, J.A. (1998). Watersheds and problemsheds: explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. *MERIA – Middle East Review of International Affairs*, 2(1): 1-3.

- ALLAN, J.A. (1998). Virtual Water: A Strategic Resource Global Solutions to Regional Deficits. *Ground Water* 36, 545-546.
- ALLAN, J.A. (2003). Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. In: A.Y. Hoekstra (Editor), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade of Water Research Series, No.12*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- ALLAN, A. (2003): «Virtual Water- the water, food, and trade nexus useful concept or misleading metaphor? *Water International*. Vol. 28, No. 1, pp. 4-11.
- ALLAN, J.A. (2003). Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. En: A.Y. Hoekstra (ed.), *Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Water Research Series, No.12*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- ALLAN, A. (en prensa a): «Virtual Water, Part of an invisible synergy that ameliorates water scarcity» in *Water Crisis: Myth or Reality?* (Rogers, Llamas and Martinez, eds.) Balkema Publishers, preprint, 20 pp.
- ALLAN, A. (en prensa b): «Rural economic transitions: groundwater uses in the Middle East and its environment consequences, chapter for the book "The agricultural Groundwater Revolution 2005"», IWMI-TATA Workshop. Preprint 19 pages.
- ALLEN, R.G., Pereira, L.S., Raes, D., Smith, M. (1998). *Crop evapotranspiration: guidelines for computing crop water requirements*. Irrigation and Drainage Paper, 56.FAO, Rome. 300 p.
- ALVARGONZÁLEZ, R. et al. (2000). "Principado de Asturias" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 119-142
- AINZ, M<sup>a</sup>,J. et al. (2000). "País Vasco" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 605-640.
- ANTÓN, M.A., MONTERO, J.I., MUÑOZ, P. (2005). LCA and tomato production in Mediterranean greenhouses. *International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology* 4 (2): 102-112.
- ARAMPATZIS, G., KIRANOUDIS, C.T., SCALOUBACAS, P., ASSIMACOPOULOS, D. (2004). A GIS-based decision support system for planning urban transportation policies. *European Journal of Operational Research*, 152(2): 465-475.
- ARMAS, P. et al. (2000). "Galicia" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 461-488.
- ARNÁEZ, J. et al. (2000). "La Rioja" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 647-671.
- ARREGUÍN-CORTÉS, F.I. (1991). Uso eficiente del agua. *Ingeniería hidráulica en México*, 6(2): 9-22.
- ARROYO, J. A. (2004): "Experiencia Internacional en la Gestión del Agua: Tejas" en *El agua: Nuevas Fronteras*. Nuevas Visiones (Bru y Pedauyú, eds.) Caja de Ahorros del Mediterráneo. Alicante, Resumen, pp. 29-32.
- ARROYOS, C. (2007). *Desarrollo Rural Sostenible en la UE, El nuevo FEADER 2007-2013*. Madrid. Mundi-Prensa.
- ASHLEY, C. MAXWEL, S.L. (2001). Rethinking Rural Development, *Development Policy Review*. Vol. 19, No 4, pp.395-425
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO (1997): "Actualización Manual para la Confección de Estudios de Tarifas en los Servicios de Abastecimiento de Agua". Madrid.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO (1999): "Manual para la Confección de Estudios de Tarifas de Saneamiento de Agua". Madrid.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE EMPRESAS DE ABASTECIMIENTO Y SANEAMIENTO (2004): "VIII Encuesta Nacional de Suministro de Agua Potable y Saneamiento en España 2002". Madrid.
- ASOCIACIÓN ESPAÑOLA DE DESALACIÓN Y REUTILIZACIÓN: "Las plantas desaladoras en España". Texto en red s. F. (sin referencia), 11.03.2005. 30.09.2005. <http://www.aedyr.com/desaladoras.htm>
- AUGAS DE GALICIA (2005): "Informe relativo a los Artículos 5 y 6 de la Directiva Marco de Aguas 2000/60/CE". Santiago de Compostela.

- AVOURIS, N.M. PAGE B. (Eds.). (1995). Environmental Informatics: Methodology and Applications of Environmental Information Processing (Eurocourses: Computer and Information Science). Vol. 6. Hamburg.
- BANCO MUNDIAL. (2010). GNI per capita, Atlas method (current US\$). Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD/countries/latest?display=default>
- BARRIENTOS, G. et al. (2000). "Extremadura" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 431-459.
- BATJES, N.H. (2006) ISRIC-WISE derived soil properties on a 5 by 5 arc-minutes global grid, Report 2006/02, ISRIC – World Soil Information, Wageningen, The Netherlands, available through [www.isric.org](http://www.isric.org).
- BOLETÍN CF+S 27. Septiembre 2004.
- BOLETÍN OFICIAL DEL ESTADO. (2008); Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- BOLT, K., MATETE, M., CLEM, M. (2002). Manual for Calculating Adjusted Net Savings. Environment Department, World Bank
- BRAND, C., MATTARELLI, M., MOON, D., WOLFLER, R. (2002). STEEDS: A strategic transport-energy-environment decision support. European Journal of Operational Research, 139: 416-435.
- BRICHERI-COLOMBI, J. S. (2004): «Hydrocentricity: A limited Approach to achieving food and water Security», Water International, Vol. 29, NO. 3, pp. 318-328.
- BRISTOW, P. STEINKE, A. GREEN, D.G. (1995). On-line databases and processing, In: Saarenma, H. (ed.), Internet Applications and Electronic Information Resources in Forestry and Environmental Sciences. Joensuu - Finland: European Forestry Institute.
- BROWN, B.J., HANSON, M.E., LIVERMAN, D.M., MERIDETH R.W. (1987) Global sustainability: toward definition, Environmental Management 11 (6): 713-719.
- BULSINK, F., HOEKSTRA, A.Y. AND BOOIJ, M.J. (2009) The water footprint of Indonesian provinces related to the consumption of crop products, Value of Water Research Report Series No. 37, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, [www.waterfootprint.org/Reports/Report37-WaterFootprint-Indonesia.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report37-WaterFootprint-Indonesia.pdf).
- BROUWER C., HEIBLOEM Y. (1986). Irrigation water needs; Irrigation Water Management. Training Manual no 3. FAO, Rome. 62 p.
- BROUWER, R. (2004): "The concept of environmental and resource cost. Lessons learned from ECO2". In Brouwer, R. y P. Strosser (eds.), Environmental and Resource Cost and the Water Framework Directive. An overview of European practices. RIZA Working Paper 2004. 112x. Amsterdam, Holland.
- CABUS, P. VANHAVERBEKE, W. (2003). Towards a neo-endogenous rural development model for the Flemish countryside. Paper presented at the Regional Studies Association International Conference. April 12-15 2003. Pisa, Italy.
- CAI, Y.P. HUANG, G.H., YANG, Z.F., SUN, W., CHEN, B. (2009). Investigation of public's perception towards rural sustainable development based on a two-level expert system. Expert Systems with Applications. Vol. 36. pp.8910–8924.
- CARSWELL, J.D., GARDINER, K., BERTOLOTTI, M., RIZZINI, A., MANDRAK, N. (2008). A web-based and mobile environmental management system. Journal of Environmental Informatics. Vol. 12, No. 1. pp. 9-20.
- CANOVAS CUENCA, J. y MARTÍNEZ VICENTE, D. (2009) "La desalación de aguas en la Región del Mediterráneo", en VV.AA. (2009) Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 477-491.
- CASTILLO, E., GUTIÉRREZ, J.M., HAIDI, A.S. (1998). Sistemas Expertos y Modelos de Redes Probabilísticas. Academia Española de Ingeniería. Madrid.
- CASTILLO, J.M. et al. (2000). "Andalucía" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 29-72
- CENTRO DE ESTUDIOS Y EXPERIMENTACIÓN DE OBRAS PÚBLICAS (CEDEX) (2006): "Base de Datos de Desaladoras en España". Borrador.Madrid, Junio 2006.

- CHANDRA, C., KUMAR, S., SMIRNOV, A.V. (2002). e-Management of Supply Chain: General Models Taxonomy. *Human Systems Management*. 21(2): 95-113.
- CHAPAGAIN, A.K. AND HOEKSTRA A.Y. (2003). Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. *Value of Water Research Series No. 13*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- CHAPAGAIN, A.K. AND HOEKSTRA, A.Y. (2004) Water footprints of nations, *Value of Water Research Report Series No. 16*, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands, [www.waterfootprint.org/Reports/Report-16Vol1.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report-16Vol1.pdf).
- CHAPAGAIN, A.K., HOEKSTRA, A.Y., AND SAVENIJE, H.H.G. (2006A) Water saving through international trade of agricultural products, *Hydrology and Earth System Sciences* 10(3): 455-468.
- CHAPAGAIN, A.K., HOEKSTRA, A.Y., SAVENIJE, H.H.G. AND GAUTAM, R. (2006B) The water footprint of cotton consumption: An assessment of the impact of worldwide consumption of cotton products on the water resources in the cotton producing countries, *Ecological Economics* 60(1): 186-203.
- CHAPAGAIN, A.K., AND HOEKSTRA, A.Y. (2007) The water footprint of coffee and tea consumption in the Netherlands, *Ecological Economics* 64(1): 109-118.
- CHAPAGAIN, A.K. AND HOEKSTRA, A.Y. (2008) The global component of freshwater demand and supply: An assessment of virtual water flows between nations as a result of trade in agricultural and industrial products, *Water International* 33(1): 19-32.
- CHAPAGAIN, A. K. AND S. ORR (2008) UK Water Footprint: The impact of the UK's food and fibre consumption on global water resources, WWF-UK, Godalming, UK.
- CHAPAGAIN, A.K., AND ORR, S. (2009) An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes, *Journal of Environmental Management* 90: 1219-1228.
- CLARK, G.M., MUELLER, D.K., MAST, M.A. (2000) Nutrient concentrations and yields in undeveloped stream basins of the United States, *Journal of the American Water Resources Association* 36(4): 849-860.
- COHEN, Y., SHOSHANY, M. (2002). A national knowledge-based crop recognition in Mediterranean environment. *International Journal of Applied Earth Observation and Geoinformation*. Vol. 4. pp.75-87.
- COLLAZOS, G., M. PULIDO VELÁZQUEZ Y J. ANDREU (2004): "Metodologías y herramientas para el análisis económico de sistemas de recursos hídricos. Aplicación a la DMA". IV Congreso Ibérico de Gestión y Planificación del Agua. Tortosa (España), 8-12 Dic. 2004.
- COMISIÓN EUROPEA (2000) La UE apuesta por el agua limpia. Dirección General de Medio Ambiente, Luxemburgo, 14 p.
- COMPREHENSIVE ASSESSMENT OF WATER MANAGEMENT IN AGRICULTURE (2007). *Water for Food, Water for Life: A Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture*. Earthscan. London.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL DUERO (2005): "Informe Resumen de los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2002): "Trabajos de apoyo para el Estudio Pormenorizado de los Cánones de Regulación y Tarifas de Utilización de Agua en la Cuenca del Ebro (2001-PH-28-J)". Zaragoza.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2005a): "Costes del Agua de Uso Agrario en la Cuenca del Ebro". Zaragoza.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL EBRO (2005b): "Implantación de la Directiva Marco del Agua. Caracterización de la Cuenca y Registro de Zonas Protegidas". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR (2005): "Informe Resumen de los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADIANA (2005): Fichas resumen del Informe de los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.

- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR (2005): "Informe para la Comisión Europea sobre los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL NORTE (2005): "Informe Resumen de los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL SEGURA (2005): "Informe de los Artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- COUNCIL DECISION ON (EC). (2006a). No 144/2006 of 20 February 2006 on Community strategic guidelines for Rural Development (Programming period 2007-2013).
- COUNCIL REGULATION (EC) No 1698/2005 of 20 September 2005 on support for rural development by the European Agricultural Fund for Rural Development (EAFRD).
- CROPLIFE FOUNDATION (2006) National pesticide use database 2002, CropLife Foundation, Washington, D.C., USA, [www.croplifefoundation.org/cpri\\_npud2002.htm](http://www.croplifefoundation.org/cpri_npud2002.htm).
- DABROWSKI, J.M., MURRAY, K., ASHTON, P.J. AND LEANER, J.J. (2009) Agricultural impacts on water quality and implications for virtual water trading decisions, *Ecological Economics* 68(4): 1074-1082.
- DASTANE, N.G. (1978) Effective rainfall in irrigated agriculture, Irrigation and Drainage Paper No.25, Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, [www.fao.org/docrep/X5560E/x5560e00.htm#Contents](http://www.fao.org/docrep/X5560E/x5560e00.htm#Contents)
- DE ROEST, K. MENGHI, A. (2002). The production of Parmigiano Reggiano cheese. In van der Ploeg, J.D. Long, A. Banks, J. (eds.). *Living Countrysides: Rural Development Processes in Europe: The State of the Art*, (pp.64-72). Doetinchem: Elsevier bedrijfsinformatie BV.
- Del CAMPO GARCÍA, A. (2004) "Aspectos de la nueva política del agua en las comunidades de regantes de España". VII Congreso Nacional de Medio Ambiente. Madrid, 8 pp.
- DIETZENBACHER, E. AND VELAZQUEZ, E. (2007) Analysing Andalusian virtual water trade in an input – output framework, *Regional Studies* 41(2): 185-196.
- Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. Diario Oficial de las Comunidades Europeas, 72 p.
- DOMINGUEZ-FAUS, R., POWERS, S.E., BURKEN, J.G. AND ALVAREZ, P.J. (2009) The water footprint of biofuels: A drink or drive issue? *Environmental Science & Technology* 43(9): 3005-3010.
- ECOLOGIC AND WARSAW AGRICULTURAL UNIVERSITY (2006), WFD and Agricultural Linkages at the EU Level Incentive Water Pricing and Cost Recovery in the WFD: Elements for linking EU agricultural and water policies (Working Document for Discussion —Version 3— 13/02/2006).
- ELLIS, E.C., RAMANKUTTY, N. (2008). Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6: 439–447.
- EUROPEAN COMMISSION (2001) Second Forum on Implementation and Enforcement of Community Environmental Law: Intensifying our efforts to clean urban waste water, Bruxelles, 54 p.
- EUROPEAN COMMISSION. (EC). 2001. La gobernanza europea - un libro blanco. COM (2001) 428 final.
- EUROPEAN COUNCIL (EC). (2006b). Renewed EU Sustainable Development Strategy (SDS), Brussels: Com 10917/06.
- EUROPEAN ENVIRONMENT AGENCY (2009). Water resources across Europe. Confronting water scarcity and drought. EEA Report nº 2. Copenhagen, 55 p.
- FALKENMARK, M. (1989). The massive water scarcity now threatening Africa: Why isn't it being addressed? *Ambio* 18(2): 112-118.
- FALKENMARK, M. (2003). Freshwater as shared between society and ecosystems: from divided approaches to integrated challenges. *Philosophical Transactions of the Royal Society of London. Series B, Biological Sciences* 358, 2037–2049.
- FALKENMARK, M. AND ROCKSTRÖM, J. (2004) Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology, Earthscan, London, UK.

- FALKENMARK, M., ROCKSTRÖM, J. (2005). Rain: The Neglected Resource. Swedish Water House Policy Brief Nr. 2. SIWI, Stockholm, Sweden.
- FAO. (2000). Livestock production system classification. FAO, Rome, Italy. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Refer/ProSystR.htm>  
[http://dad.fao.org/cgi-dad/\\$cgi\\_dad.dll/databases](http://dad.fao.org/cgi-dad/$cgi_dad.dll/databases)
- FAO - AQUASTAT. (2003). Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- FARINÓS-DASÍ, J., ROMERO-GONZÁLEZ, J. (2007). El gobierno del desarrollo territorial sostenible. A modo de presentación". Pp. 11-18. En Farinós-Dasí, J., Romero-González, J. (eds.). Territorialidad y buen gobierno para el desarrollo sostenible. Nuevos principios y nuevas políticas en el espacio. Publicaciones de la U. de Valencia - IIDL. Colección Desarrollo Territorial nº 2.
- FARINÓS-DASÍ, J. (2008a). Gobernanza territorial para el desarrollo sostenible: estado de la cuestión y agenda. Boletín AGE, 46: 11-32.
- FARINÓS-DASÍ, J. (2008b). Inteligencia para la gobernanza territorial. Pp. 19-33. En: De Souza-Iglesias, A., Simancas-Cruz, M.R. (coord.), Sociedad civil organizada y desarrollo sostenible. Gobierno de Canarias.
- FARINÓS-DASÍ, J., ROMERO-GONZÁLEZ, J. (2008). La gobernanza como método para encarar los nuevos grandes retos territoriales y urbanos. Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles, 46: 5-9.
- FENACORE (2004): "Encuesta de información económica y financiera de las Comunidades de regantes". Madrid.
- FERRER, M., VALERO, F., ZARZO, D. AND VIVES, X. (2007) "Abrera (Barcelona, Spain) Drinking WTP Upgrade through Electrodialysis Reversal (200,000 m<sup>3</sup>/day)".
- FILIS, I.V., SABRAKOS, M., YIALOURIS, C.P., SIDERIDIS, A.B., MAMAN, B. (2003). GEDAS: an integrated geographical expert database system. Expert Systems with applications, 24(1): 25-34.
- FISHELSON, G. (1989). Economic Cooperation in the Middle East - Westview Special Studies on the Middle East. Boulder, CO: Westview Press.
- FONT, J. et al. (2000). "Cataluña" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 331-384.
- FORNÉS, J. M.; HERA, A. DE LA, LLAMAS, M. R. (2005 a): «The Silent Revolution in Groundwater Intensive Use and its Influence in Spain», Water Policy, Vol. 7, No. 3, pp. 253-268. ISSN: 1366-7017.
- FORNÉS, J. M.; HERA, A. DE LA, LLAMAS, M. R. (2005 b): «La propiedad de las aguas subterráneas en España: la situación del Registro y del Catálogo», Ingeniería del Agua, Vol. 12, No. 2, junio 2005, pp. 125-136.
- FREYDANK, K., SIEBERT, S. (2008). Towards mapping the extent of irrigation in the last century: Time series of irrigated area per country. Frankfurt Hydrology Paper 08. Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany.
- FRUTOS, L.M<sup>a</sup>. et al. (2000). "Aragón" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 85-116
- FUNDACIÓN CAJAMAR (2009) La desalación en España. Informes y Monografías, nº 22. Almería, 35 p.
- GALLOWAY, J.N., BURKE, M., BRADFORD, G.E., NAYLOR, R., FALCON, W., CHAPAGAIN, A.K., GASKELL, J.C., MCCULLOUGH, E., MOONEY, H.A., OLESON, K.L.L., STEINFELD, H., WASSENAAR, T. AND SMIL, V. (2007) International trade in meat: The tip of the pork chop, Ambio 36(8): 622-629.
- GANUZA, E. MOYANO, E. (2008). Modelos de participación ciudadana en la provincia de Córdoba. Instituto de Estudios Sociales Avanzados-CSIC. Serie Informes y Monografías E-0818.
- GARCÍA, J.M<sup>a</sup>. y SOTELO, J.A. (2000). "Introducción" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 147-182.
- GARCÍA, J.C. et al. (2000). "Cantabria" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 217-243.
- GARCÍA, J.M<sup>a</sup>. et al. (2000). "Comunidad de Madrid" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 501-545.
- GARCÍA MOLLÁ, M. (2000): "Análisis de la influencia de los costes en el consumo de agua en la Agricultura valenciana. Caracterización de las entidades asociativas para riego. Tesis Doctoral dirigida por el Dr. D. José Carles Genovés. Centro Valenciano de Estudios sobre el Riego. Universidad Politécnica de Valencia.

- GARCÍA, P. et al. (2000). "Castilla y León" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 245-288.
- GARRIDO, A. LLAMAS, M. (2009). Water Policy in Spain. CRC PRESS, 246p.
- GARRIDO, A., LLAMAS, M.R., VARELA-ORTEGA, C., NOVO, P., RODRÍGUEZ-CASADO, R. AND ALDAYA, M.M. (2009) Water footprint and virtual water trade in Spain, Springer, New York, USA.
- GERBENS-LEENES, P.W. AND HOEKSTRA, A.Y. (2009) The water footprint of sweeteners and bio-ethanol from sugar cane, sugar beet and maize, Value of Water Research Report Series No. 38, UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- GERBENS-LEENES, P.W., HOEKSTRA, A.Y. AND VAN DER MEER. TH. (2009A) The water footprint of energy from biomass: A quantitative assessment and consequences of an increasing share of bio-energy in energy supply, Ecological Economics 68(4): 1052-1060.
- GERBENS-LEENES, W., HOEKSTRA, A.Y. AND VAN DER MEER, T.H. (2009B) The water footprint of bio-energy, Proceedings of the National Academy of Sciences 106 (25): 10219-10223.
- GERBENS-LEENES, W., HOEKSTRA, A.Y., AND VAN DER MEER, T.H. (2009C) A global estimate of the water footprint of *Jatropha curcas* under limited data availability, Proceedings of the National Academy of Sciences 106(40): E113.
- GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (edits.) (1995) Planificación Hidráulica en España, Fundación Caja del Mediterráneo, Alicante, 430 p.
- GIL OLCINA, A. y MORALES GIL, A. (edits.) (1999) Los usos del agua en España, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, 681 p.
- GIL OLCINA, A. y RICO AMORÓS, A. (2007) El problema del agua en la Comunidad Valenciana. Generalitat Valenciana. Fundación Agua y Progreso, Valencia, 221 p.
- GIL OLCINA, A. y RICO AMORÓS, A. (2008) Políticas del agua III. De la Ley de Aguas de 1985 al PHN. Esamur, Región de Murcia y Pesar, Generalitat Valenciana, Murcia, 484 p.
- GLEICK, P.H. (ED.) (1993) Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources, Oxford University Press, Oxford, UK.
- GLOBAL WATER PARTNERSHIP - GWP. (2000). Manejo integrado de recursos hídricos. TAC Background Papers 4.
- GLOBAL WATER INTELLIGENCE (2006) Desalination Markets 2007: A global Industry Forecast, December, 453 p.
- GOBIERNO VASCO, DEPARTAMENTO DE ORDENACIÓN DEL TERRITORIO Y MEDIO AMBIENTE (2004): "Informe relativo a los artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua. 22 de diciembre de 2004". Vitoria.
- GÓMEZ, J.L. et al. (2000). "Ceuta" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 673-676.
- GONZÁLEZ-REGIDOR, J. (2008). Medio rural y medio ambiente: por un desarrollo rural sostenible. *Ambienta*, 73: 28-33.
- GORDON, L. D. (1990). Water Conservation for Oahu. In: Proceedings of the Conserv 90, Phoenix, Arizona, U.S.A.
- GOVERN DE LES ILLES BALEARS, CONSELLERIA DE MEDI AMBIENT (2005): "Aplicación de la Directiva Marco para las Políticas del Agua en la Cuenca de Baleares. Resumen Ejecutivo de los artículos 5 y 6 y Anejo III de la Directiva Marco del Agua". Palma de Mallorca, Marzo 2005.
- GREEN, G. KLOMP, N.I. (1998). Environmental informatics: A new paradigm for coping with complexity in nature. *Complex International*. Vol. 6, pp.36-44.
- HAMILTON, K., ATKINSON, G., PEARCE, D. (1997). Genuine saving as an indicator of sustainability. CSERGE Working Paper GEC 97-03.
- HANASAKI, N., INUZUKA, T., KANAE, S., OKI, T., (2010). An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock product using a global hydrological model. *Journal of Hydrology*, 384: 232-244.
- HARRIS, N. (2001). Spatial Development Policies and Territorial Governance in an Era of Globalisation and Localisation. Pp. 33-58. In *Towards a New Role for Spatial Planning* (OCDE). París.

