

# LA INSERCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LOS SISTEMAS DE GESTIÓN INTEGRADA\*

M. Ramón LLAMAS  
Catedrático de Hidrogeología  
Universidad Complutense de Madrid

## ABSTRACT

Since the early hydraulic civilizations, large engineering structures have been constructed in order to develop surface water. These infrastructures and their operation made a great contribution for building the civil society; cooperation and not confrontation was necessary for the common benefit. Development of groundwater through wells and khanats was at a smaller scale and usually did not require important societal cooperation. During the first half of this century, most of the large water developments were based on surface water (dams and canals). Most of those works were constructed and operated by government agencies and heavily subsidized with public money. The second half of this century may be characterized by a strong development of groundwater, mainly in the arid and semiarid regions. This development has been performed by many small stakeholders. Although groundwater development has contributed significantly to provide food and potable water to mankind, usually it has been neither planned nor controlled by government agencies. In some places, this uncontrolled abstraction of water has given rise to problems, such as sea water intrusion in some coastal areas. For several decades it has been recognized that, when physically feasible, the conjunctive use of surface and groundwater is usually the best solution to cope with an increasing demand for water. Nevertheless, the places in which surface and groundwater are managed jointly are scarce. The official water planners of most countries undergo “hydroschizophrenia”, a “disease” or attitude which makes them to separate completely surface and groundwater, usually ignoring the latter.

(\*) Este artículo corresponde, en gran parte, a una conferencia de su autor en el X Congreso de la Asociación Brasileña de Aguas Subterráneas (Sao Paolo, 9-11 Septiembre, 1998).

The main causes of the aforementioned hydroschizophrenia are: 1) lack of hydrogeological know-how by the decision makers and the lack of education of the public in water resources which allows public officials to carry out their water policies unopposed; 2) “perverse” subsidies to the large hydraulic works; 3) legal and/or administrative situation that usually considers surface water public domain and groundwater private domain; and 4) the invisible character of groundwater, which makes its development less spectacular in the media than the grandiose dams or canals.

Nevertheless, in most arid and semiarid countries, groundwater resources play now a relevant role in water resources policy, even if some decision makers may ignore it. This lack of awareness may put in jeopardy the sustainable use of surface and groundwater. Therefore, it is appropriate to promote such awareness on the relevance of groundwater resources in order to develop them in a sustainable way. The basic principles for such groundwater development are: solidarity, subsidiarity, and participation of educated stakeholders in the decision-making processes.

## 1.- INTRODUCCIÓN

El agua, ese tan singular recurso de la naturaleza, es un elemento esencial para la existencia de cualquier tipo de vida. Ahora bien, el agua juega un papel muy destacado en muchas actividades del hombre.

No pocos consideran que los esfuerzos humanos para utilizar el agua en beneficio común fueron factores importantes para la organización de la sociedad, pues contribuyeron a buscar acuerdos de cooperación, en vez de luchas o confrontaciones. Así nacieron las denominadas civilizaciones hidráulicas (Egipto, Mesopotamia, Valle de Indus, río Amarillo en China, etc.) en algunos países áridos, en los que el regadío era esencial. Para mejorar estos regadíos, iniciados normalmente de modo natural, como en el caso del Nilo, se construyeron importantes estructuras ingenieriles (azudes de derivación, canales,...). Tanto la construcción de estas obras, como su operación y mantenimiento exigieron un trabajo solidario que se plasmó en los correspondientes acuerdos o leyes. Conviene recordar que el Código de Hamurabi (unos 1700 años a. de J.) es esencialmente una Ley de Aguas. Prácticamente todas estas estructuras ingenieriles se basaron en la derivación de aguas superficiales o en la captación de grandes manantiales.

El aprovechamiento de las aguas subterráneas mediante pozos excavados o galerías de infiltración también es muy antiguo. La Biblia hace ya referencia a los litigios de los israelitas con sus vecinos de entonces por la posesión de determinados pozos. Ahora bien, este tipo de aprovechamientos fueron –y son– frecuentemente unifamiliares o individuales y su funcionamiento no requiere, por lo general, establecer compromisos o acuerdos con otros usuarios de aguas subterráneas de la misma zona. Por ello, no puede decirse que el uso de las aguas subterráneas en la antigüedad contribuyera especialmente a la construcción u organización de la sociedad urbana o civil.

Esa situación se mantiene, aunque con ciertos avances, hasta bien entrado el presente siglo. En efecto, la primera mitad de este siglo se caracteriza por la construcción de algunas grandiosas obras hidráulicas a base de aguas superficiales. Entre las más representativas de estas obras hidráulicas están las realizadas por la agencia federal de los EE.UU., denominada U.S. Bureau of Reclamation. Esta agencia tuvo como objetivo principal la construcción de grandes presas y canales destinados a la producción de energía hidroeléctrica y al regadío en aquellos Estados de los EE.UU. situados al Oeste del río Mississippi, es decir, en zonas de clima predominantemente semiárido. La mayoría de esas grandes obras hidráulicas fueron financiadas con fondos públicos y proyectadas y gestionadas por agencias gubernamentales. Algo parecido ocurrió, con un mayor o menor desfase de tiempo, en otros muchos países, entre ellos España, en donde en los últimos 75 años se han construido cerca de mil embalses de aguas superficiales con una capacidad del orden de 50 km<sup>3</sup>.

Como antes se ha dicho, el aprovechamiento de las aguas subterráneas fue casi siempre relativamente modesto y realizado de modo inconexo e independiente por personas privadas o por pequeños municipios. Sin embargo, a partir del segundo tercio de este siglo, se produce un notable incremento del desarrollo de las aguas subterráneas. Este desarrollo se debe, fundamentalmente, a tres

factores: 1) el avance de la Hidrogeología cuantitativa, 2) la mejora en las técnicas de perforación de pozos, y 3) el invento de la bomba de turbina que puede permitir obtener caudales de agua suficientes para regar decenas, o incluso centenas, de hectáreas mediante la perforación de un pozo de menos de medio metro de diámetro (Custodio y Llamas, 1983, cap. 5.1).

Este notable y reciente desarrollo de las aguas subterráneas, por lo general, ha sido realizado por miles y miles de agentes sociales independientes. Es decir, no ha exigido un acuerdo o compromiso previo entre un grupo importante de los futuros beneficiarios de esas aguas subterráneas, como casi siempre ha ocurrido en los grandes aprovechamientos de aguas superficiales. Ese desarrollo, en general, no ha sido ni diseñado, ni construido, ni controlado, por oficinas gubernamentales o servicios públicos. Han sido los propios usuarios del agua los que, a sus propias expensas, han perforado los pozos que luego ellos mismos operan y mantienen.

Este aprovechamiento de aguas subterráneas, especialmente en los países áridos o semiáridos, ha contribuido de modo muy significativo a proporcionar alimentos (mediante regadío) y agua potable a muchas zonas económicamente deprimidas del planeta. Eso ha facilitado que amplias zonas hayan salido de la pobreza y el subdesarrollo económico.

En algunas zonas este desarrollo, con frecuencia intensivo y poco o nada controlado por las agencias gubernamentales responsables del agua, ha dado origen a diversos tipos de problemas hidrológicos o ecológicos que pueden poner en peligro la continuidad de esos aprovechamientos. Algunas veces esos problemas pueden haber sido exagerados por los funcionarios de la Administración hidrológica correspondiente, debido a la falta de formación hidrogeológica. Otras veces ha sucedido lo contrario, problemas reales graves que han sido ignorados. Los dos casos extremos suelen tener una causa común; la escasez de expertos en aguas subterráneas en la correspondiente Administración hidrológica.

En general, los problemas principales de las aguas subterráneas no proceden de su utilización excesiva, sino de su contaminación que a veces se debe a acciones que no suponen ninguna extracción de aguas subterráneas. Tales son, por ejemplo, los vertederos de sustancias tóxicas o de residuos sólidos urbanos mal ubicados; o la contaminación difusa de suelos y aguas subterráneas, a causa de la moderna agricultura (de secano o regadío con aguas superficiales) con su uso (excesivo) de fertilizantes y pesticidas.

El deterioro de las aguas subterráneas puede, con frecuencia, afectar también a las aguas superficiales, ya que el caudal de base de los ríos procede principalmente de la descarga de aguas subterráneas. Si éstas se contaminan, en un plazo mayor o menor de tiempo, los ríos también estarán contaminados. Por todo ello, para conseguir un desarrollo sostenible de los recursos hídricos es necesario conocer y, de algún modo, proteger las aguas subterráneas.

## **2.- OBJETIVO Y ENFOQUE**

Desde hace al menos tres o cuatro décadas se viene hablando con progresiva frecuencia del gran interés y del valor práctico del uso combinado, o conjunto o alternativo, de las aguas subterráneas y de las aguas superficiales.

