

El uso sostenible de las aguas subterráneas en España

L. Martínez Cortina, N. Hernández-Mora y M.R. Llamas

Fundación Marcelino Botín, Proyecto Aguas Subterráneas.
Plaza Manuel Gómez Moreno, 2. Edificio Alfredo Mahou, planta 23. 28020 Madrid
E-mail: l.martinez@cospa.es

RESUMEN

El espectacular desarrollo que en las últimas décadas ha experimentado la utilización de las aguas subterráneas ha sido llevado a cabo principalmente por particulares, con escasa participación del sector público. Este desarrollo ha dado lugar a importantes beneficios socioeconómicos, pero su escasa planificación ha ocasionado en algunos casos problemas significativos. El artículo repasa los beneficios e impactos negativos producidos por el uso intensivo de las aguas subterráneas. Esta valoración contribuye a analizar la sostenibilidad futura del uso del recurso. También se plantean algunas áreas en las que es necesario avanzar para reducir los impactos producidos y garantizar el uso sostenible de las aguas subterráneas y de los recursos hídricos en general, como son la gestión colectiva de los acuíferos, y la educación, información y participación adecuada de los usuarios en su sentido más amplio.

Palabras clave: agua subterránea, beneficios, desarrollo sostenible, gestión colectiva, impactos, uso intensivo

Sustainable use of groundwater in Spain

ABSTRACT

The spectacular development of groundwater resources that has taken place over the past few decades, has been primarily driven by private interests, with little involvement of the public sector. This development has resulted in important socio-economic benefits, but has generally been unplanned, thus resulting in some cases in significant problems. This article reviews the benefits and negative impacts of intensive groundwater use. This evaluation is important in order to analyse the future sustainability of groundwater development. It also discusses some areas in which some progress is necessary in order to limit the negative impacts and ensure the sustainability of groundwater use in particular, and of water resources in general. Some of these areas are: the collective management of aquifers; and the education, information and effective participation of all stakeholders.

Key words: benefits, collective management, groundwater, impacts, intensive use, sustainable development

Introducción

A lo largo del pasado siglo, tres hechos clave motivaron un fuerte crecimiento en el consumo de agua a escala mundial: el crecimiento de la población, que ha pasado de unos 1.600 millones de personas a principios del siglo XX a más de 6.000 millones en la actualidad, el desarrollo industrial, y la expansión de la agricultura de regadío, que pasó de unos 50 millones de hectáreas a principios del pasado siglo a más de 250 millones en la actualidad. La conjunción de estos factores ha hecho que el uso de agua dulce en el mundo se haya multiplicado por siete en este tiempo (Gleick, 1998).

Este gran crecimiento de la demanda ha podido ser satisfecho gracias, en buena medida, al espectacular desarrollo de las aguas subterráneas desde

mediados del pasado siglo. Entre los principales factores que han contribuido a este desarrollo pueden citarse (Llamas y Custodio, 1999): la invención de la bomba de turbina, que permite extraer fácilmente agua a grandes profundidades y con caudales de hasta centenares de L/s; la mejora y abaratamiento de las técnicas de perforación de pozos; y el progreso de la ciencia hidrogeológica, que permite hoy día tener un buen conocimiento sobre el origen, movimiento y localización de las aguas subterráneas.

El desarrollo histórico de las aguas subterráneas, por lo tanto, ha venido marcado por la evolución de factores técnicos, sociales y económicos. Esto ha condicionado tanto el volumen de las extracciones como determinadas características que han diferenciado su aprovechamiento del de las aguas superficiales. Mientras que el desarrollo de los recursos superficia-

les ha tenido necesariamente un importante componente de cooperación social, los aprovechamientos subterráneos fueron –y son– frecuentemente unifamiliares o individuales, y su funcionamiento no requería, por lo general, establecer compromisos o acuerdos con otros usuarios de la misma zona.

Hoy en día, el volumen de agua subterránea extraída a escala mundial se estima en torno a los 600-700 km³/año, de los que aproximadamente el 70% están destinados a usos agrícolas, el 25% a usos urbanos, y un 5% a usos industriales. Las variaciones son, lógicamente, muy grandes de unos países a otros. Aunque su utilización es predominante en el regadío, su uso para satisfacer la demanda de agua potable es esencial en muchas regiones. En España, se estima la extracción anual de aguas subterráneas en unos 5.500 Mm³ (MIMAM, 2000), de los que el 80% se utilizan en regadíos y el resto en usos urbanos (17%) e industriales (3%).

El uso intensivo de las aguas subterráneas

Las mejoras tecnológicas comentadas y los importantes beneficios derivados de su aprovechamiento, han impulsado el gran desarrollo de las aguas subterráneas durante las últimas décadas, principalmente en zonas áridas y semiáridas. Esta utilización intensiva ha sido calificada frecuentemente como *sobreexplotación*, concepto sobre el que existe una gran confusión (Custodio, 2000; Custodio y Llamas, en prensa), pero que en general tiene un claro sentido negativo en términos de sostenibilidad futura, que con frecuencia no responde a la realidad.

Es bastante habitual que el comportamiento de los acuíferos en estos casos no sea analizado con suficiente detalle. La consideración de sobreexplotación suele basarse en estimaciones de extracciones y recarga media, que presentan un grado de incertidumbre muy elevado. La percepción de un descenso continuado de niveles en algunos pozos, o de datos puntuales de deterioro de la calidad del agua o de salinización, son tomados a menudo como una evidencia de sobreexplotación, sin tener en cuenta la posible evolución en régimen transitorio del acuífero hacia un nuevo estado de equilibrio (Llamas y Custodio, en prensa). Suelen además considerarse constantes los recursos medios renovables de un acuífero, cuando pueden aumentar notablemente con su explotación. Tampoco suele hacerse referencia al tamaño del acuífero, o a sus características más específicas (transmisividad y capacidad de almacenamiento). Otros aspectos, como los efectos de la posible gestión a largo plazo, o las consideraciones

económicas y sociales del uso intensivo, no suelen formar parte de estos análisis.

Cualquier consideración sobre la sostenibilidad en el uso de las aguas subterráneas requiere un análisis de los efectos producidos por la utilización intensiva de este recurso, en el que se valoren en cada caso los impactos sociales, económicos y medioambientales producidos, en comparación con los beneficios generados. En general, los beneficios producidos por este uso intensivo han sido muy importantes en muchas partes del mundo, y de diversos tipos, como se verá a continuación. Sin embargo, también se han producido impactos negativos de cierta importancia, debidos principalmente al hecho de que este desarrollo se ha producido generalmente de forma incontrolada y con escasa planificación. A continuación, se resumen algunos de los principales beneficios e impactos producidos por este desarrollo intensivo de las aguas subterráneas.

Beneficios producidos por el uso intensivo de las aguas subterráneas

Beneficios sociales

El acceso a las aguas subterráneas ha permitido a una buena parte de la población mundial disponer de agua potable, principalmente en áreas rurales dispersas y pequeños núcleos de población, y de forma especialmente importante en regiones pobres donde es la única fuente de agua potable disponible. Se estima que las aguas subterráneas abastecen a la mitad de la población mundial.