- HAYES-ROTH, F. WATERMAN, D.A., LENAT, D.B. (1983). An overview of expert systems. Building Expert Systems.
- HEFFER, P. (2009) Assessment of fertilizer use by crop at the global level, International Fertilizer Industry Association, Paris, France, [www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Publicationdatabasehtml/Assessment-of-Fertilizer-Use-by-Crop-at-the-Global-Level-2006-07-2007-08.html](http://www.fertilizer.org/ifa/HomePage/LIBRARY/Publicationdatabasehtml/Assessment-of-Fertilizer-Use-by-Crop-at-the-Global-Level-2006-07-2007-08.html)
- HERENDEEN, R.A. (2004) Energy analysis and EMERGY analysis - A comparison, Ecological Modelling 178: 227-237.
- HERRERO, J.C. (2003). Desarrollo de un sistema experto para identificación de impactos ambientales de proyectos a partir de un Sistema de Información Geográfica. Aplicación a la Comunidad de Madrid. Tesis Doctoral. UPM.
- HISPAGUA – Sistema Español de Información sobre el Agua. 2006. "Huella Hídrica" de las Naciones. Consultado en junio de 2010. Disponible en: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/especial\\_huella\\_hidrica/introduccion.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/especial_huella_hidrica/introduccion.htm)
- HISPAGUA – Sistema Español de Información sobre el Agua. 2010. Confederaciones Hidrográficas. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://hispagua.cedex.es/instituciones/distribucion/confederaciones.php?localizacion=Confederaciones%20Hidrogr%C1ficas>
- HOEKSTRA, A.Y. AND HUNG, P.Q. (2002). Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. Value of Water Research Report Series No. 11. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- HOEKSTRA, A.Y. (ED.) (2003) Virtual water trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade, Delft, The Netherlands, 12-13 December 2002, Value of Water Research Report Series No.12, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, [www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report12.pdf).
- HOEKSTRA, A.Y. (2003). Virtual Water. An Introduction. Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Values of Water Research Report Series nº 12. IHE, Delft, Holanda.
- HOEKSTRA, A.Y. AND HUNG, P.Q. (2005) Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade, Global Environmental Change 15(1): 45-56.
- HOEKSTRA, A.Y. (2006). The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems. Value of Water Research Report Series Nº 20. Delft, the Netherlands.
- HOEKSTRA, A.Y. AND CHAPAGAIN, A.K. (2007) Water footprints of nations: water use by people as a function of their consumption pattern, Water Resources Management. 21(1): 35-48.
- HOEKSTRA, A.Y. (2007). Human appropriation of natural capital: Comparing Ecological Footprint and Water Footprint analysis. Value of Water Research Report Series No. 23. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- HOEKSTRA, A.Y. Y CHAPAGAIN, A.K. (2007). The water footprints of Morocco and the Netherlands: Global water use as a result of domestic consumption of agricultural commodities. Ecological Economics 64, 143-151.
- HOEKSTRA, A.Y. AND CHAPAGAIN, A.K. (2008) Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources, Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- HOEKSTRA, A.Y. (2008A) Water neutral: reducing and offsetting the impacts of water footprints, Value of Water Research Report Series No.28, UNESCO-IHE, Delft, The Netherlands, [www.waterfootprint.org/Reports/Report28-WaterNeutral.pdf](http://www.waterfootprint.org/Reports/Report28-WaterNeutral.pdf).
- HOEKSTRA, A.Y. (2008B) The relation between international trade and water resources management, In: K.P. Gallagher (ed.) Handbook on trade and the environment, Edward Elgar Publishing, Cheltenham, UK, pp. 116-125.
- HOEKSTRA, A.Y. (2008C) The water footprint of food, In: Förare, J. (ed.) Water for food, The Swedish Research Council for Environment, Agricultural Sciences and Spatial Planning (Formas), Stockholm, Sweden, pp. 49-60.

- HOEKSTRA, A.Y. (2009) Human appropriation of natural capital: A comparison of ecological footprint and water footprint analysis, *Ecological Economics* 68(7): 1963-1974.
- HOEKSTRA, A.Y., GERBENS-LEENES, W. AND VAN DER MEER, T.H. (2009A) Water footprint accounting, impact assessment, and life-cycle assessment, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(40): E114.
- HOEKSTRA, A.Y., GERBENS-LEENES, W. AND VAN DER MEER, T.H. (2009B) The water footprint of *Jatropha curcas* under poor growing conditions, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(42): E119.
- HOEKSTRA, A., ALDAYA, M., MEKONNEN, M. Y CHAPAGAIN, A.K. (2009). *Water footprints manual*. Network. Enschede, Netherlands.
- HOFF, H. (2009). Global water resources and their management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2): 141-147.
- HUANG, G.H. CHANG, N.B. (2003). Perspectives of Environmental Informatics and Systems Analysis. *Journal of Environmental Informatics*. Vol. 1, No. 1. pp.1-6.
- HUBACEK, K., GUAN, D.B., BARRETT, J. AND WIEDMANN, T. (2009) Environmental implications of urbanization and lifestyle change in China: Ecological and water footprints, *Journal of Cleaner Production*, 17(14): 1241-1248.
- HUETING, R. REIJNDERS, L. (2004). Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators. *Ecological Economics*, 50: 249-260.
- HUGHES, D. (2009). State of the resource. En UNESCO, *Water in a Changing World*. The United Nations World Water Development Report 3. London, United Kingdom
- HUMBERT, S., LOERINCİK, Y., ROSSI, V., MARGNIA, M. AND JOLLIET, O. (2009) Life cycle assessment of spray dried soluble coffee and comparison with alternatives (drip filter and capsule espresso), *Journal of Cleaner Production* 17(15): 1351-1358.
- IDA (International Desalination Association) World Congress on Desalination and Water Reuse, Maspalomas, Gran Canaria.
- INE (2001). Estadística del Agua 1999. Gabinete de prensa, 8 de marzo del 2001. Instituto Nacional de Estadística.
- INE (2003). Encuesta sobre el suministro y tratamiento del agua 2001. Gabinete de prensa, 1 de julio del 2003. Instituto Nacional de Estadística.
- INM (2009). Series mensuales de evapotranspiración potencial y precipitación para los puntos registrados de la España Peninsular. Años 1996-2009. Instituto Nacional de Meteorología. Ministerio de Medio Ambiente.
- IUCN, PNUMA, WWF. (1980). *Estrategia Mundial para la Conservación*, La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido. UICN, Gland, Suiza.
- JIMÉNEZ SHAW, C. (2009) "Aspectos jurídicos de la desalación" en VV.AA. *Desalación de aguas*. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 521-550.
- JONGSCHAAP, R.E.E., BLESGRAAF, R.A.R., BOGAARD, T.A., VAN LOO, E.N. AND SAVENIJE, H.H.G. (2009) The water footprint of bioenergy from *Jatropha curcas* L., *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(35): E92-E92.
- KITZES, J. (ED.) (2009) *Ecological footprint standards 2009 Version 3.2*, Global Footprint Network, Oakland, CA, USA, [www.footprintstandards.org](http://www.footprintstandards.org).
- KJAER, A.M. (2004). *Governance*. Polity Press, Cambridge, UK.
- KLEIN GOLDEWIJK, K., RAMANKUTTY, N. (2004). Land cover change over the last three centuries due to human activities: the availability of new global data sets. *Geographical Journal*, 61: 335-344.
- KOEHLER, A. (2008) Water use in LCA: managing the planet's freshwater resources, *International Journal of Life Cycle Assessment* 13(6): 451-455.
- KORESAWA, A., KONVITZ, J. (2001). *Towards a New Role for Spatial Planning*. Pp. 27-28. (OCDE). París.

- KUMAR, V., JAIN, S.K. (2007) Status of virtual water trade from India, *Current Science* 93: 1093-1099. 87
- LAUDON, K.C., LAUDON, J.P. (2002). *Essentials of management information systems*, Prentice Hall. New York.
- LAYNE, K., LEE, J. (2001). Developing fully functional E-government: A four stage model. *Government Information Quarterly* 18: 122-136
- LEVINSON, M. et al. (2008) *Watching water: A guide to evaluating corporate risks in a thirsty world*, JP-Morgan, USA.
- LEY 10/2001, de 5 de julio, Plan Hidrológico Nacional.
- LEY 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional.
- LIU, J. AND SAVENIJE, H.H.G. (2008) Food consumption patterns and their effect on water requirement in China, *Hydrology and Earth System Sciences* 12(3): 887-898.
- LIU, J.G., WILLIAMS, J.R., ZEHNDER, A.J.B., YANG, H. (2007) GEPIC - modelling wheat yield and crop water productivity with high resolution on a global scale, *Agricultural Systems* 94(2): 478-493.
- LLAMAS, M. R. (1976): «Historia de la Hidrogeología», en *Hidrología Subterránea* (Custodio & Llamas, eds.) Omega. Barcelona, pp. 247-258.
- LLAMAS, M. R. (1992): «A água - escassez ou mau uso?» Coloquio/Ciencias. *Revista de Cultura Científica*. Fundação Calouste Gulbenkian - Lisboa, Vol. 4, núm. 12.
- LLAMAS, M. R., BACK, W. AND MARGAT, J. (1992): «Groundwater use: equilibrium between social benefits and potential environmental costs», *Applied Hydrogeology*, Heise Verlag. Vol. 1, núm. 2, pp. 3-14.
- LLAMAS, M. R. (1995): «La Crisis del Agua: ¿Mito o realidad? Atti dei Convegni Lincei, *Accademia dei Lincei*, Roma, No. 114, pp. 107-115.
- LLAMAS, M. R. & Delli Priscoli, J. (2000): «Water and Ethics», *Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas*, Fundación Marcelino Botín, Santander, Serie A, N.º 5, 99 p.
- LLAMAS, M. R. (2003): «El desarrollo sostenible del agua en España», *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Vol. 97, N.º 1, pp. 129-141.
- LLAMAS, M. R. (2004): «La Gestión de las Aguas Subterráneas y los Conflictos Sociales Relativos al Plan Hidrológico Nacional», *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas Físicas y Naturales*, Madrid, Vol. 98, N.º 2, pp. 235-254.
- LLAMAS, M.R. (2004). «Transición hacia Nuevos Paradigmas en la Gobernanza del Agua en España». Presentación. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exact. Fis. Nat.*, Madrid, Vol. 98, N.º 2, pp. 221.
- LLAMAS, M. R. (2005): «Groundwater and Human Development», in *Groundwater and Human Development* (Bocanegra, Hernández and Usunoff, eds.) *Selected Papers on Hydrogeology*, N.º 6, Balkema Publishers, Leiden, pp. 3-8.
- LLAMAS, M. R. & Martínez-Santos, P. (2005): «Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential source of Conflicts», *Invited editorial in Journal on Water Resources Planning and Management*, American society of Civil Engineers, September- October, pp. 337-341.
- LLAMAS, M. R. (2005). «Los Colores del Agua, el Agua Virtual y los Conflictos Hídricos». *Discurso Inaugural del año académico 2005-2006*, *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*, Vol. 99, N.º 2, pp. 369-389.
- LLAMAS, M. R. (2006). «Avances científicos y cambios en viejos paradigmas sobre la política del agua» *Revista Empresa y Humanismo*, Vol. IX, n.º 2, pp. 67-108, ISSN 1139-7608.
- LLAMAS, M. R. (2006). «Aplicación de los conceptos de agua virtual y huella hidrológica», *Ilustración de Madrid*, Núm. 1, Otoño 2006, pp. 45-46.
- LLAMAS, M.R., ALDAYA, M.M., GARRIDO, A., LÓPEZ-GUNN, E. (2008). Soluciones para la escasez de agua en España y su aplicación a otras regiones. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*, 102(2): 1-14.
- L'VOVICH, M., WHITE, G.F. (1990). Use and transformation of terrestrial water systems. En: B.L. Turner, W.C. Clark, R.W. Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews, W.B. Meyer (Eds), *The Earth as Transformed by Human Action*. Cambridge University Press, Cambridge, US.

- MA, J., HOEKSTRA, A.Y., WANG, H., CHAPAGAIN, A.K. AND WANG, D. (2006) Virtual versus real water transfers within China, *Phil. Trans. R. Soc. Lond. B.* 361 (1469): 835-842.
- MACDONALD, D.D., BERGER, T., WOOD, K., BROWN, J., JOHNSEN, T., HAINES, M.L., BRYDGES, K., MACDONALD, M.J., SMITH, S.L. AND SHAW, D.P. (2000) Compendium of environmental quality benchmarks, MacDonald Environmental Sciences, Nanaimo, British Columbia, Canada, [www.pyr.ec.gc.ca/georgiabasin/reports/Environmental%20Benchmarks/GB-9901\\_E.pdf](http://www.pyr.ec.gc.ca/georgiabasin/reports/Environmental%20Benchmarks/GB-9901_E.pdf).
- MADRID, C. (2007). *Hidratar el Metabolismo Socioeconómico: Los Flujos de Agua Virtual y el Metabolismo Hídrico. Una aproximación al sector hortofrutícola Andaluz.* Universidad Autónoma de Barcelona.
- MAES, W.H., ACHTEN, W.M.J. AND MUYS, B. (2009) Use of inadequate data and methodological errors lead to an overestimation of the water footprint of *Jatropha curcas*, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 106(34): E91-E91.
- MAESTU et al. (2004): "Practical experiences in Spain". In Brouwer, R. y P. Stosser (eds.), *Environmental and Resource Cost and the Water Framework Directive. An overview of European practices.* RIZA Working Paper 2004. 112x. Amsterdam, Holland.
- MAESTU, J. Y VILLAR, A. (2006): "El sector de los servicios del agua en España: "Recuperación de costes y perspectivas financieras". *Revista Ambienta* (Octubre, 2006). MIMAM. Madrid.
- MAPA (2003). *Libro Blanco de la Agricultura y el Desarrollo Rural.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. Formato electrónico en: [www.libroblancoagricultura.com](http://www.libroblancoagricultura.com)
- MAPA (2005) *Anuario de Estadística Agroalimentaria.* Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación, Madrid, España. Varios años (2003, 2001, 1998). <http://www.mapa.es/es/estadistica/pags/anuario/introduccion.htm>
- MAPA (2005): "Estudio del Coste de Agua de Riego". Madrid. UE (1991): "Directiva 91/271/CEE del Consejo, de 21 de mayo de 1991, sobre tratamiento de aguas residuales urbanas". Bruselas, Bélgica.
- MARGAT, J. (2008). *Preparatory Documents to the 5th World Water Forum 2009, 16-22 March, Istanbul.* Internal Documents for Blue Plan/MAP/UNEP.
- MARTÍN, P. (2010). *Balance de diferentes técnicas participativas para integrar metodologías creativas.* CIMAS.
- MARTÍNEZ VICENTE, D. (2009) "Coste del agua del mar desalada por ósmosis inversa", en VV.AA. *Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos.* Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, pp. 553-589.
- MCCLURE, D.L. (2000). *Statement.* U.S. General Accounting Office. Disponible en: <http://www.gao.gov&>
- MIAH, S.J., KERR, D.V., GAMMACK, J.G. (2009). A methodology to allow rural extension professionals to build target-specific expert systems for Australian rural business operators. *Expert Systems with Applications.* Vol. 36. pp.735-744.
- MILÀ I CANALS, L., CHENOWETH, J., CHAPAGAIN, A., ORR, S., ANTÓN, A. AND CLIFT, R. (2009) Assessing freshwater use impacts in LCA: Part I—inventory modelling and characterisation factors for the main impact pathways, *Journal of Life Cycle Assessment* 14(1) 28-42.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (1997): "Estudios de Caracterización y Tipificación de los Regadíos Existentes PNR H-2008". Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2002a): "Censo Agrario, 1999". Madrid. Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (2002b): "Análisis de la economía de los sistemas de producción". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (1998): "Libro Blanco del Agua". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2000) *Proyecto de Plan Hidrológico Nacional. Documentación Técnica.* Secretaría de Estado de Aguas y Costas, 5 vols.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2001) *Desalación de agua del mar. Costes y efectos ambientales.* Plan Hidrológico Nacional. Anexo. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Madrid. 45 p.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE - MMA. (2000). *Libro Blanco del Agua.* Centro de Publicaciones, Secretaría general Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.

- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE. (2001). Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico Nacional. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2003a): "Documento IV. Inversiones encaminadas al cumplimiento del artículo 7 de la Directiva 76/464/CEE". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2003b): "Mancomunidad de los Canales del Taibilla: Situación Económica y Alternativas Tarifarias". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2003c): "Valoración del Coste de Uso del Agua Subterránea en España". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2004): Informe de Análisis de Uso de Agua en el Sector Energético. Madrid. Ministerio de Medio Ambiente (2005): "Memoria Económica del Proyecto de Reforma del Real Decreto del Reglamento del Dominio Público Hidráulico". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006a): "Nota de Comentarios y Recomendaciones sobre el Coste del Recurso y los Mercados del Agua". Junio 2006. Grupo de Expertos de Economía del Agua. Dirección General del Agua.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006b): Proyecto ALBERCA. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2006c): Informe Fiscalidad Ambiental Grupo de Trabajo Ministerio de Economía y Hacienda y Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE (2007): "Precio y costes de los servicios de agua en España". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (1999). Anuario de Estadística 2008. Secretaría General Técnica.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2001). Anuario de Estadística. Secretaría General Técnica del Ministerio.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2002). Anuario de Estadística. Secretaría General Técnica del Ministerio.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2003a): "Encuesta sobre Superficies y Rendimientos de Cultivos, 2002". Madrid.
- MINISTERIO DE AGRICULTURA, PESCA Y ALIMENTACIÓN (2003b): "Análisis de costes de regulación y utilización del agua de riego y tarifas abonadas por los regantes". Madrid.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2008a). Plan Hidrológico Nacional. Consultado en junio de 2010. Disponible en: [http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/planificacion\\_hidrologica/Plan\\_hidrologico\\_Nacional.htmU](http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/planificacion_hidrologica/Plan_hidrologico_Nacional.htmU)
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2008b). Libro digital del Agua. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://servicios3.mma.es/siagua/visualizacion/lda/index.jsp>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2008c). Sistema Integrado de Información del Agua. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://servicios3.mma.es/siagua/visualizacion/descargas/documentos.jsp>
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO. (2009). Anuario de Estadística 2008. Secretaría General.
- MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y MEDIO RURAL Y MARINO (2010) Perfil Ambiental de España 2009. Informe basado en indicadores. Secretaría General Técnica. Madrid, 343 p.
- MINISTERIO DE LA PRESIDENCIA. (2007). Estrategia Española de Desarrollo Sostenible 2007. Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado. Madrid.
- MINISTERIO DE SANIDAD Y CONSUMO (2004): "Costes de la implantación del Real Decreto 140/2003 en España". Madrid.
- MITCHELL, T.D. AND JONES, P.D. (2005) An improved method of constructing a database of monthly climate observations and associated high-resolution grids, International Journal of Climatology, 25, 693-712, [http://cru.csi.cgiar.org/continent\\_selection.asp](http://cru.csi.cgiar.org/continent_selection.asp).

- MMA (2007) El agua en la economía española: Situación y perspectivas. Informe integrado del análisis económico de los usos del agua. Artículo 5 y Anejos II y III de la Directiva Marco del Agua. Ministerio de Medio Ambiente, Madrid, España, 290 p.
- MOGA, V. et al. (2000). "Melilla" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 679-690.
- MONFREDA, C., RAMANKUTTY, N., FOLEY, J.A. (2008) Farming the planet: 2. Geographic distribution of crop areas, yields, physiological types, and net primary production in the year 2000, *Global Biogeochemical Cycles*, 22(1): GB1022, [www.geog.mcgill.ca/landuse/pub/Data/175crops2000](http://www.geog.mcgill.ca/landuse/pub/Data/175crops2000).
- MORALES GIL, A. (1997) Aspectos geográficos de la horticultura de ciclo manipulado en España, Universidad de Alicante, Alicante, 167 p.
- MORALES, G. et al. (2000). "Canarias" en La España de las Autonomías. Síntesis. Madrid. pp. 187-204.
- MORALES GIL, A. (2002): "Un modelo de eficiencia en el abastecimiento urbano de agua: la Mancomunidad de los Canales del Taibilla". En Confederación Hidrográfica del Segura, 1926-2001, 75 Aniversario, Ministerio de Medio Ambiente, pp. 292-305.
- MORRISON, J., MORKAWA, M., MURPHY, M., AND SCHULTE, P. (2009) Water scarcity and climate change: Growing risks for business and investors, CERES, Boston, MA, USA.
- MOCKLER, R.J. (1989). Knowledge-based systems for management decisions. Prentice-Hall, Englewood Cliffs, New Jersey.
- MOYANO-ESTRADA, E. (2005). Capital Social y Desarrollo en Zona Rurales. IESA Working Paper Series. WP 13-05.
- MOYANO-ESTRADA, E. (2008). Multifuncionalidad, territorio y desarrollo de las áreas rurales. *Ambienta*, 81: 6-20.
- MOYANO-ESTRADA, E. (2009). Capital social, gobernanza y desarrollo en áreas rurales. FICODER, Sevilla, 8-10 June.
- MUKHERJI, A. (en prensa): «Is intensive use of groundwater a solution to World's Water Crisis? en *Water Crisis: Myth or Reality?* (Rogers, Llamas and Martinez, eds.), Balkema Publishers, preprint, pp 16.
- NACIONES UNIDAS (2003): Water for People. Water for Life. World Water Assessment Programme. UNESCO, pp 576.
- NACIONES UNIDAS (2006): Power, water and money: Exploring the nexus. Oxford University, pp 85
- NASS (2009) Agricultural chemical use database, National Agricultural Statistics Service, [www.pestmanagement.info/nass](http://www.pestmanagement.info/nass).
- NAZER, D.W., SIEBEL, M.A., VAN DER ZAAG, P., MIMI, Z. AND GIJZEN, H.J. (2008) Water footprint of the Palestinians in the West Bank, *Journal of the American Water Resources Association* 44(2): 449-458.
- NEMES, G. (2004). Constructing rural development: models, institutions, policies and the Eastern enlargement. Ph.D. Centre for the Rural Economy, Newcastle: University of Newcastle.
- NOVO NÚÑEZ, P. (2008). Análisis del 'comercio' de agua virtual en España: Aplicación al caso de los cereales. Trabajo Final de Carrera en la E.T.S. Ingenieros Agrónomos, Madrid, España.
- NOVO, P., GARRIDO, A. AND VARELA-ORTEGA, C. (2009) Are virtual water "flows" in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity? *Ecological Economics* 68(5): 1454-1464.
- OCDE (1987): "Pricing of Water Services". París, Francia. Porta, F. (2001): "La repercusión de la Directiva Marco en el sector urbano del agua en España". Curso de Derecho Ambiental del Ilustre Colegio de Abogados de Barcelona, Abril 2001.
- ODUM, H.T. (1996) Environmental accounting: Emery and environmental decision making, Wiley, New York.
- OLCINA CANTOS, J. y RICO AMORÓS, A. (1999) "Recursos de agua "no convencionales" en España. Depuración y desalación", en *Los usos del agua en España* (Gil Olcina, A. y Morales Gil, A., eds.), Instituto Universitario de Geografía y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 203-252.
- OLCINA CANTOS, J. (2002) "Nuevos retos en depuración y desalación de aguas en España", *Investigaciones Geográficas*, 27. Instituto Universitario de Geografía. Universidad de Alicante, pp. 5-34.

- PALOMAR, P. And LOSADA I.J. (2010) "Desalination in Spain: recent developments and recommendations". *Desalination*, 255. Elsevier. pp. 97-106
- PANADERO, M. et al. (2000). "Castila-La Mancha" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 291-329.
- PRATS RICO, D. Y MELGAREJO MORENO, J. (2006) *Desalación y reutilización de aguas. Situación en la provincia de Alicante*. Generalitat Valenciana. Conselleria de Territori i Habitatge, Instituto Universitario de Agua y Ciencias Ambientales y COEPA. Alicante, 164 p. + CD.
- PEARCE, D.W., BARBIER, E.B., MARKANDYA, A. (1990). *Sustainable Development*. Earthscan. London.
- PEARCE, D.W., ATKINSON, G. (1993). Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. *Ecological Economics*, 8: 103–108.
- PEARCE, D., ATKINSON, G. (1998). The concept of sustainable development: An evaluation of its usefulness ten years after Brundtland. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia. Working Paper PA: 98-02.
- PECK, J. C. (en prensa): «Groundwater Management in the High Plains Auifer in the U.S.: Legal Problems and Innovation» Chapter for the book *The Agricultural Groundwater Revolution*, 2005 IWMI-TATA Workshop, preprint 20 pags.
- PEGRAM, G., ORR, S., AND WILLIAMS, C. (2009) *Investigating shared risk in water: Corporate engagement with the public policy process*, WWF, Godalming, UK.
- PÉREZ-RINCÓN, M.A. (2003). *De lo global a lo local. Liberalización comercial y uso del agua en la agricultura colombiana: Balance para el periodo 1961-2004*. AGUA 2005, Conferencia Internacional: De la Acción Local a las Metas Globales. Cali, Colombia
- PÉREZ-RINCÓN, M.A. (2006a). Comercio exterior y flujos hídricos en la agricultura colombiana: análisis para el periodo 1961-2004. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 4: 3-16.
- PÉREZ-RINCÓN, M.A. (2006b). De lo global a lo local: impacto de las políticas internacionales de apertura comercial en el uso del recurso hídrico en la cuenca del río Bolo, valle del Cauca, Colombia. X Jornadas de Economía Crítica. 23 a 25 de marzo de 2006, Barcelona, España.
- PNUD (1999): *Human Development Report*. Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PNUD (2006): *Crisis Mundial del agua*. Programas de las Naciones Unidas para el Desarrollo.
- PFISTER, S., HELLWEG, S. (2009) The water "shoesize" vs. footprint of bioenergy, *Proceedings of the National Academy of Sciences* 106(35): E93-E94.
- PFISTER, S., KOEHLER, A. AND HELLWEG, S. (2009) Assessing the environmental impacts of freshwater consumption in LCA, *Environmental Science and Technology* 43: 4098-4104.
- POFF, N.L., ET AL. (2009) The ecological limits of hydrologic alteration (ELOHA): A new framework for developing regional environmental flow standards, *Freshwater Biology*.
- PIQUERAS, J. et al. (2000). "Comunidad Valenciana" en *La España de las Autonomías. Síntesis*. Madrid. pp. 395-426.
- POLAK, P. (2005): «Water and the other three Revolutions needed to end rural poverty», *Water Science and Technology*, Vol. 8, pp. 133-146.
- PORTMANN, F., SIEBERT, S., BAUER, C. AND DLL, P. (2008) Global data set of monthly growing areas of 26 irrigated crops. Frankfurt Hydrology Paper 06, Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany, <http://www.geo.uni-frankfurt.de/ipg/ag/dl/forschung/MIRCA/index.html>.
- PORTMANN, F.T., SIEBERT, S. AND DÖLL P. (2009) MIRCA2000 - Global monthly irrigated and rainfed crop areas around the year 2000: A new high-resolution data set for agricultural and hydrological modeling, *Global Biogeochemical Cycles*.
- POSTEL, S.L., DAILY, G.C., AND EHRLICH, P.R. (1996) Human appropriation of renewable fresh water, *Science* 271: 785-788.
- RAFEA, A. SHAALAN, K. (1996). Using expert systems as a training tool in the agricultural sector in Egypt. *Expert Systems with applications*. Vol. 11. No. 3. pp.343-349.

