

# **LOS NUEVOS PARADIGMAS EN LA POLÍTICA DEL AGUA Y EL USO DE LA ENERGÍA<sup>1</sup>**

Manuel Ramón Llamas Madurga

Real Academia de Ciencias

Universidad Complutense, Madrid

[mrllamas@geo.ucm.es](mailto:mrllamas@geo.ucm.es)

1. Introducción
2. Enfoque
3. El agua subterránea, de recurso misterioso a generador de una revolución silenciosa y su impacto energético
4. La “fabricación de agua” y el protocolo de Kyoto
5. Concepto de huella hidrológica y comercio de agua virtual
6. Conclusiones

## Bibliografía

---

<sup>1</sup> Ponencia invitada en la INTERNATIONAL CONFERENCE ON RENEWABLE ENERGIES AND WATER TECHNOLOGY (Almeria, Spain, 5-7 October, 2006) Publicado en las Actas de Congreso, Cierta 2006, Almeria. ISBN 84-933658-3-1. pp PLE 1-16

## 1.- INTRODUCCIÓN

Es comúnmente aceptado que una adecuada gestión en el consumo de energía y en el uso del agua figuran entre los temas más cruciales para conseguir un desarrollo equilibrado de la humanidad en el siglo presente. Posiblemente el tema de la energía es el más complejo y difícil por el efecto que, a medio plazo, puede tener el aumento en el consumo de combustibles fósiles (carbón, petróleo y gas esencialmente) en un posible cambio climático. De todas formas, existe todavía una incertidumbre no pequeña sobre las consecuencias adversas que este cambio puede originar en las regiones mediterráneas.

Juntamente con la aplicación del principio de precaución ante el posible cambio climático, el deseo de reducir la dependencia externa en el suministro de hidrocarburos está llevando en la UE a un fomento del desarrollo de energías renovables y no contaminantes como la eólica, la solar y los biocombustibles. La fusión nuclear, que tantas esperanzas despertó hace unos años, sólo se ve ahora como solución incierta y a largo plazo (Yndurain, 2005).

La problemática de los recursos hídricos está casi cada día en los titulares de los medios de comunicación, especialmente cuando se da una secuencia seca como es el caso actual en España. Ahora bien, en contraste con la problemática energética, la del agua no radica en su escasez física o en su coste sino en su generalmente mala, a veces pésima, gestión pública del agua (Rogers et al., 2006).

Esta mala gestión o gobernanza del agua puede tener diversas causas. Algunas de ellas son comunes con la gestión de otros recursos y tienen un carácter principalmente ético. Están relacionadas con el humano afán de dominio o poder que en este caso se aplica al control de un recurso tan vital como el agua. (Delli Priscoli et al., 2004; Llamas y Martínez-Santos, 2005 a).

Afortunadamente muchas veces las causas de la mala gestión del agua no se deben al egoísmo humano, sino a que todavía los nuevos paradigmas en la gestión del agua que permiten los avances recientes de la ciencia y de la tecnología no han sido todavía asimilados ni por los gestores del agua ni por el gran público.

Con esta breve presentación se pretende contribuir modestamente a divulgar esos nuevos paradigmas en la gestión del agua y a comentar su relación con los temas

energéticos. Se va a considerar preferentemente el caso español pero ese modelo es aplicable a gran parte de las regiones áridas y semiáridas.

## 2. ENFOQUE

### 2.1 LOS NUEVOS PARADIGMAS EN LA GESTIÓN DEL AGUA

Un objetivo de esta conferencia es no sólo mostrar la importancia social y económica que hoy tiene el uso de las aguas subterráneas en esta región de España, sino también hacer ver que la falta de adecuada concienciación sobre este hecho ha sido, y todavía es, la causa radical de los frecuentes conflictos sociales y políticos que se han producido tanto en relación con la aprobación de la Ley del Plan Hidrológico Nacional en Julio del 2001, como con la modificación de esta Ley realizada por el nuevo Gobierno en el año 2005.

El tema del trasvase del Ebro se ha politizado demasiado. En el año 2004 el nuevo Gobierno mediante un Decreto-Ley canceló todo lo referente al Trasvase del Ebro y en 2005 aprobó un nuevo Plan Hidrológico Nacional, con su “Programa AGUA”, que está basado principalmente en la construcción de desaladoras de agua de mar para sustituir al cancelado trasvase del Ebro.

Ahora bien, no todos estos conflictos hídricos están directamente relacionados con las aguas subterráneas. Otros nuevos avances tecnológicos tienen también influencia. Entre ellos sólo se consideran en este artículo los relativos a la desalación (ingeniería química de membranas), y al comercio de agua virtual. No se mencionan en cambio, como se hace en Llamas (2006), otros dos factores importantes como son el poderoso instrumento que hoy proporciona la observación de la tierra desde satélites y el uso de Sistemas de Información Geográfica. Tampoco se tratan las grandes posibilidades de tipo indirecto que tiene la Biotecnología, ya que son cambios que serán efectivos a medio plazo y, además, su impacto energético será pequeño. Se va, pues, a tratar solamente de paradigmas o logros científicos bien conocidos y en plena aplicación en muchos sitios del mundo.

Se ha procurado presentar la situación española dentro del contexto europeo y mundial. En otras palabras, lo que ocurre en España no es muy diferente a lo que sucede en casi todos los países áridos o semiáridos (Llamas and Custodio, 2003). En prácticamente todos ellos en el último medio siglo se ha producido una auténtica "revolución silenciosa", consistente en el uso intensivo de las aguas subterráneas. En España ha sido realizada por cientos de miles de pequeños agricultores (Fornés, et al., 2005a; Llamas and Martínez-Santos, 2005b). Como en

otros países, en España el "lobby" o grupo de presión de estos agricultores, en coordinación con otros grupos de presión, fue capaz de convencer a los políticos, entonces en el poder, para que se aprobara "democráticamente", es decir en el Parlamento, la realización de ese trasvase del Ebro y que se iba a construir esencialmente con dinero público (Arrojo, 2003).

Otros grupos de presión o "lobbies", promovieron una clara oposición al trasvase del Ebro. El choque entre esos "lobbies" es en gran parte lo que ha producido los actuales conflictos sociales y políticos. Es importante señalar ahora que casi nunca en los debates sobre esos conflictos se alude a que una causa radical de los conflictos está en el "auténtico caos" de la gestión española de las aguas subterráneas. Ya en el año 2001 (Llamas, 2001c) escribí que si previamente ese "caos" no se resolvía, de poco iba a servir el trasvase del Ebro, si es que alguna vez llegara a hacerse. También afirmo ahora que la política actual de utilizar agua de mar desalada para el regadío mediterráneo tampoco va a funcionar mientras siga el presente "caos" en la gestión de las aguas subterráneas (Llamas, 2006; 2005 a y b). Es más, es probable que la proporción de agua de mar desalada que se utilice para usos urbanos y turísticos también sea bastante menor que la anunciada.