De igual forma, la utilización intensiva de las aguas subterráneas en el regadío ha permitido la producción de alimentos, garantizando la subsistencia en muchas regiones del mundo. Así, el agua subterránea ha constituido y constituye uno de los factores más importantes para el alivio de la pobreza, principalmente en países pobres con clima árido y semiárido. La India representa un ejemplo de esta situación, con la puesta en regadío con agua subterránea de más de 20 millones de hectáreas en los últimos 30 años, lo que ha contribuido incluso a lograr notables cambios sociales.

En España, aproximadamente la tercera parte de la población se abastece con aguas subterráneas, siendo especialmente importante en poblaciones pequeñas (menos de 20.000 habitantes), en las que más del 70% del agua tiene origen subterráneo. Es importante incluso en zonas en las que prácticamente no existen formaciones acuíferas de alta permeabilidad, como es el caso de Galicia, donde se estima

que existen unos 300.000 puntos de captación de aguas subterráneas (incluidos pozos y manantiales), utilizados muchos de ellos para abastecimiento de núcleos pequeños, aldeas y viviendas unifamiliares (Samper, 2000).

Por otra parte, la garantía de suministro que las aguas subterráneas proporcionan en épocas de sequía, asegura el abastecimiento en aquellas poblaciones que utilizan –al menos en parte– el agua subterránea para el consumo humano, evitando los problemas sociales producidos en estas situaciones en poblaciones que son abastecidas únicamente con aguas superficiales.

Una mayor utilización de las aguas subterráneas también puede suponer una alternativa viable a la construcción de grandes obras hidráulicas, evitando así el enorme coste social (conflictos, desplazamiento de poblaciones) frecuentemente asociado a estas grandes obras (WCD, 2000).

Beneficios económicos

La utilización de aguas subterráneas ha generado importantes beneficios económicos para distintos sectores productivos en numerosas regiones del mundo. Para usos industriales, el agua subterránea supone una fuente de suministro fiable y continuada, evita los riesgos de corte de suministro en tiempo de sequías, y es más económica.

Especialmente relevante es la utilización intensiva de aguas subterráneas para el regadío, dada su gran importancia como factor productivo generador de riqueza y empleo, principalmente en países áridos y semiáridos. En España hay numerosos ejemplos del notable desarrollo económico de una comarca gracias al regadío con aguas subterráneas. En el Campo de Dalías (Almería), el uso intensivo de aguas subterráneas, junto con condiciones climáticas ideales y

avanzadas técnicas de regadío en invernaderos, ha permitido el espectacular desarrollo socioeconómico de esta zona semidesértica, tradicionalmente deprimida. Hoy día, el regadío de más de 20.000 hectáreas de invernaderos genera, directa o indirectamente, unos 1.200 millones de € anuales, lo que representa un valor medio cercano a los 60.000 €/ha. Esto ha permitido que la población creciera desde unos 8.000 habitantes en los años 50 a más de 120.000 en 1999 (Pulido *et al.*, 2000).

La cuenca alta del Guadiana, una de las zonas más secas de España, constituye otro ejemplo de notable desarrollo económico y social en el contexto de los años 70 y 80 producido en gran parte gracias a las aguas subterráneas. En menos de 15 años (hasta finales de los 90) se perforaron del orden de 10.000-15.000 pozos y se pusieron en regadío más de 1.000 km² de los 5.500 que tiene el acuífero central de la cuenca, lo que se tradujo en un importante incremento de las rentas agrarias y de la calidad de vida de los agricultores de la zona.

Por otra parte, los datos existentes muestran claramente la mayor productividad que las aguas subterráneas tienen con respecto a las superficiales. La tabla 1, elaborada a partir de los datos de un estudio realizado por la Consejería de Agricultura y Pesca de la Junta de Andalucía (Corominas, 1999), muestra como en esta región del sur de España, los regadíos con aguas subterráneas (que utilizan una dotación mucho menor) son 5 veces más productivos económicamente que los de aguas superficiales, y generan más del triple de empleos por unidad de volumen de agua utilizada.

Uno de los principales motivos de esta mayor productividad de los regadíos con aguas subterráneas es el hecho de que los usuarios asumen los costes totales de la captación, bombeo y distribución del agua, lo que les obliga a buscar cultivos más rentables y a usar el agua más eficientemente (Llamas *et al.*, 2001).

Origen del agua de regadío	Agua superficial	Agua subterránea	Total
Superficie regada (10 ³ ha)	600	210	810
Producción total (10 ⁶ €)	1.950	1.800	3.750
Dotación media en origen (m ³ /ha/año)	7.400	4.000	6.500
Productividad del agua (€/m ³)	0,44	2,14	0,71
Empleo generado (UTA/10 ⁶ m ³)	17	58	25

UTA: Unidades de trabajo año (trabajo de una persona a tiempo completo: 2.200 h/año)

Fuente: Llamas *et al.* (2000), con datos de Corominas (1999) y MIMAM (2000)

UTA: Units of work per year (work of a person full year: 2.200 h/year)

Fuente: Llamas *et al.* (2000), data after Corominas (1999) and MIMAM (2000)

Tabla 1. Comparación de los regadíos en Andalucía según el origen del agua
 Tabla 1. Comparison of irrigation results as a function of the origin of the water

En este sentido, el regadío con aguas subterráneas representa un modelo de gestión mucho más eficiente que el de las aguas superficiales (Arrojo, 2000), distorsionado generalmente por las subvenciones públicas, que hacen que el bajísimo precio del agua no incentive su uso racional.

Otro de los motivos que explica el hecho anterior es la mayor garantía de suministro que proporciona el agua subterránea, prácticamente insensible a las sequías. Esto incentiva a los agricultores a implantar cultivos de alto valor, sin el riesgo de perder inversiones importantes en periodos climatológicos secos.

En ocasiones, la utilización de aguas subterráneas tiene ventajas económicas que redundan en un beneficio para toda la colectividad. Con frecuencia, costosas infraestructuras hidráulicas realizadas para aguas superficiales, podrían evitarse con una adecuada planificación que tuviera en cuenta a las aguas subterráneas y su gestión conjunta con las aguas superficiales. España está a la cabeza mundial en cuanto a número de presas por habitante. Este continuo aumento de la capacidad de regulación está sujeto a la ley de rendimientos marginales decrecientes, y muchas de las nuevas obras planificadas no son económicamente justificables.

Entre los beneficios económicos derivados del uso de las aguas subterráneas, hay que reseñar también el sector de las aguas envasadas. Las ventajas naturales que las aguas subterráneas tienen desde el punto de vista de la calidad y la composición química, han permitido la existencia de este sector, que si bien en España no es relevante en cuanto al volumen utilizado (unos 4 Mm³/año), sí lo es desde una perspectiva económica, ya que supone un volumen de facturación anual de unos 600 millones de € (Zafra, 2001, dato correspondiente a 1999).

Beneficios hidrológicos

Desde el punto de vista del balance hidrológico, uno de los beneficios potenciales de la explotación de las aguas subterráneas es el incremento de los recursos renovables del sistema. En acuíferos que en condiciones naturales tienen el nivel piezométrico próximo a la superficie del terreno, el descenso de dicho nivel, como consecuencia de los bombeos, puede traducirse en una reducción de la evapotranspiración y de la parte de precipitación directa que era rechazada en condiciones naturales. Un ejemplo de esta situación es el aumento de los recursos renovables medios anuales (entendidos como la diferencia entre la recarga de la lluvia y las pérdidas por evapotranspiración) producidos en la cuenca alta del Guadiana

como consecuencia del uso intensivo de aguas subterráneas; aumento que ha sido estimado en torno al 50% respecto a una situación no perturbada (Cruces *et al.*, 1998; Martínez Cortina, 2001b). Como se indicará posteriormente, es importante tener en cuenta la afección negativa que el descenso de los niveles piezométricos puede tener sobre los ecosistemas acuáticos dependientes.

Por otra parte, el descenso de niveles piezométricos puede producir también un incremento de la recarga indirecta al acuífero desde las corrientes de aguas superficiales. En este caso, el aumento de la recarga indirecta procedente de los cauces superficiales no implica, al menos en cantidades importantes, un aumento del recurso total renovable en el conjunto de la cuenca, pues supone, en grandes cifras, una transformación en escorrentía subterránea de lo que antes se producía como escorrentía superficial. No obstante, este cambio sí supone una regulación hídrica conseguida de forma natural, producto de un mayor almacenamiento de agua en los acuíferos.

Beneficios ecológicos

Por último, cabe destacar que la consideración y utilización adecuada de las aguas subterráneas en la planificación hidrológica, conlleva globalmente un indudable beneficio ecológico. Así, una gestión conjunta bien planificada de las aguas superficiales y subterráneas puede, en muchos casos, evitar la construcción de nuevas infraestructuras hidráulicas que afectan notablemente el régimen natural de ríos y arroyos, contribuyendo así a mantener su integridad hidrológica y ecológica.

Impactos negativos producidos por el uso intensivo de las aguas subterráneas

Es necesario señalar en primer lugar, que los impactos negativos que a continuación se indican no aparecen necesariamente ante un uso intensivo de las aguas subterráneas, o lo pueden hacer con muy diferentes grados de importancia.

Impactos socioeconómicos

La mayor parte de las afecciones producidas por la utilización intensiva de aguas subterráneas se produce como consecuencia de un descenso de los niveles piezométricos, o bien de un deterioro en la calidad del agua.

Un descenso continuado de niveles ha sido a menudo utilizado para lanzar mensajes alarmistas sobre desastres socioeconómicos inminentes en zonas donde se realiza un uso intensivo de las aguas subterráneas. Sin embargo, no se conocen casos en los que la explotación intensiva de un acuífero de tamaño medio o grande haya derivado en un desastre económico o social (Llamas y Custodio, 1999). Por otra parte, no hay que olvidar las consideraciones realizadas al comienzo de este apartado sobre la posible situación transitoria del acuífero hacia un nuevo estado de equilibrio.

En términos estrictamente económicos, la importancia del descenso de niveles varía mucho de unas zonas y países a otros. En países desarrollados, y aun dependiendo de las zonas y cultivos, es habitual que el incremento de los costes de explotación causado por descensos relativamente significativos de los niveles piezométricos, tenga una influencia reducida en el beneficio económico de los usuarios. Por otra parte, también pueden encontrarse casos, principalmente en países pobres, o en acuíferos de reducidas dimensiones, en los que el aumento de los costes debido a la extracción de agua a mayor profundidad, haga económicamente inviable la explotación de los pozos.

Aunque ha sido frecuente relegarlo a un segundo plano, el problema del deterioro de la calidad del agua suele tener consecuencias sociales y económicas más importantes que el descenso de los niveles piezométricos. Aunque las aguas subterráneas son menos vulnerables a la contaminación que las aguas superficiales, hay que tener en cuenta que la descontaminación de un acuífero suele ser un proceso largo y costoso, y a veces prácticamente inviable (Llamas y Custodio, 1999). De ahí la importancia de que los acuíferos estén protegidos de forma adecuada.

No obstante, los factores que pueden producir un deterioro en la calidad del agua subterránea, no están en la mayor parte de los casos relacionados con la extracción del recurso, sino que suelen deberse a causas como la aplicación de productos químicos en la agricultura, o las filtraciones de residuos de actividades urbanas, industriales y mineras. En los casos en que el deterioro es ocasionado por la extracción de aguas subterráneas, el problema suele deberse a una inadecuada ubicación de las captaciones, y no necesariamente a la cantidad de agua subterránea extraída. Esto suele suceder en zonas costeras de regiones áridas o semiáridas, en las que el cambio de gradiente hidráulico debido a los bombeos puede originar la intrusión de agua salina.

La extracción de agua subterránea puede producir también cambios en el estado tensional del terreno,

que ocasionalmente originen o contribuyan a crear problemas de subsidencia o colapso del terreno. En España, son relativamente escasos los casos documentados en que se ha producido este fenómeno. En los alrededores de los Ojos del Guadiana se han producido fenómenos de subsidencia general y de colapsos localizados, como consecuencia de la combustión espontánea de las turberas que se formaron en esta antigua zona de descarga del acuífero de la Mancha Occidental. En la ciudad de Murcia se registraron fenómenos localizados de subsidencia que provocaron, en el último período de sequía, serios desperfectos en algunos edificios (Martínez Fernández, 2001).

Impactos hidrológicos

La explotación de aguas subterráneas puede, en algunos casos, producir una afección importante en los cursos de agua conectados con el acuífero, modificando incluso el funcionamiento hidrogeológico de un sistema. En ocasiones, descensos del nivel piezométrico hacen variar el sentido de la conexión acuífero-río. De este modo, zonas en las que el río era alimentado por la descarga del acuífero, se convierten en áreas en las que es el acuífero el que recibe la recarga del río, que puede llegar a secarse completamente, excepto durante períodos muy húmedos.

Un ejemplo de esta situación se ha producido en la cuenca alta del río Guadiana. Los descensos piezométricos han desconectado tramos de río que antes recibían la descarga del acuífero y que ahora lo recargan. Por ello, tramos de los ríos Záncara, Cigüela y Guadiana, que en situación natural llevaban siempre agua, permanecen ahora secos durante buena parte del año.

Impactos ecológicos

Uno de los problemas más reales y conflictivos producidos por el uso intensivo de las aguas subterráneas, es el posible impacto ecológico cuando hay ecosistemas acuáticos asociados al acuífero. El descenso de niveles puede producir afecciones de distinto grado en áreas de notable importancia medioambiental. Los efectos negativos pueden ser de varios tipos: reducción de caudal o secado de manantiales; disminución de la humedad del suelo a un nivel en el que la vegetación freatófita no puede sobrevivir; desaparición parcial o total de humedales conectados al acuífero; e incluso cambios microclimáticos debidos a la reducción de la evapotranspiración. La importancia de estas afecciones requiere un estudio

particular en cada caso, que valore los efectos considerados, las posibilidades de reversibilidad de la situación, y las consecuencias de las posibles opciones, a menudo dificultadas por la existencia de intereses contrapuestos.

La cuenca alta del Guadiana ofrece una clara muestra de grave impacto medioambiental producido por el fuerte descenso de los niveles piezométricos, con la degradación y desaparición de manantiales como los que daban lugar a los Ojos del Guadiana, y de numerosos humedales en el acuífero de la Mancha Occidental (Cruces *et al.*, 1998).

Consideraciones sobre el balance beneficios/impactos

En general, puede decirse que el gran desarrollo de las aguas subterráneas producido en los últimos 50 años ha generado importantes beneficios sociales y económicos. Sin embargo, la sostenibilidad tanto de los usos existentes y futuros, como de los ecosistemas asociados, pasa por considerar seriamente las afecciones producidas, entre las que cabe destacar las que afectan a la calidad del recurso y las que suponen un deterioro medioambiental.

La evaluación de los beneficios y posibles impactos anteriormente enunciados, es fundamental a la hora de planificar el desarrollo sostenible de las aguas subterráneas, ya que la Hidrogeología permite prever y cuantificar buena parte de las afecciones, y en muchos casos, éstas pueden mitigarse en gran medida con una correcta planificación de las captaciones y de las extracciones.

Aspectos institucionales que condicionan la gestión de las aguas subterráneas

Un análisis de la sostenibilidad en el uso de las aguas subterráneas ha de tener en cuenta algunos de los principales retos que presenta su gestión. Para ello, han de considerarse algunas características específicas que atañen a la utilización del recurso subterráneo, como la multiplicidad e individualismo de los usuarios, el carácter de las aguas subterráneas como bien de uso común, y en general todos aquellos aspectos jurídicos y administrativos que condicionan su gestión. Tampoco deben olvidarse las nuevas exigencias sociales y medioambientales que afectan a la gestión de los recursos naturales en general, así como el contexto en el que se enmarcan estos condicionantes, que pueden variar de forma muy importante de unas zonas a otras, lo que indica la crucial

importancia de adaptar los modelos de gestión a las necesidades locales.

Los aprovechamientos de aguas subterráneas se caracterizan por la existencia de cientos (a veces miles) de usuarios que dependen de un mismo acuífero. Su desarrollo ha sido el resultado de la iniciativa particular de individuos, pequeñas o medianas industrias y municipios, generalmente con escasa participación del sector público. Esta iniciativa particular otorga un mayor dinamismo a los sectores que utilizan las aguas subterráneas, como se comentaba anteriormente en el caso del regadío. Sin embargo, la multiplicidad e individualismo de los usuarios dificulta su coordinación a la hora de establecer planes comunes de gestión.

Una dificultad añadida deriva de la consideración de los acuíferos como *bienes de uso común*. Estos bienes se caracterizan por (Ostrom, 1992; Tang, 1992; McKean, 2000): la dificultad de impedir el acceso al recurso a nuevos usuarios; su carácter de bien consuntivo, de modo que una vez utilizada una parte del bien, esa parte ya no está disponible para otros usuarios; y la interdependencia entre las actuaciones de los usuarios, que afectan a las posibles actuaciones o aprovechamientos futuros de los demás. La gestión adecuada de este tipo de bienes es difícil, ya que los usuarios, actuando independientemente con la finalidad de maximizar su propia utilidad, no toman en consideración el bien común.

Para solucionar los problemas derivados de esta característica de las aguas subterráneas, ha sido habitual recurrir a propuestas de dos tipos relacionadas con el régimen jurídico de propiedad del recurso. En un extremo se sitúa la propiedad individual, con énfasis en el libre intercambio del recurso (mercado de aguas). En el otro extremo estaría la demanialización de las aguas subterráneas, con el fin de centralizar su gestión en un ente público, aduciendo la incapacidad de los usuarios para organizarse y garantizar la sostenibilidad a largo plazo del recurso.

Sin embargo, no parece que una de estas soluciones tenga que ser necesariamente la apropiada (Ostrom, 1992). La experiencia en diversos países ha demostrado que no es el régimen de propiedad lo que garantiza la adecuada administración del recurso, sino el modelo de gestión que se establezca. Con frecuencia, los modelos de gestión más exitosos son aquellos en los que los usuarios participan activamente.

La evolución de la legislación de aguas en España y su consiguiente administración, muestran cómo la simple variación del régimen de propiedad no soluciona los problemas relacionados con la gestión del recurso. Hasta 1985 las aguas subterráneas eran pro-

riedad de aquél que las alumbraba. Como se indicó anteriormente, el espectacular desarrollo de las aguas subterráneas en la segunda mitad del siglo XX, produjo importantes beneficios sociales y económicos, pero también originó problemas en algunas zonas debido a la falta de planificación y a su uso incontrolado.

La Ley de Aguas de 1985 trató de poner orden en la explotación de las aguas subterráneas mediante la demanialización de las mismas (artículos 1 y 2, Ley 29/1985). La regularización y catalogación de los aprovechamientos se entendían como condición previa al desarrollo sostenible del recurso. Sin embargo, esta regularización no se ha conseguido aún. De algo más de medio millón de aprovechamientos que el Ministerio de Medio Ambiente estima que existen (aunque la cifra real está previsiblemente en torno a los dos millones), únicamente han sido declarados el 60%, y menos del 30% han sido inscritos (MIMAM, 2000). Esta situación de caos administrativo constituye una de las limitaciones más importantes para una gestión adecuada y sostenible de las aguas subterráneas. Por otra parte, no hay que olvidar que los aprovechamientos de aguas subterráneas registrados con anterioridad a la Ley de 1985 mantuvieron su carácter privado (salvo que su propietario optara por inscribirlo en el Registro de Aguas Públicas), por lo que de hecho y de derecho, gran parte de las aguas subterráneas en España siguen siendo de propiedad privada.

Asimismo, la Ley otorgó poderes adicionales a los Organismos de cuenca, como la posibilidad de declaración de sobreexplotación de un acuífero y la consiguiente regulación de las extracciones (Artículo 54, Ley 29/1985). Hasta la fecha, se han declarado legalmente sobreexplotadas 16 unidades hidrogeológicas en España, de las que sólo dos (Mancha Occidental y Campo de Montiel), lo han sido de forma definitiva (el resto tiene la calificación provisional de sobreexplotación). La Ley de 1985 contemplaba la creación obligatoria de Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS), en los acuíferos declarados sobreexplotados, pero como se analizará en el siguiente apartado, los éxitos obtenidos con esta medida han sido limitados.

Como reconocía 15 años después el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 2000), muchos de los cambios introducidos por la Ley de 1985 con respecto a las aguas subterráneas fueron prácticamente inoperantes.

Las características particulares de las aguas subterráneas ponen de manifiesto la necesidad de crear nuevas estructuras de gestión para este tipo de recursos. Estas innovaciones deben ir en el sentido de una

mayor participación real por parte de los usuarios, así como en su adaptación a las necesidades y peculiaridades locales. El caso español demuestra que las reformas legales pueden ser ineficaces si no cuentan con el apoyo de los usuarios. La multiplicidad de usuarios hace esencial ese apoyo, sin el que la aplicación de las reformas legales es prácticamente imposible. Por otro lado, para facilitar esta participación es necesario contar con información fiable sobre la situación actual y la evolución del recurso. Es necesario establecer redes de control y seguimiento que se adapten a las necesidades de gestión, y facilitar la información obtenida a los usuarios y grupos de interés. En los siguientes apartados se consideran estos aspectos.

La gestión colectiva de las aguas subterráneas en España

España tiene una amplia y larga tradición de participación de usuarios en la gestión del agua. Tradicionalmente, esta participación estaba limitada a las comunidades de regantes de aguas superficiales en la gestión de las infraestructuras de riego. La Ley de Aguas de 1985 incidió en la participación de los usuarios a través de los órganos de gestión de los Organismos de cuenca (Asamblea de Usuarios, Junta de Explotación, Junta de Gobierno). Amplió también el concepto de usuarios, considerando no sólo a los agrarios, e incluyendo también a los de aguas subterráneas.

Sin embargo, la participación real de los usuarios ha seguido limitada a aquéllos con derechos reconocidos, por lo que se excluye casi totalmente a usuarios no consuntivos, como los intereses conservacionistas o los usos recreativos, quedando el público en general excluido de los procesos de toma de decisiones. Las cuotas de participación están relacionadas con las de utilización del recurso, por lo que el regadío suele tener un peso predominante dentro del grupo de usuarios. Por otra parte, y aunque la Ley requería la formación de comunidades de usuarios de aguas subterráneas en acuíferos declarados sobreexplotados, sólo dos (en la Mancha Occidental y en el Campo de Montiel) fueron creadas en respuesta directa a una declaración legal de sobreexplotación.

El Plan Hidrológico Nacional (PHN) español (Ley 10/2001) hace hincapié en la necesidad de garantizar la participación de los usuarios en la gestión de las aguas subterráneas al requerir la constitución de asociaciones de usuarios en las zonas receptoras de aguas trasvasadas. Estas asociaciones serán las titulares de las concesiones del agua trasvasada y las

responsables de tramitar la disminución o la caducidad de las concesiones de caudales subterráneos asignados en cuantías equivalentes a los volúmenes trasvasados, hasta alcanzar la condición de equilibrio natural sostenible de dichos acuíferos (art. 17 y 18 de la Ley del PHN).

Hay en España una gran variedad en la tipología de asociaciones de usuarios de aguas subterráneas, tanto en cuanto a su tamaño como en su organización. Varían desde asociaciones con unos pocos miembros que utilizan una sola captación, a Comunidades Generales de Usuarios de un acuífero formadas por miles de regantes individuales, ayuntamientos y asociaciones de regantes.

Entre los tipos de asociaciones de usuarios de agua subterránea, las más interesantes desde el punto de vista de la gestión sostenible del recurso, son las que incluyen a la mayor parte de los usuarios de un acuífero, y que además de tener como objetivo maximizar el beneficio obtenido con la explotación del recurso, contribuyen también a la conservación del acuífero, por lo que tienen también un objetivo social. De las numerosas asociaciones de usuarios existentes en España, sólo unas pocas pueden incluirse dentro de este grupo de asociaciones para la gestión colectiva de acuíferos. Entre ellas destacan: las Comunidades de Usuarios del Delta de Llobregat y de la Cubeta de Sant Andreu, en Cataluña; algunas comunidades de usuarios en el acuífero de la Mancha Occidental y la de Regantes de aguas privadas de Campo de Montiel, en la cuenca alta del Guadiana; la Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental; y la Comunidad General de Usuarios del Alto Vinalopó, en la Comunidad Valenciana (Hernández-Mora *et al.*, 2002, en prensa).

Los análisis regionales llevados a cabo durante el Proyecto Aguas Subterráneas de la Fundación Marcelino Botín (Llamas *et al.* 2001), han permitido realizar una serie de consideraciones útiles para evaluar la eficacia de las entidades de gestión colectiva en el desarrollo sostenible de los acuíferos. En este contexto, la eficacia debe ser entendida como la capacidad de las asociaciones de usuarios para actuar como verdaderas gestoras del recurso, articulando objetivos comunes y estableciendo reglas generalmente aceptadas referidas al acceso y uso del agua, y garantizar así la sostenibilidad a largo plazo del recurso y de los usos dependientes.

Algunas de las claves detectadas que han favorecido la constitución, funcionamiento y eficacia de estas entidades de gestión colectiva de acuíferos son las siguientes:

- La existencia de situaciones más o menos críticas en las que se perciba de manera colectiva por

todos los usuarios los efectos negativos que pueden producirse por una utilización intensiva, y en algunos casos descontrolada, de las aguas subterráneas.

- Un conocimiento adecuado por parte de los usuarios de las características físicas e hidrogeológicas del acuífero, así como de los aspectos esenciales de su funcionamiento.

- La extensión geográfica del acuífero. La capacidad de articular intereses comunes suele ser más complicada a medida que aumenta esta extensión, especialmente si afecta a varios Organismos de cuenca o Comunidades Autónomas. Sin embargo, un área de influencia suficientemente amplia y con varias fuentes de recursos, puede favorecer la existencia de soluciones viables a los problemas que pudieran resultar del uso intensivo de los acuíferos. Esto puede requerir la constitución de entidades de gestión colectiva que abarquen varias fuentes de recursos, como sucede en la Comunidad de Regantes del Alto Vinalopó.

- El número y tipo de usuarios. La existencia de usuarios o intereses con una notable importancia económica o técnica favorece el funcionamiento de estas entidades. Es el caso de Aguas de Barcelona en la Comunidad de Usuarios del Delta del Llobregat, o el de las conexiones o colaboraciones con centros de investigación que facilitan apoyo técnico y científico (Universidad Politécnica de Catalunya y Fundación Centro Internacional de Hidrología Subterránea en el Delta del Llobregat; Universidad de Alicante en el Alto Vinalopó; y Universidad de Castilla-La Mancha en la Mancha Oriental).

- El grado de asociacionismo de base que exista. Cuanto mayor es éste, más sencillo es crear entidades generales que articulen intereses comunes de las asociaciones de base. Como ejemplo opuesto, puede mencionarse el caso del acuífero de la Mancha Occidental, con la dificultad de organizar a más de 20.000 usuarios independientes.

- La existencia de personas en la zona con capacidad de liderazgo. Su influencia es importante para aportar sus conocimientos sobre los problemas asociados con el uso incontrolado del recurso, transmitir la necesidad de organizarse para ordenar y gestionar el uso del agua, y ser capaces de motivar a los usuarios para que cooperen con sus esfuerzos.

- La actitud y relación existente entre las Administraciones hidráulicas y las entidades de gestión colectiva. El fomento de convenios de colaboración y la prestación de recursos económicos o técnicos para realizar determinadas activida-

des, puede resultar muy beneficioso en aspectos como la regularización de los aprovechamientos, la vigilancia y control de las extracciones, y otros relacionados con la gestión del acuífero. Un ejemplo positivo es el caso de las Comunidades de Usuarios del Delta del Llobregat y de la Cubeta de Sant Andreu, que fueron las primeras creadas en España, incluso con anterioridad a la Ley de Aguas de 1985. En estos acuíferos, la colaboración entre los usuarios y la Administración hidráulica, con importantes campañas de información y educación, permitió concienciar a la gente de la necesidad de organizar y limitar el uso del recurso (Galofré, 2001). La relación existente entre la Confederación Hidrográfica del Júcar y la Junta de Comunidades de Regantes de la Mancha Oriental constituye otro ejemplo positivo.

- Otros factores externos que favorecen la constitución de estas entidades. Ejemplos claros son: la necesidad de organizarse en el Alto Vinalopó para asumir la gestión conjunta de las aguas subterráneas y de las superficiales procedentes de un trasvase; o en el Alto Guadiana, con el fin de recibir y gestionar las subvenciones del Plan de Compensación de Rentas para reducir el riego.

Los ejemplos analizados permiten concluir la conveniencia de fomentar, en el caso de acuíferos intensamente utilizados, la constitución de entidades de gestión colectiva de acuíferos que incorporen el interés social y ambiental –y no únicamente el privativo– en los criterios de gestión. Estas entidades deberían ser verdaderamente representativas e incluyentes, incorporando tanto a los usuarios privados como a los representantes de intereses generales y de carácter social (requerimientos ambientales, abastecimientos, usos recreativos).

En concreto, algunos objetivos que parecen importantes para potenciar el funcionamiento de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas, y lograr que se conviertan en verdaderas gestoras del recurso, necesidad que recoge el Libro Blanco del Agua en España (MIMAM, 2000), serían las siguientes:

- Articular fórmulas equilibradas de representación y participación de todos los usos dentro de las CUAS, no en función de las concesiones sino en función de la importancia socioeconómica de los distintos usos, y según los rasgos específicos de cada región.
- Aumentar los esfuerzos de las CUAS en informar, formar y educar a los usuarios (publicación de boletines, uso de nuevas tecnologías, cursos de formación). Como se verá en el apartado siguiente,

este aspecto resulta imprescindible para lograr la participación real de los usuarios, tanto en la vida de las comunidades como en la gestión del recurso.

- Mejorar la transparencia en la gestión interna de las CUAS de cara a los comuneros, a la Administración y al público en general.
- Lograr la profesionalización de las CUAS, según los recursos disponibles y las necesidades de cada una. En el caso de CUAS de cierta entidad, esta profesionalización puede producirse en los ámbitos: económico, con una gestión financiera y patrimonial con criterio empresarial (Jiliberto y Merino, 1997); de gestión, con la contratación de equipos directivos, profesionales y retribuidos; y técnico, contando con economistas, técnicos agrícolas, hidrogeólogos, etc., que se hagan cargo de los aspectos técnicos de la gestión.

La educación, la información y la participación como factores esenciales hacia el desarrollo sostenible

A pesar de que la Hidrogeología es hoy día una ciencia claramente establecida, las aguas subterráneas son a menudo tratadas como un recurso oculto y misterioso. Hay un desconocimiento general sobre la importancia de las aguas subterráneas en cuanto a sus valores medioambientales, a la producción de alimentos o a la garantía del agua para consumo humano. Por otro lado, en gran parte de la población están asentadas una serie de ideas erróneas relacionadas con las aguas subterráneas o con los recursos hídricos en general, que en muchos casos influyen negativamente en la gestión hídrica. Entre estos conceptos erróneos pueden destacarse los siguientes:

- La idea errónea de que el uso de las aguas subterráneas no es fiable, pues existe un gran riesgo de que al cabo de cierto tiempo, los pozos se sequen o se salinicen. Esto sucede sólo en casos específicos y se trata generalmente de aprovechamientos no planificados convenientemente.
- La idea de que extraer agua subterránea representa *robar* agua de forma instantánea a una masa de agua superficial más o menos próxima, por lo que no tiene sentido plantear su aprovechamiento. Este erróneo planteamiento ignora las características específicas de los acuíferos, cuyo tamaño e inercia hace que, en muchos casos, funcionen como hiperembalses con volúmenes almacenados muy superiores a la recarga anual que reciben.
- La creencia de que el agua para regadío debe estar casi siempre fuertemente subvencionada, pues los agricultores no pueden pagar el coste real

del agua. De hecho, los regantes con aguas subterráneas pagan normalmente todo el coste directo del agua que utilizan y obtienen rendimientos muy superiores a los regantes de aguas superficiales, que se benefician generalmente por las fuertes subvenciones derivadas de la financiación estatal de las grandes obras hidráulicas.

- La sobrestimación en la previsión de demandas futuras de agua, tanto a escala mundial (Gleick, 1998), como en el caso de España (Martínez Cortina, 2001a). En este sentido, no suelen considerarse adecuadamente los ejemplos, cada vez más abundantes, de cómo las mejoras en la gestión del agua conducen a unos menores consumos, a pesar del aumento de población, el crecimiento de la actividad industrial o el desarrollo económico: Estados Unidos (Solley *et al.*, 1998; Wood, 1999), California (CDWR, 1998), Almería (Pulido y Pulido, 1999), Madrid y Murcia (MIMAM, 2000).

- El inadecuado concepto de déficit hídrico estructural en algunas regiones. Este supuesto déficit responde a un balance negativo entre dos términos: el de los recursos disponibles y el de la demanda estimada. Esta última estimación está muy condicionada por ir asociada a un coste casi gratuito del agua, lo que no supone ningún estímulo para el ahorro del recurso.

Para clarificar muchos de estos conceptos, es importante una labor educativa que permita transmitir un conocimiento adecuado de los valores del agua, del ciclo hidrológico, y más específicamente, del funcionamiento y características de las aguas subterráneas. Este conocimiento debe partir de extensos programas de educación que traten de abarcar a todos los sectores de la población, desde la educación primaria y secundaria, hasta los usuarios y los responsables de grupos u organismos directamente relacionados con la gestión del recurso.

Es igualmente fundamental facilitar una información adecuada en todos los aspectos y datos relacionados con los recursos hídricos en general, y con las aguas subterráneas en particular, para transmitir una idea real sobre la importancia hidrológica, social, económica y medioambiental que tienen las aguas subterráneas. El libre acceso a los datos medioambientales constituye un derecho legalmente reconocido (Directiva de la Unión Europea 90/313, traspuesta a la legislación española en la Ley 38/1995). Además, la información debe ser facilitada de forma transparente, fácilmente entendible y accesible para todos los usuarios y sectores interesados, a través de los medios y forma más adecuados para cada uno, lo que exige un esfuerzo de diversificación importante.

Estas labores de educación e información pueden canalizarse a través de numerosas vías: difusión de publicaciones, pósters y folletos, videos, conferencias y mesas redondas, cursos y seminarios, centros de información e interpretación. Especialmente importantes son las posibilidades de difusión que ofrece la utilización de una herramienta como Internet. Además, deben considerarse algunos aspectos particularmente singulares: el papel relevante que pueden desarrollar los expertos en comunicación; la consideración de los estudiantes de primaria y secundaria como destinatarios preferenciales; la importancia de dotar a profesores y monitores de material de enseñanza y conocimientos adecuados; y la necesidad de hacer un esfuerzo en facilitar a los medios de comunicación, dado su papel crucial, datos veraces e información objetiva sobre estos temas.

Como ejemplo positivo en España relacionado con los aspectos anteriores, puede destacarse el material educativo sobre aguas subterráneas elaborado conjuntamente por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y la Fundación Marcelino Botín (FMB), y compuesto por un libro y cuatro pósters (López-Geta *et al.*, 2001), así como un CD interactivo elaborado por el IGME.

Como se ha indicado anteriormente, la gestión sostenible de las aguas subterráneas requiere la participación de todos los sectores afectados por su uso o implicados de una u otra forma en dicha gestión. Pero esta participación sólo será real y efectiva si todos aquellos que participan en el proceso de toma de decisiones tienen la información necesaria, lo que exige desarrollar programas eficaces de información y educación.

Por otra parte, para que el proceso de gestión del agua y toma de decisiones sea realmente participativo, no basta con que las agencias gestoras informen adecuadamente al público sobre las decisiones, ni siquiera que en una fase más avanzada recojan las opiniones del público, que puede así influir, hasta cierto punto, en la toma final de decisiones. Es necesario alcanzar una fase en la que las agencias gestoras pasen de informar y recibir información del público a decidir con él (Delli Priscoli, 1998). El esfuerzo requerido por parte de las agencias gestoras es significativo, como también lo son los posibles riesgos resultantes. Así, una vez que los diferentes grupos han manifestado su opinión se presenta el reto de cómo conciliar las visiones opuestas. Es en este momento cuando surge la necesidad de establecer mecanismos válidos de resolución de conflictos (negociación, mediación) con el fin de encontrar una solución aceptable por todos. Aunque el esfuerzo es

mayor, una vez alcanzada esta solución, su puesta en funcionamiento será más fácil.

Se resumen a continuación algunos requisitos importantes para asegurar la participación efectiva del público en los procesos de toma de decisión en la gestión del agua (Acreman, 2000):

- identificar los grupos de interés, incluyendo a todas las partes afectadas, y no sólo a los grupos representados tradicionalmente. En algunos casos pueden existir personas o intereses que no están suficientemente organizados, lo cual dificulta su inclusión
- asegurar que la participación es colaborativa, y no meramente consultativa
- crear un foro para el intercambio de información, expectativas y opiniones
- asegurar que el público está bien informado durante todas las fases del proceso
- adaptar los programas de participación a las costumbres de las diferentes regiones o países.

Conclusiones

Los avances científicos y tecnológicos de las últimas décadas (bomba de turbina, técnicas de perforación, progreso de la Hidrogeología), unidos al efecto de contagio producido entre los usuarios al ver los beneficios obtenidos con unos costes bastante asequibles, han motivado el gran desarrollo que en este tiempo han experimentado las aguas subterráneas. El uso intensivo que de este recurso se ha realizado en muchas regiones, principalmente de climas áridos y semiáridos, ha llevado en ocasiones a poner en cuestión la sostenibilidad futura de este desarrollo de las aguas subterráneas.

Una valoración adecuada de la sostenibilidad futura de las aguas subterráneas requiere un análisis del marco social e institucional en el que se ha desarrollado este uso intensivo y que ha condicionado su gestión, un estudio comparativo de los beneficios e impactos producidos por este desarrollo, y un análisis de los retos futuros que plantea la gestión de las aguas subterráneas para responder a las nuevas demandas sociales, económicas y medioambientales.

En este sentido, lo primero que hay que señalar es que el desarrollo intensivo de las aguas subterráneas se ha llevado a cabo, generalmente de forma particular, por la iniciativa privada e independiente de numerosos pequeños usuarios, sin un marco regulador claramente establecido, y con muy escasa atención por parte de las administraciones hidráulicas. La consecuente falta de planificación ha llevado en muchos casos a que el desarrollo de las aguas subterráneas

se haya producido de forma descontrolada y caótica. En este contexto, no es de extrañar que en ocasiones se hayan producido impactos negativos significativos, principalmente de tipo medioambiental, o relacionados con el deterioro de la calidad del agua. Aun así, los beneficios producidos han superado globalmente con creces a dichos impactos negativos, y han tenido una importancia social y económica trascendental en muchas regiones.

El análisis de las experiencias pasadas y de los impactos negativos originados debe conducir a una mejora significativa en la gestión de las aguas subterráneas. De lo contrario, lo que hasta ahora han sido problemas puntuales se convertirá en insostenible, afectando a todo el conjunto de los recursos hídricos. Se ha puesto de manifiesto la importancia de crear nuevas estructuras de gestión para las aguas subterráneas, que, por otra parte, deben adaptarse en cada caso a los condicionantes y necesidades locales.

Las entidades de gestión colectiva de acuíferos están llamadas a desempeñar un papel clave en la utilización racional de las aguas subterráneas. Su desarrollo en los próximos años deberá repercutir necesariamente en una mejor gestión del recurso. Los problemas identificados en relación con su funcionamiento y necesaria integración con las administraciones competentes deben ser tenidos en cuenta.

Por otra parte, la labor educativa a todos los niveles, y la información adecuada en todas las cuestiones relacionadas con las aguas subterráneas, son requisitos previos y necesarios para alcanzar otro objetivo esencial de cara a un desarrollo sostenible de las aguas subterráneas y de los recursos hídricos en general: la efectiva participación de todos los usuarios en los procesos de toma de decisión en la gestión del agua. Estos procesos han de ser realmente participativos y han de estar involucrados no sólo los usos tradicionalmente considerados, sino otros cuya incorporación a las decisiones de gestión demanda hoy día la sociedad, como por ejemplo los intereses conservacionistas o los recreativos.

Agradecimientos

Para la elaboración del presente artículo se tomó como base el realizado por estos mismos autores (Llamas *et al.*, 2000) en las primeras etapas del Proyecto Aguas Subterráneas de la Fundación Marcelino Botín. Algunos de los trabajos llevados a cabo durante dicho proyecto han servido para complementar y actualizar aquel artículo. Los autores quieren expresar su agradecimiento a la Fundación Marcelino Botín por contribuir a un mejor conoci-

miento de los problemas del agua en España, aportando su iniciativa al estudio e investigación de las aguas subterráneas, incidiendo en sus aspectos sociales, económicos, medioambientales, legales y éticos.

Referencias

- Acreman, M.C. (Ed.) 2000. *Guidelines for the sustainable management of groundwater-fed catchments in Europe*. Report to the European Union ENV4-CT95-0186. Groundwater and River Resources Programme on a European Scale (GRAPES), Institute of Hydrology, Wallingford, UK, 82 pp.
- Arrojo, P. 2000. *Valoración de las aguas subterráneas en el marco económico general de la gestión de aguas en España*. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, Serie B, nº 3, Fundación Marcelino Botín, Madrid, 49 pp.
- CDWR (California Department of Water Resources) 1998. *The California Water Plan Update*. Bulletin 160-98, Sacramento, California.
- Corominas, J. 1999. Papel de las aguas subterráneas en los regadíos. En: Samper, J. y Llamas, M.R. (Eds.), *Las Aguas Subterráneas en el Libro Blanco del Agua en España*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español, 65-79.
- Cruces, J., Fornés, J., Casado, M., de la Hera, A., Llamas, M.R. y Martínez Cortina, L. 1998. El marco natural, agua y ecología. En: Cruces, J. et al. (Eds.), *De la noria a la bomba. Conflictos sociales y ambientales en la cuenca alta del río Guadiana*. Editorial Bakeaz, Bilbao, 17-130.
- Custodio, E. 2000. *The complex concept of overexploited aquifer*. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Serie A, nº 2, Fundación Marcelino Botín, Madrid, 62 pp.
- Custodio, E. y Llamas, M.R. (en prensa). Intensive groundwater use: introductory considerations. En: Llamas, M.R. y Custodio, E. (Eds.), *Intensive use of groundwater: challenges and opportunities*. Swets and Zeitlinger, Netherlands, 3-12.
- Delli Priscoli, J. 1998. Public involvement, conflict management, and dispute resolution in water resources and environmental decision making. En: *Public involvement and dispute resolution*. Institute for Water Resources. U.S. Army Corps of Engineers, Virginia, 45-62.
- Galofré, A. 2001. Las comunidades de usuarios de aguas subterráneas en la Catalunya del 2000: desarrollo histórico y realidad actual. En: Hernández-Mora, N. y Llamas, M.R. (Eds.), *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, Madrid: 323-366.
- Gleick, P. 1998. *The World's Water 1998/1999. The biennial report on freshwater resources*. Island Press, California, 308 pp.
- Hernández-Mora, N., Martínez Cortina, L. y Fornés, J. (en prensa). Intensive groundwater use in Spain. En: Llamas, M.R. y Custodio, E. (Eds.), *Intensive use of groundwater: challenges and opportunities*. Swets and Zeitlinger, Netherlands, 387-414.
- Jiliberto, R. y Merino, A. 1997. Sobre la situación de las comunidades de regantes. En: López Gálvez, J. y Naredo, J.M., *La gestión del agua de riego*. Colección Economía y Naturaleza, nº 8, Fundación Argentaria, Madrid.
- Llamas, M.R. y Custodio, E. 1999. Aguas Subterráneas. *Revista CIDOB d'Afers Internacionals*, nº 45-46, Fundació CIDOB, Barcelona, 35-57.
- Llamas, M.R. y Custodio, E. (en prensa). Intensive use of groundwater: a new situation which demands proactive action. En: Llamas, M.R. y Custodio, E. (Eds.), *Intensive use of groundwater: challenges and opportunities*. Swets and Zeitlinger, Netherlands, 13-31.
- Llamas, M.R., Hernández-Mora, N. y Martínez Cortina, L. 2000. *El uso sostenible de las aguas subterráneas*. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas, Serie A, nº 1, Fundación Marcelino Botín, Madrid, 54 pp.
- Llamas, M.R., Fornés, J., Hernández-Mora, N. y Martínez Cortina, L. 2001. *Aguas subterráneas: retos y oportunidades*. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, Madrid, 529 pp.
- López-Geta, J.A., Fornés, J., Ramos, G. y Villarroya, F. *Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo*. Instituto Geológico y Minero de España y Fundación Marcelino Botín, Madrid, 94 pp. + 4 pósters.
- Martínez Cortina, L. 2001a. Estimación de la demanda en el Plan Hidrológico Nacional. Concepto de déficits estructurales y de demanda de agua subterránea. En: Iríbar, V., Grima, J. y Sánchez-Vila, X. (Eds.), *Las aguas subterráneas en el Plan Hidrológico Nacional*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español. Ediciones Mundi-Prensa, Madrid, 35-43.
- Martínez Cortina, L. 2001b. *Estimación de la recarga en grandes cuencas sedimentarias mediante modelos numéricos de flujo subterráneo. Aplicación a la cuenca alta del Guadiana*. Tesis Doctoral. Universidad de Cantabria, Santander, 418 pp.
- Martínez Fernández, J. 2001. El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia. En: Hernández-Mora, N. y Llamas, M.R. (Eds.), *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, Madrid, 239-249.
- McKean, M.A. 2000. Common property: what it is, what is it good for, and what makes it work. En: Gibson, C.C., McKean, M.A. y Ostrom, E. (Eds.), *People and forests: Communities, institutions and governance*. MIT Press, Cambridge, Massachusetts, 27-55.
- MIMAM (Ministerio de Medio Ambiente) 2000. Libro Blanco del Agua en España. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Madrid, 637 pp.
- Ostrom, E. 1992. *Governing the commons: the evolution of institutions for collective action*. Cambridge University Press, Cambridge, 275 pp.
- Pulido, A. y Pulido, P. 1999. El abastecimiento de agua en las ciudades del Mediterráneo. En: Llamas, M.R. (Ed.), *La nueva cultura del agua en España*. Revista Arbor, nº 646, octubre, Madrid, 253-269.
- Pulido, A., Molina, L., Vallejos, A. y Pulido, P. 2000. *El Campo de Dalías: paradigma de uso intensivo*. Papeles

- del Proyecto Aguas Subterráneas. Serie A, nº 4, Fundación Marcelino Botín, Madrid, 54 pp.
- Samper, J. 2000. Estado actual del conocimiento de las aguas subterráneas en Galicia. En: Samper, J., Leitao, T., Fernández, L. y Ribeiro, L. (Eds.), *Las aguas subterráneas en el Noroeste de la Península Ibérica*. Asociación Internacional de Hidrogeólogos-Grupo Español, Associação Portuguesa dos Recursos Hídricos e Instituto Geológico y Minero de España, 113-128.
- Solley, W.B., Pierce, R.R. y Perlman, H.A. 1998. *Estimated use of water in the United States in 1995*. U.S. Geological Survey, Circular 1200, Denver, 71 pp.
- Tang, S.Y. 1992. *Institutions and collective action: self-governance in irrigation*. ICS Press, San Francisco, 168 pp.
- WCD (World Commission on Dams) 2000. *Dams and development, a new frame for decision-making*. Earthscan, 404 pp.
- Wood, W.W. 1999. Water use and consumption; what are the realities? *Ground Water*, 37 (3), 321-322.
- Zafra, I. 2001. Aspectos socioeconómicos de las aguas envasadas. En: Hernández-Mora, N. y Llamas, M.R. (Eds.), *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, Madrid, 101-110.

Recibido: Junio 2002

Aceptado: Septiembre 2002