- RAMÍREZ-VALLEJO (en prensa) Virtual Water: Comments on Allan's article en Water Crisis: Myth or Reality (Rogers, Llamas and Martínez, eds.), Balkema Publishers.
- RAMOS-REAL, E., DELGADO-SERRANO, M.M. (2002). Nuevas formas de institucionalidad y su influencia en el desarrollo de las áreas rurales europeas. *Globalización y mundo rural*. Noviembre-diciembre. No. 803. pp.91-104.
- RAMSEY, K. (2009). GIS, modeling, and politics: On the tensions of collaborative decision support. *Journal of Environmental Management*. Vol. 90. pp.1972-1980.
- RASKIN, P.D., E. HANSEN AND R.M. MARGOLIS (1996) Water and sustainability: global patterns and long-range problems, *Natural Resources Forum* 20(1): 1-5.
- RAUBTOLD R. BRUNNSTEIN K. (1994). Trends in Environmental Information Processing. Paper Presented at the IFIP Congress 92. Vol 2. September 7-11. Madrid, Spain.
- RAUTENSTRAUCH, C. PATIG S. (2001). *Environmental Information Systems in Industry and Public Administration*. IGI Publishing.
- RAY, C. (2001). Culture economies: A perspective on local rural development in Europe. Centre for Rural Economy. Newcastle upon Tyne.
- RAY, C. (2003). Governance and the neo-endogenous approach to rural development. Ponencia presentada en ESRC Research Seminar: Rural Social Exclusion and Governance. February 2003. London, England.
- REAL DECRETO 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas.
- REAL DECRETO 266/2008, de 22 de febrero, por el que se modifica la Confederación Hidrográfica del Norte y se divide en la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil y en la Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- REBITZER, G., EKVALL, T., FRISCHKNECHT, R., HUNKELER, D., NORRIS, G., RYDBERG, T., SCHMIDT, W.P., SUH, S., WEIDEMA, B.P. AND PENNINGTON, D.W. (2004) Life cycle assessment Part 1: Framework, goal and scope definition, inventory analysis, and applications, *Environment International* 30: 701-720.
- REED, M.S. FRASER, D.G. DOUGILL, A.J. (2006). An adaptive learning process for developing and applying sustainability indicators with local communities. *Ecological Economics*. Vol. 59. pp.406-418.
- REES, W.E. (1992) Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out, *Environment and Urbanization* 4(2): 121-130.
- REES, W.E. AND WACKERNAGEL, M. (1994) Ecological footprints and appropriated carrying capacity: Measuring the natural capital requirements of the human economy, In: Jansson, A.M., Hammer, M., Folke, and Costanza, R. (eds.) *Investing in natural capital: The ecological economics approach to sustainability*, Island Press, Washington, D.C., pp. 362-390.
- REES, W.E. (1996) Revisiting carrying capacity: Area-based indicators of sustainability, *Population and Environment* 17(3): 195-215.
- REGIDOR, J.G., NAVARRO, C. (2008). Nueva política de desarrollo rural. En: Regidor, J.G. (Coord), *Desarrollo rural sostenible*. MARM.
- RHODES, R.A.W. (1996). The new governance: governing without government. *Political Studies*. Vol. 44. pp.652-667.
- RICHTER, B.D. (2009) Re-thinking environmental flows: from allocations and reserves to sustainability boundaries, *River Research and Applications*, DOI: 10.1002/rra.1320.
- RICO AMORÓS, A. M., OLCINA CANTOS, J. PAÑOS CALLADO, V. BAÑOS CASTIÑEIRA, C. (1998) *Depuración, desalación y reutilización de aguas en España*, Edit. Oikos-Tau, Vilasar de Mar, 255 p.
- RICO AMORÓS, A. M. (2001) "Actuaciones frente a las sequías" en *Causas y consecuencias de las sequías en España* (A. Gil Olcina y A. Morales Gil, eds.), Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante y Caja de Ahorros del Mediterráneo, Alicante, pp. 421-485.
- RICO AMORÓS, A.M. (2004): "Sequías y abastecimientos de agua potable en España". En *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, nº 37. Murcia, pp. 137-181.

- RICO AMORÓS, A.A. (2007) "Tipologías de consumo de agua en abastecimientos urbano-turísticos de la Comunidad Valenciana", *Investigaciones Geográficas*, nº 42, Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante, pp. 5-34
- RIDOUTT, B.G., EADY, S.J., SELLAHEWA, J., SIMONS, L. AND BEKTASH, R. (2009) Water footprinting at the product brand level: case study and future challenges, *Journal of Cleaner Production* 17(13): 1228-1235.
- RIVM - National Institute for Public Health and the Environment. (2002). *Nature Outlook 2*, Bilthoven, The Netherlands.
- ROCKSTRÖM, J. (2001) Green water security for the food makers of tomorrow: windows of opportunity in drought-prone savannahs *Water Science and Technology* 43 (4): 71-78.
- RODRÍGUEZ-VIVANCO, J. (2004). Reutilizar el agua: Ecología de la Vida Cotidiana. *Ambienta*, 31: 40-42.
- RODRÍGUEZ CASADO, R., GARRIDO, A., LLAMAS, M.R. AND VARELA-ORTEGA, C. (2008) La huella hidrológica de la agricultura española. *Papeles de Agua Virtual* n.º 2, Fundación Marcelino Botín, Santander, ISBN 978-84-96655-25-6, 38 pp.
- RODRÍGUEZ-CASADO, R., NOVO, P., GARRIDO, A., (2009). La "Huella Hídrica" de la ganadería española. *Papeles de Agua Virtual* 4 Fundación Marcelino Botín.
- ROGERS, P. AND RAMÍREZ-VALLEJO (2003): Water in the world. The effects of Agricultural trade liberalization on the Water economy of nations, *International Water Resources Association Congress*, Madrid October 2003, preprint 11 páginas.
- ROTH, E., ROSENTHAL, H. AND BURBRIDGE (2001). A discussion of the use of the sustainability index: 'ecological footprint' for aquaculture production. *Aquatic Living Resources* 13, 461-469.
- ROST, S., GERTEN, D., BONDEAU, A., LUCHT, W., ROHWER, J., SCHAPHOFF, S. (2008). Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resources Research*, 44: W09405.
- RUBIO, M. y ZARZO, D (2004). "Panorama actual de la desalación y reutilización para usos agrícolas". *Riegos y drenajes XXI*, year XX, nº 136, may-june, pp.22-26.
- RULLAN, O. et al. (2000). "Islas Baleares" en *La España de las Autonomías*. Síntesis. Madrid. pp. 147-182.
- SABMiller and WWF-UK (2009) *Water footprinting: Identifying & addressing water risks in the value chain*, SABMILLER, WOKING, UK / WWF-UK, GOLDALMING, UK. SAFIRE, W. (2008) *On language: Footprint*, New York Times, February 17, 2008.
- SÁNCHEZ, L.D. PEÑA, M. SÁNCHEZ, A. (2003). *Uso Eficiente del Agua: un recurso de agua en sí mismo*. Nueva Industria. Producción Más Limpia y Competitividad, 9.
- SÁNCHEZ, L.D. SÁNCHEZ, A. (2004). *Uso Eficiente Del Agua*. IRC International Water and Sanitation Centre CINARA Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico.
- SANCHO, J. et al. (2000). "Comunidad Foral de Navarra" en *La España de las Autonomías*. Síntesis. Madrid. pp. 585-599.
- SANTOS, M. (2000). *La naturaleza del espacio. Técnica y tiempo. Razón y emoción.*, Barcelona., Edt. Ariel.
- SAVENIJE, H. H. G. (2000). Water scarcity indicators: the deception of the numbers. *Physics and Chemistry of the Earth (B)* 25, 199-204.
- SCANLON, B.R., JOLLY, I., SOPHOCLEOUS, M., ZHANG, L. (2007). Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: quantity versus quality. *Water Resources Research*, 43: W03437.
- SELBORNE, J. (2001): «The Ethics of Freshwater Use: A Survey», *Commission on the Ethics of Science and Technology*, (COMEST), UNESCO, Paris, 62 pp.
- SERE, C. STEINFELD, H. (1996). *World livestock production system*. FAO Animal Production And Health Paper Nº127. Rome, Italy.
- SERRANO, J.Mª. et al. (2000). "Región de Murcia" en *La España de las Autonomías*. Síntesis. Madrid. pp. 557-581.

- SHAH, T. (2005): «Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment», *Water Science and Technology*, vol. 8, pp. 27-37.
- SHAMIR, U. (2000). Sustainable Management of Water Resources. Transition towards Sustainability, Intercademy Panel Tokyo Conference. May 2000: 62-66.
- SHIKLOMANOV, I.A. (2000). Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, 25(1):11-32.
- SHUCKSMITH, M. (2000). Endogenous Development, Social Capital and Social Inclusion: Perspectives from LEADER in the UK. *Sociologia Ruralis*. Vol. 40, No 2. pp.208-218.
- SIEBERT, S., DÖLL, P. (2010). Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*, 384: 198-217.
- SIKDER, I.U. (2009). Knowledge-based spatial decision support systems: An assessment of environmental adaptability of crops. *Expert Systems with applications*. Vol. 36. pp.5341-5347.
- SIEBERT, S., DÖLL, P., FEICK, S., HOOGEVEEN, J. AND FRENKEN, K. (2007) Global Map of Irrigation Areas version 4.0.1. Johann Wolfgang Goethe University, Frankfurt am Main, Germany / Food and Agriculture Organization, Rome, Italy, [www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm](http://www.fao.org/nr/water/aquastat/irrigationmap/index10.stm).
- SMAKHTIN, V., REVENGA, C., AND DÖLL, P. (2004a) Taking into account environmental water requirements in global-scale water resources assessments Comprehensive Assessment Research Report 2, IWMI,
- SMAKHTIN, V., REVENGA, C. AND DÖLL, P. (2004b). A pilot global assessment of environmental water requirements and scarcity, *Water International* 29(3): 307-317.
- SMITH, M. (1992) CROPWAT – A computer program for irrigation planning and management, Irrigation and Drainage Paper 46, FAO, Rome, Italy.
- SMITH, R.A., ALEXANDER, R., SCHWARZ, G.E. (2003) Natural background concentrations of nutrients in streams and rivers of the conterminous United States, *Environmental Science and Technology* 37(14): 3039-3047.
- SONNENBERG, A., CHAPAGAIN, A., GEIGER, M. AND AUGUST, D. (2009). Der Wasser-Fußabdruck Deutschlands: Woher stammt das Wasser, das in unseren Lebensmitteln steckt? WWF Deutschland, Frankfurt.
- SOTELO, J.A. (2000). *Desarrollo y Medio Ambiente en España*, Madrid, INFODAL, 285 págs.
- SOTELO, J.A. (2000), *Regional Development Models*, Oxford University Press, 195 pp.
- SOTELO, J.A. (2001). *Environmental Europe*, Londres, Oxford University Press.
- SOTELO, J.A. (2001). *Estudiar la Región*, Madrid., INFODAL., 290 págs.
- SOTELO, J.A. (2002). *Medio Ambiente, Desarrollo y Libertad en Europa*, Madrid, Oxford University Press., 495 págs.
- SOTELO, J.A (2006). "Instrumentos para el estudio del Medio Ambiente: métodos para la valoración del coste ambiental", *Estudios Geográficos*, LXII., 260; enero-julio; pp. 201-228.
- SOTELO, J.A. (2007). *Medio Ambiente, Desarrollo y Sostenibilidad: Modelos y Políticas de actuación contradictorias: entre lo global y lo local*, Oxford University Press.
- SOTELO, J.A. (2007). Intersecciones entre los modelos territoriales y los modelos de desarrollo, en el ámbito del Medio Ambiente. *Observatorio medioambiental*, Nº 10, pp. 79-119
- SOTELO, J.A. (2008). Medio ambiente y desarrollo local, algo más que dos estereotipos. *Observatorio medioambiental*, Nº 11, pp. 77-105
- SOTELO, J.A. (2008). Riesgos naturales y tecnológicos en España, hoy. *Observatorio medioambiental*, Nº 11, pp. 9-12
- SOTELO, J.A. (2009). "Las lógicas ilógicas del agua". *Tribuna Complutense*. pp.4.
- SUCHÁČEK J. MALINOVSKÝ J. (2007). Regional Development in Transitional Economies after 1989: Reformation or Deformation?. Ponencia presentada en 47th Congress of the European Regional Science Association. August 29th – September 2nd, 2007. Paris, France.