En los debates anteriores al cambio de gobierno del 2004, tanto en los de Bruselas como en otros muchos que tuvieron lugar en España, puede decirse que apenas si se hizo mención de que el desgobierno en la gestión de las aguas subterráneas es la causa principal o radical de la conflictiva situación actual. Por ejemplo, gran parte del número 57 (Septiembre, 2003) de la Revista Cultural "Archipiélago" estaba dedicado a la problemática del agua. Pues bien, en ninguno de los ocho artículos dedicados al tema y escritos por autores tan conocidos como Naredo, Arrojo, o Aguilera, se trata el tema de las aguas subterráneas. Una de las escasas excepciones, y no está en "Archipiélago", es un artículo en inglés que tiene por autor al entonces jefe del Área de Aguas Subterráneas del Ministerio de Medio Ambiente (Sánchez, 2003). En ese trabajo el autor reconocía que la "sobreexpplotación" de las aguas de la cuenca del Segura fue una causa principal del trasvase. También es significativo mencionar que el tema del impacto que en la política hidrológica española van a tener las decisiones de la Unión Europea en relación con las subvenciones agrarias y con el comercio internacional prácticamente apenas ha sido tratado por autores españoles (Llamas, 2005b).

Con intención de contribuir a resolver el actual caos en las aguas subterráneas el Ministerio de Medio Ambiente inició en el año 2002 un plan de actualización de los usos y derechos de aguas, titulado plan ALBERCA. Este plan debería estar terminado en el año 2008 (Ferrer, et al., 2004). Sin embargo algunos autores (Fornés et al., 2005b) han considerado que ese plan es insuficiente pues no va a inventariar ni la mitad de las captaciones existentes. La reciente

información de la Dirección General del Agua, presentada por Yagüe (2006), sobre el programa ALBERCA no despeja las dudas sobre una pronta mitigación del caos español en la gestión de las aguas subterráneas.

En los últimos meses el gobierno ha tomado otras dos iniciativas para contribuir a resolver el problema. La primera es iniciar un plan de fuertes sanciones a pozos ilegales. La segunda es la preparación de una modificación de la Ley de Aguas con la intención resolver el problema de los pozos ilegales o alegales.

La primera iniciativa –la de las sanciones- podrá ser muy efectiva si se hace de una forma objetiva y con competencia jurídica, lo cual no parece demasiado claro. Así por ejemplo, en octubre de 2005 se anunció profusamente en los medios de comunicación que el Ministerio de Medio Ambiente había iniciado 2.000 expedientes sancionadores a pozos ilegales y a extracciones legales que se excedían del volumen permitido en el Registro y Catálogo de Aguas. Dado que existen unos 2 millones de pozos ilegales o alegales, esto supone que aproximadamente se está sancionando al uno por mil de los pozos ilegales o alegales existentes en España. Además, según la prensa, a finales de 2005 y principios de 2006 (ver, por ejemplo, Europa Press en Hispagua del 19.12.05 o El País del 19.1.06 y del 3, y 20 de febrero de 2006) la Ministra de Medio Ambiente prometió “una moratoria” a algunos agricultores de Castilla-La Mancha, cuyos pozos ilegales iban a ser clausurados por la Confederación Hidrográfica del Guadiana en virtud de sentencia judicial firme. Sin embargo, pronto se aclaró que no se trataba de una moratoria en el sentido jurídico de la palabra, sino de dilatar la acción para tener en cuenta la situación social creada por la sequía. Como la sequía parece continuar es de suponer que la moratoria en el sentido vulgar de la palabra sigue vigente.

La otra iniciativa fue la de una posible Ley de “punto final”, o de amnistía de los pozos ilegales reabriendo el plazo para inscribirse en el Registro o en el Catalogo de Aguas. Esta posibilidad encontró una fuerte oposición, principalmente por grupos conservacionistas. El Gobierno reaccionó diciendo que se trata de un estudio preliminar. De hecho, esa posibilidad no parece haber sido incluida en el borrador de modificación de Ley de Aguas que la Dirección General del Agua envió al Consejo Nacional del Agua en el verano de 2006. Las opiniones del Consejo no son vinculantes y, cuando esto se escribe (Agosto de 2006) no parece haber sido enviada al Congreso de los Diputados la propuesta formal de cambio de la Ley de Aguas. Ahora bien, si la ley modificada final que aprueben las dos cámaras legislativas, se aplica igual de mal que la Ley de Aguas de 1985 no parece que vaya a mejorar sensiblemente el caos actual.

## 2.2. EL USO DE ENERGÍA ELÉCTRICA EN ESPAÑA

En este breve artículo no se va a tratar del agua en la producción de energía eléctrica en España tanto mediante el turbinado directo o inverso en las plantas hidroeléctricas como en la refrigeración de centrales térmicas convencionales o nucleares. Se trata normalmente de un uso no consuntivo o poco consuntivo, aunque puede plantear problemas ambientales no despreciables.

Tampoco se va a tratar aquí de los usos de la energía primaria en España pues no afectan directamente al objetivo de esta presentación. Se remite al lector interesado a las publicaciones de Yndurain (2005) o Foro Nuclear (2006) en las que se resumen los datos oficiales, tanto de España como de otros países.

De modo sintético la producción de energía eléctrica en España en los dos últimos años (en GWh y en cifras redondeadas) es la siguiente (fuente: datos el Ministerio de Industria en el cuadro 2.4 de Foro Nuclear (2006)).

	<u>2004</u>	<u>2005</u>
HIDROELÉCTRICA	30.000	20.000
TÉRMICA	177.000	194.000
NUCLEAR	64.000	58.000
EÓLICA	16.000	20.000
 <b>TOTAL (redondeado)</b>	<b>287.000</b>	<b>292.000</b>

En resumen, a nuestros efectos conviene recordar que actualmente la producción o consumo medio por español y año es del orden de 6.000 a 7.000 KWh. Es importante tener en cuenta que desde 1995 el consumo/producción de energía eléctrica está aumentado a un ritmo que ha oscilado entre el 3 y el 7% anual, es decir sensiblemente más alto que el crecimiento del PIB nacional (Foro Nuclear, 2006, cuadro 2.9).

El precio de la energía eléctrica en España varía según las condiciones de compra y uso, pero puede horquillarse entre 0,05 y 0,10 €/Kwh (Foro Nuclear, 2006, cuadros 2.17, 2.19 y 2.21). Estos precios son similares a los de Francia y el Reino Unido pero inferiores a los de Alemania e Italia.