De hecho, el uso combinado, o más frecuentemente alternado, de aguas superficiales y subterráneas funciona en muchos sitios y desde hace muchos años (cf. Llamas, 1969; Sahuquillo, 1991); sin embargo, en muy pocas regiones del mundo a escala mediana o grande, ese uso conjunto se lleva a la práctica de un modo generalizado, planeado, dirigido y controlado por alguna agencia responsable de la gestión de recursos hídricos.

Existen hoy numerosos programas informáticos (Systems to Support Decision Making) preparados para facilitar a los gestores métodos racionales para poner en práctica una utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas (Andreu and Sahuquillo, 1987; Hantush and Mariño, 1987; Basagaoglu and Mariño, 1998). Sin embargo, como acabo de decir, en muy pocos sitios esos sistemas se aplican en la práctica de un modo planificado. Lo que existe en muchos sitios es un uso alternado, es decir, sólo cuando fallan (p.e. en las sequías) las aguas superficiales, que suelen ser casi gratis para los usuarios

(pues pagan todos los contribuyentes), se acude a las aguas subterráneas, lo que supone a los agricultores un coste mayor.

Como dice McClurg (1996), el uso conjunto de las aguas superficiales y subterráneas es aparentemente un concepto fácil de entender. En tiempos de abundancia se usa el agua superficial sobrante para recargar artificialmente los acuíferos. En los tiempos de sequía, se bombean esas aguas almacenadas en los acuíferos. La idea es simple, pero su puesta en práctica es difícil, compleja y, a menudo, fuente de conflictos. Esto no quiere decir que no haya sido puesto en práctica y desde hace tiempo en algunas regiones. Entre ellas, en el Metropolitan Water District of Southern California y el Arizona Water Banking Authority. Las cuestiones técnicas sobre la capacidad del acuífero para recibir y guardar el agua de recarga deben ser adecuadamente estudiadas, pero no suelen suponer una especial dificultad. Los principales problemas suelen ser de tipo económico, legal y político. ¿Quién debe autorizar los volúmenes de agua superficial que se destinan a la recarga? ¿quién se hace cargo del coste y de la operación de las obras para realizar la recarga? ¿quién tiene derecho a utilizar el agua recargada? ¿qué tipo de organización controla y dirige la gestión?. Este tipo de cuestiones han retrasado durante muchos años la puesta en práctica de la recarga artificial en todo el mundo. Y eso a pesar de reconocer que: a) la recarga artificial es el método más eficaz de mejorar la garantía del suministro de agua; b) suele ser el menos costoso, y c) el más aceptable desde el punto de vista ambiental.

No obstante, la recarga artificial no es el único método, ni necesariamente el mejor, para gestionar el agua subterránea. De hecho, el uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas funciona en muchos lugares del mundo en los que las aguas subterráneas “naturales” sólo se bombean en los años secos y, en cambio, en los años húmedos se utilizan las aguas superficiales dejando que el acuífero se recupere de modo natural. Esta es, por ejemplo, la situación propuesta para el abastecimiento de la región de Madrid, en lugar de acudir a la construcción de nuevos embalses en regiones alejadas (cf. Llamas et al., 1996). Esta solución también es aplicada en el denominado Salt River Project, en Arizona (cf. Lluria, 1994).

Desde el punto de vista institucional y legal, las modalidades para gestionar un acuífero pueden ser muy variadas. Por ejemplo en California, que es la región del mundo en la que antes y en mayor proporción se practica el uso conjunto, se diferencian actualmente (cf. Hauge, 1998; Water Education Foundation, 1998) hasta seis métodos diferentes de gestionar un acuífero.

Este trabajo intentará contribuir a clarificar los diversos motivos (que no razones) que parecen ser la causa de la generalizada escasa gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas en casi todos los países. En realidad, esa escasa utilización conjunta o alternada no es sino un lógico corolario de la escasa atención que tradicionalmente se ha dedicado a las aguas subterráneas por las administraciones hidráulicas de casi todos los países. Es una actitud (o “enfermedad”) generalizada que, ya en 1972, un hidrólogo americano definió como «hidroesquizofrenia» (cf. Nace, 1973).

Analizadas las causas y sus importantes consecuencias, se pasará a proponer algunas medidas o tratamientos que pueden ser útiles para eliminar esta “enfermedad”, pues sin su erradicación o control puede decirse que es utópico pretender un desarrollo sostenible ni de las aguas subterráneas ni de las superficiales.

### **3.- ALGUNAS DIFERENCIAS SIGNIFICATIVAS ENTRE LOS APROVECHAMIENTOS DE AGUAS SUPERFICIALES Y SUBTERRÁNEAS**

La unidad de ciclo hidrológico fue ya científicamente establecido hace unos trescientos años y, probablemente, pocos la niegan. Eso no obsta para que en amplios sectores de la sociedad, las aguas subterráneas estén todavía rodeadas de un halo de misterio. Probablemente en casi todos los países todavía hay más zahoríes (o brujos del agua) que hidrogeólogos. El ámbito social y legal va cambiando pero, en general, muy lentamente. Fetter (1994, pág. 523 y 24) informa de una decisión judicial del año 1861 en el Estado de Ohio en la que la Audiencia, en relación con el agua subterránea en el caso de “Frazier versus Brown”, sentenció lo siguiente: “Debido a que la existencia, origen, movimiento y curso de tales aguas, así como de las causas que gobiernan y dirigen su movimiento son tan secretos, ocultos y escondidos, un intento de establecer cualquier tipo de normas legales con respecto a estas aguas, sería prácticamente

imposible”. Hubo sentencias parecidas en otros Estados de los EE.UU. Sin embargo, las cosas parecen ir cambiando. Según el mismo autor, en otro pleito también en la Audiencia del Estado de Ohio, en 1984 –es decir, más de un siglo después– en el caso de “Cline versus American Agregates” sentenció: “El conocimiento científico en el campo de la Hidrología en la década pasada ha avanzado hasta el punto que las superficies freáticas y los manantiales son más fácilmente descubribles. Este conocimiento puede establecer la relación entre la causa y el efecto de la extracción de agua subterránea y el nivel del agua. De este modo, la responsabilidad puede ser objetivamente asignada gracias a estos avances que faltaban lamentablemente cuando esta Audiencia sentenció sobre el caso ‘Frazier’ hace más de un siglo”. Si esto ha ocurrido en uno de los países más avanzados en Tecnología, no es de extrañar la situación en otros muchos países.

Puede darse también otra postura extrema: la de considerar que las aguas subterráneas puedan gestionarse casi exactamente igual que las aguas superficiales. Lo cual puede conducir a actuaciones desafortunadas. Esto es lo que básicamente ha ocurrido en España en la nueva Ley de Aguas de 1985. Esta Ley fue hecha desde una “óptica superficial” y su aplicación a las aguas subterráneas –que declaró de dominio público– está teniendo múltiples problemas (cf. Custodio y Llamas, 1997; Llamas, 1997). Parece, pues, conveniente destacar algunas diferencias entre el comportamiento de las aguas superficiales y subterráneas que tienen especial incidencia para conseguir una gestión adecuada de este recurso.

### **3.1.- Diferencias en características físicas y químicas**

En la mayor parte de los acuíferos las aguas subterráneas se mueven con gran lentitud. Su velocidad casi siempre es inferior a 1 m/día. En cambio, las aguas superficiales fluyen en los ríos con velocidades del orden de 100 km/día, es decir, unas 100.000 veces más altas que las de las aguas subterráneas. Ahora bien, el flujo de aguas superficiales o subterráneas que fluye a través de una sección del terreno puede no ser tan distinto ya que el agua superficial circula por unos cauces de sección muy pequeñas en comparación a la sección del acuífero a través de la cual fluyen las aguas subterráneas.

En cambio, el agua almacenada en superficie (lagos, embalses artificiales y ríos) es muy pequeño en comparación con el volumen de agua dulce almacenada en los primeros dos o tres km de la corteza terrestre. Con frecuencia, en muchos países el agua subterránea dulce almacenada y extraíble en los acuíferos suele ser del orden de diez a cien veces superior al agua almacenada en los lagos naturales y/o en los embalses hechos por el hombre; tal es, por ejemplo, el caso de California, donde hoy es generalmente admitido que el agua dulce extraíble almacenada en sus acuíferos es del orden de veinte veces superior al agua máxima que puede ser almacenada en los embalses superficiales con una capacidad del orden de 50 km<sup>3</sup> (cf. Water Education Foundation, 1998).

Esto hace que el tiempo medio de tramite de una partícula de agua en un embalse o lago superficial y en un acuífero sea muy distinto, desde semanas a meses en un lago, a decenios y hasta milenios, en la mayor parte de los acuíferos.

Este mayor almacenamiento del agua subterránea la suele conceder, por decirlo así, una gran inercia de modo que los acuíferos o embalses subterráneos sufren menos las “veleidades” o “caprichos” del clima. Esta característica de las aguas subterráneas es muy importante desde el punto de vista práctico, especialmente al programar acciones para mitigar los efectos de la sequía (cf. Brumbaugh et al., 1994; Dzieglewski et al., 1993; Llamas, 1997).

En muchas regiones como California y España, el gran sistema existente de embalses de aguas superficiales suele plantear serios problemas de escasez de agua si se producen tres o cuatro años seguidos de sequía; sin embargo, para ese mismo plazo de tiempo los cambios en los acuíferos o embalses subterráneos suelen ser poco relevantes. Cada día hay una mayor conciencia de que hablar de caudales o aportaciones medias (superficiales) en una cuenca hidrográfica tiene poco sentido desde el punto de vista de mitigar las secuencias secas que, en los climas mediterráneos, pueden bien durar 4 o más años seguidos. Por ejemplo, ya en la actualización del Plan Hidrológico de California de 1993, y también en la de 1998, se distinguen dos situaciones: una normal y otra en tiempo de sequía (cf. California Department of Water Resources, 1998).

Por otra parte, pretender controlar la irregularidad de las aportaciones fluviales esencialmente mediante la construcción de nuevos embalses puede no ser viable tanto desde el punto de vista económico y ecológico, como del hidrológico, ya que en los grandes embalses hiperanuales las pérdidas por evaporación pueden ser muy significativas. Se estarían construyendo embalses, por decirlo así, para “dar de beber al sol”, ya que una parte relevante del agua almacenada sería evaporada sin producir un uso económico, como parece ser en el caso del mayor embalse español (cf. Arrojo et al., 1997). Shiklomanov (1998, pág. 21 y 28) considera que las pérdidas de agua dulce por evaporación en los embalses no suelen ser tenidas en cuenta y, sin embargo, pueden ser muy importantes. De hecho, este autor estima que estas pérdidas por evaporación en los embalses son mayores que los usos mundiales para abastecimiento e industria.

Otra diferenciación muy relevante entre las aguas superficiales y subterráneas es su vulnerabilidad a la contaminación y su posible recuperación una vez contaminadas. Las aguas superficiales, como es bien sabido, son muy sensibles a los vertidos de sustancias tóxicas. Como ya se dijo, una partícula de agua (contaminada o no) viaja en un río con una velocidad típica del orden de 100 km/día. Eso supone, por ejemplo, que un vertido tóxico en la cabecera del río Rin en Suiza estaría en la desembocadura del río en Holanda en un par de semanas, aproximadamente. En cambio, las aguas subterráneas contaminadas se mueven con extraordinaria lentitud y antes de que un vertido contaminante en un acuífero, por ejemplo, por fugas de un tanque de gasolina, aparezca en un manantial, pozo o río pueden fácilmente transcurrir algunos años. En ocasiones, cuando se ha detectado una contaminación de aguas subterráneas, el agente causante de la contaminación –por ejemplo, una filtración de un tanque enterrado de sustancias tóxicas- puede no existir física o legalmente.

La descontaminación de un acuífero suele ser un proceso muy largo y muy costoso; a veces, prácticamente irreversible. En una declaración de la Unión Europea (25.XI.96) se indicaba que la contaminación de las aguas subterráneas era el principal problema de la política del agua en Europa. Esa contaminación suele deberse esencialmente a los usos del terreno y no a la extracción de aguas subterráneas para regadío. Tal es el caso de la severa contaminación por nitratos que padecen numerosos acuíferos en el Reino Unido, Holanda, Dinamarca y Alemania, donde el regadío (con aguas superficiales o subterráneas) es muy reducido.

Otro “hidromito” frecuente entre los ingenieros hidráulicos clásicos es el de suponer –en virtud de la “sacrosanta” unidad del Ciclo Hidrológico- que todo bombeo de aguas subterráneas afecta de modo prácticamente instantáneo a un curso de agua o a un lago o embalse. Olvidan estos ingenieros que el “factor de afectación de un pozo es, de modo aproximado, proporcionalmente inverso al cuadrado de la distancia del pozo al río y al coeficiente de almacenamiento del acuífero y proporcionalmente directo a la transmisividad del acuífero” (cf. Custodio, 1992 y 1993). Esto puede suponer en muchos casos que un bombeo situado a unos kilómetros de distancia de un río, en un acuífero libre y no muy permeable, puede tardar bastante años antes de que el caudal extraído afecte sensiblemente al río. En cambio, si se trata de un pozo muy próximo a un curso de agua y de un acuífero muy permeable, la afección al río será sensible al cabo de pocas horas. En resumen, cada caso hay que estudiarlo de modo individual sin caer en peligrosas simplificaciones o generalizaciones.

### **3.2.- Diferencias en aspectos sociales y económicos**

Aunque más adelante se volverá sobre estos aspectos, es importante destacar tanto su importancia como la escasez de datos socio-económicos relacionados con la política del agua, que existe en casi todos los países (United Nations, 1997, par. 127). Normalmente los grandes proyectos hidráulicos con aguas superficiales han sido promovidos, proyectados, construidos y financiados por agencias públicas y con dinero público. Eso ha solido exigir largas negociaciones previas. Los usuarios de esas aguas, si son muchos, como suele ser en los proyectos de regadío, han tenido que asociarse antes de algún modo. El tiempo transcurrido para que uno de esos grandes proyectos esté en pleno funcionamiento es, fácilmente, de treinta años o más.

Como contraste, la explotación de las aguas subterráneas ha solido ser, por lo general, fruto de la iniciativa privada o de los pequeños municipios o de las industrias. El número de captaciones en un acuífero con cierto grado de aprovechamiento puede fácilmente ser entre 1 y 5 pozos por km<sup>2</sup>. Esto quiere

decir que en un acuífero de 1.000 km<sup>2</sup> (un tamaño no muy grande) existen fácilmente varios miles de usuarios o beneficiarios que, por lo general, explotan ese recurso sin ninguna coordinación entre ellos. Entre otras razones porque son ellos mismos los que han financiado todos los gastos para la construcción, la operación y el mantenimiento de sus pozos.

Es universalmente conocido que los regadíos con aguas superficiales suelen ser muy poco eficaces. La FAO suele considerar (cf. Klohn et al., 1998) que en los cultivos de regadío las plantas sólo utilizan el 40% del agua que se les reserva o destina. Ello es debido a una serie de causas entre las que destacan el hecho de que el precio muy bajo del agua superficial de regadío no induce a su buen uso. Es cierto que no toda el agua excedente se pierde inútilmente, pues un porcentaje no pequeño vuelve a los cursos de agua bien sea casi directamente, por los drenajes, bien a través de los acuíferos; de este modo que esa agua “perdida” es aprovechada por otros usuarios de aguas abajo. Sin embargo, no hay duda de que este no es un buen procedimiento, ya que a lo largo de ese “reciclaje del agua”, aumenta mucho su contenido en sales y sustancias contaminadas. La cuenca del río Segura en España y del río Colorado en los EE.UU. son dos casos clásicos de empeoramiento de la calidad de sus aguas por los flujos de retorno de los regadíos.

En general, parece que en los países meridionales de la Unión Europea el inventario de los aprovechamientos de las aguas subterráneas es bastante deficiente. Por ejemplo, la actual Ley de Aguas de España (1985) quiso organizar el Catálogo (de aguas privadas anteriores a la Ley) y el Registro (de aguas públicas), pero después de trece años, la situación de ambos inventarios de aprovechamientos de aguas subterráneas tiene un retraso considerable (ver Llamas, 1997, y MIMAM, 1998). En otros muchos países semiáridos menos desarrollados es lógico suponer que la situación puede ser todavía peor.

En los países en vías de desarrollo los regadíos con aguas superficiales, a veces, han contribuido a la propagación de enfermedades como la malaria, la filariasis y la bitharzia (Klohn et al., 1998). Este problema no se da prácticamente nunca en los regadíos con aguas subterráneas y es una de las razones por las que los abastecimientos urbanos e industriales suelen preferir el agua subterránea. España constituye una excepción de esta regla general (cf. Llamas, 1998c, y Llamas et al., 1996).

En los últimos años, y quizá de modo más intenso desde la última gran sequía de California (años 1987-1992) se viene hablando con mucha frecuencia de la oportunidad de introducir un “mercado del agua” como forma de resolver o mitigar los conflictos organizados por la escasez de agua, especialmente en periodos de sequía. El tema en sí es complejo y se refiere especialmente a las aguas de dominio público, es decir, a las aguas superficiales. Cuando las aguas subterráneas son de dominio privado ese mercado del agua ya existe. Tal es en España la situación de la mayor parte de los aprovechamientos de aguas subterráneas realizadas antes de la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1985. Un buen análisis del funcionamiento de estos mercados del agua en España, y especialmente en el archipiélago canario, podría tener un notable interés. En 1997, el Ministerio de Medio Ambiente de España presentó una propuesta de modificación de la Ley de Aguas de 1985 para, entre otras cosas, introducir el Mercado del Agua (cf. Llamas, 1997). Esta reforma ha encontrado bastante oposición en no pocos sectores sociales y, de hecho, de momento está parada.

No es ahora ocasión para tratar del mercado del agua pero, de acuerdo con Howitt (1998), uno de los autores que más ha tratado este tema, diremos que: “los mercados del agua tienen un fuerte y creciente papel que jugar en la resolución de los conflictos hídricos, pero constituyen sólo una parte del proceso de resolución y no su sustituto. De hecho, los mercados del agua rara vez surgen de modo espontáneo sino que, por lo general, emergen como parte de una negociación para resolver un problema político o hidrológico”.

#### **4.- LA EVOLUCIÓN EN LA UTILIZACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS**

La documentación sobre los usos del agua suele ser incoherente, confusa, irregular, incluso entre los países de la Unión Europea, como se ha puesto nuevamente de manifiesto en múltiples reuniones técnicas organizadas por la Unión Europea con objeto de llegar a una política de agua común.

La Agencia Europea de Medio Ambiente y la Conferencia Europea de Estadística parecen estar trabajando para resolver este problema. Es algo que, en cierto modo, ya fue resuelto hace un par de décadas por los EE.UU. donde cada cinco años el U.S. Geological Survey publica una detallada estimación de los usos del agua en ese país. En Solley et al. (1993), puede verse la última estadística completa publicada referente a 1990. La estimación preliminar del uso del agua en los EE.UU. en 1995 ha sido publicada recientemente (Solley, 1997).

Al ser tan deficiente la información sobre los usos del agua, en general, y del agua subterránea, en particular, no he considerado oportuno tratar de resumir aquí, en una tabla, los usos del agua subterránea de acuerdo con algunas enciclopedias clásicas, como las de van der Leeden (1990) o Gleick (1993). Al fin y al cabo, sería contribuir a difundir la “ilusoria fiabilidad” que tienen esos datos de acuerdo con Gleick (1993).

Es frecuente que en muchos de los últimos trabajos de carácter internacional sobre la crisis del agua o sobre el desarrollo hidrológico sostenible, publicados por Naciones Unidas, no se distinga entre el uso de las aguas superficiales y subterráneas. Por ejemplo, en el reciente “Comprehensive Assessment of the Fresh Water Resources of the World. Report of the Secretary General” (United Nations, 1997) no se distinguen los usos de las aguas subterráneas de las aguas superficiales.

Con motivo del último día mundial del agua de las Naciones Unidas, 22 de marzo, el Gobierno francés organizó en París (19-21 marzo, 1998) una Conferencia Internacional sobre “Agua y Desarrollo Sostenible”. Entre la abundante documentación producida con motivo de esa Conferencia, tampoco se encuentra ni una estadística ni un tratamiento específico de las aguas subterráneas. Esa documentación puede obtenerse en la “home page” de la Office International de l’Eau (<http://www.eaudd.com>). Sin embargo, es positivo ver que en el mensaje que para ese día envió el Secretario General de las Naciones Unidas, se pone el énfasis en la necesidad de prevenir la contaminación de las aguas subterráneas (Annan, 1998).

Se plantea, pues, un difícil dilema: ¿cómo hacer una previsión de los usos del agua futuros cuando conocemos tan mal los usos del agua actuales? La solución a corto plazo no parece fácil. Hay que huir tanto de optimismos infundados como de “profecías maximalistas”. Por ejemplo, en el ya mencionado informe de las United Nations (1997, par. 84) se dice: “aunque hay una gran incertidumbre acerca de las necesidades futuras de agua, es claro que todos los sectores tendrán una demanda creciente y que ya hay ‘stress’ en muchas regiones del mundo”. Shiklomanov (1998), en su último trabajo estima que la demanda de agua de 1995 a 2025 aumentará un 38% en el mundo, y un 20% en Norte América.

Sin embargo, casi al mismo tiempo, Solley (1997) y referido a los usos del agua en los EE.UU. dice lo siguiente: “Los usos totales en 1995 fueron un 2% menor que en 1990 y un 10% menor que en 1980, que fue el año de uso más alto en los EE.UU. Estas estimaciones indican que el uso del agua decreció de 1980 a 1995, aunque la población continuó aumentando en el mismo periodo”. Evidentemente, la situación de los EE.UU. no es extrapolable al resto de los países, pero sí es una llamada de atención a la hipótesis de que los usos van a continuar aumentando como hasta ahora, especialmente si comienza a imponerse la idea de que los usuarios deben pagar, al menos, una parte esencial de las obras hidráulicas necesarias para llevarles el agua. Cuando el precio es casi nulo, la demanda es casi infinita. Esto no ocurre en los regadíos con aguas subterráneas. Por ello, es tan importante tener datos fidedignos (hidrológicos, económicos y sociológicos) sobre estos regadíos. Ese análisis debería ser hecho en todos los países, pero de modo especial en aquellos de escasos recursos económicos y de escasos recursos hídricos. En estos países, según United Nations (1997, par. 84) “es claro que la escasez de recursos hídricos será un factor limitante pues en ellos será difícil y caro aumentar los recursos disponibles mediante la construcción de nuevos embalses superficiales”. Vemos, pues, que las Naciones Unidas en su informe de 1997 ni siquiera hace una alusión al posible papel de las aguas subterráneas para resolver esos problemas.

Por lo general, no hay un tratamiento específico y cuantitativo sobre los aprovechamientos de aguas subterráneas pero, a veces, se encuentran interesantes excepciones. Por ejemplo, en Klohn et al. (1998) se puede leer lo siguiente:



“Aunque los sistemas más grandes de regadío se hacen con aguas superficiales, el agua subterránea tiene un papel estratégico. Como su garantía de suministro es mayor que la de las aguas superficiales, los regadíos basados en agua subterráneas suelen tener un mayor rendimiento. El agua subterránea constituye también un recurso de reserva cuando la sequía reduce la disponibilidad de agua superficial. Los agricultores acceden al agua y la extraen de modo individual, por ello tienen su gestión directa con la correspondiente atención a su mantenimiento y a los costes. El agua subterránea normalmente es sana y no implica peligro de enfermedades hídricas. El acceso al agua subterránea es con frecuencia un factor crítico que permite a las poblaciones rurales salir de la pobreza, pues este recurso puede ser conseguido cerca de donde va a ser utilizado”.

Un dato concreto (cf. Llamas, 1998 a) que viene a confirmar este párrafo es la situación en España, donde el regadío total es de 3,5 millones de ha. De éstas, 2,5 se riegan con aguas superficiales y utilizan unos 20 km<sup>3</sup>/año de agua, es decir, una dotación de 8.000 m<sup>3</sup>/ha. El millón de ha restante se riega con aguas subterráneas con un bombeo de 4 a 5 km<sup>3</sup>/año, es decir, con una dotación de unos 4.500 m<sup>3</sup>/ha. Pues bien, lo más interesante es saber que con esos 4 ó 5 km<sup>3</sup> de agua se produce más en valor monetario y en puestos de trabajo que con los 20 km<sup>3</sup> de aguas superficiales. Así pues, en España el rendimiento socio-económico de los regadíos con aguas subterráneas viene a ser unas cuatro o cinco veces superior al de los regadíos con aguas superficiales.

Esos mismos autores insisten en los peligros que entraña la explotación de las aguas subterráneas con un énfasis que, en mi opinión, no responde a la realidad en la mayoría de los casos. Dicen lo siguiente: “El uso del agua subterránea para el regadío está próximo a su límite explotable en muchos países donde se da un bombeo excesivo en las proximidades de centros urbanos o en zonas agrícolas de alto rendimiento. Ya quedan pocos recursos hídricos subterráneos por explotar. Además, por las mismas razones que este recurso es atractivo para el regadío, este recurso está fuertemente solicitado para usos urbanos. Los principios tecnológicos para la gestión de acuíferos son bien conocidos pero el marco socio-económico adecuado para su aplicación, con frecuencia, no existe. El resultado, a veces, es una sobreexplotación del acuífero de tipo mercantil que a menudo se traduce en la perforación de pozos cada vez más profundos hasta que sólo unos pocos usuarios de cosechas o de acciones de gran valor sobreviven la competición”.

Como en la cita anterior, con relativa frecuencia se alude a la “fragilidad” de las aguas subterráneas. Se ha difundido así el “hidromito” (cf. Custodio y Llamas, 1997) de que el agua subterránea es un recurso especialmente delicado –de “mírame y no me toques”-. De hecho, los gestores del agua suelen considerar que es preferible –cuando sea posible- ir a soluciones a base de aguas superficiales. Esta visión no parece responder a la realidad, al menos de modo generalizado.

Por ejemplo, este autor no conoce todavía ningún caso en el que la explotación intensiva de un acuífero de tamaño medio o grande haya terminado en un desastre económico o social. La única excepción puede ser la salinización de algunas zonas costeras, pero este proceso casi siempre está causado por una mala ubicación de los pozos de extracción y no por una extracción excesiva (cf. Llamas, 1998b). Y esto es así también en los países no desarrollados, como se puso de manifiesto en las Jornadas que sobre este tema organizaron las Naciones Unidas en Canarias (cf. Custodio y Dijon, 1991).

Sin embargo, los casos de proyectos de regadíos con aguas superficiales fracasados o seriamente deteriorados son numerosos. Por ejemplo, el costoso regadío de Chira- Piura en Perú quedó seriamente perjudicado debido a la reducción del volumen de su principal embalse, el de Poechos. La capacidad inicial de este embalse (unos mil millones de metros cúbicos) quedó sensiblemente reducida a los aportes sólidos traídos en las primeras inundaciones de El Niño, después de su construcción.

Klohn et al. (1998) y otros varios autores suelen indicar que el principal fracaso de los sistemas de regadío suele ser el encharcamiento y/o la salinización de suelos. El World Resources Institute (citado en Klohn et al., 1998) considera que hay en el mundo entre 80 y 110 millones de ha de terreno cultivable afectados por problemas de encharcamiento y/o salinización de suelos y está debido a un mal drenaje junto con una aplicación excesiva de agua de regadío. Recordemos que esa cifra supone entre el 25 y el 35% de toda la superficie agrícola mundial regada. En su reciente informe oficial sobre el agua, Las Naciones Unidas (1997) repetidas veces aluden al serio problema de la salinización y encharcamiento de suelos en

los regadíos mal diseñados, pero consideran que los suelos afectados son sólo el 20% de los 250 millones de ha que se riegan en todo el mundo. Este hecho, por otra parte, es bien conocido desde hace muchos años (cf. Custodio y Llamas, 1973) y, en ocasiones, como en los regadíos del Punjab (Pakistán), el problema se ha resuelto haciendo descender el nivel freático mediante la extracción de agua subterránea que, a su vez, se emplea para regar.

El proceso de la salinización/encharcamiento de los suelos (a consecuencia de regadíos con aguas superficiales mal diseñadas) no es un fenómeno exclusivo de países en vías de desarrollo. Así, por ejemplo, los problemas de salinización de suelos y de impacto ecológico en los regadíos de la vertiente occidental del Valle de S. Joaquín, en California, han dado lugar a una abundante literatura científica y sociológica (cf. Sudman, 1998; Tanji, 1991; California Water Resources Department, 1998), pero sigue sin encontrarse todavía una solución clara. En algunas ocasiones la raíz del problema está en que para “demostrar” que los proyectos son económicamente atractivos, se suele “olvidar” el sistema de drenaje. Es un problema que aparece unos años después de la inauguración. Según Klohn (comunicación personal), el drenaje agrícola requiere una organización social eficaz. Funciona en el norte de Europa, con dificultad funciona en los EE.UU., y ha dejado de funcionar en los países ex-comunistas, donde las grandes explotaciones colectivas han sido entregadas a los agricultores pero sin resolver el problema del drenaje.

## **5.- LA “HIDROESQUIZOFRENIA” Y SUS CAUSAS**

### **5.1.- Aspectos generales**

Como ya se ha dicho, el desarrollo que han tenido los aprovechamientos de aguas subterráneas en el último medio siglo ha sido muy importante, pero rara vez ha sido tenido en cuenta adecuadamente por los responsables de la política del agua en el respectivo país.

A modo de ejemplo, veamos lo sucedido en España. La década de los sesenta fue una época de gran desarrollo económico e industrial. Es la época de los “planes de desarrollo”. En esos años se preparó el que se puede considerar es el primer Plan Hidrológico español, que fue una parte del Plan de Regadíos. Fue aprobado en 1966 y publicado en 1967. Este autor formó parte de la Comisión que elaboró ese Plan; y presentó a esa Comisión lo que puede considerarse la primera evaluación cuantitativa de los recursos y reservas de aguas subterráneas en España. Esa evaluación no fue aceptada por la Comisión para ser incluida en el Plan y este autor la publicó, a título personal, en una revista científica en 1966. En la década de los setenta ya se publicaron otras evaluaciones similares por el Instituto Geológico y Minero de España y por otros autores (cf. Llamas 1985).

En 1993 el Ministerio de Obras Públicas hizo pública su propuesta de Plan Hidrológico Nacional (PHN), en la que ya aparecen evaluados los recursos de aguas subterráneas, sus usos y/o problemas. Esto supuso un sensible avance en relación con la situación en la década de los sesenta, pero el PHN tenía algunos errores notables (cf. Llamas, 1994). Por éste y otros motivos, esa propuesta de PHN fue prácticamente retirado. El nuevo Gobierno que comenzó en 1996 todavía no ha presentado su PHN. Ha anunciado repetidas veces que pronto va a presentar para su discusión un Libro Blanco sobre el Agua en España, que cuando se escriben estas líneas (agosto 1998) todavía no está disponible. El Ministerio de Medio Ambiente sí ha puesto en circulación, desde 1997, una propuesta de modificar la actual Ley de Aguas de 1985. Esta propuesta trata de modo claramente insuficiente la problemática de las aguas subterráneas (cf. Llamas, 1998 a). En resumen, aunque en España, en los últimos treinta años ha habido avances significativos en la consideración de las aguas subterráneas en la política nacional del agua, la situación todavía dista bastante de ser aceptable. Estos avances se han debido en no pequeña parte a la actuación del Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos (cf. Custodio et al., 1998). No conozco los detalles de la situación en otros países, pero me parece que el caso español ni es único ni es el peor de los países que integran la Unión Europea. La situación en la mayor parte de los países en vías de desarrollo probablemente será peor.

Vemos, pues, que esa actitud de separar el análisis y gestión de las aguas superficiales del análisis y gestión de las aguas subterráneas, por lo general con olvido de las segundas, es casi universal. Como antes se dijo, esta actitud fue calificada como “hidroesquizofrenia” en 1972 por Raymond Nace, un

conocido hidrólogo americano. Un año más tarde, este autor hizo un primer análisis de esta enfermedad en España, que fue luego actualizado en otros nuevos análisis (Llamas, 1985, 1994, 1997).

En lo que sigue, se considerarán brevemente y a nivel genérico cuáles suelen ser las causas generales de esa “enfermedad”. A esas causas generales suelen añadirse otras específicas de cada país que pueden ampliar, como ha ocurrido en España, los efectos de la “enfermedad” (cf. Llamas, 1985).

### **5.2.- La falta de educación hidrogeológica, como causa de la “hidroesquizofrenia”**

La Hidrogeología es una ciencia o tecnología relativamente joven. En sus aspectos cuantitativos tiene poco más de un siglo. En numerosos países, durante las dos o tres últimas décadas, el número de investigadores y/o profesores universitarios dedicados a la Hidrogeología ha aumentado mucho. Por ejemplo, en la Universidad española, la primera plaza de profesor estable (con “tenure”) de Hidrogeología fue ocupada en 1971. Hoy hay más de 50 profesores estables de Hidrogeología en las Universidades españolas y ese número es probable que siga aumentando en los años próximos. Como contrapunto de esta expansión de la Hidrogeología hay que hacer notar que frecuentemente es reducida la atención prestada a la enseñanza de la Hidrogeología en buena parte de las Escuelas Superiores de Ingeniería Civil de España, donde todavía la planificación hidrológica y la política del agua suelen ser dirigidas por ingenieros civiles. Esta es una situación frecuente en muchos, por no decir, casi todos los países.

También hay que hacer notar que ese cambio en la educación hidrogeológica apenas ha llegado al gran público para el que, en general, las aguas subterráneas siguen siendo algo misterioso, casi imposible de conocer. Recordemos de nuevo que una Ley de un Estado de los EE.UU. dice que no se puede legislar sobre el posible impacto o afección que produce un bombeo ya que el origen y movimiento de las aguas subterráneas es algo imposible de conocer. Y esto ocurre en una de las regiones del mundo con mayor nivel económico y no de un país en vías de desarrollo.

Se impone, pues, un aumento del esfuerzo realizado para la educación del gran público incluida, por supuesto, la escuela primaria. Cada año, y en muchos países, aparecen nuevos programas educativos sobre el agua, pero no son suficientes todavía. Estos programas han sido diseñados y distribuidos tanto por entidades públicas como por organizaciones privadas o no gubernamentales. Entre estas últimas me parece interesante mencionar la “Guía sobre el agua subterránea” del Water Education Foundation (1998) o el folleto sobre los problemas del agua en California (cf. Sudman, 1997) también del Water Education Foundation. El U.S. Geological Survey ha publicado numerosos folletos de divulgación y últimamente un programa educativo “Water Science for Schools” (ver home page: <http://www.ga.usgs.gov/edu/mwater.html>). Otros proyectos similares cada vez más ambiciosos y mejor diseñados pueden aparecer en fechas próximas; tal parece ser el que está promoviendo el Stockholm Environment Institute, titulado “Water Planet” (ver home page: <http://www.waterplanet.se>). Estos programas se refieren tanto al agua superficial como a la subterránea.

### **5.3.- Las “subvenciones perversas” como causa de “hidroesquizofrenia”**

Después de más de treinta años tratando de estos temas, hace ya cuatro años llegué a la conclusión de que la principal, aunque no única, causa de la “hidroesquizofrenia” es que los aprovechamientos de aguas subterráneas suelen tener una protección económica o subvención mucho menor, a veces nula, en comparación con las importantes ayudas económicas procedentes de fondos públicos que han tenido y tienen la casi totalidad de las grandes obras hidráulicas (cf. Llamas, 1997).

Bastantes autores hemos venido insistiendo desde hace años en que los aprovechamientos que utilizan aguas subterráneas suelen ser económicamente más ventajosos que los que utilizan aguas superficiales. Sin embargo, para el usuario directo del agua, esto muchas veces no es así, ya que los gastos de construcción y a veces también los de mantenimiento y operación del sistema, no son por cuenta del beneficiario de esa agua, o si lo son es en una pequeña proporción. Esos costes son transferidos al erario público por procedimientos más o menos directos. Esta situación no es específica de España, sino que ocurre en casi todos los países (cf. Myers and Kent, 1998; Llamas, 1998 a y c).

La Comisión de la Unión Europea está preparando una Nueva Directiva-Marco sobre el Agua, que incluye un artículo exigiendo que el beneficiario del agua debe pagar todos los costes incurridos para proporcionarle esa agua (incluidas también las externalidades). Hay que decir, sin embargo, que este artículo del “full cost” está encontrando una fuerte oposición en muchos estados miembros de la U.E. y es difícil predecir cómo quedará su redacción final. Esta oposición se debe, principalmente, a los agricultores de los estados miembros mediterráneos que sostienen que sus regadíos no pueden ser competitivos si tienen que pagar el coste real del agua. Esto, evidentemente, no es así, al menos con carácter general, ya que los regantes con aguas subterráneas pagan normalmente el “full cost” del agua que utilizan. Por otra parte, esa agricultura con aguas subterráneas suele ser la más valiosa económicamente. Además, como Myers and Kent (1998) exponen, estas subvenciones a las grandes obras hidráulicas no sólo son perjudiciales para la economía sino también para el medio ambiente. Sin embargo, la influencia de los grupos interesados en que se mantenga ese sistema tradicional de agua de regadío quasi-gratuito son muchos y fuertes, como en referencia a España he escrito recientemente (cf. Llamas, 1997 y 1998a).

Finalmente, dada la relativa frecuencia con la que los medios de comunicación dan noticia de políticos corruptos que han recibido dinero ilegal por la adjudicación de grandes obras hidráulicas, no puede desecharse que en algunos casos esto sea un motivo para que esos políticos prefieran las grandes obras hidráulicas a su equivalente solución en aguas subterráneas.

Sin embargo, los factores económicos no constituyen siempre el núcleo de los problemas hídricos. Es bien sabido que, con frecuencia, los problemas del agua tienen un fuerte comportamiento emocional. En junio de este año, un conocido profesor de hidrogeología de Israel publicó, en hebreo, un sugerente artículo titulado “Una fábula sobre el Agua” (Issar, 1998). En él sostiene que las discusiones sobre el agua subterránea de la zona de los montes de Judea, que es objeto de diversas discusiones entre israelitas y palestinos, tiene muy poca relevancia económica. En su “fábula” dice Issar que los 200 millones de metros cúbicos en discusión podrían ser sustituidos por agua del mar desalinizada (con coste de unos 200 millones de dólares/año, lo que equivale al 0,4% del Producto Nacional Bruto) y que, además, estos 200 millones de dólares podrían ser recuperados con creces si en el acuerdo con los palestinos se reduce sensiblemente el robo anual de unos 40.000 coches propiedad de israelitas, que suele ser atribuido a los palestinos. No es probable que la tesis de Issar sea admitida por los responsables de Israel. Tampoco se puede ignorar que esta “emocionalidad” del agua puede ser manipulada con fines políticos o económicos.

#### **5.4.- La organización legal/administrativa como causa de “hidroesquizofrenia”**

Para algunos, una causa importante de “hidroesquizofrenia” en muchos países es que: a) las aguas subterráneas no son de dominio público, sino que esencialmente pertenecen al dueño del terreno en el que está localizada la correspondiente captación; b) la administración hidrológica puede estar dividida entre varias Agencias o Departamentos; por una parte, algún Departamento (Obras Públicas, Agricultura, Planeamiento, Medio Ambiente) se ocupa de las aguas superficiales y, por otra parte, las aguas subterráneas son controladas, con mayor o menor rigor, por un Instituto o Servicio Geológico dependiente de otro Ministerio.

Estos factores pueden contribuir a producir “hidroesquizofrenia”, pero casi nunca son su causa principal. La idea de que una Administración única del agua puede resolver todos los problemas y que el agua debe ser de dominio público suele ser una aproximación simplista cuya aplicación puede ser incluso contraproducente.

Eso es lo que ha ocurrido en España donde “teóricamente” tanto las aguas superficiales como las subterráneas son ahora gestionadas por los Organismos de cuenca y donde las aguas subterráneas fueron declaradas de dominio público con la nueva Ley de Aguas de 1985. Ya entonces, escribí (cf. Llamas, 1985) que en España la declaración de dominio público no era ni necesaria ni suficiente. La situación caótica administrativa y legal en la que actualmente se encuentra la administración de las aguas subterráneas en España ha venido a darme la razón. Por ejemplo, en un reciente estudio del Ministerio de Medio Ambiente (1998) se estima que la “clarificación jurídica” de los pozos situados en acuíferos de elevada sobreexplotación exige una inversión del orden de 2000 millones de pta. Por “clarificación jurídica” parece entenderse las labores de registrar las captaciones y determinar qué caudal de agua pueden extraer. La

realidad es que esa cifra habrá que multiplicarla, al menos, por dos y que los acuíferos objeto de esta “clarificación jurídica” son sólo 76 sobre un total de más de 400 acuíferos españoles.

Como contraste, y visto de modo muy esquemático, es interesante consignar lo ocurrido en California, un país que tiene una notable semejanza hidrológica y en los usos del agua con España. En California, las aguas subterráneas son esencialmente privadas y las posibles actuaciones sobre los acuíferos declarados sobreexplotados no corresponden, en general, al Department of Water Resources de California ni al Water Resources Control Board, que son los principales organismos con competencias en materia de aguas. Las actuaciones que exigen una gestión conjunta de las aguas subterráneas corresponden a organismos o asociaciones de nivel local o regional. En 1994, el Congreso de California aprobó la denominada Ley AB3030 cuyo objetivo es dar incentivos para la creación “voluntaria” de “groundwater management districts”, que continuarán gestionándose a nivel no estatal. Para algunos, esta falta de planificación central es una causa principal de los problemas del agua en California, que no son pocos. La realidad es que California es la región del mundo en la que desde hace treinta o cuarenta años se practica más la utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas, lo cual puede hacerse hasta con seis modalidades diferentes (cf. Bachman et al., 1997; Hauge, 1999; Mc Clurg, 1996; California Department of Water Resources, 1998), de acuerdo con las circunstancias legales de cada acuífero.

Una situación sólo relativamente similar puede encontrarse en el vecino estado de Arizona que promulgó en 1980 una nueva Ley sobre las aguas subterráneas. Arizona es una región que, como su nombre indica, es predominantemente árida. La nueva Ley se caracteriza por su respeto a los derechos adquiridos o “the grandfather rights” y por el fomento del uso conjunto del agua superficial y subterránea en distintas modalidades pero, especialmente, mediante la recarga artificial de acuíferos (cf. Lluria and Fisk, 1994).

En resumen, es indudable que la situación administrativa/legal de las aguas subterráneas tiene un impacto en la gestión de las aguas subterráneas, pero la solución no necesariamente está en tener una única Administración (dirigida por una especie de “Hydraulic Big Brother/Sister” de tipo orwelliano) y en declarar legalmente todas las aguas de dominio público.

### **5.5.- La invisibilidad –falta de valor estético- de las aguas subterráneas como fuente de “hidroesquizofrenia”**

Hace ya algunos años que las Naciones Unidas, en su calendario, declararon el “día del agua” el 22 de marzo. En ese día se recomienda organizar en todo el mundo alguna actividad que sirva para elevar la concienciación social sobre este recurso. El lema del día del agua del 22 de marzo de 1998 fue “El Agua: un recurso invisible que hay que proteger”.

La “invisibilidad” del agua es una de las principales causas de “hidroesquizofrenia” por varios motivos. En primer lugar, hace que las aguas subterráneas no tengan uno de los principales atributos que tienen las aguas superficiales: su estética o notable belleza plástica, que ha hecho que el agua sea objeto de poesía, y profusamente utilizada en los rituales y liturgias de casi todas las religiones (cf. Llamas and Priscoli, 1998). Por ello, el conocimiento del gran público sobre el agua subterránea suele ser pequeño.

La gran belleza plástica que pueden algunas grandes obras hidráulicas (excepto en los tiempos de sequía) hace que su inauguración sea algo que goce de gran predicamento entre los políticos. ¡Qué duda cabe de que la imagen en televisión de un político abriendo la compuerta de un gran canal o el desagüe de fondo de una presa es mucho más vistosa que la pequeña caseta (puede haber cientos iguales) que protege la cabeza de un pozo!

Esto suele conducir a que, en estos tiempos en que los “media”, especialmente la televisión, juegan un papel tan importante, los políticos suelen preferir las grandes obras hidráulicas superficiales a las soluciones equivalentes a base de aguas subterráneas.

## **6.- ACCIONES PARA CONSEGUIR LA INSERCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN UN SISTEMA DE GESTIÓN INTEGRADA**

De lo anteriormente expuesto se deduce que las principales dificultades para que las Administraciones hidráulicas (federales, estatales, locales) integren de modo práctico el uso conjunto (o alternado) de aguas superficiales y subterráneas son: 1) por una parte, la frecuente existencia de ideas equivocadas sobre el valor y la confiabilidad de las aguas subterráneas en amplios sectores de la sociedad, que van desde el personal técnico de las Administraciones hidrológicas al gran público, esta ignorancia varía mucho de un país a otro; y 2) por otra parte, la presión de poderosos grupos económicos (agricultores, constructores, oficinas de ingeniería,...) que desean a toda costa que no desaparezca o disminuya la “cultura de la subvención”.

En las últimas décadas se ha alcanzado una mayor concienciación sobre el papel que están jugando las aguas subterráneas en la política hidrológica de muchos países. Sin embargo, esa concienciación todavía no parece haber llegado con la necesaria evidencia o fuerza a los núcleos más importantes de toma de decisiones a nivel internacional y nacional. La coyuntura socio-económica mundial, tal como la describen Myers and Kent (1998): tendencia a la privatización de muchos servicios hídricos, desarrollo sostenible, preocupación ecológica, reducción del déficit público,... es la adecuada para que en los próximos años se puedan dar pasos importantes para conseguir un mejor desarrollo y control de las aguas subterráneas.

Para lograr esos objetivos se sugieren, con cierto carácter de prioridad, las acciones siguientes:

### **Primera acción**

Intervención más activa de los grupos profesionales de hidrogeólogos a nivel internacional (AIH, ALSHUD, IWRA...) y nacional (ABAS, GE-AIH,...) con objeto de hacer llegar su voz sobretodo a los medios de comunicación y también a los respectivos Gobiernos (Federales, Estatales y Locales). También habría que hacer llegar con fuerza esta voz a ciertos organismos internacionales recientemente constituidos, como la Water Global Partnership (ligada al Banco Mundial), el Consejo Mundial del Agua y a la Comisión Mundial de Grandes Presas.

### **Segunda acción**

Promocionar o fomentar los programas de educación sobre el agua para las escuelas primaria y secundaria y procurar que en esos programas se dé el debido peso al agua subterránea. uizá más que inventar programas nuevos se trataría de adaptar a las necesidades locales algunos de aquellos ya elaborados recientemente, como los ya mencionados del U.S. Geological Survey, de la Water Education Foundation o del Stockholm Environment Institute.

### **Tercera acción**

Exigir en la medida de lo posible una mayor transparencia y facilidad de acceso a los datos hidrológicos, tanto superficiales como subterráneos. Y de modo especial sobre los datos económicos y de impacto ambiental. Esta transparencia facilitaría la concienciación social sobre la necesaria solidaridad en el uso de las aguas subterráneas.

### **Cuarta acción**

Exigir en la mayor medida posible que todo proyecto de aguas de cierta importancia tenga su correspondiente análisis de viabilidad económica y de impacto ecológico. Estos estudios deben hacerse no sólo “a priori” para los nuevos proyectos de obras, sino también “a posteriori y principalmente”, es decir, sobre aquellas grandes obras hidráulicas de cada país. Es de prever que la inercia burocrática no hará fácil conseguir este objetivo.

### **Quinta acción**

Impulsar la mayor participación de los agentes sociales afectados por los proyectos hidráulicos en los distintos procesos para la toma de decisiones. Estos procesos, en la mayor medida posible deben ser “bottom-up” y no “top-down”. Para la gestión de acuíferos parece imprescindible la constitución de Comunidades o Asociaciones de Usuarios de las aguas subterráneas. Estas deben tener una gran autonomía, pero siempre bajo un cierto control de la oportuna administración hidráulica. Hay que aplicar prudentemente el principio de la subsidiaridad; lo que puede hacer un grupo social menor no debe hacerlo un grupo social mayor. En cierto modo, es aplicar aquí también la idea del conocido libro “Small is beautiful” (Schumacher, 1972).

### **Sexta acción**

En las regiones áridas y semi-áridas en las que el regadío es el principal usuario del agua –y, usualmente, el principal contaminador de los acuíferos- parece conveniente trabajar conjuntamente con los adecuados representantes de los agricultores, tanto a nivel asociativo como a nivel científico y tecnológico.

### **Séptima acción**

Los cambios en la organización legal y administrativa de las aguas (superficiales y/o subterráneas) pueden contribuir a mejorar (o empeorar) la situación. Suelen ser los más fáciles de realizar, pero su eficacia será probablemente muy pequeña si no va precedida y/o acompañada por la mayor parte de las acciones antes descritas. Las “legislaciones rígidas”, es decir, difíciles de cambiar, pueden resultar poco eficaces. Es conveniente encontrar medios que permitan introducir enmiendas a medida que la experiencia las aconseje.

## **7.- CONCLUSIONES**

En las últimas décadas el desarrollo del agua subterránea ha experimentado un notable aumento, especialmente en los países áridos y semiáridos. Este mayor uso del agua subterránea ha contribuido de modo muy significativo a reducir los problemas de falta de agua potable y de escasez de alimentos en muchos países en vías de desarrollo.

Por lo general, este desarrollo de las aguas subterráneas ha sido realizado por agricultores particulares o por pequeños municipios; y ha sido financiado con fondos privados o municipales. Como contraste, las grandes obras hidráulicas con aguas superficiales han sido financiadas con fondos públicos o mediante deuda exterior. Aunque pueden variar mucho de un país a otro, parece probable que la producción económica y el empleo procedente del regadío con aguas subterráneas con frecuencia es igual o superior a la del regadío con aguas superficiales, aunque el uso de agua sea notablemente menor. Parece urgente e importante que se obtengan pronto los datos oportunos socio-económicos para comprobar si estas hipótesis son válidas en la mayor parte de los países áridos o semiáridos.

La gestión planificada y el control de las aguas subterráneas han sido y continúan siendo, por lo general, inexistentes o rudimentarios. Esto puede haber dado lugar a ciertos problemas sociales o ecológicos (impacto a ecosistemas valiosos o intrusión de agua salina) que, en general, todavía no son relevantes si se comparan, por ejemplo, con los problemas de salinización y encharcamiento de suelos originados en los regadíos con aguas superficiales.

Los principales obstáculos para un mejor conocimiento y gestión de las aguas subterráneas provienen de ciertos grupos de interés económico y de la inercia institucional de algunas administraciones hidráulicas.

La actuación de asociaciones profesionales como ABAS o la Asociación Internacional de Hidrogeólogos ha contribuido a poner de manifiesto y a resolver estos problemas. Parece necesaria una actuación más enérgica y extensa en los próximos años, si se desea contribuir a un desarrollo sostenible de los recursos hídricos en todo el planeta.

## AGRADECIMIENTOS

La realización de este trabajo ha sido posible en buena parte gracias a una ayuda de la Fundación del Amo que me ha permitido trabajar durante el verano de 1998 en la Universidad de California, campus de Davis. Quiero también agradecer las sugerencias y observaciones de W. Klohn, M. Lluria y M.A. Mariño que, sin duda, han contribuido a mejorar este artículo.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANNAN, K. (1998). "Secretary General calls for prevention of groundwater pollution", in message for World Water Day, 22 March, United Nations, Press Release SG/SM/6496, OBV/40.
- ASMAL, K. (1998). "El agua como una metáfora de gobierno: consideraciones sobre la gestión de los recursos hídricos en Africa", *Naturaleza y Recursos*, vol. 34, nº 1, pp. 21-27.
- ANDREU, J. and SAHUQUILLO, A. (1987). "Efficient aquifer simulation in complex systems", *ASCE Journal of Water Resources Planning and Management*, Vol. 113, No. 1, pp. 116-129.
- ARROJO, P., FERNÁNDEZ, J., LLAMAS, M. R. y Díez, A. (1997). "Comentarios al artículo 'Explotación del embalse de La Serena' por J.A. Ceballos", *Revista de Obras Públicas*, Mayo, pp. 70-78.
- BASAGAOGLU, H. and MARIÑO, M.A. (1998). "Joint management of surface and ground water supplies", *Ground Water*, (in press).
- BRUMBAUGH, R., WERICK, W., TUIZ, W. and LUNEL, J. (1994). "Lessons learned from the California drought", Executive Summary, IWR Report 94-NDS-6, U.S. Army Corps of Engineers, 36 pp.
- BACHMAN, S., HAUGE, C., NEESE, K. and SARACINO, A. (1997). "California Groundwater Management", *Groundwater Resources Association of California*, Sacramento, California, 145 pp. California Department of Water Resources (1998). "Draft for Public Review of the California Water Plan Update", Bulletin 160-98. Sacramento, California, 2 vol., 800 pp. approximately.
- CUSTODIO, E. (1992). "Hydrogeological and hydrochemical aspects of aquifer overexploitation", in *Selected Papers in Hydrogeology* (Summers et al., ed.), International Association of Hydrogeologists, Heise, Hannover, vol. 3, pp. 3-28.
- CUSTODIO, E. (1993). "Aquifer intensive exploitation and over-exploitation with respect to sustainable development", *Proceeding of the International Conference on Environmental Pollution*, European Centre for Pollution Research, vol. 2, pp. 509-516.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (1975, 1983) "Hidrología Subterránea", Editorial Omega, Barcelona. 2 vol. 2390 pp.
- CUSTODIO, E. and DIJON, R. (1991). "Groundwater overexploitation in development countries" Report of an U.N. Interregional Workshop, U.N. INT/90/R43, 116 pp.
- CUSTODIO, E. y LLAMAS, M. R. (1997). "Consideraciones sobre la génesis y evolución de ciertos "Hidromitos" en España", en: *En Defensa de la Libertad - Homenaje a Víctor Méndez*, Instituto de Estudios Económicos, Madrid, pp. 167-179, ISBN : 84-88533-29-2.
- CUSTODIO, E., LLAMAS, M. R. and VILLARROYA, F. (1998). "The role of the Spanish Committee of the International Association of Hydrogeologists in the Management and Protection of Spain's groundwater resources", *Hydrogeology Journal*, Vol. 6, No. 3, pp. 3-14.
- DZIEGIELEWSKI, B., GARBHARRAN, H.P. and LANGOWSKI, J. F. (1993). "Lessons learnt from the California Drought 1987-1992", Institute for Water Resources, U.S. Army Corps of Engineers, IWR Report 93-NDS-5, 207 pp + 4 apéndices.
- FETTER, C.W. (1994). "Applied Hydrogeology. Third Edition", Printice Hall, 641 pp.



- GLEICK, P. (1993). "Water in crisis: a guide to the world's fresh water resources", Oxford University Press, 493 pp.
- HANTUSH, M. S. and MARIÑO, M. A. (1989). "Chance-constrained model for management of stream-aquifer system", *Journal of Water Resources Planning and Management*, ASCE, Vol. 115, No. 3, pp. 259-277.
- HAUGE, C. (1998). "Water in California-1988, a brief update" to be presented in the Cordilleran Section of the Geological Society of America, 1999, preprint 10 pp.
- HOWITT, R. (1998). "Water Market-Based Conflict Resolution", *Proceedings of 'First Biennial Rosemberg Forum on Water Policy'*, Water Resources Report No. 93, University of California, Davis, pp. 49-58.
- ISSAR, A. (1998). "The water as a Fable" *Ha' Aretz* June 1998, Jerusalem. (original in Hebrew, translation by its author).
- KLOHN, W.E., APPELGREN, R. G. and OHLSSON, L. (1998). "Water and Food", UNESCO Congress on "Water into the 21st Millenium: a looming crisis?", Paris 2-5 June 1998, vol. 2, preprint 14 pp.
- LLAMAS, M. R. (1969), «Combined use of Surface and Ground Water for the Water Supply to Barcelona (Spain)», *Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology*, XIV Année, num. 3, September 1969, pp. 119-136.
- LLAMAS, M. R. (1985), «Spanish Water Resources Policy: The Illogical Influence of Certain Physical and Administrative Factors», *Mem. of the 18th International Congress of the International Association of Hydrologists*, Vol. XVIII, part. 2, pp. 160-168.
- LLAMAS, M. R. (1994), «El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas. Otro punto de vista», *Revista de Obras Públicas*, Marzo, pp. 13-16.
- LLAMAS, M. R. (1997). "Declaración y financiación de obras hidráulicas de interés general, mercado del agua, aguas subterráneas, planificación hidrológica (Comentarios en relación con el Borrador de Mayo de 1997 de Reforma de la Ley de Aguas de 1985)", *en Ingeniería del Agua*, vol. 4, nº 3, 11 pp.
- LLAMAS, M. R. (1998a). "Las políticas agrarias y del agua en España", *en Vida Rural*, año V, nº 3, 3 pp.
- LLAMAS, M. R. (1998b). "Groundwater overexploitation", *Proceeding of the UNESCO Congress on "Water in the 21st Century: a looming crisis?"*, Paris, 2-5 June 1998, vol. 2, preprint 20 pp.
- LLAMAS, M. R. (1998c). "The limits of classical options in the exploitation of irregular resources" in *Seminar The European Spatial Development Perspective*. Thessaloniki, Greece, 2-3 July 1998, preprint 19 pp.
- LLAMAS, M. R., VILLARROYA, F. and HERNÁNDEZ, M. E. (1996), *A Causes and Effects of Water Restrictions in Madrid during the Drought of 1991/1993*, *Hydrology and Hydrogeology of Urban and Urbanizing Areas*. American Institute of Hydrology, pp. WQD-10-19.
- LLAMAS, M. R. y PRISCOLI, J. DELLI (1998). "Water Ethics: Issues, Distribution and Utilisation of Fresh Water Resources", *The UNESCO Courier*, (in press).
- LLURIA, M. R. and FISK, M. (1994). "A large aquifer storage facility for the Phoenix area", in *Proceedings of the Second International Symposium on Artificial Recharge of Groundwater*, American Society of Civil Engineers, Orlando, preprint 10 pp.
- MCCLURG, S. (1996). "Maximizing groundwater supplies", *Western Water*, Water Education Foundation, May/June 1996, pp. 4-13.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998). "Programa de ordenación de acuífero sobreexplotados/salinizados", *Secretaría de Estado para Aguas y Costas*, Madrid, 66 p.
- Ministerio de Industria, Energía y Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente (MINER y MOPTMA) (1994). "Libro Blanco de las Aguas Subterráneas", 135 pp.
- MYERS, N. and KENT, J. (1998). "Perverse Subsidies: their nature, scale and impacts", *International Institute for Sustainable Development*, Winnipeg, Canada.

- NACE, R. L. (1973). "On a 1972 American Water Resources Association Meeting", *Ground Water*, Vol. 11, No. 1, pp. 48-49.
- SAHUQUILLO, A. (1991). "La utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas en la mitigación de la sequía", *Revista de la Real Academia de Ciencias*, Madrid, vol. 85, pp. 275-291.
- SCHUMACHER, E.F. (1975). "Small is beautiful: economics as if people mattered", Harper and Row, New York, 290 pp.
- SHIKLOMANOV, I. (1998). "World Water Resources. A new appraisal and assessment for the 21st century", UNESCO, 37 pp.
- SOLLEY, W. B. (1997). "Preliminary Estimates of Water Use in United States", Open-File Report 97-645, U.S. Geological Survey, 6 pp.
- SOLLEY, W. B., PIERCE, R. P. and PERLMAN, H. A. (1993). "Estimated Water Uses in the United States in 1990", U.S. Geological Survey Circular, 1081, 76 pp.
- SUDMAN, R. S. (1997). "California's water problems", Water Education Foundation, Sacramento. California, 56 pp.
- SZÖLLOSI-NAGY, A., NAJLIS, P. y BJÖRKLUND, G. (1998). "Evaluación de los Recursos Mundiales de Agua Dulce", *Naturaleza y Recursos*, vol. 34, nº 1, pp. 10-20.
- TANJI, K. K. (1991). "Salinity, drainage and trace elements problems in California's San Joaquin Valley West Side", in *Proceedings, Collaborative Research and Development Applications for Arid Lands*, K. Foster, (ed.), Engineering Foundation Conferences, Santa Barbara, CA, August 2, 1991, pp. 125-133.
- United Nations (1997). "Comprehensive assessment of the freshwater resources of the world. Report of the Secretary General". Commission on Sustainable Development, 7-15 April 1997, E/CN/17/1997/9, 35 pp.
- VAN DER LEEDEN, F., TROISE, F. L. and Todd, K. D. (1990) "Water Encyclopedia", Lewis Publishers, 808 pp.
- Water Education Foundation (1998). "Layperson's guide to Groundwater", Sacramento, California, 20 pp.
- YOUNG, G. J., DOOGE, J. C. and RODDA, J. C. (1994). "Global Water Resources issues", Cambridge University Press, 194 pp.