- STOKER, G. (1998). Governance as Theory: Five Propositions. *International Social Science Journal*, Vol. 50, No. 1. pp.17-28.
- TOCHTERMANN, K. MAURER, H. (2000). Knowledge Management and Environmental Informatics. *Journal of Universal Computer Science*. Vol. 6, No. 5. pp.517-536.
- TOLÓN, A., LASTRA, X.B. (2009). Planificación en los espacios rurales españoles: aplicación del modelo neo-endógeno para un desarrollo sostenible en las comarcas de metodología LEADER. Nº 12. pp.49-75.
- TSAMBOULAS, D.A., MIKROUDIS, G.K. (2006). TRANS-POL: A mediator between transportation models and decision makers' policies. *Decision Support Systems*, 42(2): 879-897.
- UE (1999), "Vademécum Fondo de Cohesión (2000-2006)". Bruselas, Bélgica.
- UE (2000a): "Comunicación de la Comisión Europea al Consejo, al Parlamento Europeo y al Comité Económico y Social, Política de tarificación y uso sostenible de los recursos hídricos, [COM (2000) 477 final]". Bruselas, Bélgica. 26/07/2000.
- UE (2000b): "Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo de 23 de octubre de 2000 por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas". Bruselas, Bélgica.
- UE (2002): "WATECO Working Group: The Implementation Challenge of the Water Framework Directive. A Guidance Document". Bruselas, Bélgica.
- UE (2004): "Information Sheet on Assessment of the Recovery of Costs for Water Services for the 2004 River Basin Characterisation Report (Version 7, 21st January 2004)". Bruselas, Bélgica.
- UNEP (2009). GEMSTAT, Global water quality data and statistics, Global Environment Monitoring System, UNEP, Nairobi, [www.gemstat.org](http://www.gemstat.org).
- UNESCO. (2009). Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). London, United Kingdom.
- UNIÓN EUROPEA. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- USDA (1994) The major world crop areas and climatic profiles, Agricultural Handbook No. 664, World Agricultural Outlook Board, United States Department of Agriculture, [www.usda.gov/oce/weather/pubs/Other/MWCACP/MajorWorldCropAreas.pdf](http://www.usda.gov/oce/weather/pubs/Other/MWCACP/MajorWorldCropAreas.pdf)
- VALERO, A., UCHE, J. y SERRA, L. (2001) La desalación como alternativa al Plan Hidrológico Nacional. Gobierno de Aragón, CIRCE y Universidad de Zaragoza, Zaragoza, 108 p.
- VAN DER LEEDEN, F., TROISE, F.L. AND TODD, D.K. (1990) The water encyclopedia, Second edition, CRC Press, Boca Raton, Florida, USA.
- VAN DER PERK, J., DE GROOT, R. (2000). An inventory of methods to capital in the Netherlands. University of Wageningen: Wageningen.
- VAN DYKE, P PETTIT, P. (1990). Pennsylvania Comprehensive Drinking Water Facilities Plan: Innovative Policy For Over. 2400 Community Water Systems. En: Proceedings of the Conserv 90, Phoenix, Arizona, U.S.A.
- VAN OEL, P.R., MEKONNEN M.M. AND HOEKSTRA, A.Y. (2009) The external water footprint of the Netherlands: Geographically-explicit quantification and impact assessment, *Ecological Economics* 69(1): 82-92.
- VELÁSQUEZ, E. (2009). Agua virtual, "Huella Hídrica" y el binomio agua-energía: repensando los conceptos. *Boletín Especial ECODES: Agua: Hitos y Retos 2009*. Marzo de 2009.
- VERA REBOLLO, J. F. (2002): "Transferencia de recursos y demandas turísticas" En *Insuficiencias Hídricas y Plan Hidrológico Nacional* (Gil Olcina, A. y Morales Gil A. eds.), CAM e Instituto Universitario de Geografía, Universidad de Alicante. Alicante, pp. 179-200.

- VERA REBOLLO, J.F., OLCINA CANTOS, J., DÍEZ SANTO, D. (2009) "Repercusiones del Trasvase Tajo-Segura en el sector turístico de la Región de Murcia", en Melgarejo Moreno, J. (dir.) El Trasvase Tajo-Segura: Repercusiones económicas, sociales y ambientales en la cuenca del Segura. CAM. Alicante, pp. 465-516.
- VERKERK, M.P. HOEKSTRA, A.Y. GERBENS-LEENES, P.W. (2008). Global water governance: conceptual design of global institutional arrangements. Value of water research report series N° 26. Delft, the Netherlands.
- VERMA, S., KAMPMAN, D.A., VAN DER ZAAG, P. AND HOEKSTRA, A.Y. (2009) Going against the flow: A critical analysis of inter-state virtual water trade in the context of India's National River Linking Programme, *Physics and Chemistry of the Earth* 34: 261-269.
- W.A.A. (2009) Desalación de aguas. Aspectos tecnológicos, medioambientales, jurídicos y económicos. Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua, Murcia, 645 p.
- WACKERNAGEL, M. (1994). Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability. PhD thesis. School of Community and Regional Planning. University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- WACKERNAGEL, M. AND REES, W. (1996). Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth. Gabriola Island, BC: New Society Publishers. ISSN-11921285.
- WACKERNAGEL, M., ONISTO, L., LINARES, A.C., FALFAN, I.S.L., GARCIA, J.M., GUERRERO, I.S. AND GUERRERO, M.G.S. (1997). Ecological footprints of nations: How much nature do they use? - How much nature do they have? Centre for Sustainability Studies, Universidad Anahuac de Xalapa.
- WARD, N. ATTERTON, J. KIM, T. LOWE, P. PHILLIPSON, J. THOMPSON, N. (2005). Universities, the Knowledge Economy and "Neo-Endogenous Rural Development". Centre for Rural Economy Discussion. Paper Series No. 1.
- WATER FOOTPRINT NETWORK. (2010). Water Footprint – Glossary. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>
- WICHELNS, D. (2004) The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages, *Agricultural Water Management* 66(1): 49-63.
- WIEDMANN, T.O., LENZEN, M., BARRETT, J.R. (2009) Companies on the scale comparing and benchmarking the sustainability performance of businesses, *Journal of Industrial Ecology* 13(3): 361-383.
- WILCHEMS, D. (2004): «The policy relevance of virtual water can be enhanced by considering comparative advantages» *Agricultural Water Management*, Vol. 66, pp. 49-63, Elsevier.
- WILLIAMS, J.R., JONES, C.A., KINIRY, J.R., SPANEL, D.A. (1989) The EPIC crop growth-model, *Transactions of the ASAE* 32(2): 497-511.
- WILLIAMS, J.R. (1995) The EPIC model, In: Singh, V.P. (ed.) *Computer models of watershed hydrology*, Water Resources Publisher, Colorado, USA, pp. 909-1000.
- WITLOX, F. (2005). Expert systems in land-use planning: An overview. *Expert Systems with applications*. Vol. 29, No. 2. pp.437-445.
- WORLD BANK (2008). The evolution and impact of EU regional and rural policy. Paper commissioned by the ECA Social Development Unit and prepared by FAO Investment Centre.
- WORLD COMMISSION ON ENVIRONMENT AND DEVELOPMENT (1987). Our Common Future. United Nations World Commission on Environment and Development Oxford: Oxford University Press.
- WORLD WATER COUNCIL (2004): E-Conference synthesis. Water Virtual Trade-Conscious Choices, March 2004, 24 pages ([www.worldwatercouncil.org/virtual\\_water/documents/virtual\\_water\\_final\\_synthesis.pdf](http://www.worldwatercouncil.org/virtual_water/documents/virtual_water_final_synthesis.pdf))
- WRI and WBCSD (2004) The greenhouse gas protocol: A corporate accounting and reporting standard, Revised edition, World Resources Institute, Washington, DC and World Business Council for Sustainable Development, Conches-Geneva, [www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf](http://www.ghgprotocol.org/files/ghg-protocol-revised.pdf).
- WWAP (2009) The United Nations World Water Development Report 3: Water in a changing world, World Water Assessment Programme, UNESCO Publishing, Paris / Earthscan, London.

- WWF. (2002). Living Planet Report 2002. Cambridge: WWF.
- WWF (2008) Living planet report 2008, WWF International, Gland, Switzerland.
- YANG, H. AND ZEHNDER, A. J. B. (2002). Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries. *World Development* 30, 1413–1430.
- YANG, H., WANG, L., ABBASPOUR1, K. C. AND ZEHNDER, A. J. B. (2006). Virtual water trade: an assessment of water use efficiency in the international food trade. *Hydrology and Earth System Sciences* 10, 443-454.
- YANG, H., ZHOU, Y., LIU, J.G. (2009) Land and water requirements of biofuel and implications for food supply and the environment in China, *Energy Policy* 37(5): 1876-1885.
- ZARZO, D. BUENDÍA, R. y. GARCÍA, C. (2006) “Desalinización de aguas residuales urbanas por ósmosis inversa con pretratamiento convencional” VI Congreso Nacional de AEDyR (Spanish Desalination and Reuse Association). 8-10 November, Palma de Mallorca.
- ZARCO, D., GARCÍA SOTO, C.G. and BUENDIA CANDEL, R. (2009) “Experiences on Desalination of Different Brackish Water” IDA World Congress, Dubai, ref: IDAWC/DB09-135, 14 pp.
- ZHAO, X., CHEN, B., YANG, Z.F. (2009) National water footprint in an input-output framework - A case study of China 2002, *Ecological Modelling* 220(2): 245-253.
- ZIMMER, D. AND RENAULT, D. (2003): «Virtual Water in food production and global trade: Review of Methodological issues and preliminary results», Proceedings of the International Expert meeting on Virtual Water Trade, Value of Water-Research Rapport Series, no. 12, IHE-Delft. The Netherlands pp. 93-109.
- ZHU, X., HEALEY, R.G., ASPINALL, R.J. (2004). Knowledge-Based System approach to design of spatial decision support systems for environmental management. *Environmental Mangement*. Vol. 22, No. 1. pp. 35-48.

## 11. REFERENCIAS

- Aldaya, M.M. 2007. How strategically important is green water in international crop trade. Dissertation for MSc in Environmental Policy and Regulation. London School of Economics.
- Aldaya, M.M., Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C., Novo, P., Rodríguez Casado, R. 2010. Water footprint and virtual water trade in Spain. En: A. Garrido y M.R. Llamas (eds.). Water policy in Spain. CRC Press. Leiden, The Netherlands, pp. 49-59.
- Aldaya, M.M., Llamas, M.R., 2008. Water footprint analysis for the Guadiana river basin. Papeles de agua virtual, nº 3. Fundación Marcelino Botín.
- Aldaya, M.M., Llamas, M.R., Garrido, A., Varela-Ortega, C. 2008. Importancia del conocimiento de la huella hidrológica para la política española del agua. Encuentros multidisciplinares, 10(29): 8-20.
- Allan, J.A., 1993. Fortunately there are substitutes for water otherwise our hydro-political futures would be impossible. En: Natural Resources Institute (ed). Priorities for water resources allocation and management. Overseas Development Administration. London. pp. 13-26.
- Allan, J.A., 1994. Overall perspectives on countries and regions. En: Rogers, P. and Lydon, P. (eds.). Water in the Arab World: perspectives and prognoses. Harvard University Press. Cambridge, Massachusetts. pp. 65-100.
- Allan, J.A. 1998a. Watersheds and problemsheds: explaining the absence of armed conflict over water in the Middle East. MERIA – Middle East Review of International Affairs, 2(1): 1-3.
- Allan, J.A. 1998b. Virtual water: a strategic resource global solutions to regional deficits. Ground Water, 36(4): 545-546.
- Allan, J.A. 2003. Virtual water eliminates water wars? A case study from the Middle East. En: A.Y. Hoekstra (ed.), Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Water Research Series, No.12. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Antón, M.A., Montero, J.I., Muñoz, P. 2005. LCA and tomato production in Mediterranean greenhouses. International Journal of Agricultural Resources Governance and Ecology 4 (2): 102-112.
- Banco Mundial. 2010. GNI per capita, Atlas method (current US\$). Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://data.worldbank.org/indicator/NY.GNP.PCAP.CD/countries/latest?display=default>
- Boletín Oficial del Estado: 2008; Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la instrucción de planificación hidrológica.
- Bolt, K., Matete, M., Clem, M. 2002. Manual for Calculating Adjusted Net Savings. Environment Department, World Bank
- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual water flows between nations in relation to trade in livestock and livestock products. En: Value of Water Research Report Series No. 13. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.