### **3. EL AGUA SUBTERRÁNEA, DE RECURSO MISTERIOSO A GENERADOR DE UNA REVOLUCIÓN SILENCIOSA ¿CUÁNTA ENERGÍA ELÉCTRICA CONSUME?**

#### **3.1. EL PANORAMA MUNDIAL**

Con frecuencia se ha escrito que las primeras civilizaciones pueden definirse como hidráulicas. Nacieron hace unos cincuenta o sesenta siglos en algunos grandes valles de regiones áridas. En esos valles el hombre nómada y cazador se transformó en agricultor y comenzó el regadío con obras sencillas. La gestión de esos regadíos no pudo ser realizada individualmente. Requirió un esfuerzo colectivo, que a su vez condujo a una sociedad estructurada que comenzó a vivir agrupada en núcleos urbanos, en "civis". Esa tradición de trabajo colectivo para la construcción y operación de infraestructuras hidráulicas se han mantenido hasta nuestros días. Con pocas excepciones, casi todas las grandes obras hidráulicas, construidas en su casi totalidad en los últimos cien años, proceden de acciones colectivas, financiadas y controladas por organismos gubernamentales. En contraste, el aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante pozos y/o galerías filtrantes pudo, y puede, ser realizado de modo individual o por pequeñas colectividades. En general y hasta hace medio siglo, los caudales obtenidos con estas pequeñas infraestructuras eran reducidos y los regadíos o abastecimientos urbanos correspondientes no eran importantes. Es más, el origen, localización y movimiento de las aguas subterráneas se consideraba como algo misterioso, en donde era difícil encontrar una relación clara entre los efectos y sus causas (Llamas, 2005b).

En el último medio siglo la situación ha cambiado notablemente debido principalmente a los avances tecnológicos en la perforación de pozos y en los sistemas de bombeo. Estos dos factores han conducido a un notable abaratamiento en los costes de extracción de aguas subterráneas, lo que ha inducido el aumento espectacular en su uso en prácticamente todos los países áridos o semiáridos (Llamas y Custodio, 2003). Quizá el caso más notable sea la India donde se han puesto en regadío con aguas subterráneas más de 40 millones de hectáreas en los últimos cuarenta años. Y ese país ha pasado de padecer hambrunas frecuentes y generalizadas a convertirse en un importante exportador de grano (Shah, 2005). Este desarrollo del agua subterránea ha sido usualmente financiado y realizado por particulares o pequeños municipios. Esta situación se extiende a casi todo el SE de Asia, incluido Pakistán y Bangladesh, como se expone en Shah et al (2006).

#### **3.2. LA HIDROESQUIZOFRENIA ESPAÑOLA**

La intervención planificadora y controladora sobre las aguas subterráneas de los organismos gubernamentales ha sido muy reducida en casi todo el mundo (Custodio y Llamas, 2003). Ello llevó a un conocido hidrólogo norteamericano, a describir, en una breve nota publicada en 1972, como "hidroesquizofrenia" la actitud de los gestores del agua que separaban totalmente la gestión de las aguas subterráneas de la de las aguas superficiales; siendo estas últimas las únicas que consideraban en la mayor parte de los casos. Esa inhibición gubernamental ha dado origen a problemas de distinto tipo, que por lo general han sido presentados al gran público de forma exagerada y con escasos datos. El resultado es que en amplios sectores de la sociedad predomina el "hidromito" de que las aguas subterráneas son un recurso muy frágil. "Todo pozo termina por secarse o salinizarse" es uno de los falsos paradigmas mundialmente difundidos (Custodio, 2002; López Gunn and Llamas, 2000).

Como se resume en Llamas (2005 c), la primera evaluación cuantitativa de los recursos de agua subterránea de España se realizó en 1966. En un artículo de 1968 se expusieron los resultados del Estudio de Recursos Hídricos Totales realizados en los Ríos Besos y Bajo Llobregat y se propuso la realización de estudios análogos en toda España. Esto es lo que luego vino a exigir la Ley de Aguas de 1985 para la elaboración de los Planes Hidrológicos de Cuenca. En ese artículo también se hacía ver el interés de una explotación intensiva de las aguas subterráneas en la Cuenca del Segura en tanto que llegaba el agua del trasvase del Tajo, entonces en proyecto avanzado. Esto era propuesto como una solución temporal y exigía que la Confederación Hidrográfica del Segura tomara en serio la gestión de las aguas subterráneas de su cuenca, tal como ya se había hecho en la Confederación Hidrográfica del Pirineo Oriental. El caso en la Cuenca del Segura que se hizo a esas recomendaciones fue prácticamente nulo. Una excusa general para esa inoperancia, por parte de las Confederaciones Hidrográficas en relación con la gestión de las aguas subterráneas, consistía en aludir al carácter privado de este tipo de aguas. Esta excusa suele ser frecuentemente repetida por dirigentes de estos organismos (Díaz Mora, 2002). Muchas veces este autor ha sostenido de palabra y por escrito que esa razón era, y es, inconsistente.

Como también se indica en Llamas (2005c), inspirado en la breve nota del hidrólogo americano antes mencionado, a partir de los años setenta comenzó a utilizar la expresión "hidroesquizofrenia" para designar la actitud de aquellos gestores de recursos hídricos que separaban totalmente lo que se refería a las aguas superficiales y a las aguas subterráneas, en general con olvido o desprecio de las segundas. Desde entonces los libros y/o artículos sobre las aguas subterráneas, escritos por autores españoles, son numerosos. Estos artículos no sólo se refieren a la Hidrología Subterránea, sino que tocan otros muchos aspectos legales, sociales, económicos, ecológicos e institucionales. A modo de ejemplo, en los Seminarios del Proyecto

Aguas Subterráneas de la Fundación M. Botín, desarrollado entre 1999 y 2003 han participado unos de doscientos expertos, en su mayoría españoles (Llamas 2003).

Por otra parte, lo ocurrido en la Cuenca del Segura después de 1968, también ha sucedido y sucede en otros muchos sitios de España y del mundo. Se ha producido un enorme vacío entre las administraciones hidráulicas y los usuarios de aguas subterráneas, en su mayor parte, modestos agricultores. Ese vacío sigue casi igual veinte años después de haberse promulgado la Ley de Aguas de 1985 que teóricamente atribuye grandes competencias de control y planificación de las aguas subterráneas a las Confederaciones Hidrográficas. La situación actual real en casi toda España, y especialmente en las Cuencas del Segura y del Guadiana, desde hace años, es de auténtico caos jurídico y administrativo. En algunas zonas ese uso intensivo e incontrolado de las aguas subterráneas ha originado problemas de diversos tipos. Irónicamente, en vez de pensar en corregir ese auténtico caos, la solución propuesta fue la de "premiar" a los "depredadores de acuíferos" y a sus inoperantes vigilantes mediante la construcción de una gran infraestructura hidráulica. Era el trasvase del Ebro, que iba a ser pagado esencialmente con dinero público y tenía por objeto llevar cada año un kilómetro cúbico de agua del río Ebro a la región mediterránea con la principal finalidad de recuperar los acuíferos. La solución alternativa propuesta en el Plan Hidrológico Nacional de 2005 en el fondo no difiere mucho, ya que las desaladoras de aguas de mar van a ser esencialmente financiadas en la mayoría de los casos con fondos públicos. En otras palabras, se continúa con una política de oferta y no de gestión de la demanda, como ya anunciaron varios expertos del Consejo Nacional del Agua (Sahuquillo, et al., 2004 y 2005).

La caótica situación del Alto Guadiana ha sido ampliamente tratada en Llamas (2005 c). Como en esa publicación se recuerda, está pendiente la elaboración por el Gobierno de un PLAN DEL ALTO GUADIANA. Este requerimiento ya fue hecho por las Cortes al aprobar la Ley del Plan Hidrológico Nacional del 2001, dando un plazo de un año para presentar ese Plan. El requerimiento no fue cumplido y fue reiterado en la nueva Ley del Plan Hidrológico Nacional de 2005. Y tampoco se ha cumplido hasta la fecha en la que se escriben estas líneas (Agosto 2006). El número de borradores que sobre ese Plan del Alto Guadiana han circulado oficial u oficiosamente supera la veintena. Es difícil saber cuando se enviará una propuesta formal al Consejo Nacional del Agua. Los últimos "rumores" parecen referirse a un documento del Plan con una extensión de mil páginas y un presupuesto del orden de tres mil millones de euros. Esta última cifra es el mismo orden de magnitud del valor de todas las cosechas obtenidas con esos regadíos durante 15 o 20 años.

Independientemente de la escasa verosimilitud de esos “rumores”, es importante tener en cuenta que, como se dice en llamas (2005c) el problema del Alto Guadiana no es exclusivo de esta región y la solución que se adopte será exigida por los regantes para resolver problemas análogos en los otros acuíferos intensamente explotados en España, que suman probablemente una superficie sensiblemente superior a la de los acuíferos del Alto Guadiana.

### **3.3 LA REVOLUCIÓN SILENCIOSA DEL USO INTENSIVO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS.**

#### **3.3.1 Las causas**

La generalizada actitud hidroesquizofrénica por parte de muchos organismos responsables de la gestión del agua no ha sido obstáculo para que en casi todos los países áridos o semiáridos en el último medio siglo se haya producido, y se continúe produciendo, un aumento espectacular en el uso de las aguas subterráneas. Este fenómeno fue calificado por primera vez como una “revolución silenciosa” en la presentación del Proyecto Aguas Subterráneas de la F. Marcelino Botín, que se hizo en el Tercer Foro Mundial del Agua (Osaka, 18 Marzo 2003). En 2004 fue también presentado en una reunión del World Water Council en Marsella (Fornés, et al., 2005) y en la World Water Week de Estocolmo (Llamas and Martínez-Santos, 2005 b) y en un editorial invitado de la American Society of Civil Engineers (Llamas and Martínez-Santos, 2005 c). Es revolución porque está produciendo importantes impactos sociales y económicos. Es silenciosa porque ha sido realizada sin ruido, sin aparatosas ceremonias de inauguración. Sus autores principales han sido millones de agricultores modestos que en casi todas las regiones áridas y semiáridas del planeta han perforado millones de pozos. El caso más espectacular de uso de las aguas subterráneas está en la India, donde actualmente se bombean más de 200 km<sup>3</sup>/año y más del 60% de las superficies de regadío se hace con aguas subterráneas (Shah, 2005). Este autor estima que hoy se bombean probablemente entre 700 y 1000 km<sup>3</sup>/año. En un reciente informe del Banco Mundial sobre la política del agua este país califica esta situación como una “quiet revolution” (Briscoe, 2005). En España esta cifra se reduce probablemente a unos cientos de miles de agricultores y, al menos, a un bombeo de unos 4 ó 6 km<sup>3</sup>/año, aunque esta cifra es muy poco precisa. Estos agricultores han realizado esa extracción con poca o nula ayuda técnica o financiera por parte de los organismos responsables de los recursos hídricos, incluso muchas veces han perforado sus pozos de modo ilegal después del uno de enero de 1986, cuando entró en vigor la nueva Ley de Aguas. En España, la "insumisión hidrológica", es decir la perforación de pozos sin los oportunos permisos, es un hecho patente en algunas regiones como el Alto Guadiana o el Segura. La incierta y opaca situación existente en el Segura hace cinco años puede verse en Llamas et al. (2001) y Llamas (2005b y c). Como antes

se dijo, en octubre de 2005 el Ministerio de Medio Ambiente anunció profusamente en los medios de comunicación que desde abril de 2004 había abierto 2.000 expedientes a pozos ilegales y a extracciones legalizadas que se excedían del consumo permitido. Esto puede ser un buen comienzo, pero solo eso ya que probablemente esa cantidad afecta al uno por mil de los pozos existentes. Además, abrir un expediente sancionador no significa que al final se sancione al supuesto infractor. De hecho, esto es lo que parece haber ocurrido en muchos expedientes sancionadores, que han prescrito o han sido cancelados por los tribunales de justicia.

La principal causa de este aumento en el uso de las aguas subterráneas para regadío radica en que el coste del regadío con aguas subterráneas suele suponer sólo una pequeña fracción del valor de las cosechas que esas aguas garantizan. Las aguas subterráneas, si no proceden de acuíferos pequeños o muy poco permeables, no son afectadas por las sequías. Esto ha conducido a que casi siempre las cosechas de alto valor, que exigen fuertes inversiones, se hagan usualmente basándose en aguas subterráneas o en sistemas mixtos de aguas superficiales y subterráneas. Esta última solución, cuando es posible, es la más favorable para el agricultor. Las aguas superficiales son casi gratis (para el agricultor, no para el país) y lógicamente son las utilizadas mientras se puede disponer de ellas. Ahora bien, si se produce un fallo en el suministro de aguas superficiales por sequía o por otra causa, el agricultor tiene garantizado el suministro de agua mediante el bombeo de su pozo. En Garrido et al. (2006) se realiza un análisis detallado de la importancia y evolución de los regadíos con aguas subterráneas en España, tanto en lo que se refiere a los cultivos mediterráneos como a los continentales.

### **3.3.2. Costes y beneficios del uso intensivo de las aguas subterráneas**

En Llamas y Custodio, (2003), se presentan hasta 22 trabajos en los que con carácter multidisciplinar se analiza lo que ha sido el uso intensivo del agua subterránea en un conjunto de regiones de todo el mundo. A ese libro se remite al lector interesado en más detalles. De modo resumido se puede decir que 1) hasta la fecha los beneficios de esa revolución silenciosa han sido mucho mayores que los costes o problemas; 2) gran parte de los problemas presentados en cuanto a la "fragilidad" de las aguas subterráneas son exageraciones sin datos fehacientes, que han sido difundidos por una mezcla de ignorancia, arrogancia, negligencia y corrupción y 3) sin embargo, la frecuente situación de descontrol o de caos casi total debería ser encauzada pronto pues ha comenzado a producir efectos económicos negativos que consisten principalmente en unos descensos excesivos de los niveles de bombeo (hasta casi 500 m en algunos acuíferos de Alicante, en general de extensión reducida) y a un deterioro de la calidad del agua (Garrido et al. 2006). Los efectos ecológicos de la extracción de las aguas subterráneas pueden ser importantes, como es el caso del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Ahora

bien, la valoración social de estos daños ecológicos varía mucho de acuerdo con la situación socio-económica de cada país.

Los regantes de aguas subterráneas ya han reaccionado ante estos efectos económicos negativos, todavía poco relevantes para el conjunto de los regadíos españoles. Gracias a la extracción de aguas subterráneas estos agricultores han aumentado sensiblemente su nivel de vida, su formación tecnológica y su capacidad de asociación. Su principal actuación ha consistido en organizar una campaña para convencer al resto de los españoles que deben llevar agua de donde sea y al coste que sea hasta el “sediento” SE español y especialmente a la cuenca del Segura. A esa campaña se han sumado otros “lobbies”. Ahora bien, también han aparecido otros “lobbies” que han organizado su campaña contra el trasvase del Ebro. Estos “lobbies” enfrentados han sido los catalizadores de los conflictos sociales relacionados con la política del agua en España.

### **3.3.3. El coste energético de la extracción de aguas subterráneas**

En una primera y pesimista aproximación se va a suponer que la altura media de bombeo oscila entre 50 y 100 m. Esto exige un consumo de energía del orden de 0.3 Kwh/m<sup>3</sup>, lo que equivale a un coste monetario del orden de 0.2 a 0.3 €/m<sup>3</sup>.

En España se extraen al año, según los datos oficiales, unos 5 km<sup>3</sup> de agua subterráneas. Es decir la energía eléctrica empleada para estos bombeo es del orden de 1000 a 15000 millones de Kwh o unos 25 a 40 Kwh/persona y año. En resumen no llega al 1% del consumo anual de energía, que, como antes se indicó, es del orden de 6.000 Kwh/persona y año.

## **4. LA “FABRICACIÓN DE AGUA”**

### **4.1 TECNOLOGÍA Y PRECIOS**

En los últimos años se viene hablando con insistencia de la necesidad de reutilizar las aguas ya usadas en otros usos y tratar de obtener “nuevas aguas” procedentes del mar o de aguas subterráneas salobres. Este es un hecho claro que ha sido posible por un notable avance tecnológico de gran alcance práctico.

La reutilización de aguas residuales urbanas en regadíos se ha hecho –y se hace todavía en muchos países- desde tiempos inmemoriales. Ahora bien, esto se hizo sin apenas tratamiento de esas aguas y condujo a endemias, como la del tifus que existió en Madrid hasta hace algo más de medio siglo debido al uso de las aguas residuales de Madrid en las huertas del Jarama. Hoy

día ese tema prácticamente ha desaparecido por un doble motivo. En primer lugar, el tifus ha sido prácticamente erradicado. El agua no produce los gérmenes del tifus sino que simplemente los transporta. En segundo lugar, hoy día las plantas de tratamiento de aguas residuales (EDAR) se han multiplicado y funcionan cada vez mejor.

Todo esto está también relacionado con la necesidad de fomentar la realización de dobles redes de distribución de agua; unas para agua perfectamente potable y otras para otros servicios como pueden ser la limpieza de calles, el riego de jardines, etc., que no requieren agua de tan elevada calidad y podría ser el agua tratada por ósmosis inversa o por procedimientos más sencillos. De hecho en algunas ciudades, como Murcia, ya funcionan redes dobles.

En los últimos decenios el gran avance se ha producido en la ingeniería química en la denominada tecnología de membranas u ósmosis inversa. Esto permite eliminar del agua casi todos los elementos nocivos que tenga; y esto con un precio ya razonable y en constante descenso. La aplicación principal de esta tecnología está siendo la desalación del agua de mar o de aguas subterráneas salobres.

La desalación de agua de mar con energía solar térmica es un tema especialmente importante en esta región, donde trabajan equipos de investigación de reconocido prestigio internacional (Blanco et al, 2006). Es un tema que va a ser ampliamente tratado por otros expertos en esta Conferencia. Por otra parte, como ya se ha indicado previamente, se van a tratar sólo tecnologías que ya están ampliamente experimentadas y son económicamente viables en la actualidad. Los procedimientos basados en la energía solar parecen ser, de momento, económicamente poco viables, pero tampoco lo era la desalación mediante Osmosis Inversa hace unas décadas. Y hoy lo es.

De hecho la alternativa propuesta al cancelado trasvase del Ebro previsto en el PHN-2001 ha sido la construcción de una veintena de plantas desaladoras de agua de mar. Es el denominado **PROGRAMA A.G.U.A.** En Llamas (2006 y 2005a) se consideraba poco probable que este **PROGRAMA A.G.U.A.** llegase a funcionar en lo que se refiere al uso de agua de mar desalada para regadío, cosa distinta se pensaba para las destinadas para abastecimiento a las nuevas urbanizaciones turísticas y a los campos de golf. Es cierto que los cultivos de alto valor en Murcia y Almería podrían pagar el coste total de esta agua de mar desalada (entre 0,6 y 1,2 €m<sup>3</sup> según diversos autores) pero esos agricultores se van a resistir a pagar esos precios mientras puedan (legal o ilegalmente) comprar agua subterránea a un precio que suele oscilar entre 0,1 y 0,2 €m<sup>3</sup>. Es decir mientras no se corrija el caos antes descrito en la gestión de las aguas subterráneas es muy poco probable que los agricultores españoles estén dispuestos a utilizar

agua de mar desalada incluso aunque prácticamente esté subvencionada en más del 50% de su coste. Además, esta subvención iría contra el principio general de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea que pide que los beneficiarios de las obras hidráulicas paguen su coste total.

Tampoco se puede mantener un ingenuo optimismo sobre el uso de agua de mar desalada para usos urbanos. Sería oportuno realizar un análisis económico de lo ocurrido con las plantas desaladoras de Marbella y de Almería. Por ejemplo, según el Grupo Ecologista Mediterráneo (2004), la planta desaladora de Almería, terminada hace ya cuatro años todavía no ha entrado en funcionamiento. La razón parece ser sencilla: el Ayuntamiento de esta ciudad sigue comprando agua subterránea, que le resulta más barata. Y eso aun cuando la mayor parte de la inversión necesaria para la construcción de esa planta procede de subvenciones con fondos públicos españoles o europeos.

Recientemente (junio 2006) el Pacific Institute (Cooleey et al. 2006) hace un interesante análisis de la desalación en todo el mundo pero con especial énfasis en la situación de California. Es significativo el escaso uso (1%) que en California se hace-y se va a hacer- del agua desalada para el regadío. También tiene interés conocer el caso de la planta de desalación de la ciudad de Santa Bárbara que está siendo desmantelada por razones económicas.

#### **4.2 EL COSTE ENERGÉTICO DEL PROGRAMA AGUA.**

Con frecuencia los opositores a programa A.G.U.A. han aludido a que la operación de esas veinte grandes desaladoras que teóricamente van a sustituir al gran trasvase del Ebro suponen un gran consumo energético. Y ello va a hacer todavía más difícil que España cumpla el protocolo de Kyoto. Ante esas impugnaciones los gestores del programa A.G.U.A. y el Gobierno en general han respondido (de la Cruz, 2006) que esas desaladoras van a funcionar casi siempre en combinación con plantas de producción eléctrica a partir de energías renovables (principalmente eólica o solar).

Ambas posiciones parecen poco acertadas. En primar lugar el aumento de consumo energía eléctrica que supondría la desalación de los 0.5 o 0.6 km<sup>3</sup>/año ,que implicaría ese plan, no llega al 1% del consumo actual de energía eléctrica (unos 6.000 Kwh/persona y año). Y ese consumo de energía eléctrica, como antes se ha indicado o, está aumentando desde hace más de diez años a un ritmo medio del orden de un 4%. En resumen, el impacto en el protocolo de Kyoto del plan A.G.U.A, sería irrelevante. Por otra parte, es mínima la probabilidad de que los agricultores acepten el precio del agua de mar desalada, aunque este precio estuviera fuertemente reducido al estar subvencionado por todos los españoles. Los cálculos básicos son

sencillos. En el peor de los casos el consumo de energía eléctrica en desalación sería del orden de 4 Kwh/m<sup>3</sup>, lo que equivaldría a unos 2500 millones de Kwh/año, equivalentes 50 o 60 Kwh/español y año.

No se entiende bien la razón por la que el gobierno se empeña en hablar de plantas de producción de energías renovables como algo unido a las plantas desaladoras. Esto no obsta para que sea muy oportuno que se investigue y se subvencionen esas posibilidades desde el punto de vista de la política energética nacional. Ahora bien, unirlas a las desaladoras tiene poco sentido, como no sea intentar contentar a algunos grupos conservacionistas extremistas. De todas formas, hay que decir que en los EE.UU. también se financian investigaciones de este tipo (USA Department of Interior, 2006)

## **5. CONCEPTO DE HUELLA HIDROLÓGICA Y COMERCIO DE AGUA VIRTUAL.**

### **5.1 ASPECTOS BÁSICOS**

El agua utilizada en el proceso de producción de un bien cualquiera (agrícola, alimenticio, industrial) ha sido denominada «agua virtual. Este concepto fue introducido en la década de los noventa por Allan (2006). Desde entonces está siendo tratado por autores diversos y desde diversos puntos de vista (Llamas, 2005a).

Si un país exportara un producto que exigiera mucha agua virtual para su producción sería equivalente a que estuviera exportando agua, pues de este modo el país importador no necesita utilizar agua nacional para obtener ese producto y podría dedicarla a otros fines. La importación de agua virtual está facilitando que los países pobres en recursos hídricos consigan seguridad alimentaria e hidrológica. De este modo pueden destinarse sus limitados recursos hídricos a fines más lucrativos, como pueden ser el turismo o la industria o el abastecimiento urbano o la producción de cosechas de alto valor.

Siempre ha existido comercio de alimentos y, por consiguiente, de agua virtual. Basta recordar el episodio bíblico, narrado en el capítulo 42 del Génesis, del viaje de la familia de Jacob a Egipto para comprar trigo al Faraón, debido a la sequía que padecía la región de Palestina. En Egipto, José, otro israelita a la sazón equivalente a Ministro de Agricultura, había tenido la precaución de almacenar trigo en los años húmedos (de vacas gordas) en previsión de que llegasen los años secos (de vacas flacas). Ahora bien, en los últimos lustros el comercio de

alimentos se ha incrementado mucho debido en buena parte a las políticas agrarias y al aumento de productividad; pero en otra parte no despreciable a que los avances tecnológicos han abaratado y facilitado el transporte de modo muy notable. En una primera aproximación puede estimarse que el coste del transporte marítimo de una tonelada de casi cualquier materia prima es del orden de un euro, es decir, bastante menos de un céntimo de euro por kilo. Este precio es casi independiente de la distancia que tenga que recorrer el barco. Esto explica, por ejemplo, que hoy en los mercados de España se puedan comprar kiwis procedentes de Nueva Zelanda o manzanas o ciruelas que vienen de Chile a precios competitivos con los de los equivalentes frutos producidos en España.

El comercio de agua virtual puede permitir a los países de escasos recursos hídricos evitar lo que hasta hace muy poco se consideraba una probable e inminente crisis. Casi la única condición requerida es que esos países tengan un nivel económico que les permita comprar en los mercados internacionales los alimentos portadores de agua virtual. Como se verá después, esos productos son principalmente los alimentos básicos (como los cereales, el arroz o los forrajes) cuyo valor por tonelada (o metro cúbico de agua virtual) es bastante bajo. Casi todos los países importan y exportan agua virtual, pero el balance puede ser muy distinto de unos a otros. Por ejemplo, Canadá exporta grandes cantidades de agua virtual con sus masivas ventas de cereales, pero al mismo tiempo importa agua virtual de Centro América cuando importa flores y frutos de esa región. Jordania importa grandes cantidades de agua virtual con sus compras de cereales (de bajo valor), pero al mismo tiempo exporta agua virtual en cultivos de alto valor (cítricos y hortalizas) que se dan muy bien en su clima.

Tabla 1. Cantidad de agua (litros) para producir una unidad de algunos bienes

Botella de cerveza (250 ml)	75
Vaso de leche (200 ml)	200
Rebanada de pan (30 gr.)	40
Una camiseta de algodón (500 gr.)	4.100
Una hoja de papel A-4 (80 gr./m 2)	10
Una hamburguesa (150 gr.)	2.400
Un par de zapatos (piel de vaca)	8.000
Carne de vaca (1 kgr)	15.000
Carne de cordero (1 kgr)	10.000
Cereales (1 kgr)	1.500

Carne de pollo (1 kgr)	6.000
------------------------	-------

---

*Fuente:* Llamas (2005a) tomado de Chapagain & Hoekstra, 2004.

En la Tabla 1 se indica el agua virtual necesaria para obtener algunos productos de uso generalizado.

El concepto de huella hidrológica se ha utilizado como un indicador del uso del agua por las personas, grupos colectivos o países. Puede definirse como el volumen de agua que es necesario para la producción de los bienes y servicios que utiliza una persona o un grupo colectivo de personas. Obviamente, es un concepto íntimamente ligado al de agua virtual.

La suma total del uso de agua nacional (verde y azul, en la nueva terminología hoy en boga, Llamas, 2005a) y del agua neta importada se define como la huella hidrológica de ese país o grupo colectivo. Se ha estimado que el valor de la huella hidrológica total de la humanidad actual es de 7.500 km<sup>3</sup>/año. Este aumento se debe principalmente a que añaden el agua necesaria para los usos domésticos y urbanos y para la elaboración de productos industriales. En cualquier caso, es interesante recordar que la precipitación en las tierras emergidas, es decir, la suma del agua azul y verde que cada año circula en el ciclo hidrológico es del orden de 115.000 km<sup>3</sup>. En otras palabras, desde un punto de vista global las necesidades de agua (azul y verde) de la humanidad actual quedan bastante por debajo del 10% de las precipitaciones anuales. De todas formas, estas son cifras globales que solo deben ser consideradas como una primera aproximación.

En Llamas (2005a) puede verse que la huella hidrológica de España, Italia y Estados Unidos son muy parecidas –unos 2.300 m<sup>3</sup>/persona y año; en cambio la de la India apenas llega a 1.000 m<sup>3</sup>/persona y año. Esto se debe fundamentalmente al régimen vegetariano de buena parte de la población india y a su menor industrialización.

Como datos significativos cabe mencionar que España importa 45 km<sup>3</sup>/año de agua virtual y exporta unos 31 km<sup>3</sup>/año, es decir el balance es negativo. El 80% de los 100 km<sup>3</sup>/año que supone la huella hidrológica total de España un 5% es para uso urbano y doméstico; 80% para producción de alimentos (de estos 2/3 con agua nacional y 1/3 con agua virtual importada) y un 15% para productos industriales (de estos algo más de la mitad corresponde a productos industriales importados). Estas cifras ponen de manifiesto la importancia que en la política del

agua de España y de cualquier país semiárido tiene el sector agrícola. Este es un aspecto todavía poco considerado en nuestro país.

### **5.2. CUESTIONES ENERGÉTICAS**

El comercio de agua virtual solamente afecta de modo indirecto al consumo de energía. En realidad este comercio se ha intensificado notablemente gracias al abaratamiento del transporte, especialmente el marítimo.

Ahora bien, mientras no se disponga de estudios mucho más concretos sobre la huella hidrológica de España (Llamas, 2005 a), es arriesgado hacer estimaciones cuantitativas de sus implicaciones en el uso de la energía. De todas formas, parece que el impacto mayor será en el consumo la energía primaria para el transporte marítimo.

## **6. CONCLUSIONES**

De lo anteriormente expuesto pueden sintetizarse las siguientes conclusiones.

### **PRIMERA**

Los avances científicos y tecnológicos del último medio siglo permiten afrontar con moderado optimismo los problemas hídricos de las regiones semiáridas de España, y también de otros muchos países.

### **SEGUNDA**

Las aguas subterráneas están ya jugando un papel sumamente importante en el regadío y también en el abastecimiento actual de usuarios particulares y de pequeños núcleos urbanos. El consumo de energía eléctrica que exige la extracción de aguas subterráneas en España es claramente inferior al 1% del consumo total. Por ello, su impacto en la política energética española puede considerarse irrelevante.

### **TERCERA**

Parece imprescindible mejorar pronto y de modo significativo el conocimiento de los acuíferos españoles, así como el inventario de usos y derechos sobre las aguas subterráneas y de distribución de los regadíos. Todos estos datos deberían ser accesibles en un breve plazo al público en general a través de Internet o sistema análogo.

## **CUARTA**

Los notables avances obtenidos en la tecnología de membranas permiten pensar que en un plazo no largo, las aguas residuales urbanas podrían ser reutilizadas para múltiples usos, aunque de momento no como agua potable.

## **QUINTA**

El uso de agua de mar desalada para abastecimiento urbano y turístico es ya una realidad importante. Ahora bien, convendría disponer de estudios rigurosos sobre su coste real. El impacto que puede tener la producción de agua desalada en la política energética española y en el cumplimiento del protocolo de Kyoto es irrelevante.

## **SEXTA**

Probablemente en un futuro próximo va a tener poco sentido económico y ecológico que se utilice agua de buena calidad para el regadío. Éste debería ser atendido con aguas residuales tratadas o sencillamente abandonando los regadíos de poco valor y dedicando ese agua a otros usos más rentables y/o ecológicamente más adecuados.

## **BIBLIOGRAFÍA**

Allan, A. (2006): "Virtual Water, Part of an invisible synergy that ameliorates water scarcity" in *Water Crisis: Myth or Reality?* (Rogers, Llamas and Martinez, eds.) Taylor and Francis Group. London, pp. 131-150

Arrojo, P. (2003) "El Plan Hidrológico Nacional", RBA Libros, S.A., Barcelona, 207 p.

Blanco, J. Alarcón, D. Y Zarza, E.(2006) "Experiencia del PSA en la desalación solar: Desarrollo de Tecnología y actividades de investigación", *Equipamientos y Servicio Municipales*, Mayo-Junio, pp.30-37

Briscoe, J. (2005) "India's Water Economy: Bracing for a Turbulent Future" The Wolrd Bank, November 28, 2005.

Brufao, P. y Llamas, M.R. (ed.) (2003). "Conflictos entre el desarrollo de las aguas subterráneas y la conservación de humedales: aspectos legales, institucionales y económicos". Fundación Barcelona, Ariel C Marcelino Botín y Mundi-Prensa. Madrid.337 p.

Cooley, H. Gleick, P. H. and Wolff, G. (2006) "Desalination, with a grain of salt: A California

- perspective" Pacific Institute, Oakland, California, 88p.
- Cruz, C. de la (2006)"La desalación de agua de mar mediante el empleo de energías renovables", Fundación Alternativas, Documento 88/2006, 60 p. ISBN 84-9653-01-3
- Custodio, E. (2002) "Aquifer Overexploitation: What does it mean". *Hydrogeology Journal*, Vol. 10, pp. 254-277.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (2003) "Intensive Use of Groundwater: Introductory Considerations", in Intensive Use of Groundwater: Challenges and Opportunities, Llamas and Custodio (ed.) Balkema. Publishers. Dordrecht, pp. 3-12.
- Delli Priscoli, J., Dooge, J. and Llamas, M.R. (2004) "Overview". Series on Water and Ethics, Essay 1, UNESCO, Paris, 31 p
- Díaz Mora, J. (2002) "La clarificación jurídica de los acuíferos sobreexplotados: el caso de La Mancha Occidental", en Régimen Jurídico de las Aguas Subterráneas, ( Saz, et al. Eds.), Mundi Prensa, pp. 244-258.
- 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.
- Ferrer, J., Palmero, C., Gullón, N., Yagüe, J. y Xuclá, R. (2004) "El proyecto ALBERCA como ejercicio de modernización entre Administraciones" II Congreso Internacional de Ingeniería Civil. Colegio de Ingenieros de Caminos, pp. 97-106.
- Foro Nuclear (2006) Energía 2006, Foro de la Industria Nuclear Española. [www.foronuclear.org](http://www.foronuclear.org)
- Garrido, A., Martínez-Santos, P. and Llamas, M.R. (2006) "Groundwater irrigation and its implications for water policy in semiarid countries: the Spanish experience", *Hydrogeology Journal*, Vol. 14, No. 3, pp. 340-349.
- Grupo Ecologista Mediterráneo (GEM) (2004) "Los problemas del agua en Almería", 36 pp. [www.gem.es](http://www.gem.es).
- Llamas, M.R. (2006) "La Contribución de los Avances Científicos a la Solución de los Conflictos Hídricos". Lección Magistral, Acto de Clausura del Curso Académico 2005-2006. Universidad Permanente. Universidad de Alicante,

Alicante, 16 p.

Llamas, M.R. (2005a) "Los Colores del Agua, El Agua Virtual y los Conflictos Hídricos", Discurso Inaugural, Curso 2005-2006, Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Madrid 30 p.

Llamas, M.R. (2005b) "Una causa radical de los conflictos del agua en España". Tecnología del Agua, No. 259, Abril 2005, pp. 72-76. (publicado también en "El Estado de España", Real Academia de Doctores, Madrid, 2005.

Llamas, M.R. (2005c) "Lecciones aprendidas en tres décadas de gestión de las aguas subterráneas en España y su relación con los ecosistemas acuáticos" Lecciones Fernando González Bernáldez nº 1, Fundación Interuniversitaria Fernando González Bernáldez, Universidad Autónoma de Madrid, 66 p.

Llamas, M.R. (2003). "El Proyecto Aguas Subterráneas: resumen, resultados y conclusiones". Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Fundación Marcelino Botín y Mundi-Prensa, Madrid, 101 pp.

Llamas, M.R. (2001). "Comentarios para la Comisión de Medio Ambiente del Congreso de los Diputados en relación con la tramitación parlamentaria del proyecto de Ley del Plan Hidrológico Nacional", en *El Plan Hidrológico Nacional a Debate* (Arrojo, P., coord.). Editorial Bakeaz, pp. 269-285.

Llamas, M.R. and Martínez-Santos, P. (2005a) "Ethical Issues in Relation to Intensive Groundwater Use" in Selected Papers on Intensive Use of Groundwater (SINEX), Sahuquillo et al. (eds.), Balkema Publishers, pp. 17-36.

Llamas, M.R. and Martínez-Santos, P. (2005b) "Intensive Groundwater Use: A Silent revolution that causes be ignored" Proceeding of the XIV World Water Week. Stockholm, 15-20 August 2004. *Water Science and Technology Series*. Vol. 51, No.8, pp.167-174. International Water Association.

Llamas, M.R. and Martínez-Santos, P. (2005c) "Intensive Groundwater Use: Silent Revolution and Potential Source of Social Conflicts". *Journal of Water Resources Planning and Management*, American Society of Civil Engineers, September/October 2005, pp. 337-341.

Llamas, M.R. and Custodio, E. (eds.) (2003) "Intensive Use of Groundwater: Challenges and

- Opportunities; Balkema Publishing Co., Dordrecht, Países Bajos, 478 p.
- Llamas, M.R., Fornés, J., Hernández-Mora, N. y Martínez Cortina, L. (2001). "Aguas subterráneas: retos y oportunidades". Fundación Marcelino Botín y Mundi-Prensa. Madrid, 529 p.
- López-Gunn, E. and Llamas, M.R. (2000). "New and Old Paradigms in Spain's Water Policy", en "Water Security in the Third Millennium: Mediterranean Countries Towards a Regional Vision". UNESCO Science For Peace Series. Vol. 9, pp. 271-293.
- Rogers, P., Llamas, M.R. and Martínez-Cortina, L. (2006) "Foreword" in Water Crisis: Myth or Reality? (Rogers et al. (eds.). Taylor and Francis Group. London, pp. IX and X,
- Sahuquillo, A., Pérez Zabaleta, A. y Candela, L. (2005) "Comentarios al Informe de Sostenibilidad Ambiental de las Actuaciones urgentes del Programa A.G.U.A. en las Cuencas Mediterráneas" [www.unizar.es/fnca/docu/docusa.pdf](http://www.unizar.es/fnca/docu/docusa.pdf).
- Sahuquillo, A., Pérez Zabaleta, A., Candela, L. y Hernández, S. (2004) "Informe sobre la Tramitación del Proyecto de Ley del Real-Decreto 2/2004 por el que se modifica la Ley 10/2001 del Plan Hidrológico Nacional. Madrid 29 de Septiembre de 2004" [www.unizar.es/fnca/docu/docusa.pdf](http://www.unizar.es/fnca/docu/docusa.pdf).
- Sánchez, A. (2003) "Major challenges for Groundwater in Spain" Water International, Vol. 28, No. 3, pp. 321-325.
- Saz, S. del, Fornés, J.M. and Llamas, M.R. (eds.) (2002) "Régimen jurídico de las aguas subterráneas", Fundación Marcelino Botín y Mundi Prensa, Madrid, 331 p..
- Shah, T. (2005) "Groundwater and Human Development: Challenges and Opportunities in Livelihoods and Environment", *Water Science and Technology*, vol. 8, pp. 27-37.
- Shah, T. Singh, O.P. and Mukherji, A. (2006), "Some aspects of South Asia's groundwater economy: Analyses of a Survey in India, Pakistan, Nepal Terai and Bangladesh", *Hydrogeology Journal*, Vol. 14, pp.286-304.
- U.S.A. Department of Interior (2006), Energy Efficiency and Renewable Energy, The

Wind/Water Nexus, Fact Sheet Series, April, 4p

Vives, R. (2003) “Economics and Social Profitability of Water for Irrigation in Andalusia”, *Water International*, Vol. 3, pp. 326-333.

Yagüe. J. (2006) “Groundwater use rights inventory in Spain: the ALBERCA program”, Proceedings of the INTERNATIONAL SYMPOSIUM ON GROUNDWATER SUSTAINABILITY, Alicante, Spain, 24-27 January 2006. Preliminar Publicación in CD-ROM by the Instituto Geológico y Minero de España. Definitive publication by the U.S.A. National Ground Water Association, [www.igme.es](http://www.igme.es), 12 p.

Yndurain, F. (2005) Energía: Presente y futuro de las diversas tecnologías. Academia Europea de Ciencias y Artes. España. 162 p.