- Chapagain, A.K., Hoekstra, A.Y. 2004. Water footprints of nations. Value of Water Research. Report Series No. 16. UNESCO-IHE. Delft, the Netherlands.
- Chapagain, A.K., Orr, S. 2009. An improved water footprint methodology linking global consumption to local water resources: A case of Spanish tomatoes, *Journal of Environmental Management*, 90: 1219-1228.
- Comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture. 2007. *Water for Food, Water for Life: A comprehensive Assessment of Water Management in Agriculture.*: Earthscan, International Water Management Institute. London.
- Arreguín-Cortés, F.I. 1991. Uso eficiente del agua. *Ingeniería hidráulica en México*, 6(2): 9-22.
- Ellis, E.C., Ramankutty, N. 2008. Putting people in the map: anthropogenic biomes of the world. *Frontiers in Ecology and the Environment*, 6: 439-447.
- Falkenmark, M., Rockström, J. 2004. *Balancing water for humans and nature: The new approach in ecohydrology.* Earthscan, London, UK.
- FAO. 2000. Livestock productions system classification. FAO, Rome, Italy. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://www.fao.org/ag/againfo/programmes/en/lead/toolbox/Refer/ProSystR.htm>
- [http://dad.fao.org/cgi-dad/\\$cgi\\_dad.dll/databases](http://dad.fao.org/cgi-dad/$cgi_dad.dll/databases), 11 Oct. 2002.
- FAO - AQUASTAT. 2003. Food and Agriculture Organization of the United Nations, Rome, Italy.
- Fishelson, G. (ed). 1989. *Economic Cooperation in the Middle East - Westview Special Studies on the Middle East.* Boulder, CO: Westview Press.
- Freydank, K., Siebert, S. 2008. Towards mapping the extent of irrigation in the last century: Time series of irrigated area per country. Frankfurt Hydrology Paper 08. Institute of Physical Geography, University of Frankfurt, Frankfurt am Main, Germany.
- Garrido, A. Llamas, M. (eds). 2009. *Water Policy in Spain.* CRC PRESS, 246p.
- Gleick, P.H. (ed). 1993. *Water in crisis: A guide to the world's fresh water resources.* Oxford University Press, Oxford, UK.
- Global Water Partnership - GWP. 2000. Manejo integrado de recursos hídricos. TAC Background Papers 4.
- Gordon, L. D. 1990. Water Conservation for Oahu. In: *Proceedings of the Conserv 90*, Phoenix, Arizona, U.S.A.
- Hamilton, K., Atkinson, G., Pearce, D. 1997. Genuine saving as an indicator of sustainability. CSERGE Working Paper GEC 97-03.
- Hanasaki, N., Inuzuka, T., Kanae, S., Oki, T., 2010. An estimation of global virtual water flow and sources of water withdrawal for major crops and livestock product using a global hydrological model. *Journal of Hydrology*, 384: 232-244.
- HISPAGUA – Sistema Español de Información sobre el Agua. 2006. “Huella Hídrica” de las Naciones. Consultado en junio de 2010. Disponible en: [http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/especial\\_huella\\_hidrica/introduccion.htm](http://hispagua.cedex.es/documentacion/especiales/especial_huella_hidrica/introduccion.htm)
- HISPAGUA – Sistema Español de Información sobre el Agua. 2010. Confederaciones Hidrográficas. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://hispagua.cedex.es/instituciones/distribucion/confederaciones.php?localizacion=Confederaciones%20Hidrogr%E1ficas>
- Hoekstra, A.Y. 2003. Virtual Water. An Introduction. *Virtual Water Trade. Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade.* Values of Water Research Report Series nº 12. IHE, Delft, Holanda.
- Hoekstra, A.Y. 2006. The global dimension of water governance: Nine reasons for global arrangements in order to cope with local water problems. *Value of Water Research Report Series N° 20.* Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K. 2008. *Globalization of water: Sharing the planet's freshwater resources.* Blackwell Publishing, Oxford, UK.
- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K., Aldaya, M.M. and Mekonnen, M.M. 2009. *Water footprint manual: State of the art 2009*, Water Footprint Network, Enschede, the Netherlands.

- Hoekstra, A.Y., Chapagain, A.K. 2007. Water footprints of nations: Water use by people as a function of their consumption pattern. *Water Resour Manage*, 21:35-48.
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., 2002. Virtual water trade: a quantification of virtual water flows between nations in relation to international crop trade. In: *Value of Water Research Report Series No. 11*. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Hoekstra, A.Y., Hung, P.Q., 2005. Globalisation of water resources: international virtual water flows in relation to crop trade. *Global Environmental Change*, 15: 45-56.
- Hoff, H. 2009. Global water resources and their management. *Current Opinion in Environmental Sustainability*, 1(2): 141-147.
- Huetting, R. Reijnders, L. 2004. Broad sustainability contra sustainability: the proper construction of sustainability indicators. *Ecological Economics*, 50: 249-260.
- Hughes, D. 2009. State of the resource. En UNESCO, *Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3*. London, United Kingdom
- IUCN, PNUMA, WWF. 1980. Estrategia Mundial para la Conservación, La conservación de los recursos vivos para el logro de un desarrollo sostenido. UICN, Gland, Suiza.
- Klein Goldewijk, K., Ramankutty, N. 2004. Land cover change over the last three centuries due to human activities: the availability of new global data sets. *Geographical Journal*, 61: 335-344.
- Ley 10/2001, de 5 de julio, Plan Hidrológico Nacional.
- Ley 11/2005, de 22 de junio, por la que se modifica la ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional.
- Llamas, M.R., 2005. Los colores del agua, el agua virtual y los conflictos hídricos. Discurso inaugural del año 2005-2006. (Water colours, virtual water and water conflict. Opening address of the 2005-06 Course). *Revista de la Real Academia de las Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. Madrid. Vol. 99 Nº. 2, pp 369-389.
- Llamas, M.R., Aldaya, M.M., Garrido, A., López-Gunn, E. 2008. Soluciones para la escasez del agua en España y su aplicación a otras regiones. *Revista de la Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales (España)*, 102(2): 1-14.
- Llamas, M.R., Martínez-Santos, P. 2005. Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential source of Conflicts. *Journal on Water Resources Planning and Management*, 131(5): 337-341.
- L'vovich, M., White, G.F. 1990. Use and transformation of terrestrial water systems. En: B.L. Turner, W.C. Clark, R.W. Kates, J.F. Richards, J.T. Mathews, W.B. Meyer (Eds), *The Earth as Transformed by Human Action*. Cambridge University Press, Cambridge, US.
- Madrid, C. 2007. Hidratar el Metabolismo Socioeconómico: Los Flujos de Agua Virtual y el Metabolismo Hídrico. Una aproximación al sector hortofrutícola Andaluz. Universidad Autónoma de Barcelona.
- Margat, J. 2008. Preparatory Documents to the 5th World Water Forum 2009, 16-22 March, Istanbul. Internal Documents for Blue Plan/MAP/UNEP.
- Ministerio de la Presidencia. 2007. Estrategia Española de Desarrollo Sostenible 2007. Imprenta Nacional del Boletín Oficial del Estado. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente - MMA. 2000. Libro Blanco del Agua. Centro de Publicaciones, Secretaría general Técnica, Ministerio de Medio Ambiente.
- Ministerio de Medio Ambiente. 2001. Evaluación Ambiental Estratégica del Plan Hidrológico Nacional. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 1999. Anuario de Estadística 2008. Secretaría General Técnica.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2001. Anuario de Estadística. Secretaría General Técnica del Ministerio.
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2002. Anuario de Estadística. Secretaría General Técnica del Ministerio.

- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008a. Plan Hidrológico Nacional. Consultado en junio de 2010. Disponible en: [http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas\\_continent\\_zonas\\_asoc/planificacion\\_hidrologica/Plan\\_hidrologico\\_Nacional.htm](http://www.mma.es/portal/secciones/acm/aguas_continent_zonas_asoc/planificacion_hidrologica/Plan_hidrologico_Nacional.htm)
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008b. Libro digital del Agua. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://servicios3.mma.es/siagua/visualizacion/lda/index.jsp>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2008c. Sistema Integrado de Información del Agua. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://servicios3.mma.es/siagua/visualizacion/descargas/documentos.jsp>
- Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 2009. Anuario de Estadística 2008. Secretaría General.
- Novo, P., Garrido, A., Llamas, M.R., Varela-Ortega, C. 2008. Are virtual water “flows” in Spanish grain trade consistent with relative water scarcity?. Papeles de agua virtual, nº 1. Fundación Marcelino Botín.
- Pearce, D.W., Atkinson, G. 1993. Capital theory and the measurement of sustainable development: an indicator of weak sustainability. *Ecological Economics*, 8: 103–108.
- Pearce, D., Atkinson, G. 1998. The concept of sustainable development: An evaluation of its usefulness ten years after Brundtland. Centre for Social and Economic Research on the Global Environment, University College London and University of East Anglia. Working Paper PA: 98-02.
- Pearce, D.W., Barbier, E.B., Markandya, A. 1990. Sustainable Development. Earthscan. London.
- Pérez-Rincón, M.A. 2003. De lo global a lo local. Liberalización comercial y uso del agua en la agricultura colombiana: Balance para el periodo 1961-2004. AGUA 2005, Conferencia Internacional: De la Acción Local a las Metas Globales. Cali, Colombia
- Pérez-Rincón, M.A. 2006a. Comercio exterior y flujos hídricos en la agricultura colombiana: análisis para el periodo 1961-2004. *Revista Iberoamericana de Economía Ecológica*, 4: 3-16.
- Pérez-Rincón, M.A. 2006b. De lo global a lo local: impacto de las políticas internacionales de apertura comercial en el uso del recurso hídrico en la cuenca del río Bolo, valle del Cauca, Colombia. X Jornadas de Economía Crítica. 23 a 25 de marzo de 2006, Barcelona, España.
- Real Decreto 125/2007, de 2 de febrero, por el que se fija el ámbito territorial de las demarcaciones hidrográficas.
- Real Decreto 266/2008, de 22 de febrero, por el que se modifica la Confederación Hidrográfica del Norte y se divide en la Confederación Hidrográfica del Miño-Sil y en la Confederación Hidrográfica del Cantábrico.
- Rees, W.E. 1992. Ecological footprints and appropriated carrying capacity: what urban economics leaves out. *Environment and Urbanisation*, 4(2): 121-130
- RIVM - National Institute for Public Health and the Environment. 2002. Nature Outlook 2, Bilthoven, The Netherlands.
- Rodríguez-Vivanco, J. 2004. Reutilizar el agua: Ecología de la Vida Cotidiana. *Ambienta*, 31: 40-42.
- Rodríguez-Casado, R., Garrido-Colmenero, A., Llamas-Madurga, M., Varela-Ortega, C., 2008. La huella hidrológica de la agricultura española. Papeles de Agua Virtual. Fundación Marcelino Botín.
- Rodríguez-Casado, R., Novo, P., Garrido, A., 2009. La “Huella Hídrica” de la ganadería española. Papeles de Agua Virtual 4 Fundación Marcelino Botín.
- Rost, S., Gerten, D., Bondeau, A., Lucht, W., Rohwer, J., Schaphoff, S. 2008. Agricultural green and blue water consumption and its influence on the global water system. *Water Resources Research*, 44: W09405.
- Roth, E., Rosenthal, H. Burbridge, P. 2001. A discussion of the use of the sustainability index: “ecological footprint” for aquaculture production. *Aquatic Living Resources*, 13(6): 461-469.
- Sánchez, L.D. Peña, M. Sánchez, A. 2003. Uso Eficiente del Agua: un recurso de agua en sí mismo. Nueva Industria. Producción Más Limpia y Competitividad, 9.

- Sánchez, L.D. Sánchez, A. 2004. Uso Eficiente Del Agua. IRC International Water and Sanitation Centre CINARA Instituto de Investigación y Desarrollo en Agua Potable, Saneamiento Básico y Conservación del Recurso Hídrico.
- Scanlon, B.R., Jolly, I., Sophocleous, M., Zhang, L. 2007. Global impacts of conversions from natural to agricultural ecosystems on water resources: quantity versus quality. *Water Resources Research*, 43: W03437.
- Sere, C. Steinfeld, H. 1996. World livestock production system. FAO Animal Production And Health Paper N°127. Rome, Italy.
- Shah, T. 2005. Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment», *Water Science and Technology*, 8: 27-37.
- Shamir, U. 2000. Sustainable Management of Water Resources. Transition towards Sustainability, Intercademy Panel Tokyo Conference. May 2000: 62-66.
- Shiklomanov, I.A. 2000. Appraisal and assessment of world water resources. *Water International*, 25(1):11–32.
- Siebert, S., Döll, P. 2010. Quantifying blue and green virtual water contents in global crop production as well as potential production losses without irrigation. *Journal of Hydrology*, 384: 198–217.
- UNESCO. 2009. Water in a Changing World. The United Nations World Water Development Report 3. The United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). London, United Kingdom.
- Unión Europea. Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas.
- Van der Perk, J., De Groot, R. 2000. An inventory of methods to capital in the Netherlands. University of Wagenigen: Wagenigen.
- Van Dyke, P Pettit, P. 1990. Pennsylvania Comprehensive Drinking Water Facilities Plan: Innovative Policy For Over. 2400 Community Water Systems. En: Proceedings of the Conserv 90, Phoenix, Arizona, U.S.A.
- Velásquez, E. 2009. Agua virtual, “Huella Hídrica” y el binomio agua-energía: repensando los conceptos. Boletín Especial ECODES: Agua: Hitos y Retos 2009. Marzo de 2009.
- Verkerk, M.P. Hoekstra, A.Y. Gerbens-Leenes, P.W. 2008. Global water governance: conceptual design of global institutional arrangements. Value of water research report series N° 26. Delft, the Netherlands.
- Wackernagel, M. 1994. Ecological Footprint and Appropriated Carrying Capacity: A Tool for Planning Toward Sustainability. PhD thesis. School of Community and Regional Planning. University of British Columbia. Vancouver, Canada.
- Wackernagel, M., Onisto, L., Linares, A.C., Falfan, I.S.L., Garcia, J.M., Guerrero, I.S. Guerrero, M.G.S. 1997. Ecological footprints of nations: How much nature do they use?, How much nature do they have?. Centre for Sustainability Studies - Universidad Anahuac de Xalapa, International Council for Local Environmental Initiatives (ICLEI). .
- Wackernagel, M., Rees, W. 1996. Our Ecological Footprint: Reducing human impact on the earth. New Society Publishers. Gabriola Island, BC.
- Water Footprint Network. 2010. Water Footprint – Glossary. Consultado en junio de 2010. Disponible en: <http://www.waterfootprint.org/?page=files/home>
- World Commission on Environment and Development (WCED). 1987. Our Common Future. United Nations World Commission on Environment and Development Oxford: Oxford University Press.
- WWF. 2002b. Living Planet Report 2002. Cambridge: WWF.
- Yang, H., Zehnder, A.J.B. 2002. Water Scarcity and Food Import: A Case Study for Southern Mediterranean Countries. *World Development*, 30: 1413-1430.
- Zimmer, D., Renault, D. 2003. Virtual water in food production and global trade: review of methodological issues and preliminary results. In: Hoekstra, A.Y. (Ed.), Virtual Water Trade: Proceedings of the International Expert Meeting on Virtual Water Trade. Value of Water Research Report Series No. 12. UNESCO-IHE, Delft, the Netherlands.
- Boletín CF+S 27. Septiembre 2004.



## 12. ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> Diagrama ombrotérmico de Gausson para España. Periodo 1940-2008 .....	21
<b>Figura 2.</b> Demarcaciones hidrográficas por Comunidades Autónomas .....	23
<b>Figura 3.</b> Reservas / Masas de agua subterráneas y su sobreexplotación .....	27
<b>Figura 4.</b> Impactos globales del modelo contenido-propuesto en el PHN .....	34
<b>Figura 5.</b> Comparación de la EAE y la EIA .....	37
<b>Figura 6.</b> Modelo Presión – Estado - Respuesta.....	41
<b>Figura 7.</b> Modelo Fuerza Motriz – Presión – Estado – Impacto - Respuesta.....	42
<b>Figura 8.</b> Enfoque transversal de los Sistemas de tercera generación.....	43
<b>Figura 9.</b> Estructura del Sistema de Indicadores de la Unión Europea .....	44
<b>Figura 10.</b> Evolución de los Sistemas de Indicadores de Sostenibilidad.....	46
<b>Figura 11.</b> Ciclo de desarrollo y aplicación de un Sistema de Indicadores .....	47
<b>Figura 12.</b> Ciclo iterativo de la construcción de un Sistema de Indicadores .....	51
<b>Figura 13.</b> Flujo del agua virtual en un Sistema Hídrico territorial .....	65
<b>Figura 14.</b> Esquema del proceso de cálculo de la “Huella Hídrica”, considerando como elemento básico la “Huella Hídrica” de un proceso .....	69
<b>Figura 15.</b> “Huella Hídrica” directa e indirecta en cada etapa de la cadena de suministro de un producto animal .....	70
<b>Figura 16.</b> Esquema de la relación entre la “Huella Hídrica” de un país y la “Huella Hídrica” dentro de un país .....	74
<b>Figura 17.</b> Esquema del cálculo de la “Huella Hídrica” de la agricultura.....	77
<b>Figura 18.</b> Flujo hídrico de Andalucía.....	94
<b>Figura 19.</b> Consumo de agua en la agricultura .....	104
<b>Figura 20.</b> Consumo de agua en España por tipo de consumo (%).....	104
<b>Figura 21.</b> Consumo de agua en España por Comunidades Autónomas (%) .....	106
<b>Figura 22.</b> Evolución del consumo de agua en la agricultura por provincias. Índice 2000 = 100.....	108
<b>Figura 23.</b> Consumo de agua procedente de la agricultura por provincias.....	109
<b>Figura 24.</b> Agua virtual procedente de la ganadería, por CC.AA. (%).....	110
<b>Figura 25.</b> Agua virtual procedente de la ganadería, por provincias (%) .....	111
<b>Figura 26.</b> Consumo de agua por tipo de ganado (%).....	113

<b>Figura 27.</b> Consumo de agua por tipo de ganado (hm <sup>3</sup> ) .....	114
<b>Figura 28.</b> Volumen total de agua controlada y distribuida por sectores (%) .....	116
<b>Figura 29.</b> España, "Huella Hídrica" por Autonomías (2007) .....	127
<b>Figura 30.</b> La "Huella Hídrica" por Comunidades Autónomas (2007).....	128
<b>Figura 31.</b> España, "Huella Hídrica" por provincias (2007) .....	129
<b>Figura 32.</b> La "Huella Hídrica" por provincias (2007) .....	130
<b>Figura 33.</b> Distribución del agua de la red pública de abastecimiento según sectores .....	131
<b>Figura 34.</b> Distribución de agua por sistemas de riego.....	132
<b>Figura 35.</b> España, "Huella Hídrica" por Municipios (2007).....	134
<b>Figura 36.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Andalucía. (2007).....	135
<b>Figura 37.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Aragón. (2007) .....	137
<b>Figura 38.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Asturias. (2007) .....	138
<b>Figura 39.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Islas Baleares. (2007).....	139
<b>Figura 40.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Islas Canarias. (2007) .....	140
<b>Figura 41.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Cantabria. (2007) .....	142
<b>Figura 42.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Castilla - La Mancha. (2007) .....	143
<b>Figura 43.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Castilla y León. (2007).....	144
<b>Figura 44.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Cataluña. (2007).....	146
<b>Figura 45.</b> Huella Hídrica" por Municipios; Comunidad Valenciana. (2007) .....	147
<b>Figura 46.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Extremadura. (2007) .....	149
<b>Figura 47.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Galicia (2007).....	151
<b>Figura 48.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; La Rioja. (2007).....	153
<b>Figura 49.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Comunidad de Madrid. (2007) .....	154
<b>Figura 50.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Murcia. (2007).....	156
<b>Figura 51.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; Navarra. (2007) .....	158
<b>Figura 52.</b> "Huella Hídrica" por Municipios; País Vasco. (2007) .....	160
<b>Figura 53.</b> Capacidad de producción de agua desalada en España y producción real .....	171
<b>Figura 54.</b> Capacidad de desalación en España a escala municipal.....	174

## 13. ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Sectores hídricos de España .....	22
<b>Tabla 2.</b> Demarcaciones hidrográficas terrestres de España .....	24
<b>Tabla 3.</b> Precipitación, temperatura y evapotranspiración de las demarcaciones hidrográficas de España...	25
<b>Tabla 4.</b> Aportación específica anual y recursos hídricos totales en régimen natural .....	26
<b>Tabla 5.</b> Aportación específica anual y recursos hídricos totales en régimen natural. (Demarcación hidrográfica).....	27
<b>Tabla 6.</b> Actuaciones puestas en marcha por el programa A.G.U.A. en el litoral mediterráneo, mediante el RDL 2/2004.....	30
<b>Tabla 7.</b> Actuaciones del PHN 2000-2008 .....	35
<b>Tabla 8.</b> Planes Hidrológicos en vigor.....	36
<b>Tabla 9.</b> Fases del metamodelo de construcción de un Sistema de Indicadores de Sostenibilidad.....	48
<b>Tabla 10.</b> Contexto del Sistema de Indicadores para Áreas rurales españolas .....	50
<b>Tabla 11.</b> Estructura inicial del Sistema de Indicadores en Áreas temáticas, aplicada para espacios rurales..	53
<b>Tabla 12.</b> Indicadores para la Red Europea de Información y Observación del Medio Ambiente (EIONET) ....	61
<b>Tabla 13.</b> Dimensiones del Medio Ambiente considerados por el Índice de Sostenibilidad Ambiental .....	61
<b>Tabla 14.</b> “Huella Hídrica” total y “per cápita”.....	84
<b>Tabla 15.</b> Demandas de agua en España y significado de los recursos “no convencionales” en 2010 ....	87
<b>Tabla 16.</b> Flujos de agua virtual de España, Italia, E.E.U.U. y la India (periodo 1997-2001) .....	89
<b>Tabla 17.</b> “Huella Hídrica” española .....	90
<b>Tabla 18.</b> Contenido en AV de cultivos de secano y regadío ( $m^3 t^{-1}$ ).....	90
<b>Tabla 19.</b> “Huella Hídrica” por grupos de cultivo. 2001 .....	91
<b>Tabla 20.</b> Contenido de agua virtual (CAV) evaporada y consumo de agua en el cultivo del tomate por CC.AA. ....	92
<b>Tabla 21.</b> Importación de agua virtual relacionada con la importación mundial de tomate fresco español ( $Mm^3 año^{-1}$ ).....	93
<b>Tabla 22.</b> Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del consumo de agua en la agricultura.....	98
<b>Tabla 23.</b> Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del contenido de agua virtual de un animal vivo.....	99
<b>Tabla 24.</b> Parámetro de producción por tipo de ganado y sistema de producción .....	100

<b>Tabla 25.</b> Requerimientos hídricos para bebida y para servicios por tipo de ganado y sistema de producción (litros animal <sup>-1</sup> día <sup>-1</sup> ).....	101
<b>Tabla 26.</b> Contenido de agua virtual de los distintos tipos de ganado y consumo de agua en la bebida, servicios y alimentación (m <sup>3</sup> toneladas de animal vivo <sup>-1</sup> ) .....	101
<b>Tabla 27.</b> Fórmulas matemáticas utilizadas en el cálculo del contenido de agua virtual de un producto primario .....	102
<b>Tabla 28.</b> Agua Virtual contenida en los productos.....	102
<b>Tabla 29.</b> Consumo de agua (UAAgr) en los distintos tipos de cultivos en España (en % del total de agua consumida en la agricultura).....	105
<b>Tabla 30.</b> Consumo de agua en la agricultura por Provincias (%) .....	107
<b>Tabla 31.</b> Consumo de agua “per cápita” y por Comunidad Autónoma (m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup> ) .....	108
<b>Tabla 32.</b> Consumo de agua procedente de la ganadería “per cápita” .....	112
<b>Tabla 33.</b> Volumen de agua suministrada a la red de abastecimiento público .....	115
<b>Tabla 34.</b> Pérdidas de agua en la red de distribución (%).....	117
<b>Tabla 35.</b> Consumo de agua en España, por Comunidades Autónomas y por sectores .....	118
<b>Tabla 36.</b> Consumo de agua “per cápita” de España y de sus Comunidades Autónomas (m <sup>3</sup> hab <sup>-1</sup> ) .....	120
<b>Tabla 37.</b> Volumen de Agua Virtual exportada e importada en los productos agrícolas (hm <sup>3</sup> ).....	121
<b>Tabla 38.</b> Volumen de Agua Virtual exportada e importada de los productos ganaderos (hm <sup>3</sup> ).....	122
<b>Tabla 39.</b> “Huella Hídrica” de España en los años 1996,2000 y 2007.....	123
<b>Tabla 40.</b> Principales características de tres acuerdos institucionales globales .....	165
<b>Tabla 41.</b> Capacidad de producción de agua desalada en España (situación 2010) .....	172
<b>Tabla 42.</b> Actuaciones destacadas de utilización de aguas desaladas para riego en España.....	175
<b>Tabla 43.</b> Coste de la desalación. Agua del mar .....	177
<b>Tabla 44.</b> Costes de la desalación, según origen del agua (€/m <sup>3</sup> ) .....	177
<b>Tabla 45.</b> Actuaciones de desalación incluidas en el programa AGUA (R.D.L.2/2004).....	179
<b>Tabla 46.</b> Capacidad de desalación prevista en 2012 en España. Actuaciones en fase de desarrollo o en proyecto.....	180
<b>Tabla 47.</b> Aspectos favorables y desfavorables de la desalación en España en términos de “Huella Hídrica” .....	180





# FUNDACIÓN **MAPFRE**

[www.fundacionmapfre.com](http://www.fundacionmapfre.com)

Tel. [+34] 91 581 20 08

Fax: [+34] 91 581 84 09

Colabora:

