

PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Una contribución del
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Ed. Marc Martínez Parra
Ed. Carlos Martínez Navarrete

Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS:
LA CONTRIBUCIÓN DEL
ILUSTRE COLEGIO OFICIAL DE GEÓLOGOS

Editado por:
Marc Martínez Parra y Carlos Martínez Navarrete



Madrid

Reservados todos los derechos. El contenido de esta obra está protegido por la Ley, que establece penas de prisión y/o multas, además de las correspondientes indemnizaciones por daños y perjuicios para quienes reprodujeren, plagiaren, distribuyeren o comunicaren públicamente, en todo o en parte, una obra literaria, artística o científica, o su transformación, interpretación o ejecución artística fijada en cualquier tipo de soporte o comunicada a través de cualquier medio, sin la preceptiva autorización.

© de esta edición: Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

ISBN: 978-84-691-7975-8

Depósito Legal: M-55384-2008

Producción editorial: LDM Ediciones

Diseño de portada: Patricia Romero

Imprime: Elece Industria Gráfica, S. L.

PRESENTACIÓN

El presente libro parte de la vocación de mostrar el papel que el Ilustre Colegio Oficial de Geólogos ha desempeñado en la protección y conocimiento de las aguas subterráneas, especialmente con sus participaciones en el Congreso Nacional de Medio Ambiente (CONAMA). Se han recogido algunas de las participaciones de miembros de la vocalía de Hidrogeología del ICOG en el CONAMA, especialmente en el VIII, donde se coordinó y participó activamente en el grupo de trabajo GT-16 dedicado a la protección de las aguas subterráneas (figura 1, ver página 65).

Respecto al contenido, se ha pretendido plasmar temas de actualidad tanto en legislación como en utilización de las aguas subterráneas, en los riesgos asociados a la obtención de nuevos recursos, en la protección de ecosistemas relacionados con las aguas subterráneas. La intención de la Vocalía de Hidrogeología del ICOG es la de recoger también las problemáticas existentes, tanto en conocimiento como en necesidad de profesionales, para aplicar la legislación y reconducir de manera adecuada y eficaz la gestión de las aguas subterráneas que son, al fin y al cabo, públicas, y por tanto, de todos los españoles. No obstante, este documento se finalizó a principios del año 2007 y enmarcado en ese periodo temporal se debe considerar.

Este libro recoge una selección de los trabajos presentados en el grupo, completándolos con las observaciones que hicieron los otros componentes del GT-16. Asimismo se han incorporado dos textos nuevos preparados para la presente publicación.

Marc Martínez Parra y Carlos Martínez Navarrete.

Vocales de Hidrogeología del
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

PARTICIPANTES EN EL GRUPO DE TRABAJO-16

Relatores

Marc Martínez Parra
Ilustre Colegio Oficial de Geólogos

Fernando López Vera
Universidad Autónoma de Madrid

Carlos Martínez Navarrete
Instituto Geológico y Minero de España

Nuria Hernández-Mora Zapata
Fundación Nueva Cultura de Agua

Colaboradores Técnicos

Pedro Castillejo Partido
Fundación INFIDE

Pilar Cisneros Britto
Universidad Complutense de Madrid

África de la Hera Portillo
Instituto Geológico y Minero de España

Iván Martínez Pastor
Fundación CONAMA

Carlos Mesa López
ASAJA

Pedro Ruiz Herrera
AQUALIA

Guido Schmidt y Lucia de Stefano
WWF- ADENA

Manuel Varela Sánchez
Ministerio de Medio Ambiente

ACRÓNIMOS

CUAS	Comunidad de usuarios de aguas subterráneas.
DMA	Directiva Marco del Agua.
DWPA	Drinking water protected areas.
GT-UAM	Grupo de trabajo del agua subterránea- Universidad Autónoma de Madrid.
ICOG	Ilustre Colegio Oficial de Geólogos.
IGME	Instituto Geológico y Minero de España (anteriormente ITGE).
MIMAM	Ministerio de Medio Ambiente.
LBAS	Libro Blanco del Agua Subterránea. Año 1994.
LBA	Libro Blanco del Agua. Año 2000.
PHN	Plan Hidrológico Nacional.
RDL	Real Decreto Legislativo.
RD	Real Decreto.
SGOP	Servicio Geológico de Obras Públicas.
TRIA	Texto Refundido de la Ley de Aguas.
UCM	Universidad Complutense de Madrid.

ÍNDICE

INTRODUCCIÓN 5

Marc Martínez Parra y Carlos Martínez Navarrete

LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA Y LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 11

Carlos Martínez Navarrete

APUNTES SOBRE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS QUE AFECTAN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS 15

Marc Martínez Parra

LA PROTECCIÓN LEGAL EN ESPAÑA 19

Carlos Martínez Navarrete y Marc Martínez Parra

UN NUEVO MODELO DE GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, PROPUESTA DESDE LA PARTICIPACIÓN: LA REFORMA DEL TRLA 23

Fernando López Vera y Pilar Cisneros Britto

AGUAS DE CONSUMO HUMANO: GESTIÓN E INFRAESTRUCTURA ENTRE GRANDES Y MEDIANOS MUNICIPIOS. VENTAJAS E INCONVENIENTES SOBRE EL AGUA SUPERFICIAL 33

Marc Martínez Parra y Pedro Ruiz Herrera

EL REGADÍO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA 41

Nuria Hernández-Mora Zapata y Fernando López Vera

PROTECCIÓN DE ECOSISTEMAS RELACIONADOS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	51
África de la Hera Portillo	
PROBLEMÁTICA EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO: LAS “LAGUNAS” DE LA LEGISLACIÓN. PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE CAPTACIONES: IMPLANTACIÓN REAL Y FUTURA. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD	57
Carlos Martínez Navarrete y Marc Martínez Parra	
IMPACTO DE LA OBTENCIÓN DE NUEVOS RECURSOS HÍDRICOS	87
Pedro Ruiz Herrera	
REGULARIZACIÓN DE LOS USOS Y DERECHOS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	93
Fernando López Vera y Pilar Cisneros Britto.	
ACTUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA	101
Manuel Varela Sánchez	
TRANSPARENCIA Y RESPONSABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS	107
Marc Martínez Parra	
CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL ESTUDIO DE LA HIDROGEOLOGÍA MEDIOAMBIENTAL EN ESPAÑA	115
Marc Martínez Parra	
CONCLUSIONES	127
Marc Martínez Parra	
BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA	131

LA DIRECTIVA MARCO DEL AGUA Y LA PROTECCIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Carlos Martínez Navarrete

Área de Investigación de Recursos Hidrogeológicos. IGME

Introducción

El agua es un patrimonio común sometido a una presión creciente debida al continuo incremento de su demanda con buena calidad y en cantidades suficientes para los diversos usos. Su protección es un objetivo prioritario en la política medioambiental europea, reflejado específicamente en la Directiva Marco del Agua (DMA), Directiva 2000/60/CE del Parlamento y Consejo Europeo. Esta establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas (Unión Europea, 2000) para incrementar la protección de las aguas superficiales, subterráneas, de transición y costeras con el objetivo de mantener y mejorar el medio acuático de la Comunidad.

La DMA (art. 4) divide los objetivos medioambientales en los referentes a aguas superficiales, subterráneas y áreas protegidas, debiéndose alcanzar su buen estado en el año 2015. Introduce el concepto "masa de agua subterránea" (volumen claramente diferenciado de aguas subterráneas en un acuífero o acuíferos) como unidad geográfica de referencia cuya caracterización permite evaluar el cumplimiento de los objetivos medioambientales, el control de la evolución del recurso, y la adopción de medidas de protección y restauración.

Respecto a las áreas protegidas, la DMA indica (art. 6) que los Estados Miembros debían establecer en diciembre de 2004 uno o más registros de las declaradas de protección especial por la protección de sus aguas superficiales o subterráneas o la conservación de los hábitats y especies que dependen directamente del agua. Este registro incluiría: 1) todas las masas de agua utilizadas para la captación de agua destinada al consumo humano que proporcionen un promedio de más de 10 m³ diarios o que abastezcan a más de

50 personas y las masas de agua destinadas a tal uso en el futuro; 2) zonas designadas para protección de especies acuáticas significativas desde un punto de vista económico; 3) masas de agua declaradas de uso recreativo; 4) zonas declaradas vulnerables y 5) zonas declaradas sensibles, así como las áreas de protección de hábitat o especies en los que el mantenimiento o mejora del estado del agua constituya un factor importante de su protección. La transposición de la DMA al ordenamiento jurídico español (capítulo V de la Ley 62/2003) especifica que también deben incluirse “los perímetros de protección delimitados” y “los perímetros de protección de aguas minerales y termales aprobados”.

Las áreas protegidas para aguas subterráneas pueden ser parte de una masa de agua, extenderse por varias masas de agua, o coincidir con los límites de la masa.

Áreas protegidas para aguas de consumo humano en la DMA

La amplia diversidad de medios geológicos y consecuente variedad de tipologías acuíferas existentes en Europa, junto con las específicas características socioeconómicas de cada país, motiva que la proporción de aguas superficiales y subterráneas empleadas para consumo humano sea diverso. El empleo, con garantías suficientes, de las aguas subterráneas para consumo humano es fundamental en los países del ámbito mediterráneo, especialmente en los cíclicos periodos de sequía, y variable según el tamaño de la población abastecida.

Las áreas protegidas para aguas de consumo humano (*Drinking Water Protected Areas*, DWPPAs) contempladas en la DMA incluyen las empleadas para abastecimiento a la población, tanto públicas como privadas, y las empleadas directamente en la elaboración de comidas (conservas entre otras), pero no por su uso indirecto (cualquier tipo de irrigación). Las aguas termales sólo se incluyen en el caso de emplearse para consumo humano.

La definición de las DWPPAs en los diversos artículos de la DMA (especialmente en los artículos 4, 6, 7 y Anexo IV), es ambigua respecto a si se refiere a zonas o a masas de agua, lo que afecta a su extensión espacial, así como a qué debe incluirse en el registro de áreas protegidas y respecto a la posibilidad de exenciones (temporales y de objetivos menos rigurosos). Esta situación ha propiciado interpretaciones contrapuestas por los Estados que requerirán probablemente una aclaración final por los servicios jurídicos de la Comisión Europea (Martínez Navarrete, 2006).

Si se considera que las DWPPAs corresponden a la totalidad de las masas de agua subterránea esta debería incluirse en el registro de áreas protegidas y (opcionalmente) se definirían zonas de salvaguarda (*safeguard zones*) en su interior de extensión normalmente más reducida que las masas de agua subterránea. Por el contrario, si la DWPPAs son zonas, se incluirán éstas en el registro de áreas protegidas.

En la primera opción (totalidad de la masa) los rigurosos límites establecidos en la DMA (10 m³ diarios o que abastezcan a más de 50 personas), obliga a considerar bajo protección a la práctica totalidad de las masas de agua en numerosos Estados, como es el caso de España. Si bien, hay que resaltar, que no existe limitación en el tamaño de las masas de agua en la DMA, su delimitación la han efectuado los Estados que tienen la potestad de considerar como criterio los requerimientos asociados con las áreas protegidas para aguas de consumo humano al delimitar las masas de agua.

La importancia de aclarar la extensión de las DWPA's se incrementa al considerar que la DMA establece un plazo de 15 años (diciembre de 2015) para el cumplimiento de normas y objetivos de las áreas protegidas, excepto que se especifique algo diferente en el acto legislativo comunitario de su constitución, aunque el artículo 4 podría permitir una interpretación que posibilite otros plazos y, eventualmente, objetivos menos rigurosos a las áreas protegidas bajo ciertos condicionantes. Esta interpretación requerirá una aclaración de los Servicios Jurídicos de la Comisión.

Una interpretación restrictiva respecto a estas posibilidades, junto con una eventual decisión de que afecten a las masas de agua (gran parte del país), tendría una gran repercusión en la evaluación de los recursos hídricos de muchos estados al imposibilitar dicha exención en la mayor parte del territorio.

Es importante resaltar (GW2-WG-C, 2006) que en cualquiera de las dos opciones, aún en el caso de que las áreas protegidas para aguas de consumo humano deban comprender la totalidad de la masa de agua subterránea en la que se ubican, esto no implica que las medidas para alcanzar los objetivos del artículo 7.2 deban ser aplicadas en toda la extensión de las DWPA's. Estos requisitos, es decir, que además de cumplir los objetivos del artículo 4 cumpla los contemplados en la Directiva 80/778/CEE (*Drinking Water Directive*) modificada por la directiva 98/83/CE, deben cumplirse en el punto en que el agua es suministrada al consumidor.

El artículo 7.3 de la DMA obliga a que los Estados velen por la necesaria protección de los DWPA's "con objeto de evitar el deterioro de su calidad, contribuyendo así a reducir el nivel de tratamiento de purificación necesario para la producción de agua potable".

Aunque evitar el deterioro de la calidad de las masas de agua no produzca necesariamente una reducción en los niveles de purificación, sí parece claro que este artículo indica, al menos, una clara intención de evitar el deterioro de la calidad del agua. Para ello, los Estados deben tomar las medidas para proteger la calidad del agua de tal modo que, en su punto de extracción, previamente a los tratamientos de purificación, no se produzca un deterioro en la calidad del agua que requiera incrementar dicho tratamiento. El control debe efectuarse individualmente para cada parámetro que se estime que está en riesgo.

En la práctica no es posible, ni apropiado, aplicar de igual manera e intensidad las medidas restrictivas que pueden ser necesarias para cumplir los requerimientos del artículo 7.3 en toda la DWPA, especialmente si ésta corresponde a toda la masa de agua subterránea. Para subsanarlo, la DMA contempla (artículo 7.3) la posibilidad de emplear zonas de salvaguarda (*safeguard zones*) en las que se puedan focalizar las restricciones y medidas de control necesarias para salvaguardar la calidad.

Sería necesario además efectuar una monitorización que demuestre que existe una tendencia de mejora sostenible en el tiempo. Esta debería iniciarse, al menos, en 2007, cuando se disponga de la primera información de las redes de monitoreo (a establecer en diciembre de 2006) y requeriría un cierto periodo hasta ser evaluable (algún año). Hasta entonces, debe emplearse lo contemplado en la Directiva 80/68/CEE, y otras directivas, así como los programas de protección ya existentes.

La mayoría de los objetivos de la DMA se aplican a sustancias excluyendo los parámetros biológicos. Sin embargo, el artículo 7.3 no se refiere a contaminantes y, en su lugar, considera calidad y el "nivel de tratamiento de purificación" con la intención de que los parámetros biológicos, las sustancias químicas y las radiactivas sean contemplados.

Las zonas de salvaguarda que contempla la DMA son áreas en cuyo ámbito se focalizan las medidas para proteger las aguas subterráneas con el objetivo de limitar el deterioro de su calidad y reducir el nivel de tratamiento de purificación requerido en el agua de consumo humano, opción muy recomendable especialmente dado el tamaño con que han sido delimitadas numerosas masas de agua en diversos Estados si debe corresponder a toda su extensión.

En algunas circunstancias, como es el caso de los acuíferos kársticos, las zonas de salvaguarda (debido al flujo rápido y la extrema vulnerabilidad del medio) podrían extenderse más allá de los límites de las DWPA e incluso incluir parte de masas de agua superficiales aguas arriba.

El tamaño de las zonas de salvaguarda es muy variable en función de las características hidrogeológicas del acuífero, el caudal bombeado para consumo humano, el tipo de contaminantes para los que es necesario implantar medidas de protección, el criterio empleado en su delimitación y la vulnerabilidad del acuífero, entre otros.

Muchos Estados ya utilizan perímetros de protección de captaciones (*Source protection zones*) con principios muy similares a los indicados. Éstos pueden ser fácilmente adaptados y empleados al delimitar zonas de salvaguarda para cumplir los requerimientos del artículo 7.3.

Para adecuarse a los requerimientos de la DMA, los proyectos técnicos de delimitación de dichos perímetros de protección en España deberían efectuarse desde que se completó el registro de las masas de agua protegidas, diciembre de 2004, hasta diciembre de 2009, al tener que reflejarse en el programa de medidas (art. 11.3.d, DMA), estando operativos en diciembre de 2012 que se deben incluir en los planes de gestión de cada cuenca (Anexo VII.A.7, DMA).

APUNTES SOBRE LAS ACTIVIDADES ANTRÓPICAS QUE AFECTAN A LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS*

Marc Martínez Parra
Vocal de Hidrogeología del ICOG

Las características químicas y físicas del agua subterránea pueden modificarse por causas naturales, propias de los acuíferos como por factores externos, generalmente antrópicos (agropecuarios, urbanos, industriales). Cuando esta modificación empeora la calidad del agua se considera contaminación.

La contaminación por actividades agrícolas es de carácter difuso y está asociada a la utilización incorrecta de fertilizantes, con una sobredotación en la demanda del cultivo junto a un riego inadecuado que favorece la infiltración e incorporación de los compuestos nitrogenados (y otros como fosfatos, cloruros, sulfatos y metales) al acuífero. El problema puede verse agravado con la recirculación de las aguas, para regar. Un ejemplo de ello es el acuífero del Maresme (Murillo *et al*, 1993) donde la combinación de agricultura intensiva/prácticas inadecuadas han llevado al acuífero a presentar, en algunas zonas, elevadas concentraciones en nitratos (hasta 600 mg/L), condicionando su utilización para el abastecimiento. En la actualidad, la mayoría de Comunidades Autónomas, a causa de la Directiva Marco 91/676/UE y del RD 261/1996 *"sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias"*, han redactado un *"Código de buenas prácticas agrícolas"* que, sin embargo, es de uso voluntario por parte de los agricultores ¿existe una conciencia de empleo de los mismos? (figura 2, ver página 65).

* Texto procedente de la ponencia presentada en el CONAMA VI, año 2002.

La contaminación de origen ganadero es principalmente puntual y asociada a las instalaciones pecuarias bovinas, avícolas y, mayoritariamente, porcinas. La eliminación de los residuos supone un gran problema para los ganaderos, ya que se considera un vertido, por lo que está sujeto a la Legislación Hídrica (Texto Refundido de la Ley de Aguas, Reglamento del Dominio Público Hidráulico y los Planes Hidrológicos de Cuenca).

En el caso de la región de Murcia, donde existe una importante industria del sector porcino, la metodología empleada es la de fosas anaerobias (profundidades de hasta 4 m) junto a las naves, donde se recoge el purín y balsas de evaporación (grandes superficies con una lámina de purín no superior a 0,5 m, aproximadamente). El problema surge cuando estas balsas no están impermeabilizadas y pueden afectar a los acuíferos infrayacentes. A esto se debe añadir la utilización del estiércol o purín líquido para el abonado de campos, sin un riguroso estudio agronómico, sino como un vertido más difuso. En el Campo de Cartagena, el acuífero cuaternario muestra contenidos en nitratos superiores a 100 mg/L, posiblemente debido a las actividades agrícolas y agropecuarias (Aragón *et al*, 1999). A nivel nacional, la carga orgánica generada por la ganadería equivale a una población superior a 123 millones de habitantes. En la actual Ley de Aguas, es el particular quién debe realizar un estudio hidrogeológico que garantice la inocuidad del acuífero (art. 102 TRLA), cuando puede afectar un acuífero. Pero ello lleva a una reflexión: ¿el particular conoce previamente la hidrogeología del emplazamiento? ¿Cómo determina que debe entregar dicho estudio?. Un gran número de estos informes, elaborados por consultores privados, apoyan la posibilidad del vertido sin riesgos, aunque la posterior valoración de los técnicos de la Administración la contradice y cuestiona. Se trata, en general, ante los pocos datos que aportan, de dos valoraciones con los criterios científicos de las distintas partes. Es por ello que se precisa en la Administración, principalmente la hídrica, de técnicos que establezcan los parámetros que consideren adecuados para autorizar o no los vertidos, y la metodología de estudios hidrogeológicos aceptables (figura 3, ver página 65).

Los plaguicidas mostraban en 1994 una tendencia creciente, con un empleo de 62.000 t/año, destacando las comunidades autónomas de Castilla-La Mancha, Valencia y Andalucía (MINER-MOPTMA, 1994). En diversos acuíferos catalanes, asociados a áreas agrícolas, su presencia parece limitarse a los acuíferos más superficiales y en concentraciones bajas, que en pocos casos superan la Reglamentación Técnico-Sanitaria (Garrido *et al*, 1999).

Las actividades industriales presentan una gran variabilidad de sustancias químicas, orgánicas e inorgánicas. La eliminación de los residuos industriales sin las oportunas medidas, tratamientos o en áreas no adecuadas, fugas o vertidos, constituirán un importante foco de contaminación de las aguas subterráneas y superficiales. En la U.H. 08.25 Plana de Valencia, es frecuente la aparición de metales pesados asociados a las aguas subterráneas y otros

contaminantes procedentes de las industrias allí asentadas (ITGE, 1997). En 1994, se detectó una contaminación por dioxanos en el acuífero aluvial del río Tordera (Girona), procedente de un vertido al río de una de las muchas industrias de química allí establecidas (Costa y Niñerola, 1999). Cabe indicar que de este acuífero se abastecen una población que en verano puede alcanzar los 550.000 habitantes, afectando, entre otras, a las poblaciones de Lloret de Mar, Tossa de Mar, Calella y Blanes.

Se debe señalar que, para algunos productos contaminantes, muchos municipios no disponen de los medios suficientes para costear su detección ni de técnicos con los necesarios conocimientos para sospechar de su posible existencia en las aguas. Tampoco la administración local se plantea controles periódicos sobre contaminantes orgánicos (pesticidas, plaguicidas, etc) y que, en un análisis normal, no pueden determinarse.

Por último, indicar que estas son las incidencias más habituales de la actividad antrópica, aunque existen, entre otras, la incidencia de la explotación de áridos, las aguas residuales urbanas o los pozos negros (figuras 4 y 5, ver página 66).

LA PROTECCIÓN LEGAL EN ESPAÑA

Carlos Martínez Navarrete

Área de Investigación en Recursos Hidrogeológicos. IGME

Marc Martínez Parra

Vocal de Hidrogeología del ICOG

La protección se puede entender como activa –ante los potenciales contaminantes y sus fuentes, tal como vertidos, actividad agraria, vertederos, etc– y pasiva –ante los potenciales receptores tales como acuíferos o las propias captaciones, ejerciéndose la protección mediante perímetros de protección (figuras 6, 7, 8 y 9, ver páginas 66-67).

Los vertidos directos e indirectos (residuos industriales, ganaderos, urbanos, etc) quedan regulados por el RDL 1/2001 sobre autorización de vertidos en acuíferos y aguas subterráneas y su modificación con la Ley 62/2003. En el artículo 100 se indica que *“se considerarán vertidos los que se realicen directa o indirectamente en las aguas continentales, así como en el resto del dominio público hidráulico, cualquiera que sea el procedimiento o técnica utilizada. Queda prohibido, con carácter general, el vertido directo o indirecto de aguas y de productos residuales susceptibles de contaminar las aguas continentales o cualquier otro elemento del dominio público hidráulico, salvo que se cuente con la previa autorización administrativa”*. Asimismo, en el artículo 245 sobre autorización de vertido del RD 606/2003 se desarrolla más la definición de vertidos y especifica que la autorización para la realización de vertidos *“... corresponde al Organismo de cuenca tanto en el caso de vertidos directos a aguas superficiales o subterráneas como en el de vertidos indirectos a aguas subterráneas. Cuando se trate de vertidos indirectos a aguas superficiales, la autorización corresponderá al órgano autonómico o local competente”*.

El art. 102 del RDL 1/2001 sobre autorización de vertido en acuíferos y aguas subterráneas indica que *“cuando el vertido pueda dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos o las aguas subterráneas, sólo podrá*

autorizarse si el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad". En el art. 257 del RD 606/2003 sobre vertidos de sustancias peligrosas a las aguas subterráneas se indica que "...se prohíbe el vertido directo de las sustancias de dicha relación I. La autoridad competente exigirá para la autorización de acciones de eliminación, o depósito de residuos o productos que pudiesen contener estas sustancias, un estudio hidrogeológico previo, con el fin de evitar su introducción en las aguas subterráneas". No obstante, permite el vertido si " se desprendiese de un estudio hidrogeológico previo que las aguas subterráneas en las que se prevé el vertido de sustancias de la citada relación I son inadecuadas de forma permanente para cualquier uso, en particular para usos domésticos o agrícolas, se podrá autorizar el vertido de dichas sustancias." Ello resulta contradictorio, ya que con la evolución de las técnicas de tratamiento y la disminución de recursos, es de poca visión "condenar" a un acuífero a ser contaminado.

Existen otros supuestos para exigir estudio hidrogeológico previo. Así, *"Para limitar la introducción de sustancias de la citada relación II, se someterá al estudio hidrogeológico previo no sólo el vertido directo de dichas sustancias, sino también las acciones de eliminación o depósito capaces de ocasionar un vertido indirecto.*

Se podrá autorizar el vertido cuando el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad, sin perjuicio de incluir en el condicionado la adopción de las precauciones técnicas necesarias".

También, *"los vertidos a las aguas subterráneas que no contengan sustancias peligrosas se autorizarán de acuerdo con el procedimiento, si bien se exigirá el estudio hidrogeológico previo que demuestre la inocuidad del vertido".*

Pero ¿qué contiene un estudio hidrogeológico previo? En el art. 258 del RD 606/2003 se describe que *" contemplará, como mínimo, el estudio de las características hidrogeológicas de la zona afectada, el eventual poder depurador del suelo y subsuelo y los riesgos de contaminación y de alteración de la calidad de las aguas subterráneas por el vertido. Asimismo, determinará si, desde el punto de vista medioambiental, el vertido en esas aguas es inocuo y constituye una solución adecuada. Este estudio deberá estar suscrito por técnico competente y deberá aportarse en la declaración de vertido..."*

Así, la protección de las aguas subterráneas quedará condicionada por el conocimiento de los técnicos de la Administración Hidráulica y del IGME, a los que se les puede enviar los estudios, para solicitar informe no preceptivo. Ello conlleva una curiosa paradoja ¿hay suficientes hidrogeólogos en las Administraciones Hidráulicas para asumir esta responsabilidad de manera eficaz y efectiva?

En la Ley 16/2002 de prevención y control integrados de la contaminación se contempla que para obtener la autorización ambiental integrada en Cuencas Intracomunitarias es preciso, entre otros documentos, el Informe del organismo de cuenca (art. 19):

1. *En los supuestos en los que la actividad sometida a autorización ambiental integrada precise, de acuerdo con la legislación de aguas, autorización de vertido al dominio público hidráulico de cuencas intercomunitarias, el organismo de cuenca competente deberá emitir un informe sobre la admisibilidad del vertido y, en su caso, determinar las características del mismo y las medidas correctoras a adoptar a fin de preservar el buen estado ecológico de las aguas.*
2. *El informe regulado en el apartado anterior tendrá carácter preceptivo y vinculante y deberá emitirse en el plazo máximo de seis meses desde la recepción del expediente.*

La protección de las aguas subterráneas frente a la contaminación de origen agrario también está reflejada indirectamente en el RD 261/1996 de los nitratos, cuando recomiendan Códigos de Buenas Prácticas Agrarias que controlen la adecuada aplicación y evitar filtraciones de residuos acumulados.

La protección de las aguas minerales en España está regulada por el RD 2857/1978 Reglamento General del Régimen de la Minería, que en su artículo 43 se contempla que la autorización o concesión de aprovechamiento de aguas minerales otorga a su titular los siguientes derechos:

El derecho exclusivo a utilizarlas en la forma, condiciones y durante el término fijado en la autorización o concesión.

A proteger el acuífero en cantidad y calidad y a su normal aprovechamiento en la forma que hubiese sido otorgado o concedido. A este efecto, podrá impedir que se realicen dentro del perímetro de protección que se le hubiese fijado, trabajos o actividades que pudieran perjudicar el acuífero o a su normal aprovechamiento.

Ello permite la elaboración del perímetro de protección para proteger los acuíferos de las que provienen las aguas declaradas minero-medicinales o minerales naturales.

También la ley de eliminación de residuos (RD 1481/2001) contempla la protección de las aguas subterráneas en el apartado de procedimiento de control y vigilancia de protección, con control de parámetros, piezómetros y medidas de intervención.

En España, el perímetro de protección de captaciones de agua para consumo humano es una figura ampliamente contemplada en la legislación de aguas y pueden además apoyarse en la legislación del suelo. Se contemplan en:

- Modificación del Texto Refundido de la Ley de Aguas aprobado por RD 1/2001 por la que se incorpora al derecho español la Directiva 2000/60/CE, DMA, en el capítulo V de la Ley 62/2003 de medidas fiscales, administrativas y de orden social (art 28 y 99 bis).
- Real Decreto Legislativo 1/2001, Texto Refundido de la Ley de Aguas (art. 42, 56 y 97 c).

- Reglamento del Dominio Público Hidráulico, (RDPH), RD 849/1986 (art. 172 y 173).
- Reglamento de la Administración Pública del Agua y de la Planificación Hidrológica, (RAPAPH), RD 927/1988 (art. 82).
- Real Decreto 140/2003 por el que se establecen los criterios sanitarios de calidad del agua de consumo humano (art. 7 y 13).
- Plan Hidrológico Nacional, Ley 10/2001 y en los Planes Hidrológicos de Cuenca RD 1664/1998.
- Puede apoyarse en la legislación del suelo: Ley 6/1998, sobre régimen del suelo y valoraciones, de ámbito estatal (art. 9) y legislación autonómica (Ley 5/1999, de Urbanismo de Castilla y León, art. 15 entre otras).

En la citada legislación se indica las actividades que pueden ser restringidas o prohibidas y que podrán imponerse condicionamientos en el ámbito del perímetro a las mismas que puedan afectar a la cantidad o la calidad de las aguas subterráneas. Estos condicionamientos no tienen por qué ser similares en toda la extensión por lo que, aunque no define qué zonas deben considerarse ni en base a qué criterios, sí admite en la práctica dividir el perímetro en diversas zonas alrededor de la captación, graduadas de mayor a menor importancia en cuanto a las restricciones de actividad impuesta. Esta zonación y las regulaciones a imponer en su ámbito debe proponerse en cada documento de delimitación del perímetro de protección.

UN NUEVO MODELO DE GESTIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA, PROPUESTA DESDE LA PARTICIPACIÓN: LA REFORMA DEL TRLA

Fernando López Vera

Universidad Autónoma de Madrid

Pilar Cisneros Britto

Universidad Complutense de Madrid

Introducción

La participación es un componente indispensable en las democracias ya que, de no fomentarse, el ciudadano se sentiría tutelado pero no plenamente representado. Muchos de los cambios en nuestras sociedades son alternativas económicas que generan riqueza pero también producen conflictos de intereses, problemas medio ambientales o sanitarios. Cualquier medida adoptada por los representantes legítimos o cualquier cambio normativo, si quiere mantenerse cercano a la realidad social debe pulsar los problemas y las demandas desde la base. Los propios técnicos y especialistas deben contar con una información de primera mano de todos los implicados y de los posibles afectados. La participación es necesaria técnicamente para la toma de decisiones pero también es demanda y derecho de la ciudadanía.

El derecho a la información y a participar en la toma de decisiones en cuestiones ambientales y en la gestión del agua, se contempla en la normativa nacional y comunitaria y cuenta con antecedentes que marcan esta trayectoria.

Aparte del cambio de paradigma o de cultura en que la gestión del agua se encuentra inmersa, el agua subterránea presenta dos hechos diferenciales importantes respecto la gestión del agua superficial:

- a) La existencia de tomas de agua múltiple, distribuida en un área extensa dentro de dominios privados, lo que dificulta su control.

b) La carencia del suficiente desarrollo de instrumentos de conciliación entre los diferentes actores involucrados en la gestión y uso del agua subterránea.

La nueva gestión del agua subterránea debe tener en cuenta los tres factores apuntados, que se sintetizan en una corresponsabilización de los usuarios y las administraciones hidrológica y territorial.

Desde el Grupo de Trabajo del Agua Subterránea de la UAM (GT-UAM) (2006) se ha propuesto una modificación sustancial del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), que incluye una transposición de la Directiva Marco del Agua (DMA) demasiado limitada. Esta propuesta ha tenido en cuenta también el acuerdo político del Consejo y el Parlamento de Europa, de julio del 2005 sobre la Directiva de protección del agua subterránea frente a la contaminación, también denominada "Directiva hija". Dicho Grupo de Trabajo puso en marcha un complejo proceso de participación de usuarios, profesionales y personas interesadas en el uso y gestión del agua subterránea que dio como resultado una amplia batería de propuestas (López-Vera y Cisneros, 2006 a).

El total de las propuestas recibidas y debatidas se han clasificado en:

- Propuestas que por su entidad se han incluido en el presente documento de modificación del TRLA.
- Pospuestas para ser incluidas en el posterior desarrollo reglamentario.
- Un tercer grupo son acciones de acompañamiento que debería llevar acabo la Dirección General del Agua del Ministerio de Medio Ambiente en colaboración con otros ministerios, como la unificación del IVA de las Comunidades de Usuarios de las Aguas subterráneas (CUAS) , profesionalización, etc.

La propuesta de modificación del TRLA ha sido fundamentalmente en cuatro direcciones:

- Potenciar las comunidades de usuarios y corresponsabilizarlas en el control y gestión de las masas de agua subterránea.
- Fortalecer las medidas de conservación de las masas de agua subterránea, acorde con los objetivos de buen estado cuantitativo y químico expuestos en la DMA (2000/60/EC) y con las disposiciones de la futura Directiva sobre Protección de las aguas subterráneas contra la contaminación (pendiente de aprobación) y el acceso a la información medioambiental.
- Simplificación de los procedimientos administrativos e involucrar a la administración territorial.
- Tecnificación y profesionalización de la gestión y control de las aguas subterráneas.

Las propuestas de modificación del TRLA en materia de agua subterránea

Estructura de las comunidades de usuarios

La gestión de las aguas superficiales se organiza a partir de una toma única de agua en un cauce o presa de embalse, de la que se sirven numerosos usuarios, organizados en comunidades de regantes, abastecimiento y otros, siendo de fácil control por las autoridades hidrológicas. No es el caso de los usuarios de agua subterránea, con toma múltiple y dispersa en una extensa área, dentro de predios privados, cuyo control es muy difícil de efectuar. Si a esto se une la falta de desarrollo normativo, la dejación de la administración y, en ocasiones, la falta de conocimiento del acuífero, no es de extrañar los conflictos de intereses y las afecciones medioambientales que la explotación descontrolada produce (López-Vera y Cisneros, 2006 b).

La alternativa que se presenta es la de una gestión participada entre los usuarios y la administración, en la que los primeros asumen la responsabilidad de la conservación del recurso asignado por la administración y el uso del mismo, bajo la supervisión y control de la administración.

El recurso disponible que se asigna se define como: "el valor medio interanual de la tasa de recarga total de la masa de agua subterránea, menos el flujo interanual medio requerido para conseguir los objetivos de calidad ecológica para el agua superficial asociada según los objetivos medioambientales establecidos, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados", al objeto de hacer sustentable el aprovechamiento.

En la propuesta, las comunidades de usuarios de masas de agua subterránea, quedan definidas por:

- a) Los usuarios de una misma masa de agua subterránea con independencia de la naturaleza de su título e incluyendo entre dichos usuarios a los titulares de aprovechamientos sobre manantiales con origen en dichas masas, estarán obligados a constituir una comunidad de usuarios, si no la hubiere, a cuyos efectos y en los términos que se señalen reglamentariamente, presentarán al Organismo de cuenca para su aprobación, los correspondientes Estatutos. En ellos, y entre otras circunstancias, se determinarán los límites de la Comunidad y el sistema de utilización conjunta de las aguas. Podrán utilizarse cuantas formas de Comunidades de usuarios que se regulan en función de las circunstancias objetivas de la utilización y protección de la masa de aguas subterráneas concreta.
- b) En las masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar los objetivos de buen estado (sobreeplotación), será obligatoria la constitución de una comunidad de

usuarios, si no la hubiere, en el plazo máximo de seis meses tras la identificación correspondiente y en el contexto de la adopción de las medidas reguladas para esa circunstancia. Si transcurrido ese plazo y por cualquier motivo no se hubiera procedido a la constitución de la Comunidad de usuarios, el Organismo de cuenca la constituirá de oficio o encomendará sus funciones con carácter temporal a una entidad representativa de los intereses concurrentes¹.

- c) Con el objeto de facilitar el cumplimiento de las funciones de las Comunidades de Usuarios que se establecen, los Organismos de cuenca y las Comunidades de Usuarios suscribirán convenios en los que, entre otros contenidos, se regulará la prestación de asistencia técnica y económica del Organismo de cuenca a la Comunidad para su cooperación en la elaboración del Plan de explotación de la masa de agua subterránea y, en general, para el desarrollo de sus funciones de control efectivo del régimen de explotación y respeto a los derechos sobre las aguas. En estos convenios podrá preverse también la sustitución de las captaciones de aguas subterráneas preexistentes por captaciones comunitarias¹.
- d) Los Estatutos de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas señalarán cuantas funciones de la Junta de Gobierno, o de la Junta General, deban adoptarse preceptivamente con informe suscrito por técnico competente en los términos que se regulen reglamentariamente.
- e) Los Estatutos de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas podrán disponer la constitución de un órgano de arbitraje o encomendar la realización de funciones de arbitraje a personas externas a la Comunidad, todo ello con la finalidad de que los usuarios puedan someter a dichos órganos o personas sus discrepancias en cuanto al ejercicio de sus derechos de utilización, todo ello sin perjuicio de las competencias propias del Jurado.

También se propone que las Funciones de las Comunidades de usuarios de aguas subterráneas, son, además de las funciones de las Comunidades de usuarios reguladas en el artículo 83 de la Ley de aguas, las siguientes:

¹ Según Nuria Hernández-Mora Zapata, de la Fundación Nueva Cultura del Agua, las propuestas de los apartados b) y c) ya están contemplados en el TRLA. La idea de la creación obligatoria de comunidades de usuarios estaba contemplada en la original LA de 1985 para el caso de acuíferos sobreexplotados, y su utilidad ha sido limitada ya que es difícil crear instituciones sociales "por decreto". De hecho, y como se señala más adelante en capítulo 5 de este documento, en el año 2001 únicamente existían comunidades de usuarios operativas en 5 de los 16 acuíferos con declaración legal de sobreexplotación.

- a) Emitir informe preceptivo en cuantos procedimientos relativos al otorgamiento, modificación o revocación de derechos sobre la respectiva masa de agua subterránea se tramiten en el Organismo de cuenca, a cuyos efectos, el Organismo de cuenca habrá de solicitar dicho informe acompañado de la documentación oportuna para el pronunciamiento de la Comunidad a través del órgano competente para ello.
- b) Emitir informe preceptivo en los procedimientos de otorgamiento de concesiones de áridos, autorizaciones de vertido o cualesquiera otras actuaciones de las Administraciones Públicas que puedan afectar a la cantidad o calidad de la respectiva masa de agua subterránea.
- c) Ser puntualmente informadas por el Organismo de cuenca de los asuntos que afecten al ejercicio de sus competencias según lo regulado por esta Ley, su desarrollo reglamentario y por los Estatutos de las respectivas Comunidades.
- d) Llevar a cabo el control de los contadores de los distintos usuarios transmitiendo al Organismo de cuenca cuantas irregularidades observen en ellos sin perjuicio del ejercicio de sus propias funciones disciplinarias.
- e) Proteger en general las masas de agua subterránea a cuyos efectos se dispondrá lo necesario para la protección de las captaciones de la Comunidad y de los usuarios contra actos de vandalismo y para prevenir los perjuicios provenientes de los desastres naturales.
- f) Denunciar ante el Organismo de cuenca la existencia de vertidos no autorizados y otras actividades existentes dentro de los límites de la Comunidad que alteren o sean susceptibles de alterar la calidad del agua.

2. Los convenios que se suscriban entre los Organismos de cuenca y las Comunidades de usuarios de aguas subterráneas podrán prever la delegación de funciones de los Organismos en las Comunidades o la forma de colaboración de éstas en el cumplimiento de las funciones de los Organismos de cuenca relativas a las masas de agua subterránea. En particular, en dichos convenios se regulará:

- a) La colaboración con el Organismo de cuenca correspondiente en el control efectivo del régimen de explotación de las masas de agua subterránea, en el respeto a los derechos de agua legítimamente adquiridos así como en el control piezométrico de las masas de agua subterránea.
- b) La colaboración con el Organismo de cuenca en la aplicación del Plan de Explotación o de los programas de actuaciones en las masas de agua subterránea con riesgo de no cumplir los objetivos de buen estado teniendo en cuenta, en su caso, las

particularidades derivadas de la aportación de recursos externos a dichas masas de agua².

3. En todo caso, las Comunidades de Usuarios de aguas subterráneas participarán activamente junto con el Organismo de cuenca en el desarrollo de los procesos de elaboración y revisión del Plan hidrológico de la demarcación hidrográfica así como en la confección de los programas de medidas.

Las comunidades de usuarios de aguas superficiales o subterráneas, cuya utilización afecte a intereses que les sean comunes, podrán formar una comunidad general para la defensa de sus derechos y conservación y fomento de dichos intereses. También podrán integrarse en las comunidades generales usuarios individuales en la forma que se indique reglamentariamente y de la manera prevista por sus estatutos.

El desarrollo de estas comunidades se basa en la experiencia de las Juntas Centrales de regantes con pozos, algunas se remontan al año 1888, como la de Picassent (Valencia), la del Baix Llobregat (Barcelona) que se remonta a la década de los 60 del siglo pasado o más recientemente, década del los ochenta, la de Poniente almeriense (Almería) que por la iniciativa privada ha creado uno de los mayores emporios hortofrutícolas de Europa, en lo que anteriormente era un desierto; fenómeno estudiado por numerosos autores entre ellos López-Gunn y Martínez Cortina (2006) y Codina-Roig, (2003). Se ha tratado en la propuesta de capitalizar estas experiencias y extenderlas al resto del territorio nacional.

La conservación de las masas de agua subterránea

Como se ha explicado en el primer capítulo, la DMA establece que las masas de agua subterránea que por las presiones antrópicas no alcancen el buen estado cuantitativo (estén sobreexplotadas) o químico (contaminadas), deben adoptar medidas para su recuperación. A este respecto, la propuesta que ha hecho el GTA-UAM establece, las siguientes medidas para estas masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar el buen estado:

1. El Organismo de cuenca, una vez que una masa de agua subterránea haya sido identificada como en riesgo de no alcanzar un buen estado, llevará a cabo las siguientes medidas:

2 No obstante, Lucia Di Stefano (WWF-ADENA) considera que las CUAS son muy bisoñas para demostrar en la actualidad la capacidad de autocontrol para proteger los recursos.

- a) Procederá a la constitución de oficio de una comunidad de usuarios si no la hubiere, o encomendará sus funciones con carácter temporal a una entidad representativa de los intereses concurrentes.
- b) Aprobará de oficio, o a propuesta de la comunidad de usuarios, o de cualquier parte interesada, y en el plazo máximo de un año desde que haya tenido lugar la identificación, un programa de actuación para la recuperación del buen estado de la masa de agua. Este programa deberá estar coordinado con programas de medidas.. Hasta la aprobación del programa de actuación, el Organismo de cuenca podrá adoptar las limitaciones de extracción así como las medidas de protección de la calidad del agua que sean necesarias como medida preventiva y cautelar.

El programa de actuación ordenará el régimen de extracciones para lograr una explotación racional de los recursos hasta alcanzar un buen estado de las masas de agua subterránea así como la recuperación de los manantiales y ecosistemas terrestres asociados y podrá establecer la sustitución de las captaciones individuales preexistentes por captaciones comunitarias, transformándose, en su caso, los títulos individuales con sus derechos inherentes, en uno colectivo que deberá ajustarse a lo dispuesto en el programa de actuación. En su caso, el programa podrá prever la aportación de recursos externos incluyendo los criterios para la explotación conjunta de los recursos locales y de los externos. No obstante, no podrán aprobarse programas de actuaciones con fundamento en recursos externos a la cuenca hidrográfica de que se trate que no estén sustentados en decisiones concretas del Plan Hidrológico Nacional o aprobadas por ley.

El programa de actuación podrá incluir un perímetro de protección en el cuál no será posible el otorgamiento de nuevas concesiones de aguas subterráneas a menos que los titulares de las preexistentes estén constituidos en comunidades de usuarios.

- c) Podrá determinar también perímetros de salvaguarda de las masas de agua subterránea en los que será necesaria su autorización para la realización de obras de infraestructura, extracción de áridos u otras actividades e instalaciones que puedan afectarla sin perjuicio de la intervención de otros órganos o entidades administrativas prevista por el ordenamiento jurídico.

Las Administraciones competentes en ordenación del territorio y urbanismo, deberán tener en cuenta la delimitación y condiciones a que se hace referencia en el párrafo

anterior, en la elaboración de sus instrumentos de planificación así como en el otorgamiento de las licencias que, en su caso, puedan proceder³.

2. Reglamentariamente, se establecerá el procedimiento para la identificación de masa de agua en recuperación y la determinación del perímetro de salvaguarda a que se refiere la letra c) del apartado primero.

3. Reglamentariamente, se establecerá, con carácter excepcional, el procedimiento para la autorización temporal de extracciones superiores a los recursos disponibles de una masa de aguas subterráneas cuando esté garantizado, en todo caso, su buen estado.

También se establecen plazos de actuación administrativa en el supuesto de las masas de agua subterránea en riesgo de no alcanzar los objetivos de buen estado.

Los pozos abandonados supone un riesgo para la conservación del buen estado de la masa de agua. Por ello, en el caso de la extinción de las concesiones de aguas subterráneas, se establece que el titular estará obligado a reponer el medio afectado al estado anterior al otorgamiento de la concesión mediante la eliminación de las infraestructuras de captación, el sellado de los pozos y otras actuaciones. El Organismo de cuenca podrá ejecutar subsidiariamente las obras de reposición previo requerimiento al obligado y a su cargo.

Otro problema para la conservación del buen estado químico es el originado por los vertidos a los acuíferos; en este caso se establece:

1. Sin perjuicio de la prohibición de vertidos regulada, podrá autorizarse la reinyección en la misma masa de agua subterránea de aguas utilizadas con fines geotérmicos así como determinados vertidos, siempre que no se ponga en peligro el logro de los objetivos medioambientales establecidos para esa masa de aguas subterráneas en el Plan Hidrológico de cuenca correspondiente, todo ello en los términos que reglamentariamente se determinen.

2. Cuando el vertido a que se refiere el apartado anterior pueda dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar las aguas subterráneas, en el procedimiento reglamentario de autorización se exigirá, entre otros requisitos, la aportación de un estudio hidrogeológico suscrito por hidrogeólogo debidamente acreditado en el que se demuestre que el vertido no va a afectar al cumplimiento de los objetivos medioambientales de la masa de agua subterránea.

3 Según Carlos Martínez Navarrete, en opinión del IGME (alegación al Consejo Nacional del Agua), el referido artículo 56 debe ser modificado, ya que limita la posibilidad de establecer zonas de salvaguarda (requeridas para garantizar la protección del agua de consumo humano, art 7.3 DMA) a las masas de agua en riesgo. Esto haría imposible garantizar esa protección a las 184 masas declaradas con riesgo nulo y las 256 con riesgo en estudio en España.

Simplificación de los procedimientos administrativos

Entre las medidas propuestas están las encaminadas a que las personas físicas o jurídicas tengan un mejor acceso a la información, a la definición de los perímetros de protección de abastecimiento u otras salvaguarda de las masas de agua subterránea, a las zonas protegidas, a los sistemas de control efectivo de los caudales de agua utilizados y de los vertidos al dominio público hidráulico, así como la elaboración de planes de acción en materia de aguas subterráneas que permita el aprovechamiento sostenible de dichos recursos y que incluirá programas para la mejora del conocimiento hidrogeológico y la protección y ordenación de las masas de agua subterránea.

De la misma forma también se establece un nuevo régimen sancionador.

Regulación de las actuaciones de recarga artificial

En España está poco desarrollada la utilización de la capacidad de almacenamiento subterráneo y de las recargas en las masas de agua subterránea, debido al vacío legal existente, a tal efecto se establece:

1. Las operaciones de recarga artificial de acuíferos o de aumento de las masas de agua subterránea necesitarán de una autorización del correspondiente Organismo de cuenca. A la solicitud de autorización se acompañará:

- a) Informe suscrito por hidrogeólogo debidamente acreditado donde figure una caracterización completa de la masa de agua subterránea según los términos que se dispongan reglamentariamente.
- b) Documento que acredite la disponibilidad de recursos superficiales o subterráneos para realizar la recarga artificial así como la adecuación de la masa de agua subterránea para realizar la recarga prevista.
- c) Proyecto hidrogeológico de recarga y extracción.
- d) Plan de Explotación en el que se tendrá en cuenta, entre otras cosas, la explotación de las masas de agua subterránea según lo dispuesto por los Planes de sequía, en el caso de que existan.
- e) Evaluación de impacto ambiental, en su caso.

2. Los volúmenes de agua recargados en las condiciones establecidas quedarán a disposición del titular de la autorización de recarga. Este podrá solicitar del Organismo de cuenca la fijación de un perímetro de salvaguarda alrededor de la masa recargada.

*Profesionalización y tecnificación del sector*⁴

En la evaluación del estado y carencias del sector se ha detectado la débil profesionalización del mismo, proponiéndose entre otras las siguientes medidas:

- Creación del título profesional de hidrogeólogo y su reconocimiento como único técnico competente en materia de agua subterránea.
- La creación del carné profesional de sondista en captaciones de agua subterráneas.
- La homologación de empresas de captación de agua subterránea
- La creación de servicios técnicos-jurídicos consorciados, para apoyo de las comunidades de usuarios de agua subterránea, que no dispongan de estos servicios propios.

4 Marc Martínez Parra (ICOG) considera que no debe tolerarse la actividad de personal no cualificado, comúnmente zahories o varilleros, en la ubicación, control y ejecución de sondeos. Además de suponer intrusismo profesional, resulta injustificable en el caso de los abastecimientos a poblaciones que este personal sea pagado con dinero de los contribuyentes cuando no dispone de ninguna cobertura por parte de ningún Colegio Profesional, y podría suponer un peligro de salud pública y el buen estado del medio ambiente. ¿se imaginan que en su centro de salud fueran atendidos por un curandero pagado con dinero público?. Asimismo considera que dicha actividad debería ser sancionada mediante las oportunas modificaciones en el TRLA.

AGUAS DE CONSUMO HUMANO: GESTIÓN E INFRAESTRUCTURA ENTRE GRANDES Y MEDIANOS MUNICIPIOS. VENTAJAS E INCONVENIENTES SOBRE EL AGUA SUPERFICIAL

Marc Martínez Parra
Vocal de Hidrogeología del ICOG
Pedro Ruiz Herrera
AQUALIA

El empleo de agua subterránea para abastecimiento humano supone, a nivel nacional, en torno a 1.000 hm³/año, con los que se abastecen 12 millones de habitantes, un 30% de la población. Supone el recurso de mayor importancia en comunidades tales como la Valenciana, Baleares, Canarias, Ceuta y Melilla. Y su importancia es muy significativa en Cataluña, Castilla-La Mancha y Navarra (tabla 1, figura 10). Las necesidades de este recurso no decrecen con la aparición de otros recursos, sino que se mantienen, e incluso crecen (tabla 2, figura 11, ver página 35).

Según el IGME, en 1990, en las cuencas del Sur y Júcar, más del 50% de la población utilizaba el agua subterránea para abastecimiento, mientras que en los dos archipiélagos, más del 95% del abastecimiento era cubierto con recursos subterráneos, complementándolo con el uso de desaladoras (MOPTMA-MINER, 1994). Sin embargo, en el resto de países de la Unión Europea, su utilización puede alcanzar casi el 100% en Dinamarca y Austria, o más del 70% en Italia, Alemania o Portugal.

Las aguas subterráneas tienen una gran utilidad para el abastecimiento urbano en pequeñas y medianas localidades. Entre las principales ventajas están la calidad química del agua, la menor vulnerabilidad a contaminación y vertidos en las aguas superficiales, el menor efecto que pueden sufrir ante periodos de sequía, el menor coste de construcción de captaciones e incluso la proximidad de las mismas a los núcleos de población y su facilidad de acceso al recurso. Durante el periodo de sequía de los años 1991 a 1995, en el estado

Tabla 1. Captaciones de agua para uso urbano. Año 2003 (miles/año).

	TOTALES	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Desalación	Otros tipos de recursos hídricos
España	4.214.160	2.870.098	1.179.605	128.217	36.240
Andalucía	676.710	503.639	169.926	3.145	0
Aragón	105.481	92.119	13.136	0	226
Asturias (Principado de)	91.384	76.349	15.035	0	0
Baleares (Illes)	67.102	16.854	43.367	6.881	0
Canarias	127.948	14.709	42.423	70.816	0
Cantabria	80.176	71.865	8.311	0	0
Castilla y León	318.827	223.783	90.062	0	4.982
Castilla- La Mancha	210.704	113.684	88.437	0	8.583
Cataluña	459.409	234.909	213.637	0	10.863
Comunidad Valenciana	488.781	174.120	292.001	22.660	0
Extremadura	86.199	65.072	21.127	0	0
Galicia	307.761	226.691	72.606	0	8.464
Madrid (Comunidad de)	670.955	650.312	20.643	0	0
Murcia (Región de)	62.867	45.165	16.974	728	0
Navarra (Comunidad Foral de)	76.528	37.353	39.175	0	0
País Vasco	318.494	279.258	17.963	18.331	2.942
Rioja (La)	43.887	41.431	2.456	0	0
Ceuta y Melilla	20.947	2.785	12.326	5.656	180

español se incrementó su utilización para consumo humano hasta un 50%, a causa de las captaciones de emergencia para abastecimiento de municipios de las cuencas de Tajo, Sur y Cataluña (Llamas *et al*, 2001). Para las grandes localidades su función pasa por la de complementar los abastecimientos de aguas superficiales, principalmente en épocas de sequía.

La gran mayoría de pequeñas poblaciones peninsulares españolas utilizan para su abastecimiento recursos provenientes de captaciones de aguas subterráneas, especialmente en las provincias de interior. Ello se debe, entre otros factores, a la existencia de las mismas desde tiempos históricos, a la relativa facilidad de la obra y su equipamiento y a la lejanía de los recursos superficiales, además de su escasa fiabilidad en cuanto a

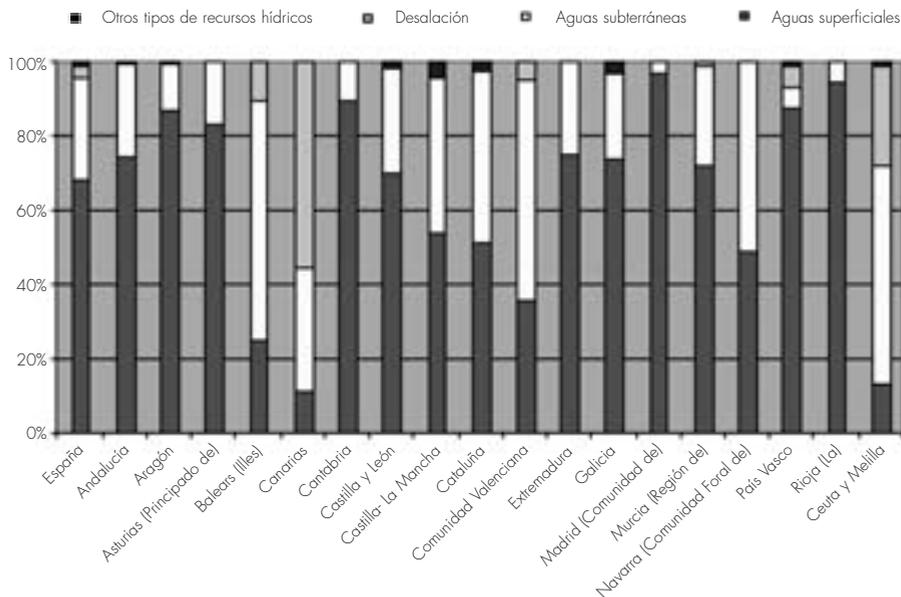


Figura 10. Captaciones de agua para uso urbano según origen en 2003.

calidad química, a causa de los vertidos. Según el Libro Blanco del Agua (MIMAM, 2000) un 70% de poblaciones con menos de 20.000 habitantes emplean agua subterránea para el abastecimiento.

Muchas localidades de poca población, como en Castilla y León o Castilla-La Mancha, son usuarias de aguas subterráneas, pero también áreas fuertemente pobladas, como las zonas costeras de la provincia de Girona o de Barcelona. Un ejemplo de ello es la costa del Maresme, cuyas poblaciones desde Arenys de Mar hasta Blanes se abastecen de las aguas procedentes de sus propias captaciones, complementándose en periodo estival con la procedente de captaciones del acuífero del delta del río Tordera.

La empresa Aqualia, Gestión Integral del Agua, S.A., es responsable del abastecimiento de 339 núcleos de población de Castilla-La Mancha, Castilla y León, Canarias, Región de Murcia y Aragón, con una población máxima de 80.305 habitantes y una población estándar de 12.365. Un reciente estudio interno de esta empresa pone de manifiesto que de los 156,2 hm³ que se consumen anualmente para abastecer a estos municipios de tamaño medio, el 36% tiene origen subterráneo.

Tabla 2. Evolución de la captación para uso urbano de agua en España según su origen (miles m³/año).

	TOTAL	Aguas superficiales	Aguas subterráneas	Desalación	Otros tipos de recursos hídricos
1999	3.819.332	2.796.436	880.368	55.524	87.004
2000	4.013.562	2.911.295	928.413	85.572	88.282
2001	4.183.657	3.026.503	970.566	118.450	68.138
2002	4.105.632	2.933.272	996.163	128.927	47.270
2003	4.214.160	2.870.098	1.179.605	128.217	36.240

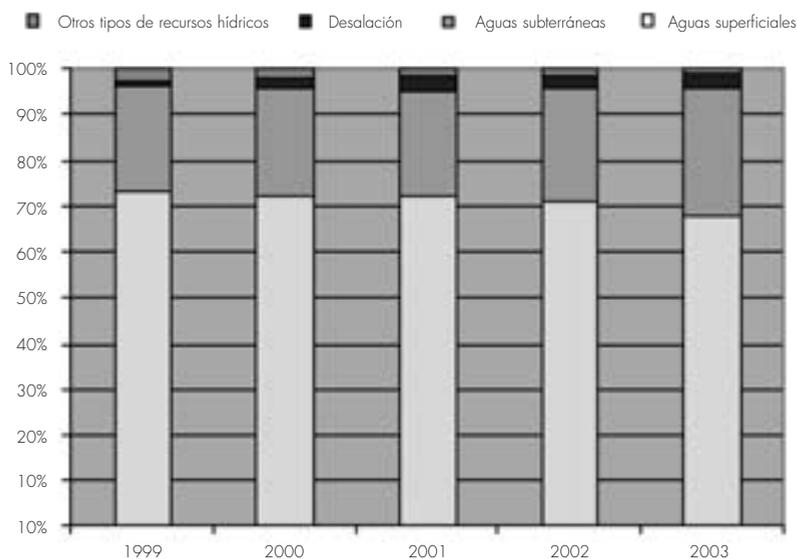


Figura 11. Evolución de la captación para uso urbano de agua en España según su origen.

En la tabla 3 y figura 12, los datos provienen de comunidades autónomas con mayor uso de aguas subterráneas (Castilla-La Mancha) o superficiales (Aragón).

El ejemplo de la provincia de Cuenca puede ser paradigmático y extrapolable al resto de las provincias interiores (figuras 13, 14 y 15, ver página 68). La población total de 207.500 habitantes censados se distribuye en 351 localidades y pedanías; de éstas, el 90% no superan los 1.000 habitantes y suponen el 30% de la población total. Su abaste-

Tabla 3. Abastecimiento urbano. Dotación por habitante y año (m³/año) para las 339 poblaciones gestionadas por AQUALIA.

	Nº de entidades	Nº de habitantes	Total	Agua superficial	Agua subterránea
Dotación media	339	1.286.106	121,45	77,58	43,87
Poblaciones con menos de 500 habitantes	146	24.798	176,53	93,32	83,21
Poblaciones entre 500 y 5.000 habitantes	131	237.836	133,50	89,06	44,44
Poblaciones entre 5.000 y 10.000 habitantes	26	185.808	125,06	93,63	31,44
Poblaciones entre 10.000 y 30.000 habitantes	26	407.549	109,95	75,33	34,61
Poblaciones con más de 30.000 habitantes	10	430.115	120,97	65,53	55,43

cimiento, en algo más de 95%, se efectúa mediante captaciones de aguas subterráneas, individualizadas para cada núcleo. A partir de 1970, las captaciones tradicionales (fuentes y pozos de poca profundidad) empezaron a no cubrir las demandas existentes, sobre todo en época estival. Para asegurar el abastecimiento, se realizaron nuevas captaciones con la financiación y apoyo técnico de las diputaciones, administración autonómica y Organismos de cuenca, contando con Organismos de investigación (SGOP, IGME) para el asesoramiento y los estudios hidrogeológicos realizados. Este es un hecho común en este tipo de pequeñas poblaciones en toda la península: la falta de recursos económicos a causa de sus escasos presupuestos lleva a estas poblaciones a solicitar apoyo público. El tipo de captación más frecuente en Cuenca es el sondeo (94%) (Fabregat y Martínez, 2002), hecho también extrapolable a la mayoría de municipios españoles que utilizan las aguas subterráneas.

Gracias a estos organismos de asesoramiento, los abastecimientos se han efectuado con rigor técnico y científico, apoyándose en estudios hidrogeológicos, seguimiento técnico de las obras y adecuación correcta del caudal a explotar. No obstante, este asesoramiento no ha estado siempre presente.

La calidad de las aguas captadas no siempre es aceptable, debido a la propia litología de las formaciones donde se ubican los municipios o a las actividades antrópicas (agrarias y ganaderas) como la presencia de nitratos, al sur de la provincia. Esta falta de calidad se debe a la dificultad de obtener un recurso de calidad adecuada. Las opciones son pocas: la explotación de captaciones situados en acuíferos con aguas de buena calidad, situados a considerables distancias o la instalación de plantas de ósmosis inversa. En el primer caso, implica la creación de mancomunidades de municipios (Delgado *et al*, 1998), mientras que el segundo caso implica un gran desembolso y un posterior mantenimiento técnico que la mayoría de consistorios no está dispuesta a sufragar.

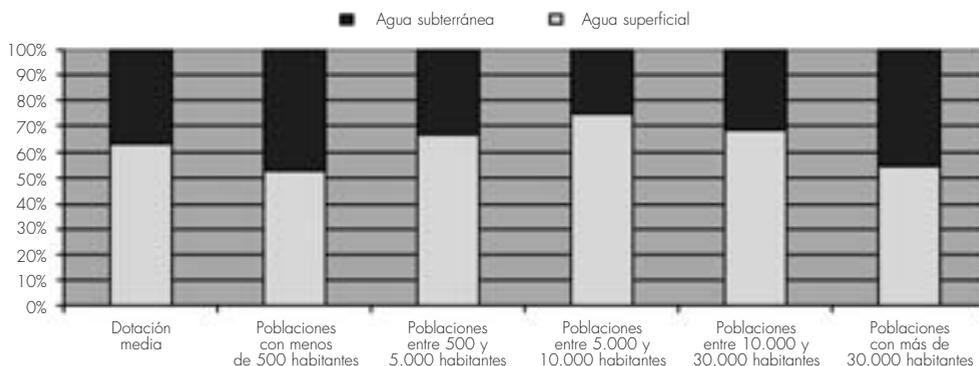


Figura 12. Representación gráfica de los datos de la tabla 3.

Las aguas subterráneas para el abastecimiento a grandes ciudades no suelen cubrir la totalidad de la demanda, con excepciones como la ciudad de Cuenca. Sin embargo, históricamente se han empleado captaciones para complementar el abastecimiento total, como en Barcelona o Málaga.

La estrategia del abastecimiento urbano a la ciudad de Madrid es usar aguas subterráneas como respuesta a las sequías. Así, a principios de la década de 1990 se incorporaron las aguas a las redes de abastecimiento (tabla 4); en el periodo de marzo de 1999-abril de 2000 supone el 12% del total utilizado (López-Camacho e Iglesias, 2000). Las aguas se captan en cinco campos de sondeos existentes en la parte septentrional del acuífero detrítico de Madrid, con una media de profundidades de 400 hasta 700 m.

Tabla 4. Periodos de utilización de las aguas subterráneas y volumen aportado para abastecimiento por el Canal de Isabel II (López-Camacho e Iglesias, 2000).

Años	Periodos utilización (meses)	Volumen aportado (hm ³)
1992-93	18	81,1
1995	11	49,3
Marzo 1999-abril 2000	14	71,0

La intención es seguir ampliando la explotación hasta un total de 100-120 hm³/año (López-Camacho e Iglesias, 2000) que equivale a un 18% del total consumido.

Así, las aguas subterráneas pueden suponer un apoyo importante al abastecimiento urbano de las grandes ciudades, utilizándose captaciones bien en época de sequía o para otros fines (riego de jardines, etc) que permitan reservar mayor cantidad de agua para el consumo humano.

En poblaciones costeras la evolución de estos abastecimientos ha estado ligada a la creación de las infraestructuras para dar servicio al turismo. La problemática generada es la excesiva explotación de recursos propios que provoca un desequilibrio agua dulce-marina y la consiguiente intrusión marina con la salinización de las aguas, deterioro de su calidad y pérdida del recurso (figuras 16 a 18, ver página 69). Ello ha resultado más acusado en el litoral mediterráneo, donde el régimen de lluvias no ha permitido la recuperación de los acuíferos. Así, en la costa alicantina, en los municipios de Altea, Benidorm, Vil.lajoiosa, Sant Joan y El Campello, a causa del excesivo bombeo en periodo estival, se alcanzan conductividades de hasta 8.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y concentraciones en cloruros de 1.125 mg/l (ITGE, 1997).

En las islas Canarias, el índice global de explotación (relación volumen de agua explotada e infiltración) es del 57%, pero si se consideran las salidas al mar, es del 105%, indicativo de una sobreexplotación de un mínimo de 40 $\text{hm}^3/\text{año}$ (ITGE, 1998); detectándose problemas de intrusión en Fuerteventura o en La Palma, coincidente con los sectores de mayor desarrollo turístico.

Un ejemplo en los problemas asociados a los acuíferos costeros se observa en la evolución del abastecimiento urbano a la bahía de Palma de Mallorca, cerca del año 2001 (figura 19, ver página 70). La demanda creciente ocasionó importar recursos procedentes de distintos acuíferos, cada vez más alejados, e incluso traer agua mediante transporte en barco y, finalmente, instalar varias plantas desaladoras. Este abanico de alternativas permite establecer una interesante gestión conjunta: el agua mayormente empleada proviene de estas plantas y las puntas de demanda son cubiertas con aguas subterráneas; esta estrategia favorecerá la recuperación de los acuíferos en cantidad y calidad (Gelabert *et al*, 2001).

Esta situación descrita es muy común en el litoral mediterráneo: se explotan en exceso los recursos propios lo que provoca una intrusión; posteriormente se procede a situar captaciones en acuíferos alejados (ciudades de Alicante, Lloret de Mar o Tossa de Mar). La necesidad de asegurar un caudal y una calidad conduce al final a soluciones ya conocidas, algunas de ellas polémicas: instalación de plantas desaladoras y solicitud de trasvases provenientes de otras cuencas. Sin embargo, el problema se reduce a que las zonas litorales no disponen de suficientes recursos para satisfacer la demanda existente ¿Cómo resolverlo? ¿reduciendo la demanda y limitando el crecimiento, o incorporando fuentes alternativas?

La solución pasa por un uso racional de los recursos existentes, acompañado de una gestión eficaz de la demanda, sin utilizar más recursos de los disponibles, pero desarrollando una mejor gestión con el empleo de técnicas alternativas como la recarga artificial, la reutilización de aguas residuales o el uso conjunto; no obstante también se considera o la importación de recursos mediante la desalación o los trasvases (figuras 20 y 21, ver páginas 70-71).

EL REGADÍO CON AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA

Nuria Hernández-Mora Zapata
Fundación Nueva Cultura del Agua
Fernando López Vera
Universidad Autónoma de Madrid

Introducción

El principal consumidor de agua en España es la agricultura de regadío. De hecho, cerca del 80% de los recursos hídricos consumidos en nuestro país se emplean para riego. El Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 1998) estima que prácticamente 942.244 hectáreas, el 28% del total del regadío, se riegan con aguas subterráneas o aguas de origen mixto, incluyendo subterráneas. En algunas comunidades autónomas, las aguas subterráneas son el principal recurso disponible y, por lo tanto, el recurso utilizado predominantemente para regadío. Este es el caso de Castilla-La Mancha (65% de la superficie regada utiliza predominantemente las aguas subterráneas), Murcia (49%), Comunidad Valenciana (44%), Baleares (92%) y Canarias (89%) (Llamas *et al.*, 2001).

Mientras que existe un abanico de fuentes que dan información más o menos fiable de la superficie total de regadío que utiliza aguas subterráneas, existen pocos datos disponibles en cuanto al volumen total de agua extraída de los acuíferos en España para riego. Esto se debe a varios motivos (Llamas *et al.* 2001):

- Escasez de inventarios directos que permitan cuantificar el origen del agua utilizada en el regadío (superficial o subterránea).
- Discrepancias entre los datos disponibles de distintas fuentes o entre los de las mismas fuentes en distintos períodos.

- Desglose del origen del agua en muchos casos en función de la superficie regada, no volúmenes reales utilizados.
- Estimación indirecta de volúmenes extraídos, cuando se hacen, en función de las hectáreas regadas y asignaciones de consumos teóricos por cultivo y hectárea.
- Ausencia de los regadíos ilegales existentes en la mayoría de las cuencas hidrográficas en las estimaciones oficiales, tanto de hectáreas regadas como de volúmenes extraídos. Algunas fuentes estiman que estos regadíos ilegales pueden representar hasta un 16% del regadío español (WWF/Adena, 2006).

Las únicas estimaciones globales de volúmenes de aguas subterráneas extraídos para regadío para toda España tienen ya más de 10 años, y varían entre los 4.364 hm³/año estimados en el Plan Hidrológico Nacional de 1993 y los 3.504 hm³/año que estimaba el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MINER-MOPTMA, 1994). Además de que estos datos son ya bastante obsoletos, discrepan enormemente entre si y, como se ha indicado anteriormente, en ningún caso contemplan los regadíos irregulares.

Las incertidumbres en cuanto a los datos disponibles sobre regadíos con aguas subterráneas (y el uso del agua en el sector agrario, en general) serían fácilmente abordadas sin un gran coste al contribuyente, tal y como pone de manifiesto el Inventario y Caracterización de los Regadíos en Andalucía, que realizó la Consejería de Agricultura de la Junta de Andalucía en 1999, y ha venido actualizando cada dos años desde entonces. Como se ve en la tabla 5, los datos que se extraen de este inventario ponen de manifiesto la escasa fiabilidad y la falta de actualidad de los datos oficiales disponibles presentado en este apartado, debido tanto a su antigüedad como al crecimiento constante del regadío legal y ilegal en la mayoría de las cuencas.

Tabla 5. Superficies regadas (ha) en las cuencas del Guadalquivir y Guadalete-Barbate.

Cuencas	PHN (1993)	LBAS (1994)	Inventario de regadíos (1999)	Inventario de regadíos (2002)	Inventario de regadíos (2004)
Cuenca del Guadalquivir	423.223	-	598.905	648.263	714.015
Cuenca Guadalete-Barbate	34.000	-	42.069	48.230	50.720
Total	477.223	441.568	640.974	696.493	764.735

Fuente: Elaboración a partir de E. Camacho Poyato: *Análisis de la eficiencia y el ahorro del agua en el regadío de la Cuenca del Guadalquivir* (Citado en Carlos M. Mesa, Documento de ASAJA sobre el Regadío en Andalucía) y Llamas *et al.* (2001)

Las ventajas de las aguas subterráneas en el uso agrario

Las aguas subterráneas, por su distribución y fácil accesibilidad, presentan una serie de ventajas que las hacen muy atractivas frente a las aguas superficiales. Algunas de estas ventajas son:

- Están distribuidas por gran parte del territorio peninsular, lo que hace sitúa muy **próximas a los centros de demanda**, tanto agrícola como industrial y urbano, sin ser necesaria la construcción de grandes redes de almacenamiento y distribución, como es el caso de las aguas superficiales.
- Cada usuario o pequeño grupo de usuarios dispone de su propio pozo, por lo que proporcionan gran **flexibilidad en el uso**. En el caso del regadío, suele ser cada usuario individual el que decide el calendario y hora de riego, sin estar sujeto a calendarios impuestos por la comunidad de regantes como es el caso de los regadíos con aguas superficiales.
- La capacidad natural de almacenamiento de los acuíferos hace que respondan más lentamente a las variaciones en precipitación que las aguas superficiales. Esto hace que proporcionen una **garantía de suministro** frente a las variaciones climáticas, algo especialmente importante en regiones con climas áridos y semiáridos, como es el caso en gran parte del territorio español, y en períodos de sequía.

Todas estas ventajas, derivadas de las características intrínsecas de las aguas subterráneas, hace que existan miles de usuarios individuales, lo cual dificulta enormemente su control y gestión por parte de órganos centralizados de gestión, como son las Confederaciones Hidrográficas. Como consecuencia, han sido frecuentes las situaciones de utilización intensiva de las aguas subterráneas en las que las extracciones superan los volúmenes renovables de los acuíferos (figuras 22 y 23, ver página 71).

La importancia económica de las aguas subterráneas en el regadío español

Existe poca información sobre la importancia económica de los usos del agua en España, como se está poniendo de manifiesto en la elaboración de los informes requeridos para la implementación de la DMA en España (informes de los artículos 5 y 6 y programas de medidas). Esta carencia es quizás aún más pronunciada en el caso de las aguas subterráneas.

Sin embargo, los datos disponibles apuntan a una mayor productividad del regadío con aguas subterráneas que el regadío con aguas superficiales. De nuevo, utilizando los datos

del Inventario y Caracterización del Regadío, en Corominas (2001), se observa que ocupando el 25% de la superficie agrícola de regadío andaluz y utilizando sólo el 15% de los recursos hídricos totales destinados al regadío, la producción del regadío con aguas subterráneas en Andalucía supera el 57% del conjunto de la agricultura de regadío y genera más del 57% del empleo (tablas 6 y 7, figuras 24 y 25, ver página 72).

Tabla 6. Los regadíos con aguas subterráneas o mixtas en Andalucía (procedente de Corominas, 2001).

Cuencas	% sobre el total de regadíos de la cuenca			Superficie regada (miles de hectáreas)
	superficie	producción	empleo	
Guadalquivir - Guadalete	19,7	27,6	31,1	126,4
Cuencas Litorales	47,4	66,5	56,4	81,9
Andalucía	25,5	57,7	48,0	208,3

Como se señala en Corominas (2001), la información presentada en estas tablas también pone de manifiesto que el regadío con aguas subterráneas es más importante y productivo en las cuencas litorales que en el valle del Guadalquivir. Esto se debe tanto a la mayor escasez de recursos superficiales en las cuencas del litoral, como características climáticas del litoral, que confieren unos incentivos económicos al desarrollo de una agricultura intensiva de primor.

La mayor productividad del regadío con aguas subterráneas también se observa en otras regiones, tanto en el litoral del Levante, donde comparten las ventajas climáticas del litoral andaluz, como en el centro peninsular, tal como demuestran los resultados de diversos estudios recogidos en Hernández-Mora y Llamas (2001). En la cuenca del Ebro, por ejemplo, Arrojo (2001) calcula que el beneficio neto obtenido del regadío con aguas subterráneas en Alfamén oscila entre los 0,15-0,50 euros/m³, muy por encima de los beneficios netos obtenidos por todo el regadío en Aragón, donde el regadío con aguas superficiales es mayoritario (en torno a los 0,03 euros/m³).

La explicación de la mayor productividad del regadío con aguas subterráneas se puede encontrar en las características de las mismas mencionadas más arriba (flexibilidad en el uso y garantía de suministro), que permiten al regante invertir en cultivos de primor, al estar garantizado el suministro. Pero también se pueden encontrar en las propias características de los regantes con aguas subterráneas que tienen una mentalidad más empresarial al haber buscado sus propias fuentes de agua y generalmente financiado en su totalidad las obras de captación y distribución. De hecho, la asunción de todos los costes financieros por par-

Tabla 7. Productividad del agua en el regadío andaluz en función de su origen (euros/m³) (Corominas, 2001).

Origen del agua	Cuencas		Andalucía
	Guadalquivir Guadalete	Litoral	
Superficial	0,52	1,04	0,59
Subterránea y mixto	1,09	3,23	2,42
Total	0,58	2,22	0,99

te del usuario de aguas subterráneas que asume, además, costes variables en función del volumen consumido, es un incentivo al ahorro y al consumo eficiente del recurso⁵.

El papel de las comunidades de usuarios en la gestión de las aguas subterráneas

El desarrollo de las aguas subterráneas en España, y muy especialmente en el caso del regadío, se ha debido a la iniciativa de miles de usuarios individuales que han buscado sus propias fuentes de suministro con escasa participación de la Administración Pública en la planificación, administración o gestión de este desarrollo. Por otro lado, el marco legal existente en España con anterioridad a la LA de 1985, en gran medida excluía a la Administración de la gestión de este recurso. Como se verá en el capítulo 10 del presente documento, estos dos factores han resultado en la existencia de miles de usuarios individuales, bien con derechos de uso del agua en regla o bien en situación irregular, distribuidos por toda la geografía peninsular. De hecho, el LBA en España (MIMAM, 2000) estimaba que existían 458.966 captaciones en España, de las cuales sólo 244.703 estaban declaradas, y, de éstas, sólo 109.021 inscritas. Según los datos del Ministerio de Medio Ambiente (Yagüe 2007, en prensa) en noviembre de 2005 todavía quedaban 377.916

5 Según Lucia De Stéfano (WWF-ADENA) puede existir otra explicación: que en las zonas con mayor productividad se tienen más incentivos para conseguir agua y la manera más fácil para conseguirla es con una captación, legal o no, y no esperando que el Estado construya un embalse. Además, habría que ver sobre qué cifras se está calculando el ratio euro/m³, ya que los datos sobre cuánta agua subterránea se extrae son muy poco fiables y no queda claro si los datos expuestos provienen de comparar datos a pié de parcela, en el caso de aguas subterráneas, y de aguas superficiales, o si las cantidades para aguas superficiales incluyen también todas las pérdidas en el transporte hasta la parcela.

expedientes de aprovechamientos de aguas subterráneas en las cuencas intercomunitarias en distintas fases de tramitación.

Dada la dificultad de controlar y gestionar miles de aprovechamientos individuales, resulta evidente que los usuarios deben participar activamente en la gestión del recurso. La legislación de aguas española reconoce esta necesidad y, a partir de la Ley de Aguas de 1985, fomenta la organización de los usuarios que dependen de un mismo acuífero con el fin de coordinar sus actuaciones y las de éstos con la administración. Así se consolida la figura de las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas (CUAS), en consonancia con una larga tradición histórica de participación de los usuarios en la gestión del agua en España. Las reformas legislativas que se han sucedido (reforma de la Ley de Aguas de 1999, TRLA y propuesta de reforma de la Ley de Aguas en sus aspectos sobre aguas subterráneas, descrita en el capítulo 3 de este informe y actualmente en fase de aprobación) refuerzan la figura de las CUAS como clave en la gestión de los recursos subterráneos, en estrecha colaboración con la administración hidráulica competente.

En la actualidad, existe una casuística muy variada en cuanto a las formas asociativas que han adoptado los usuarios, desde sociedades de pozos y captaciones, frecuentes en el Levante español, hasta Juntas Centrales de regantes que engloban a ayuntamientos, comunidades de regantes, y regantes individuales dependientes de un mismo acuífero. Dada la creciente importancia de las CUAS, resulta interesante evaluar el papel que estas entidades de gestión colectiva del agua han jugado en la gestión del recurso y donde pueden encontrarse oportunidades de mejora.

Carles *et al.* (2001) distinguen entre dos tipos de entidades de gestión colectiva de las aguas subterráneas en función de sus objetivos y forma de actuar, e independientemente de la forma asociativa que hayan adoptado formalmente:

- a) Entidades para la gestión colectiva del riego. Funcionan de manera similar a las comunidades de regantes de aguas superficiales, siendo su objetivo fundamental la distribución de agua de riego entre sus usuarios, aunque asumiendo todos los costes de captación, distribución y mantenimiento de las redes. Sus miembros persiguen una rentabilidad privada en la explotación del recurso, y no se preocupan del posible coste o impacto social o ambiental de sus actuaciones, o de la gestión del acuífero a largo plazo.
- b) Entidades para la gestión colectiva de los acuíferos. En general, en esta categoría se incluyen aquellas comunidades de usuarios que engloban a todos los usuarios de un acuífero (bien individuales o asociados en comunidades de regantes), tanto regantes como representantes de abastecimientos, y que, además de perseguir una rentabilidad privada en la utilización del recurso, se involucran en la gestión del mismo, persiguiendo por lo tanto una rentabilidad social.

Evidentemente, desde la perspectiva de la gestión sostenible de las aguas subterráneas en España nos interesaría fomentar la creación de este segundo tipo de organizaciones, verdaderas colaboradoras de la administración hidráulica, y éste es el espíritu de la ley. Sin embargo, la experiencia nos demuestra que las CUAS de este tipo son minoritarias y es por tanto necesario potenciar el funcionamiento de las CUAS existentes y las que se formen dentro del marco legal actual. En este sentido, un análisis de las claves del éxito de las CUAS que operan como órganos de gestión de acuíferos, así como de las carencias existentes, puede ser de utilidad.

Una muestra de las dificultades que se pueden encontrar para formar entidades para la gestión colectiva de acuíferos es que en 2001, de los 16 acuíferos declarados oficialmente sobreexplotados donde la ley vigente requiere la creación de CUAS, únicamente cinco (Mancha Occidental, Campo de Montiel, Jumilla-Villena, Sierra de Crevillente y Campo de Dalías) contaban con comunidades de usuarios operativas. En este sentido, un análisis de algunas CUAS que han funcionado, con mayor o menor acierto, como gestoras del recurso, señala las siguientes características como posibles factores determinantes del éxito (Llamas *et al.* 2001 y Proyecto NeWater 2006):

- Existencia de situaciones de crisis en las que se perciba de manera colectiva por todos los usuarios los efectos negativos de una utilización intensiva y descontrolada de las aguas subterráneas.
- Conocimiento adecuado de las características hidrogeológicas del acuífero.
- Ámbito territorial suficientemente amplio para ofrecer soluciones viables a los retos que resultan del uso intensivo de los acuíferos.
- Extensión geográfica del acuífero y número de usuarios, siendo más difícil la articulación de intereses comunes cuando mayores sean ambos.
- Claridad en cuanto a los usuarios con derecho reconocido al uso. En este sentido, la confusión jurídica existente y la existencia de miles de usuarios ilegales dificulta enormemente tanto la creación de entidades de gestión colectiva, como su eficaz funcionamiento.
- El grado de asociacionismo de base que exista, que facilitará la creación de entidades de gestión colectiva cuanto mayor sea.
- La existencia de factores externos que favorezcan la constitución de las CUAS, tales como programas de subvenciones ligados a su existencia (como fue el caso del Programa de Compensación de Rentas en el acuífero de la Mancha Occidental).
- Apoyo y colaboración de las administraciones hidráulicas y agrícola competentes.

Por otro lado, es generalmente reconocido que, para que las CUAS jueguen un papel efectivo en la gestión del agua, es necesario potenciar su funcionamiento. A continuación se

recogen algunas propuestas de reforma de las CUAS (Llamas *et al.* 2001 y Proyecto Ne-Water 2006):

- Incrementar la transparencia de las CUAS tanto de cara al exterior como de cara a sus propios usuarios (accesibilidad de datos y registros, transparencia de la gestión económica, etc.).
- Incrementar la labor de educación e información de las CUAS hacia sus miembros (boletines informativos, utilización de la web, cursos de formación, etc.)
- Profesionalización de las CUAS según sus necesidades y capacidades en diversos ámbitos:
 - Económico, mediante una gestión financiera y patrimonial con criterio empresarial.
 - Técnico, mediante la incorporación de personal especializado (economistas, técnicos agrarios, hidrogeólogos)
 - De gestión, mediante la contratación de equipos directivos profesionales y retribuidos, particularmente en el caso de CUAS de cierta entidad.

En el caso de pequeñas organizaciones, se pueden aprovechar economías de escala compartiendo recursos con otras CUAS o dentro de una comunidad general.

- Incrementar recursos económicos, no únicamente mediante el establecimiento de convenios de colaboración con la administración, sino también mediante un incremento de los recursos propios a través de un compromiso de los comuneros con el papel de las CUAS por medio del pago de cuotas proporcionales a la importancia económica del uso del agua.

Expectativas sobre el uso agrario del agua subterránea

El enorme desarrollo experimentado por los regadíos desde comienzos del siglo XX, no ha tenido una clara relación con el crecimiento del trabajo agrario; más bien todo lo contrario, ya que a partir de la mitad del siglo pasado se produce una disminución muy acusada de la población dedicada a esta actividad agraria. Las razones que explican este hecho son múltiples: transformación en regadíos que proceden de secanos previos, en los que ya existía empleo agrario; la intensificación y especialización, que ha dado lugar con frecuencia a menos empleo por unidad de superficie productiva y, por último, la mecanización agraria y mejoras tecnológicas, que aparecen esos años y reducen sensiblemente la mano de obra en el campo (López Geta y López Vera, 2006). A esta evolución

de la actividad agraria y del regadío en particular, hay que añadir las siguientes incertidumbres de cara al futuro:

- La agricultura de regadío, junto a la construcción, son los dos sectores económicos principales responsables de la llamada de los flujos migratorios desde terceros países, lo que genera tensiones sociales.
- Incertidumbres sobre la incidencia de la globalización de mercados sobre el sector agrario.
- Incertidumbres sobre las decisiones comunitarias sobre la PAC respecto al sector agrario español.
- Presión de sectores conservacionistas sobre el mayoritario uso agrario del agua, frente a otros usos supuestamente más rentables social, económica y medioambientalmente.
- Reordenación de las fuentes de suministro de agua con la sustitución parcial o total del agua subterránea de buena calidad por agua regenerada o desalada de baja calidad. Tal como recomienda la DMA, reservar el agua subterránea de buena calidad para abastecimiento. A ello hay que añadir la necesidad de diversificar las fuentes de agua al objeto de reducir riesgos, dadas las fuertes inversiones económicas que en la actualidad requiere el regadío.

PROTECCIÓN DE ECOSISTEMAS RELACIONADOS CON LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

África de la Hera Portillo

Área de procesos activos y calidad ambiental. IGME.

Introducción

La DMA establece entre sus objetivos (artículo 1), la protección de las aguas superficiales y subterráneas que prevenga todo deterioro y proteja y mejore el estado de los ecosistemas acuáticos dependientes de las aguas subterráneas. En España, este carácter "dependiente" de las aguas subterráneas de los humedales, en muchos casos, es una cuestión aún pendiente de análisis. La importancia directa o indirecta que el agua subterránea juega en el funcionamiento de muchos ecosistemas acuáticos, junto con la importancia que las aguas subterráneas tienen en el mantenimiento del equilibrio ecológico, constituyen cuestiones en algunos casos aún pobremente estudiadas y casi nunca cuantativa y/o cualitativamente evaluadas. Tan sólo algunos humedales de nuestro territorio han sido estudiados durante décadas y su conocimiento hidrogeológico tanto, cuantitativo como cualitativo, es bien conocido, proporcionando unas bases considerablemente sólidas para su gestión y para la definición de estrategias de protección y conservación futuras. Son los casos de Doñana, las Tablas de Daimiel, las lagunas de Ruidera o la albufera de Valencia. Recientemente, el IGME ha publicado una caracterización hidrogeológica de los cuarenta y nueve humedales españoles de importancia internacional reconocidos como zonas Ramsar, en 2003. En dicho trabajo se establece el grado de dependencia de las aguas subterráneas de estos ecosistemas y se define la calidad química de sus aguas. No obstante, son aún numerosas las cuestiones pendientes de resolver de cara a la protección de los humedales españoles, entre ellas, ¿qué humedales se integran en el inventario nacional de humedales y serán, por

tanto, objeto de programas de seguimiento? ¿Qué tipo de medidas básicas y complementarias se van a aplicar? ¿De qué tipo de protección se habla (hídrica, económica, socio-económica, social, etc)? Estas cuestiones están debatiéndose en este momento y aún se desconocen la mayor parte de las respuestas. Sin embargo, no parece aventurado afirmar que el principal factor condicionante de las decisiones que se tomen será el presupuesto económico disponible para abordar dicha protección y hacer frente a los compromisos medioambientales adquiridos ante la Comisión Europea.

Humedales relacionados con las aguas subterráneas en España

Los humedales relacionados con las aguas subterráneas son aquellos en los que el origen del agua es parcial, dominante o únicamente agua subterránea y pueden manifestarse como agua en superficie (cuerpos de agua superficial), que pueden pasar gradualmente a lagunas, lagos y áreas fluviales (Custodio, 2005).

La mayor parte de los humedales caracterizados por IGME (2003) presentan una contribución hídrica importante de aguas subterráneas. Algunos casos representativos son: Doñana, las Tablas de Daimiel, la albufera de Valencia y el delta del Ebro. En otros muchos casos, especialmente correspondientes a aquellos humedales no considerados zonas de importancia internacional, y que son la mayoría (en número aunque no en extensión), la cuantificación de la contribución hídrica subterránea se desconoce, así como su balance hídrico general. Esto se debe a que tal caracterización exige estudios hidrogeológicos de detalle que precisan no sólo un presupuesto económico sino también un mínimo de dos años de observaciones, lo cual, en muchos casos, resulta inviable (figuras 26, 27 y 28, ver páginas 72-73).

Humedales objeto de protección en España de acuerdo con la Directiva Marco del Agua

La relación entre los humedales y la DMA constituye un tema transversal. En principio es preciso considerar que el concepto de "humedal" aparece relacionado con los puntos siguientes:

- Los humedales pueden comprender parte o todos ecosistemas designados para proteger dentro de la DMA.
- Los humedales pueden contribuir a la protección y mejora de los ecosistemas específicos dentro de la DMA.

- Los humedales pueden contribuir a alcanzar los objetivos de la DMA a través de sus funciones.

El propósito de la DMA en relación a los humedales, tal y como se establece en el artículo 1, es ambiguo.

Los humedales ejercen una influencia significativa sobre el ciclo hidrológico y de modo particular sobre la hidrología de la cuenca en la que se ubican. La comprensión científica de los humedales ha mejorado rápidamente y se reconoce que la hidrología es el elemento más importante que distingue los hábitats húmedos de los terrestres.

Aunque algunos humedales se comportan como sistemas aislados (controlados únicamente por la precipitación y la evaporación), la mayor parte de los humedales están conectados hidrogeológicamente con otros cuerpos de agua, incluyendo ríos, lagos, estuarios, aguas subterráneas o agua de mar.

De acuerdo con la DMA, los humedales pueden protegerse cuando:

- a) Son parte de aguas superficiales.
- b) Sus aguas son dependientes de aguas superficiales o subterráneas.
- c) Forman parte de áreas protegidas.

Los ecosistemas relevantes para alcanzar los objetivos de la DMA son:

- a) Ecosistemas que influyen significativamente la calidad o cantidad de agua que alcanza los cuerpos de agua superficial o aguas superficiales conectadas a cuerpos de agua superficial.
- b) Ecosistemas terrestres directamente dependientes de cuerpos de agua subterránea.
- c) Elementos de calidad hidromórfica de zonas intermareales, costeras o ribereñas de cuerpos de agua superficial.
- d) Pequeños elementos de agua superficial no identificados como cuerpos de agua superficial pero conectados a cuerpos de agua superficial.
- e) Ríos, lagos, aguas transicionales y cuerpos de agua costeros.

Medidas a aplicar

De acuerdo con los criterios establecidos por la DMA, la relación entre el tipo de humedal y las medidas a aplicar es la siguiente:

- a) Humedales dependientes de aguas subterráneas: Medidas básicas.
- b) Llanuras de inundación (partes de cuerpos de agua superficial): Medidas básicas.
- c) Algunos humedales designados "áreas protegidas": Medidas básicas.
- d) Otros humedales: Medidas complementarias.

Por otro lado, es importante considerar el papel de los humedales en la gestión de los recursos hídricos. Hoy día se reconoce el carácter de algunos humedales "alimentados" por las aguas subterráneas, pero en algunos casos dicho carácter es difícil de restituir en los escenarios actuales y su planteamiento exige una transición de la gestión del agua hacia regímenes adaptativos que integren la conservación de los ecosistemas, considerando quizá mecanismos artificiales tales como la transferencia de agua de otras cuencas, bombeos alternativos para suplir el déficit hídrico, etc. En muchos casos, estas alternativas de gestión están pendientes de ser evaluadas. La evaluación del impacto depende de la comprensión de cómo un humedal funciona hidrológicamente y de cómo los cambios a un sistema hidrológico más amplio impactarán el régimen hídrico del humedal.

Las interacciones entre un humedal y su entorno pueden variar en el espacio y en el tiempo, y se hace necesario llevar a cabo investigaciones específicas para identificar y confirmar las interacciones locales. Los niveles de agua subterránea varían naturalmente en el tiempo, dependiendo de la recarga previa. Adicionalmente, la gestión de los niveles de agua, tanto en los acuíferos como en los humedales, tales como la extracción, pueden alterar los niveles de agua relativos. Ambos factores pueden cambiar la relación funcional (figuras 29 y 30, ver página 73).

Discusión

Algunas de las cuestiones pendientes de resolver en relación a la evaluación hidrológica de los humedales son las siguientes:

- a) ¿Cómo clasificar los humedales que se alimentan tanto de aguas superficiales como de aguas subterráneas?
- b) Las funciones, tales como retención de las avenidas, son parte del estado ecológico de un humedal, en este sentido ¿puede el humedal considerarse como un receptor?
- c) Muchos pequeños humedales que pueden ser ignorados por la DMA individualmente, pueden ser importantes considerados a escala de cuenca. Este análisis en muchos casos está pendiente de evaluación.
- d) Los humedales son, desde el punto de vista de la dinámica de la naturaleza, características transitorias del paisaje, siendo así, ¿la protección es sostenible?

La comprensión de las interacciones de los humedales con las aguas subterráneas requiere una visión geológica en una tercera dimensión, es decir, analizando mediante secciones verticales del terreno, las relaciones entre el sustrato del humedal y los acuíferos infrayacentes. El agua subterránea puede entrar en un humedal indirectamente, mediante el flujo a través

de manantiales; por flujo lateral procedente de acuíferos adyacentes; por flujo ascendente procedente de acuíferos infrayacentes (descarga), y también el agua puede moverse desde el humedal hacia el acuífero infrayacente (recarga). Es preciso identificar en cada caso los mecanismos de transferencia hídrica dominantes para caracterizar adecuadamente el comportamiento hidrogeológico de cada humedal (figura 31, ver página 74).

En este sentido, el primer paso en la comprensión de la hidrología de un humedal consiste en identificar qué mecanismos de transferencia de agua operan en el humedal, y cuáles de ellos son los más importantes en la conservación de su ecología. El movimiento de agua subterránea hacia o desde un humedal, depende no sólo de la presencia de un acuífero, sino también de la naturaleza del suelo y las rocas entre el acuífero y el humedal. Si el humedal está en contacto directo con el acuífero, en este caso el intercambio de agua es muy probable. Sin embargo, si existe un acuitardo o un acuicludo entre un humedal y el acuífero infrayacente, entonces el intercambio puede ser muy pequeño o nulo.

Conclusiones

La cuantificación de los mecanismo de transferencia de agua a los humedales es fundamental para el correcto diseño de estrategias de gestión y protección. Por tanto, la aplicación de balances hídricos se revela como una herramienta esencial en la caracterización del funcionamiento de los humedales.

Los humedales realizan diferentes funciones dependiendo de su localización en la cuenca, conexiones con diferentes fuentes de agua, régimen climático, etc. Las funciones que realizan los humedales deberían considerarse como parte de su estado ecológico (receptor).

Debería reconocerse el papel de un gran número de pequeños humedales que no están incluidos individualmente en la DMA y que, sin embargo, tienen una relevancia notable en el ciclo hidrológico de la cuenca.

PROBLEMÁTICA EN EL AGUA DE CONSUMO HUMANO: LAS “LAGUNAS” DE LA LEGISLACIÓN. PERÍMETROS DE PROTECCIÓN DE CAPTACIONES: IMPLANTACIÓN REAL Y FUTURA. MÉTODOS DE ESTIMACIÓN DE VULNERABILIDAD

Carlos Martínez Navarrete

Área de Investigación en Recursos Hidrogeológicos. IGME

Marc Martínez Parra.

Vocal de Hidrogeología del ICOG

Algunas de las “lagunas” de la legislación

La contaminación por actividades agrícolas es de carácter difuso y está asociada a la utilización incorrecta de fertilizantes, con una sobredotación en la demanda del cultivo junto a un riego inadecuado que favorece la infiltración e incorporación de los compuestos nitrogenados y otros al acuífero. El problema puede verse agravado con la recirculación de las aguas destinadas a riego. Para regular este mal uso de los fertilizantes, se estableció la utilización de los Códigos de buenas prácticas agrarias (Directiva Marco 91/676/UE y del RD 261/1996 “*sobre protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias*”) que, sin embargo, es de uso voluntario por parte de los agricultores ¿existe una conciencia de empleo de los mismos?

Respecto a los vertidos ganaderos, según la legislación actual, si se elabora un estudio hidrogeológico previo en el que se demuestra la inocuidad del medio, se puede verter indirectamente. Un gran número de estos informes, elaborados por consultores privados, apoyan la posibilidad del vertido sin riesgos, aunque la posterior valoración de los técnicos de la Administración la contradice y cuestiona. Se trata, en general, ante los pocos datos que

aportan, de dos valoraciones con los criterios científicos de las distintas partes. Es por ello que se precisan en la Administración, principalmente la hídrica, técnicos que establezcan los parámetros que consideren adecuados para autorizar o no los vertidos, y la metodología de estudios hidrogeológicos aceptables.

Métodos de estimación de la vulnerabilidad

La utilización de métodos de estimación de la vulnerabilidad permiten establecer una orientación para el gestor hidráulico de las zonas con mayor sensibilidad a la contaminación. La vulnerabilidad a la contaminación de un acuífero son aquellas características intrínsecas de los estratos que separan la zona saturada del acuífero de la superficie del terreno, lo que determina su sensibilidad a verse afectado por un contaminante aplicado a la superficie; según el Dr. Emilio Custodio, expresa la **incapacidad** de absorber las alteraciones naturales y artificiales. Existen dos tipos de vulnerabilidad; intrínseca- asociada únicamente al medio litológico e independiente del contaminante- y vulnerabilidad extrínseca o específica cuando si depende del tipo de contaminante (figuras 32 y 33, ver página 75)

Para la evaluación de vulnerabilidad, se tiende emplear la intrínseca más que la específica, ya que determinar el efecto de distintos contaminantes en un medio resulta complejo por la cantidad de factores que influyen en el mismo (suelo, presencia de arcillas, degradación, etc). Existen diversas metodologías para establecer la vulnerabilidad intrínseca y extrínseca. Se pueden agrupar en tres categorías:

- **Métodos de ámbito hidrogeológico:** sistemas adecuados para extensas áreas con gran variedad de elementos naturales a considerar: hidrogeológicos, hidroestructurales y morfológicos.
- **Métodos paramétricos:** con sistemas de matrices, de categorización, se seleccionan parámetros que representan la vulnerabilidad.
- **Modelos analógicos y matemáticos:** se utilizan preferentemente para vulnerabilidad específica. Se utilizan expresiones matemáticas

Sin embargo, son los métodos paramétricos los de mayor arraigo debido a su presumible facilidad de elaboración. Son métodos comunes como los índices DRASTIC o GOD, acrónimos de los parámetros que utilizan. Así, DRASTIC es un método paramétrico muy difundido para determinar la vulnerabilidad intrínseca. Fue desarrollado por la Environmental Protection Agency (EPA) en 1985. Los parámetros a valorar son: D profundidad del nivel piezométrico, R recarga, A tipo de acuífero, S tipo de suelo, T topografía, I tipo de ZNS y C permeabilidad del acuífero. Una vez valorados dichos parámetros, se aplica una fórmula

que, a su vez, tiene unos índices de ponderación, ya que no todos los parámetros cuentan igual, así la topografía tiene valor 1 mientras que la profundidad del nivel piezométrico o zona no saturada tiene un valor 5 (figuras 34 y 35, ver página 76).

En el caso del índice GOD es mucho más sencillo: G es tipo de acuífero, O naturaleza del mismo y D la profundidad del nivel piezométrico. Cada parámetro tiene asignado un valor en función de la descripción y se obtiene un índice que indica la vulnerabilidad intrínseca del medio.

La figura del perímetro de protección y su deficiente implantación en España

La figura de los perímetros de protección está contemplada en la DMA, TRLA y en los reglamentos asociados a dicho texto refundido. Sin embargo, su implantación dista mucho de ser real. Su implementación real en el territorio europeo es muy dispar. Así, por ejemplo, los perímetros de protección en Alemania suponen el 20% de la extensión total del país (Vorreyer, 1998) y en el Reino Unido se han implantado de manera efectiva más de 1.500 zonas de protección de captaciones (Environment Agency, 1998). Por el contrario, en otros países, como España, la aprobación de los perímetros de protección de las captaciones de abastecimiento urbano y la implantación en el territorio de las restricciones que conllevan es prácticamente inexistente. No existe un criterio homologado de cómo deben realizarse. Asimismo, los Planes Hidrológicos de Cuenca prevén establecer perímetros de protección con el límite de dos horizontes: en el año 2008 y 2018. El criterio principal para su establecimiento es la población, pero ¿este resulta adecuado? Existen numerosas poblaciones en España en las que no se alcanza el mínimo de 500 o 2.000 habitantes, según la cuenca, por lo que sus captaciones quedarían desprotegidas. Así, en el caso de la provincia de Cuenca, el 60% de las poblaciones es menor de 500 habitantes y el 78% hasta 2.000 habitantes, quedaría sin perímetros de protección.

Los motivos principales de esta deficiente implementación en España son:

- Impreciso tratamiento legal.
- Conflictos competenciales entre diferentes administraciones.
- Consecuencias socioeconómicas de su aplicación.
- Falta de coordinación y armonización de los sistemas de delimitación.

El artículo 56.3 del TRLA contempla la determinación de perímetros de protección *"a fin de proteger las aguas subterráneas frente a los riesgos de contaminación"* en lugar de la im-

posición de *“condicionamientos en el ámbito del perímetro a ciertas actividades o instalaciones que puedan afectar a la cantidad o la calidad de las aguas subterráneas”* que contempla el art 173 del RDPH.

La modificación establecida en la ley, sin modificar ni derogar los reglamentos existentes, que desarrollaban la LA de 1985, plantea incertidumbres sobre el marco legal aplicable a la protección de la cantidad que, junto al diferente tratamiento otorgado a los perímetros de protección en los Planes Hidrológicos, debía ser analizado en el PH Nacional. Este no aclaró los criterios para su delimitación, indicándose únicamente que se regularían mediante Real Decreto.

El RD 606/2003, que modifica el RDPH de 1986, es una *“norma limitada a los aspectos más necesitados de desarrollo reglamentario”* que aplaza a un futuro la revisión completa de las normas de desarrollo en materia de aguas, que no incluye modificación alguna en los artículos referentes a los perímetros de protección.

Ante futuros desarrollos reglamentarios de la LA se plantea si conviene reservar la denominación de *“perímetro de protección”* exclusivamente para proteger frente a contaminación o se debe mantener la protección cuantitativa.

A favor de la primera opción cabe señalar:

- Presencia en el texto legal vigente y dificultad de ampliar el concepto reglamentariamente.
- No son coincidentes los ámbitos territoriales de los perímetros de calidad y cantidad.
- Los criterios y metodologías para ambos tipos son diferentes.
- Marcada diferencia en cuanto a Administraciones competentes. En la protección de la calidad las competencias son municipal y autonómica. En la cantidad es de la Confederación Hidrográfica.
- El establecimiento de las zonas de salvaguarda que contempla la DMA, para las que puede emplearse los perímetros de protección, tienen como objetivo evitar el deterioro de la calidad.

En futuras modificaciones de la legislación española de aguas debe plantearse el incluir el número de zonas a contemplar en los perímetros y las restricciones en cada una de ellas, así como su tratamiento en la categoría urbanística del suelo.

El análisis del tratamiento de los perímetros de protección en los Planes Hidrológicos refleja estas deficiencias:

- Solamente se definen perímetros de protección de captaciones de abastecimiento urbano en los Planes Hidrológicos de las cuencas del Tajo y Guadalquivir.

- No se han incluido numerosos perímetros de protección elaborados desde 1985.
- Se contempla la obligatoriedad de elaborarlos en las nuevas captaciones de abastecimiento únicamente en las cuencas del Tajo, Guadalquivir y Júcar.
- En la mayoría de los planes se incluyen previsiones de su elaboración en el primer y segundo horizonte del Plan basados únicamente en función del tamaño de la población sin considerar otros criterios.
- La protección del recurso en áreas con problemas de sobreexplotación definidas en diferentes planes puede ser eficaz para salvaguardar la cantidad pero no sustituye la protección de la calidad.

Actualmente, está en elaboración una propuesta de modificación del TRLA. Para su elaboración se ha partido de la ley actual efectuando las modificaciones requeridas para adaptarla a la terminología de la DMA. Por lo que respecta a las aguas de consumo humano se incluyen cambios en el artículo 56, estableciendo zonas de salvaguarda para proteger en calidad y cantidad el agua de consumo humano en masas de agua, en riesgo de no cumplir objetivos medioambientales de la DMA.

En opinión del IGME (alegación al Consejo Nacional del Agua) el artículo 56 debe ser modificado, ya que limita la posibilidad de establecer zonas de salvaguarda (requeridas para garantizar la protección del agua de consumo humano, art 7.3 DMA) a las masas de agua en riesgo. Esto haría imposible garantizar esa protección a las 184 masas declaradas con riesgo nulo y las 256 con riesgo en estudio en España (Varela, 2006).

Emplear zonas de salvaguarda para alcanzar los requerimientos de las aguas de consumo humano es opcional en la DMA, pero muy recomendable, ya que permite focalizar las medidas de protección. Es conveniente emplear para ello los perímetros de protección impulsando su implantación.

Para garantizar la implantación real en el terreno de los perímetros de protección propuestos, y puesto que la regulación de los usos del suelo no es competencia de los organismos de cuenca sino que corresponde a la Administración local y autonómica, es necesario implicar a estas en la protección de sus captaciones de abastecimiento, trasladando al planeamiento urbanístico las restricciones indicadas para las diferentes zonas que componen el perímetro de protección, justificándolo por la necesidad de proteger el dominio público hidráulico.

Como ejemplo de avance en esta línea cabe reseñar el estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente, en el año 2002: "Propuesta de procedimiento para la delimitación e implantación de perímetros de protección". En ese trabajo se efectúa un análisis como aportación para la revisión del vigente artículo 173 del RDPH, *"en lo relativo al procedimiento administrativo de establecimiento de perímetros de protección y a su ulterior transposición"*

al ordenamiento urbanístico” contemplando específicamente las repercusiones económicas de su implantación, que serían aplicables a los perímetros delimitados en cuencas hidrográficas intercomunitarias. En las intracomunitarias, el estado sólo puede establecer una regulación supletoria de la adoptada por la Comunidad Autónoma.

En ese estudio se propone que en las nuevas captaciones se efectúe una tramitación conjunta y vinculada de la concesión y del perímetro. Contempla aspectos como el aviso a los titulares catastrales afectados por restricciones a la actividad, su publicación en los boletines oficiales, el informe de los ayuntamientos afectados, la audiencia a los interesados y el procedimiento para efectuar la transposición al urbanismo de las normas de protección del acuífero.

Contempla asignar las diferentes zonas en que se subdividen los perímetros de protección a diferentes categorías urbanísticas (sistema general. Abastecimiento de agua, adquiriendo y vallando los terrenos; Sistema General. Espacios libres, con adquisición de terrenos por compensación urbanística; suelo no urbanizable de especial protección para la protección de recursos hídricos).

La aplicación efectiva de estas propuestas sin duda sería de interés para incrementar la implementación real de los perímetros de protección.

En España, con un nivel de implementación real de los perímetros de protección testimonial, es necesario un incremento de recursos humanos y económicos para delimitarlos e implementarlos en los plazos requeridos según la DMA. Estos suponen que en diciembre de 2009 tienen que reflejarse en el programa de medidas (art. 11.3.d, DMA), estando operativos en diciembre de 2012, ya que se deben incluir en los planes de gestión de cada cuenca (Anexo VII.A.7, DMA).

Cabe contemplar en este contexto la posibilidad de delimitar perímetros de protección individuales para cada captación o, en determinadas zonas, medidas de protección aplicables a zonas de las masas de agua subterránea con diversas captaciones conjuntamente.

Además, como complemento a los perímetros de protección, es muy recomendable impulsar acuerdos de buenas prácticas para reducir las presiones sobre las masas de agua.

Metodología para la delimitación de los perímetros de protección

La zonificación empleada con mayor frecuencia en las numerosas propuestas de delimitación de perímetros de protección elaborados en España considera: Zona inmediata o de restricciones absolutas, delimitada mediante criterios de tiempo de tránsito o un área fijada de forma arbitraria de pequeña extensión. Está vallada para impedir el acceso de personal no autorizado; Zona próxima o de restricciones máximas, destinada a

proteger contra la contaminación microbiológica. Se dimensiona en función de criterios hidrogeológicos, estudios de vulnerabilidad de los materiales, zonas de captura o mediante un tiempo de tránsito, habitualmente de 50 días (el considerado necesario para la degradación de la contaminación bacteriológica); Zona alejada o de restricciones moderadas, cuyo objetivo es proteger la captación frente a contaminantes de larga persistencia. Se delimita empleando criterios hidrogeológicos, evaluación de vulnerabilidad de los materiales, zonas de captura y mediante tiempo de tránsito (que se define en cada estudio en función de los focos potenciales de contaminación existentes, la vulnerabilidad del acuífero, sus características hidrogeológicas y las del abastecimiento). El valor de este tiempo de tránsito debe ser lo suficientemente elevado (varios años) para permitir, en su caso, la búsqueda de fuentes de abastecimiento alternativas, ya que los contaminantes de larga persistencia terminarían alcanzándola. Por último, la zona de protección especial es específica de los acuíferos kársticos. Comprende aquellas áreas que presentan una comunicación directa con el área del acuífero donde se ubican las captaciones de abastecimiento, aunque quedasen fuera del ámbito geográfico definido por las otras tres zonas (figura 36).

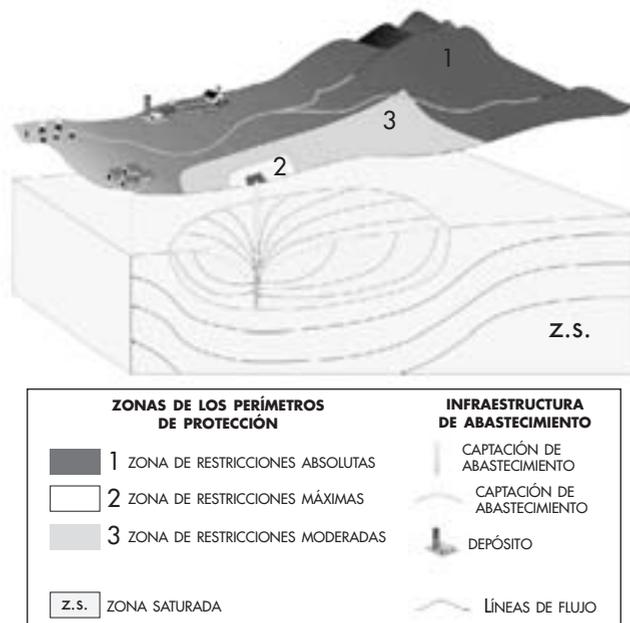


Figura 36. Zonación de los perímetros de protección.

En el estudio de delimitación de cada perímetro de protección se detalla las restricciones a imponer en cada una de estas zonas, estableciéndose un Plan de Intervención y su Protocolo de Actuación ante eventuales contaminaciones accidentales.

Para poder delimitar e implantar en el territorio los perímetros de protección de las captaciones de agua de consumo humano hay que efectuar en primer lugar unos estudios complementarios. Éstos comprenderán el análisis pormenorizado de la infraestructura de abastecimiento (captaciones, depósitos, redes de distribución y alcantarillado), demanda urbana, características geológicas e hidrogeológicas del acuífero captado, focos potenciales de contaminación, vulnerabilidad de las formaciones, riesgo de contaminación de los acuíferos y la categoría urbanística del suelo (figuras 37 a 41, ver páginas 76-77).

Este análisis proporciona la información necesaria para poder definir qué criterios (distancia a las captaciones, descenso de niveles de agua, tiempo de tránsito, criterios hidrogeológicos, poder autodepurador del terreno) son los más adecuados para definir los perímetros de protección, y sobre la base de qué métodos (analíticos, análisis de vulnerabilidad, modelos matemáticos o criterios hidrogeológicos) delimitarlos.

Las características del acuífero captado son fundamentales para definir qué métodos son aplicables para marcar las diferentes zonas en que se subdividen los perímetros de protección. En acuíferos con porosidad intergranular en los que puede aplicarse la ley de Darcy, es en los que más métodos y con mayor precisión pueden aplicarse, ya que pueden utilizarse métodos hidrogeológicos, analíticos y modelos matemáticos cuyas características han sido analizadas en diversos trabajos (Environment Agency, 1998; Lallemand y Roux, 1999; Martínez Navarrete y García García, 2003).

Los métodos hidrogeológicos son fundamentales, empleándose siempre como complemento a los otros dos, si bien cuando se emplean de manera exclusiva presentan el inconveniente de proporcionar una única zona, la correspondiente al área de alimentación de la captación, en lugar de la división del perímetro como permiten los otros métodos que facilitan el establecimiento de restricciones graduales.

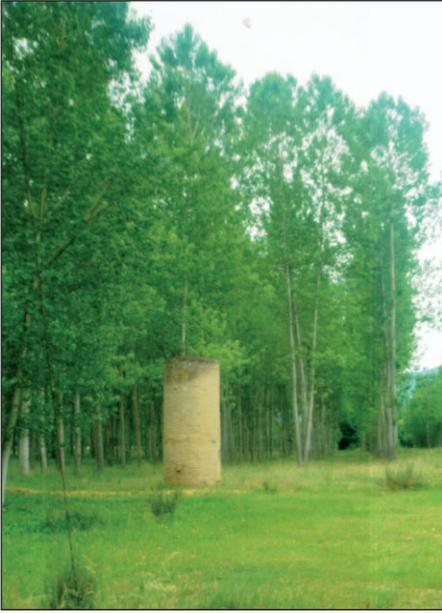
Los métodos analíticos emplean ecuaciones sencillas que requieren pocos datos (normalmente es necesario únicamente conocer el caudal de explotación de la captación, el gradiente hidráulico, la conductividad hidráulica, el espesor saturado y la porosidad eficaz) y permiten, en su mayor parte, considerar el tiempo de tránsito por lo que resultan muy fáciles de aplicar al establecer diferentes zonas. El inconveniente de estos métodos es que efectúan una simplificación de las características hidrogeológicas del acuífero y de las condiciones de explotación que pueden alejarse sensiblemente de la realidad, por lo que presentan un cierto error. Éste es reducido para las primeras zonas (restricciones absolutas y máximas calculadas normalmente mediante un tiempo de tránsito de 1 y 50 días, respectivamente) y



Figura 1. Presentación del documento del GT-16 en el VIII CONAMA, en diciembre de 2006. De izquierda a derecha: Nuria Hernández-Mora Zapata, Carlos Martínez Navarrete, Fernando López Vera y Marc Martínez Parra, coordinador del GT-16 (Foto Marc Martínez).



Figuras 2 y 3. Las captaciones se pueden encontrar en zonas vulnerables a la contaminación agraria (foto 1). Los vertidos de purines se realizan en balsas que en ocasiones también afectan, con sus fugas a los cauces superficiales (foto 2). (Fotos Marc Martínez).



Figuras 4 y 5. La extracción de áridos puede llevar a la pérdida de volumen de acuífero, con lo que supone en cuanto a espesor de zona no saturada y de reserva del mismo. En la foto de la izquierda se observa un pozo de ladrillo de amplio diámetro en la cuenca del Tordera, con una altura inhabitual, resultado de la extracción de áridos del entorno, asemejándose más a una chimenea. En la foto de la derecha, una de las lagunas de Rivas-Vaciamadrid, originalmente una cantera de áridos que tras su abandono se rellenó de las aguas del río y acuífero cuaternario (fotos Marc Martínez).



Figura 6. Los vertidos de purines directamente sobre el terreno pueden suponer un problema para el medio ambiente, al igual que las aguas residuales sin tratar (foto Marc Martínez).



Figura 7. Los vertidos de purines directamente sobre el terreno pueden suponer un problema para el medio ambiente, al igual que las aguas residuales sin tratar (foto Marc Martínez).



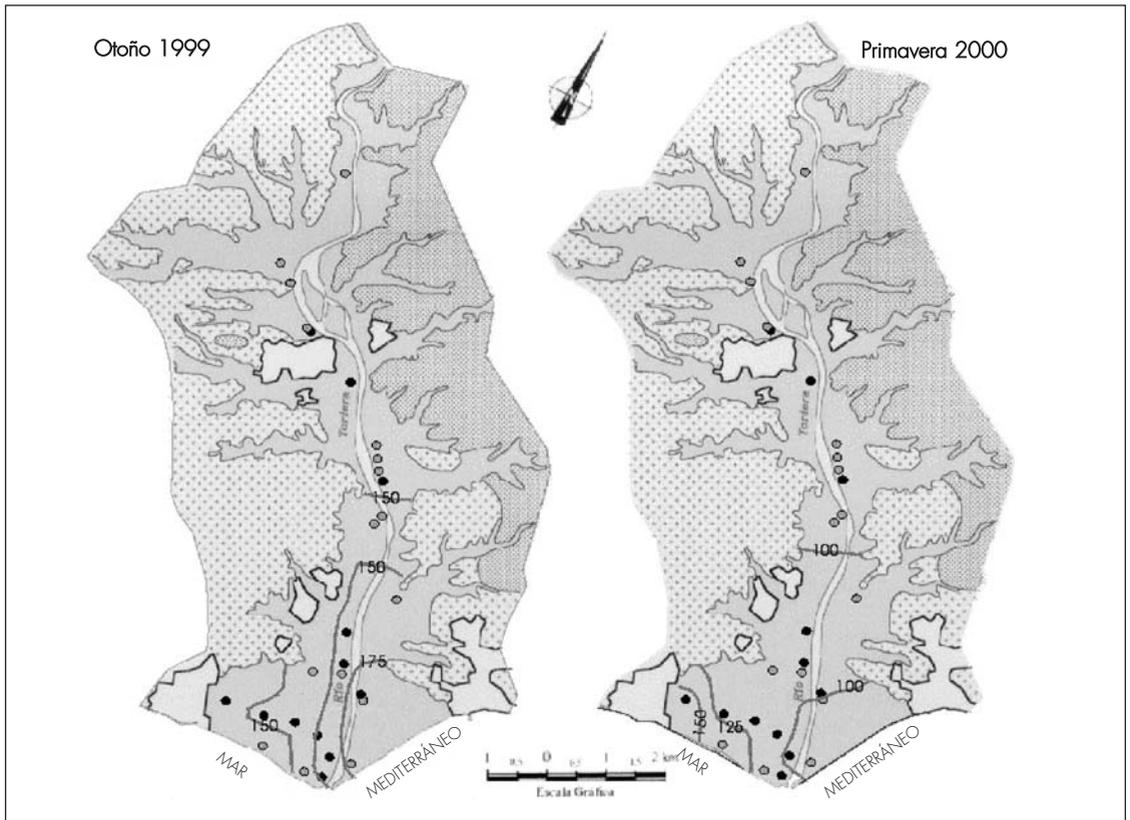
Figuras 8 y 9. Campos de cultivo de secano y regadío en Villaverde y Pasaconsol y en Pozoamargo (Cuenca) (fotos Marc Martínez).



Figuras 13 y 14. Abastecimientos a Palomares del Campo-Montalbo y a Villanueva de Guadamajud (Cuenca) (foto Marc Martínez).



Figura 15. El abastecimiento a la ciudad de Cuenca se basa en tres captaciones: el sondeo de El Albaladejito, la fuente de Cueva del Fraile y la fuente de Royo Frío, cuya entrada se ve en la foto, con un caudal del orden de 600 L/s (foto Marc Martínez).



Figuras 16 y 17. Contenido de cloruros en el acuífero costero superficial de Tordera Baix, entre los años 1999 y 2000. (Martínez y Murillo, 2003).



Figura 18. Perfil de la evolución de la interfaz marina condicionada por el bombeo (López Geta et al, 2001).

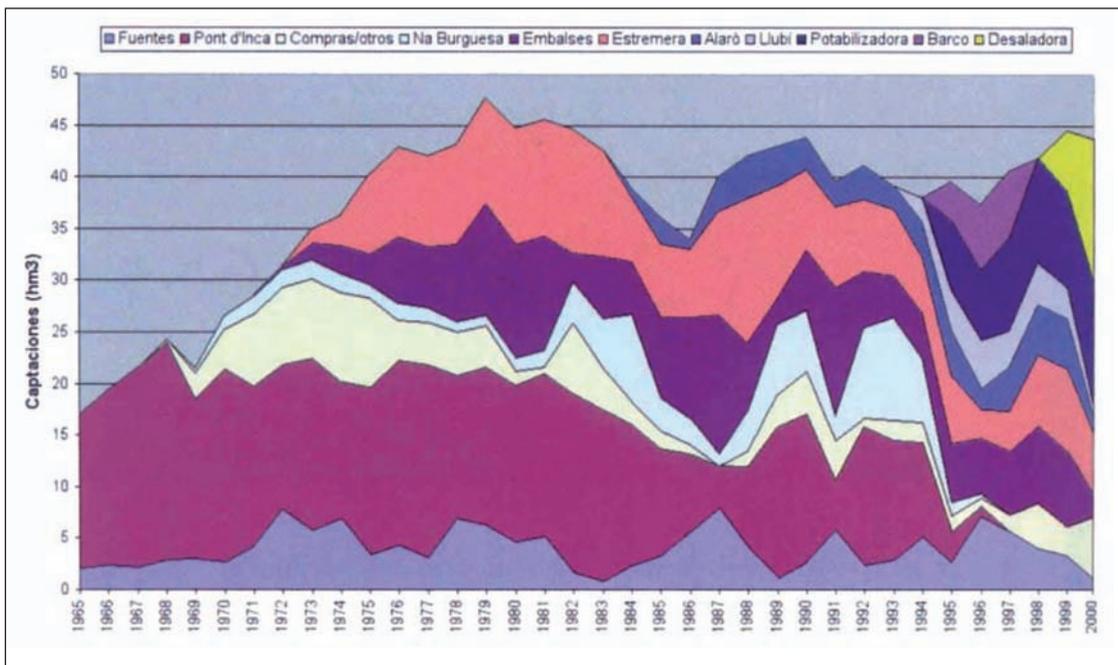


Figura 19. Evolución del origen del agua empleada para el abastecimiento a la bahía de Palma de Mallorca (Gelabert et al, 2001).



Figura 20. El trasvase Tajo-Segura a su paso por Cuenca, finalizado en 1979, y que la Comunidad de Castilla-La Mancha solicita que sea derogado en 2015 (foto Marc Martínez).

20 minutos.es España
 Miércoles, 29/11/06. Actualizado hace 4 minutos

Artículo 12 de 33 en Español < Anterior > < Siguiente >

Medio Ambiente propone gravar el consumo de agua que supere los 60 litros por persona y día

20MINUTOS ES | EFE | 30.10.2006 - 19:03h



Cristina Narbona en la reunión del pleno del Consejo Nacional del Agua. (Mondelo / Efe) Ampliar foto

- El objetivo: incentivar la utilización eficiente de este recurso.
- Lo ha dicho la ministra Narbona.
- Según la ONG WWF, Adena el consumo doméstico por persona y día es de 171 litros.
- Una lavadora, dependiendo del modelo, utiliza unos 100 litros de agua por cada lavado.

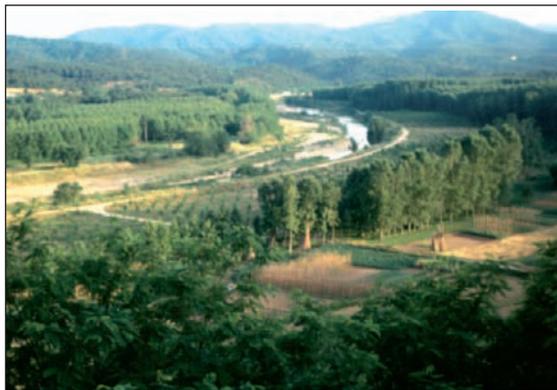
El Ministerio de Medio Ambiente propondrá que se establezcan diferentes tramos en la tarifa del agua y que se grave el consumo cuando sea superior a **60 litros por persona y día**, con el fin de incentivar la utilización eficiente de este recurso.

La titular de este departamento, Cristina Narbona, trasladó el lunes esta sugerencia al Consejo Nacional del Agua, donde defendió

Crear a un amigo | Versión para imprimir
 Suscribirse | Reducir fuente
 Ya publicamos artículos antes en Me2G

Te REGALAMOS la mejor música

WWF
 ¿Crees que gravar el consumo de agua cuando supere los 60 litros por día y persona es una buena medida?
 Sí
 No
 Me da igual



Figuras 22 y 23. Campo de cultivo regados por inundación en Hostalric, en la vega del río Tordera, con aguas procedentes del río y riego por goteo de viñas en Casas de Fernando Alonso (Cuenca). No siempre se dispone de un curso de agua próximo para derivar el agua, de tal manera para regar las viñas es preciso la utilización de agua procedente de sondeos que captan acuíferos (fotos Marc Martínez).



Figuras 24 y 25. Regadíos en El Provencio y Pozoamargo (Cuenca) explotando el acuífero de Mancha occidental (fotos Marc Martínez).



Figuras 26 y 27. Las lagunas de los Cedazos, en Arcas del Villar (Cuenca), están asociadas a aguas subterráneas provenientes de formaciones yesíferas maestrichtienses (fotos Marc Martínez).



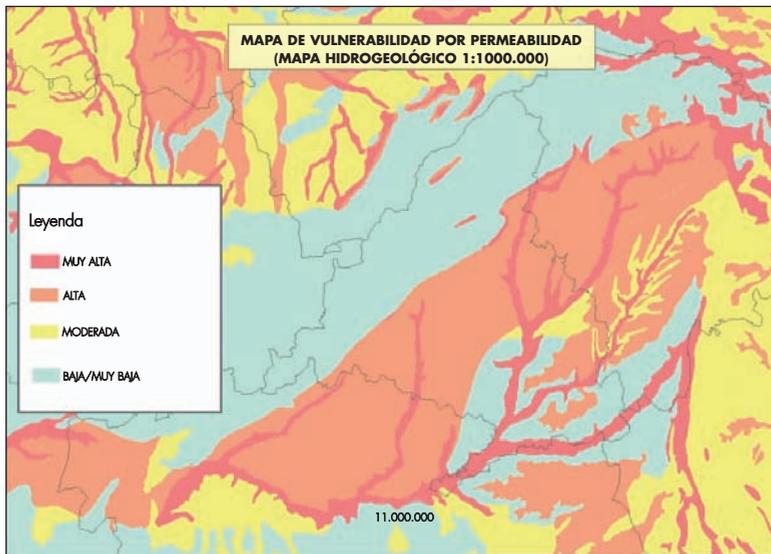
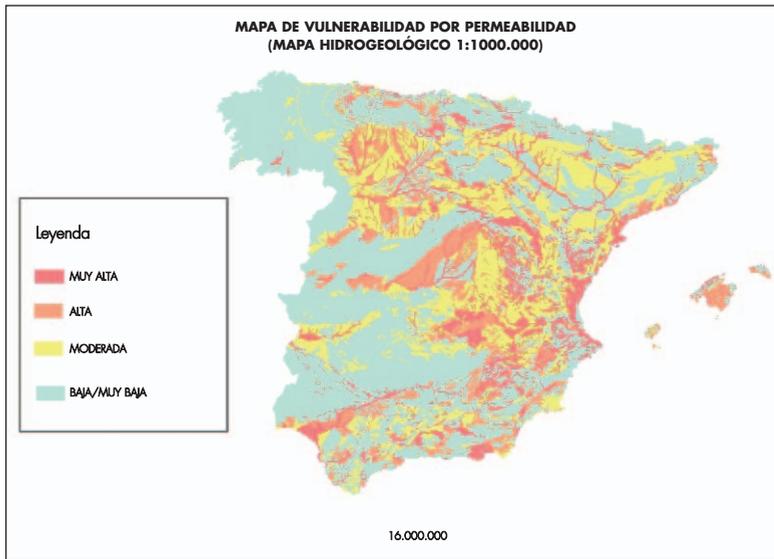
Figura 28. laguna Tomilla en el Parque Natural de las lagunas de Rueda (foto: Silvino Castaño).



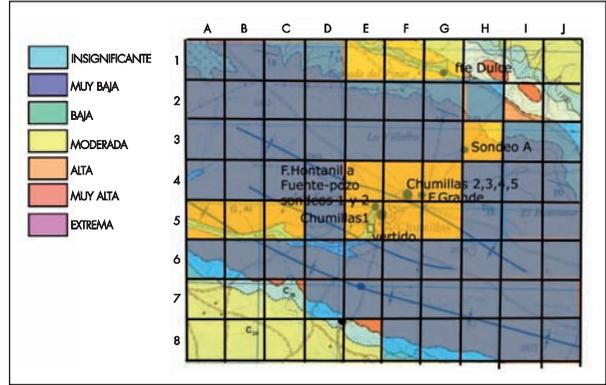
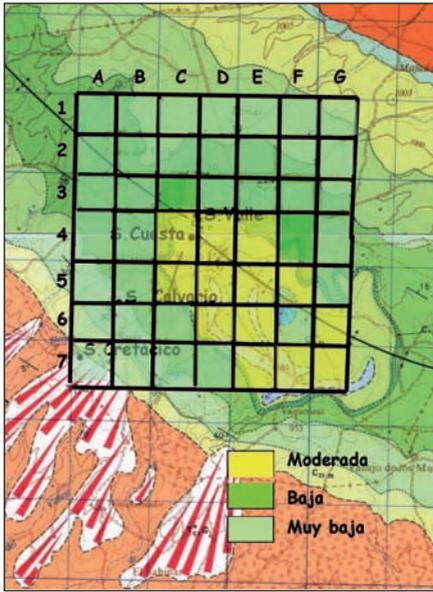
Figuras 29 y 30. Recomendaciones para conservar en buen estado los Aiguamolls de Cal Raba (Tordera, Barcelona) en el año 1992 (fotos Marc Martínez).



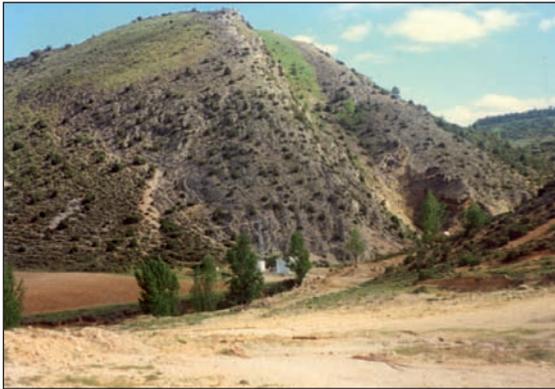
Figura 31. Es fundamental el conocimiento del funcionamiento de los humedales y su relación con las aguas subterráneas para su pervivencia. Detalle de la información divulgativa de la Laguna de El Hito (Cuenca) (foto Marc Martínez).



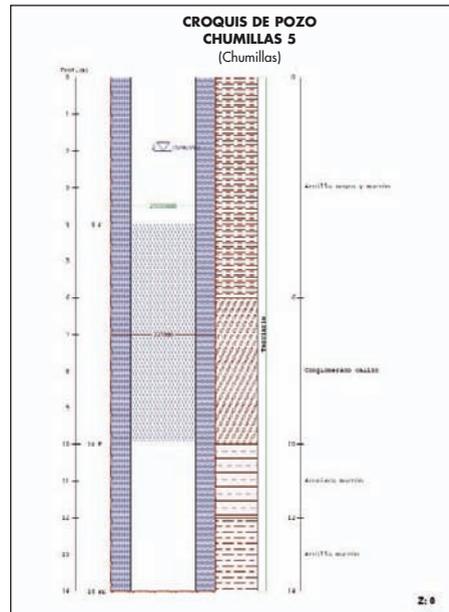
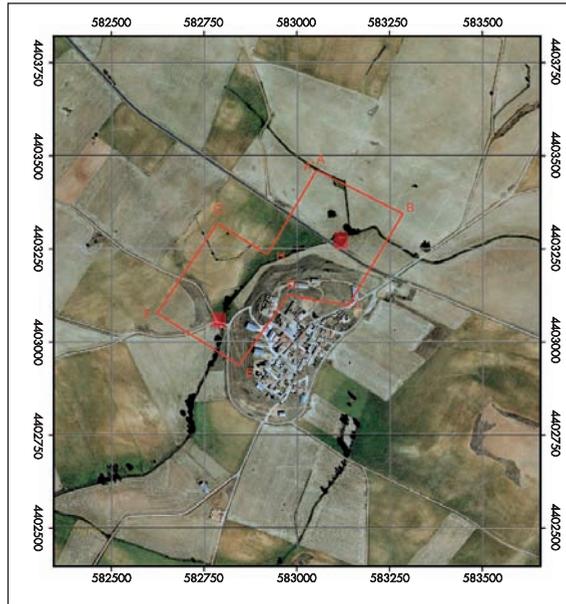
Figuras 32 y 33. Mapas de vulnerabilidad de España, a partir de la permeabilidad atribuida según la litología. Detalle del mapa de vulnerabilidad por permeabilidad del entorno de Madrid.



Figuras 34 y 35. Ejemplos de aplicación del método DRASTIC en dos localidades de la provincia de Cuenca (Martínez, 2006b y 2007).



Figuras 37 y 38. Captación de abastecimiento en Villar de Olalla (Cuenca). Dicha captación se encuentra próxima a la zona no saturada del acuífero carbonatado que capta, con una cantera en desuso en sus proximidades. En la figura 38 se observa un vertedero de residuos inertes en Pozoamargo (Cuenca) (fotos Marc Martínez).



Figuras 39, 40 y 41. Propuesta de perímetro de protección próxima para un sondeo perforado para abastecimiento de la población de Chumillas (Cuenca). En el mismo se incluyen captaciones ya existentes (IGME, 2007 y foto del sondeo de Marc Martínez).



Figura 42. Distrito de riego del río Tula.



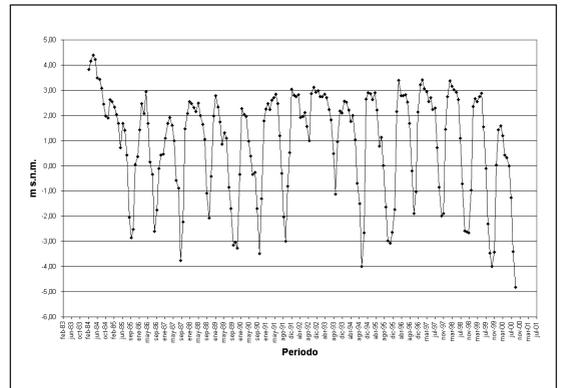
Figura 43. La contaminación del río Tula ha sido objeto de reportajes televisivos y se pueden encontrar en Youtube.
 (<http://www.youtube.com/watch?v=xYJNi5VLxE&feature=related>)



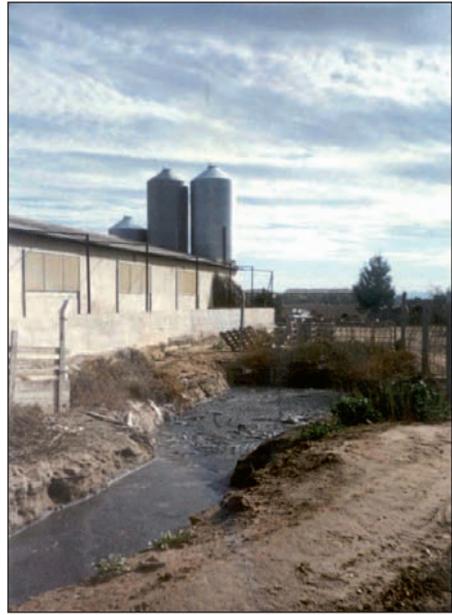
Figura 44. Planta de tratamiento de aguas en San Clemente (Cuenca) (foto Vicente Fabregat).



Figura 45. La “manchita blanca” en medio del campo corresponde al ripio de un sondeo perforado en zona de secano y presuntamente sin tramitación legal (foto Marc Martínez).



Figuras 46 y 47. Piezómetro equipado con un sensor de registro (foto José Antonio Gómez). Evolución piezométrica de un piezómetro afectado por la explotación de sondeos cercanos.



Figuras 49 y 50. Conocer las entradas y salidas para realizar un adecuado balance hídrico es fundamental para la gestión del acuífero. En la foto de la izquierda se observa una surgencia difusa de agua subterránea junto a la costa de Candas (Asturias). También es imprescindible conocer los focos de contaminación. En la foto de la derecha se observa una fosa sin impermeabilizar llena de purines en Murcia (fotos Marc Martínez).

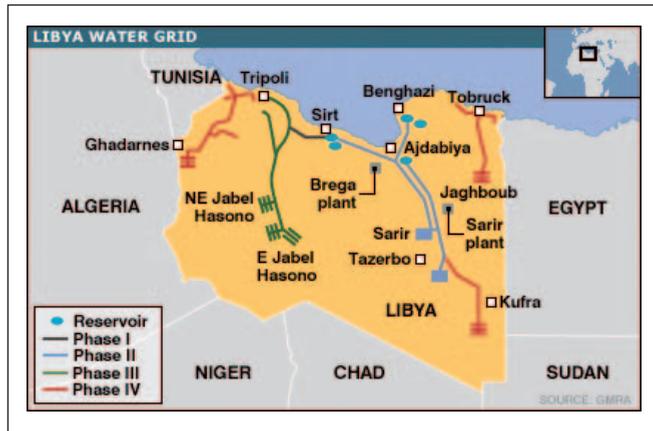
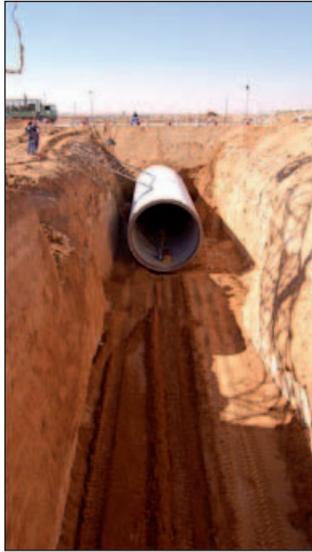


Figura 51. Mapa de situación geográfica del proyecto Gran Man-made River en Libia. Procedente de <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4814988.stm>.



Figuras 52 y 53. El proyecto Gran Man-made River en Libia, foto de detalle de las obras y vista aérea de los círculos de riego con aspersores. (Watkins, 2006).

<http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4814988.stm>

(<http://maps.google.com/maps?ll=24.160309,23.440018&spn=0.331375,0.648399&t=k&hl=en>)



Figura 57. Una deficiente instalación puede llevar aparejada problemas de contaminación y deterioro de la misma captación (foto Vicente Fabregat).

lasprovincias.es Inicio Noticias Exceso de visitas

ACTUALIDAD

EDICIÓN ESPAÑA

NOTICIAS

Tema del día
Valencia
Barcelona
L'Horta
La Ribera
La Safor
C. de Marbella
La Costa
La Marra
C. Valenciana
Pública
Sociedad
Opinión
España
Internacional
Economía
Deportes
Cultura
Vida & Ocio
Agencia

INTERACTIVO

Fotos
Ocio

Jérica construirá un hotel balneario tras localizar un zahori una veta de agua termal
Naujas tiene previsto otro costo a sólo 10 kilómetros de distancia

Las entidades privada y pública proyectan construir dos balnearios en los municipios de Jérica y Híjar, separados entre sí por apenas una decena de kilómetros. El origen del proyecto termal que se prevé ejecutar en Jérica reside en el reciente descubrimiento de una veta de agua por parte de un zahorí.

ELÉALO TORRELLIBUENICA

La abundante riqueza hídrica que posee la comarca del Alto Palencia ha vuelto a aflorar de nuevo en el municipio de Jérica, donde un zahorí ha descubierto una importante veta de aguas termal.

La existencia del caudal de agua subterráneo en una veta localizada al Ayuntamiento de Jérica por un empresario catalán que pretende aprovechar la misma para construir un hotel balneario en la localidad. Además, el vecino municipio de Naujas también prevé construir un centro termal.

La veta de agua está ubicada en la pedanía Heredad del Dico, emplazada a corta distancia del cauce del río Palencia a lo largo del término municipal de Jérica. Esta zona, en la que la familia del empresario catalán posee unos 23 hectáreas de terreno, se localiza también a la entera carretera N-234.

La iniciativa privada, que de momento no parece ser un mero proyecto, cuenta con el visto bueno y aprobación del Ayuntamiento de Jérica, por considerar que "el proyecto podría reportar importantes beneficios para el pueblo", según manifestó el alcalde de Jérica, Angel Gil.

La máxima autoridad municipal de Jérica explicó que "todavía no se ha perforado ningún pozo ni realizado ninguna prospección, aunque el zahorí está seguro de que allí hay aguas termal y el promotor está interesado en construir el balneario".

Imagen **Enviar**

• Naujas busca inversiones privadas

Más noticias

- Jérica construirá un hotel balneario tras localizar un zahorí una veta de agua termal
- Chino reclama diez millones por vender sus aguas termales al río
- El 'sí' que sí en el País Llobregat
- El mejor complejo balneario de los Países Bajos abre sus puertas este verano
- Naujas busca inversiones privadas

Publicar

Figura 58. Un ejemplo de la intromisión de personal no cualificado en el trabajo del hidrogeólogo, donde un zahorí ha determinado la existencia de agua termal sin que "todavía no se haya perforado ningún pozo ni realizado ninguna prospección". Vivir para ver, procedente de: <http://www.lasprovincias.es/valencia/pg060507/prensa/noticias/Ediciones/200605/07/VAL-EDC-030.html>



Figura 59. Vertidos de origen industrial, un arroyo tributario del río Tordera. A la derecha, las aguas vertidas son de color gris y, a la izquierda, las aguas son de tonos anaranjados (foto Marc Martínez).



Figuras 60, 61 y 62. Ejemplos de contaminación por fugas de hidrocarburos en la selva del Amazonas. (fotos procedentes de la web <http://texacotoxico.com>).



Figura 63. Vertido de aguas residuales en una zanja excavada en el terreno en la provincia de Cuenca (foto Marc Martínez).

se incrementa para la zona más alejada (definida normalmente mediante un tiempo de tránsito de varios años).

Los modelos matemáticos, cuando se dispone de información suficiente para la elaboración de un modelo conceptual preciso, así como para su ejecución y calibrado, permiten tener en cuenta variaciones en los principales parámetros hidráulicos, heterogeneidad del acuífero, influencias de bombeos y otros factores, por lo que ofrecen resultados más precisos, especialmente en la delimitación de la zona de restricciones moderadas y, sobre todo, cuanto mayor sea el tiempo de tránsito empleado.

En los medios kársticos y fisurados se restringe considerablemente el número de métodos a aplicar, tanto analíticos como modelos matemáticos que deben ser específicos para esos medios. En ellos, la velocidad de flujo es muy heterogénea y el riesgo de contaminación no decrece continuamente al aumentar la distancia a la captación, como normalmente ocurre en medios con porosidad intergranular, debido a velocidades muy altas en algunas áreas del acuífero que propicia que los tiempos de tránsito no se incrementen significativamente al alejarse de la captación.

La delimitación de perímetros de protección en estos materiales es conveniente efectuarla mediante el empleo de métodos hidrogeológicos, complementados con el uso de trazadores, o bien mediante una aproximación a la vulnerabilidad, empleando preferentemente los índices de vulnerabilidad desarrollados específicamente para su empleo en dichos materiales.

Las altas velocidades de flujo de los acuíferos kársticos obligan a establecer zonas en los perímetros de protección muy extensas cuando se definen con tiempos de tránsito y a menudo abarcan la totalidad del área de alimentación. Las restricciones que se deben imponer a las actividades en todo ese ámbito no son posibles ni realistas. Como alternativa la evaluación de la vulnerabilidad empleando métodos específicos combinados con sistemas de información geográfica permite identificar las zonas más vulnerables y priorizar la protección en estas por lo que es un método muy adecuado para la delimitación de las zonas de protección de los perímetros.

Se efectuará una selección del método que se considere más adecuado para evaluar la vulnerabilidad, seleccionándose en base a las características de los acuíferos y la disponibilidad o posibilidad de obtener los datos que requiere cada método.

IMPACTO DE LA OBTENCIÓN DE NUEVOS RECURSOS HÍDRICOS

Pedro Ruiz Herrera
AQUALIA

Introducción

Debido al incremento de la demanda que supone la presión demográfica creciente y la disminución de recursos de calidad disponibles, históricamente se han venido generando nuevas estrategias para la obtención de agua, empleando sistemas, que si bien han podido dar respuesta puntual a la demanda, a medio y largo plazo han supuesto el deterioro paulatino de la calidad de los recursos subterráneos, cuya recuperación se ha convertido en un objetivo difícil de conseguir, no tanto a nivel tecnológico como económico.

Se centrará el tema en dos estrategias para obtención de recursos de absoluta actualidad y en pleno desarrollo en nuestro país:

- Reutilización del agua residual.
- Desalinización de aguas salobres y saladas.

Reutilización de agua residual

Estos sistemas no son ni mucho menos nuevos, el hombre viene recurriendo a ellos desde tiempos remotos. Ejemplos de reutilización, en nuestro entorno, los tenemos en Creta y en Roma, donde la misma agua era utilizada en varias ocasiones para distintos usos, y aún más cercanos los tenemos en la cuenca del Segura, donde existen antecedentes históricos destacados de utilización de «aguas muertas».

No obstante, la falta de control en la calidad del efluente, o los deficientes sistemas utilizados en su almacenamiento y transporte, han supuesto un deterioro serio de las aguas subterráneas.

El volumen de agua regenerada en nuestro país es del orden de 410 hm³/año, pero con un potencial que según estimaciones del Libro blanco del agua de 1.200 hm³/año (López Vera, 2006) (tabla 8).

Tabla 8. Reutilización en España, según usos en los años 2001 y 2004. Fuente: P. Catalinas, E. Ortega, Raquel Iglesias. CEDEX, 2005, en López-Vera, 2006.

Usos	AÑO 2001		AÑO 2004	
	Volumen Hm ³ /año	Porcentaje %	Volumen Hm ³ /año	Porcentaje %
Riego agrícola	284,9	82,3	323,0	79,2
Usos municipales	24,0	7,0	33,0	8,1
Usos recreativos y campos de golf	20,6	6,0	25,0	6,0
Usos industriales	2,5	0,7	3,0	0,7
Usos ecológicos	14,0	4,0	24,0	6,0
Total	346,0	100,0	408,0	100,0

El agua regenerada es especialmente adecuada para el riego y, en efecto, como muestra la tabla 8, en la actualidad constituye un 80% del volumen total regenerado con fuerte tendencia a incrementarse, seguido los usos municipales, recreativos y ambientales. El bajo porcentaje de reutilización industrial que se muestra en dicha tabla, no parece realista, quizás sea debido a que dicho inventario se ha realizado con datos de los sistemas de depuración públicos o con las concesiones administrativas, mientras que la practica industrial es la reutilización en circuito cerrado dentro de la misma industria (López Vera, 2006).

También se utilizan las aguas directamente sin tratar, con los consiguientes problemas sanitarios y mediambientales. Se pueden exponer multitud de ejemplos sobre este efecto, pero tomaremos los casos sufridos por este problema en el área de México, en Centroamérica, y en el área de Cisjordania en los Territorios palestinos .

Área de México ⁶

La ciudad de México, con cerca de 26 millones de habitantes, mantiene una producción de agua residual de unos 60m³/s, que son enviados, desde el año 1890, al valle de Tula,

⁶ Con datos de Jiménez (2006).

mediante una amplia red de canales (aproximadamente 323 km de canal principal, 264 km de canales laterales y una gran longitud de surcos de reparto) y nueve embalses. La economía de este valle depende de la agricultura, reutilizándose para el riego el agua residual procedente de la ciudad de México (figura 42, ver página 78).

Debido al sistema de irrigación, a la falta de impermeabilización de los canales y de los embalses, y al tipo de terreno, se infiltra un caudal importante del agua.

En el valle del Tula o del Mezquital hay aproximadamente 380.000 habitantes distribuidos en 294 localidades. La única fuente de suministro para estas personas es la del subsuelo, para lo cual cuentan con 206 pozos profundos y alrededor de 40 norias o manantiales. Así, del subsuelo se extraen 7,4 m³/s, 64% para fines industriales, 22% para actividades agropecuarias y 14% para consumo doméstico. Sólo el 55% de las fuentes de suministro municipal son cloradas y 52% se encuentran localizadas en las zonas de riego o cerca de los canales, por lo que reciben influencia directa de las infiltraciones (Escobar, 2006).

El nivel de infiltración es tal, que se estima una recarga media de 25m³/s, comprobándose cómo el caudal del río Tula (que se recarga parcialmente de los acuíferos) ha pasado en un periodo de 50 años de un caudal próximo a los 1,6m³/s a los aproximadamente 12,5 m³/s (figura 43, ver página 78).

En 1998, el British Geological Survey calculó que dicha infiltración equivale a 13 veces la recarga natural sin la presencia de aguas negras. La recarga incidental ha resultado de tal magnitud y durante tanto tiempo, que los niveles piezométricos se han elevado considerablemente, de manera que hoy en día, en sitios donde históricamente el líquido subterráneo se encontraba a 50 m de profundidad, en la actualidad están aflorando manantiales.

Aunque el proceso depurador debido a la infiltración al subsuelo es bastante eficaz, se ha demostrado que puede generar una contaminación en el medio, difícilmente recuperable.

Así, las analíticas que se vienen realizando desde 1997 sobre la calidad de las aguas subterráneas de esta zona, han detectado la presencia de contaminantes, tales como coliformes totales, coliformes fecales, nitratos, sodio, sólidos disueltos y nitrógeno amoniacal. Todos ellos superan los parámetros de potabilidad según la norma NOM-127-SSA1-1994 (Jiménez *et al*, 2004).

Área de Cisjordania en los Territorios Palestinos⁷

El área ocupada por el West Bank (Cisjordania) es de 5.572 km². Es una zona montañosa con altitudes que oscilan entre los 300 y 1.000 m sobre el nivel del mar Mediterráneo, excepto en el valle del Jordán donde alcanza los 400 m por debajo del nivel del mar.

⁷ Extraído de la ponencia de Ayman Rabi "Recursos hídricos convencionales y no convencionales en el West Bank (Cisjordania.)"

El volumen anual de extracción de agua subterránea en Cisjordania alcanza casi los 100 Mm³/año, siendo la población total estimada dependiente de estos recursos de unos 2 millones de personas (sin incluir Jerusalén Este).

El origen de las aguas subterráneas es principalmente la fracción de agua de lluvia que se infiltra en el suelo, y aunque en menor cuantía, contribuyen también a la recarga del acuífero las aguas de retorno de riego, los efluentes de aguas residuales, los torrentes estacionales o permanentes y las pérdidas en las conducciones de agua.

Aunque la calidad de las aguas subterráneas de Cisjordania ha sido tradicionalmente buena, en los últimos tiempos se vienen detectando preocupantes síntomas de contaminación.

Según la analítica llevada a cabo por el Palestinian Hydrology Group y la Universidad de Belén, se obtuvieron 50 muestras de manantiales y 32 de pozos. El 60% de las muestras de aguas de manantial mostraban contenidos altos de coliformes fecales, y el 25% de las muestras presentaban altos contenidos de nitratos. En las muestras procedentes de pozo, el 46% presentaban valores relativamente altos de coliformes fecales y el 34% alta concentración de nitratos.

Desalinización de aguas salobres y saladas

Aunque los procesos de desalación ya se utilizaban (aunque de forma muy rudimentaria) en el siglo XVI, las primeras instalaciones fijas se realizan en la segunda mitad del siglo XIX. Durante el siglo XX se desarrollan, en su primera mitad sistemas de evaporación, y es en la segunda mitad de ese siglo cuando se desarrollan sistemas de separación mediante membranas, siendo esta última tecnología la que, con un mayor desarrollo tecnológico, está dando solución a los problemas de la desalación (tabla 9).

En nuestro país se está apostando firmemente por estas soluciones, tanto para la producción de agua potable a partir de agua de mar, como para la potabilización de aguas continentales con contenidos en sales, para las que los procesos tradicionales de tratamiento no son suficientes. En conjunto existen más de 300 instalaciones de tamaño variable, con una capacidad de 300 hm³/año (López Geta y López Vera, 2006). La utilización como materia prima de aguas salobres en el interior peninsular permite un menor coste de desalación. Según comunicación oral de Miguel Torres, en el año 2006 la producción de agua desalada es de 1,2 hm³/día que ascenderá a 1,6-1,7 hm³/día cuando se terminen de construir las desaladoras en curso. Esto nos sitúa en una producción de unos 500 hm³/año de agua de mar y salobre desalada, duplicándose la producción existente en el año 2000 (López Vera, 2006).

Estos procesos suelen aportar unos factores de conversión en torno al 45% para agua de mar y del 65% para aguas salobres.

Sin entrar a considerar los efluentes procedentes del rechazo de estaciones desaladoras de aguas de mar, cuya problemática afecta fundamentalmente al medio marino donde se vierte, podemos ver en la tabla 9 la concentración en sales del agua de rechazo de un tratamiento por ósmosis inversa de un agua continental (zona central de Castilla – La Mancha) (figura 44, ver página 78).

En el caso de aguas continentales, el problema se establece con la eliminación del concentrado que, en nuestro país, se suele verter a un cauce, cuyo caudal sea capaz de absorber las altas concentraciones de este rechazo.

En el caso de no existir un cauce cerca, la tentación de infiltrar el rechazo al subsuelo, puede determinar la aparición de problemas a medio y largo plazo de difícil solución.

Tabla 9. Capacidad de tratamiento de una ósmosis inversa típica para aguas salobres.

	Corrientes Paso (mg/l como ión)						
	Alimentación	Alimentación ajustada	Concentrado		Permeado		Total
			Etapas 1	Etapas 2	Etapas 1	Etapas 2	
NH ₄	0,14	0,14	0,20	0,23	0,10	0,15	0,11
K	10,30	10,30	23,36	38,06	0,71	2,15	1,04
Na	106,90	106,90	244,61	401,29	5,82	18,45	8,74
Mg	114,50	114,50	268,68	451,86	1,34	4,26	2,01
Ca	233,70	233,70	548,49	922,54	2,65	8,55	4,01
Sr	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
Ba	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
CO ₃	0,52	0,52	3,12	8,41	0,00	0,00	0,00
HCO ₃	157,40	157,40	363,20	600,70	3,60	11,23	5,35
NO ₃	1,20	1,20	2,04	2,69	0,59	1,10	0,70
Cl	245,30	279,44	644,16	1.064,44	11,74	37,50	17,69
F	0,06	0,06	0,14	0,22	0,00	0,01	0,01
SO ₄	744,00	744,00	1.749,76	2.949,20	5,79	18,41	8,71
B	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
SiO ₂	6,87	6,87	15,96	26,56	0,20	0,65	0,31
CO ₂	6,22	6,21	7,28	9,21	6,39	7,77	6,71
STD	1.620,89	1.655,03	3.863,72	6.466,23	32,53	102,47	48,68
pH	7,50	7,50	7,72	7,79	6,01	6,39	6,15

REGULARIZACIÓN DE LOS USOS Y DERECHOS DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Fernando López Vera
Universidad Autónoma de Madrid.

Pilar Cisneros Britto
Universidad Complutense de Madrid.

Introducción

La regularización de los usos y derechos del agua subterránea constituye el “nudo gordiano” y más conflictivo de la problemática actual de la gestión del agua subterránea. El problema lo constituye la existencia, en algunas cuencas, de aprovechamientos no regularizados, en ocasiones “alegales”, en otras ocasiones ilegales, con una gran diversidad de casuísticas (López Geta y López Vera, 2006) .

El número de pozos ilegales y el volumen de las extracciones son desconocidos. Sin embargo, existe unanimidad en cuanto a su importancia y a que causan graves daños a los acuíferos y a los ecosistemas terrestres asociados, constituyendo una de las principales causas de sobreexplotación. Según el Ministerio de Medio Ambiente (WWF-ADENA, 2006) los pozos ilegales que extraían más de 7.000 m³ superaban los 510.000, lo que implicaba unas extracciones anuales de, al menos, 3.600 hm³. Este volumen corresponde al consumo medio anual de 58 millones de habitantes. Alguna organización agraria considera estas cifras poco realistas, rebajando el número de pozos ilegales a no más de 100.000, (comunicación oral de COAG en 2006), mientras que otras publicaciones de medios universitarios hacen ascender esta cifra a más de 2.000.000 de pozos ilegales. En todos los casos se trata de estimaciones basadas en hipótesis más o menos rigurosas. (figura 45, ver página 79).

Según datos recogidos en el informe “Uso ilegal del agua en España, Causas, efectos y soluciones” (WWF-ADENA, 2006), el SEPRONA abrió entre el 2002 y 2005, una media

de 1.545 expedientes al año en toda España por infracciones relativas a la utilización del agua. En la cuenca Alta del Río Guadiana, la campaña de inspección realizada por la Confederación hidrográfica, en 2005, sobre el 70% de los regantes del acuífero 23 (declarado sobreexplotado desde 1987), ha detectado la extracción no autorizada de 54,1 hm³ por encima de los 170 hm³ autorizados por el Organismo de cuenca. El resto de datos disponibles se tratan de estimaciones, según datos recogidos por WWF-ADENA en el informe citado.

La existencia de estos aprovechamientos irregulares, fuera del control de la administración, son causa frecuente de graves daños a las masas de agua subterránea, a los usuarios de derechos legítimos y, en algunas ocasiones, al medio ambiente y el patrimonio cultural. La problemática de los aprovechamientos irregulares es muy variada de una cuenca a otra, así como del estado de la masa de agua que aproveche. También sus usos son muy diversos, desde aprovechamientos para abastecimiento urbano a riego e industriales, aunque la inmensa mayoría corresponden a usos agrícolas. Se trata de un problema grave, que requiere una solución de forma imperativa pues es muy difícil conseguir realizar una buena gestión del recurso sin tener en cuenta todos los aprovechamientos realmente existentes.

El uso irregular del agua y sus causas

El uso irregular del agua subterránea y sus causas deben analizarse en el contexto legal, administrativo, hidrológico y social en el que se produce.

- a) **Contexto legal y administrativo:** Desde el 1 de enero de 1986, las aguas subterráneas se incorporan al dominio público hidráulico, por efectos de la Ley de Aguas de 1985, por lo que su aprovechamiento (si es superior a 7.000 m³) requiere de concesión otorgada por el Organismo de cuenca, con fijación de la localización, volumen máximo extraíble, uso y características del aprovechamiento. Todas las concesiones debían inscribirse en el Registro de Aguas de la cuenca. La LA de 1985, preveía también que los usuarios con aprovechamientos existentes anteriormente a esta fecha, disponían de un plazo de tres años para registrar su explotación, pudiendo optar por obtener una concesión o permanecer en el régimen privado registrando el uso en el Catálogo de Aprovechamientos de Aguas Privadas. En cualquier caso, cualquier modificación de las características del aprovechamiento que se hiciera con posterioridad quedaba sujeto a autorización del Organismo de cuenca y, en el caso de aprovechamientos privados, conllevaba la conversión automática al régimen concesional. Con posterioridad, quedaron flexibilizados estos plazos, hasta el cierre defini-

tivo del Catálogo de aguas privadas con la aprobación del Plan Hidrológico Nacional en el año 2002.

Los Organismos de cuenca se vieron desbordados por las nuevas responsabilidades derivadas de la incorporación de las aguas subterráneas al dominio público hidráulico. La ausencia de criterios claros que ayudaran en la inscripción de los usos existentes con anterioridad a 1985 contribuyó a generar una situación caótica de modo que, 20 años después de la aprobación de la ley, todavía existen miles de expedientes abiertos y tanto el Registro como el Catálogo siguen sin estar actualizados (Llamas *et al.*, 2001).

- b) **Contexto hidrológico:** El agua subterránea, al contrario que las superficiales, se encuentran ampliamente distribuidas de forma bastante homogénea en extensas áreas del territorio. Esto permite su captación en el mismo lugar de su aprovechamiento por usuarios individuales o pequeñas agrupaciones de estos realizando inversiones asequibles. La existencia de miles de usuarios individuales dificulta enormemente su control por parte de un órgano centralizado.

Por otra parte, el que el recurso se mantenga oculto al ser subterráneo y el desconocimiento de la materia hidrogeológica tanto por parte del usuario como del público en general, hace que este se desentienda de su evolución y de la situación de los niveles de agua, mientras que estos problemas no se manifiestan directamente en sus captaciones, en ocasiones cuando ya es muy tarde.

- c) **Contexto social:** El fácil acceso al agua subterránea y las características de su explotación favorecen el uso individual o de pequeños colectivos. Con el fin de facilitar su gestión por parte de los Organismos de cuenca, el TRIA, que combina la LA de 1985 y su reforma de 1999), trata de impulsar la constitución de comunidades de usuarios de aguas subterráneas (CUAS), siendo su constitución obligatoria para el caso de acuíferos sobreexplotados. Sin embargo el desarrollo de las CUAS en los acuíferos españoles ha sido muy pobre e irregular. Estas circunstancias han hecho que el entramado social para la concertación y explotación del agua subterránea sea insuficiente al contrario de lo que ocurre con las aguas superficiales.

Otro factor a tener en cuenta es la inhibición en muchos casos y, en otros, falta de coordinación de la administración hidrológica con la administración territorial. En muchas ocasiones esto ha resultado en políticas sectoriales que han ido en contra de las políticas de gestión racional del recurso impulsadas desde la administración hidrológica.

En todo caso, la situación actual es el desarrollo y arraigo de actividades económicas a partir de inversiones privadas y públicas, que han contenido el abandono del agro, cuando

no ha invertido su tendencia y creado todo un entramado de servicios a su alrededor y por tanto riqueza para la comarca, sostenida por unos recursos hídricos en precario.

Los usos del agua que se encuentran al margen del marco legal establecido por la Ley de Aguas, responden a diversas tipologías y situaciones singulares en cada masa de agua subterránea, en las que cabe destacar (modificado de WWF-ADENA, 2006):

- 1 Pozos y derivaciones de agua de manantiales que se explotan sin haber solicitado ninguna autorización al organismo de cuenca. Esta situación es característica de zonas con acuíferos sobreexplotados donde, por tanto, hay carencia de recursos. Suele ser corriente para puesta en regadío de agricultura de secano, para usos del suelo no autorizados, tales como la roturación ilegal de monte público o el abastecimiento de urbanizaciones que, aunque autorizadas, no contaban con el servicio de agua correspondiente. Este problema es especialmente grave en las cuencas del Segura (valle del Guadalentín y otras zonas del interior de Murcia); Júcar (Vinalopó y zonas limítrofes del Segura, Mancha de Albacete, Plana de Castellón); Cuenca Mediterránea Andaluza (Campo de Dalías y Níjar); en el Alto Guadiana (Mancha Occidental y Campo de Montiel); Cuenca del Guadalquivir y, en el Tajo, la región de Madrid.
- 2 Aprovechamientos que utilizan volúmenes mayores que los autorizados. Los beneficiarios de derechos de agua, sólo pueden extraer el volumen que tienen asignado por el Organismo de cuenca. No obstante, muchos usuarios extraen cantidades por encima de este límite, siendo frecuente encontrar extensas explotaciones agrarias de regadío en base a la autorización de pozos de menos de 7.000 m³.
- 3 Aprovechamientos en trámites de autorización. Los Organismos de cuenca llevan retrasos en la tramitación de expedientes para autorizar nuevas concesiones o conceden autorizaciones temporales que se prolongan por más de una década sin resolverse. Muchos solicitantes empiezan a extraer ilegalmente agua sin haber recibido respuesta a su solicitud por parte de la Administración. En otras ocasiones, los aprovechamientos se amparan en permisos de investigación otorgados por la Delegación de Industria, al amparo de la Ley de Minas de 1974, unas veces por ignorancia del usuario, otras en situación dolosa.
- 4 Además, existen otras situaciones de incumplimiento de la Ley, como es la sustitución de pozos o modificación de sus características sin contar con el necesario permiso administrativo, debido a lo confusa que es la Ley de Aguas a este respecto.

Estrategias para abordar el problema de las extracciones y usos irregulares del agua subterránea

Las estrategias para abordar el problema de las extracciones irregulares y una mejor gestión del agua fue ampliamente debatida por el Grupo de Trabajo del Agua Subterránea (2006), (López-Vera y Cisneros, 2006). Cabe destacar que la Ley y el Reglamento del dominio Público Hidráulico facultan, pero no obligan, al Organismo de cuenca a intervenir administrativamente, abriéndose un proceso que deberá reconducir al acuífero hacia un aprovechamiento racional, según Yagüe (2006). Esta situación se ve modificada por la aplicación de la DMA al pasar nuestra figura de acuífero sobreexplotado o salinizado a constituir causa de mal estado de la masa de agua subterránea o de riesgo de no alcanzar los objetivos medioambientales. Esto obliga al Organismo de cuenca a analizar los problemas y adoptar resoluciones que deberán incorporarse al Programa de medidas de la demarcación.

En cualquier caso, parece que existe unanimidad en la necesidad urgente de terminar con los aprovechamientos irregulares. Sin embargo no se ha llegado a un acuerdo en cuanto a las medidas a adoptar para solucionar el problema. Para abordar este problema caben varias vías:

- a) La aplicación de los instrumentos previstos en el TRLA, que otorgan a los organismos de cuenca la competencia para detectar y perseguir el uso ilegal del agua, mediante sanciones y clausura de pozos. Estos instrumentos han dado escasos resultados hasta el momento, probablemente por una combinación de falta de voluntad política de aplicar la ley así como por la innegable complejidad económica y social del problema en algunas zonas donde existen miles de usuarios irregulares de aguas subterráneas. En cualquier caso, la aplicación de la legalidad vigente mediante la aplicación de sanciones y clausura de pozos ilegales debe formar parte de cualquier solución al problema.
- b) Una medida de carácter político que, de forma general, permita la resolución de los expedientes de concesión pendientes, siempre que existan recursos disponibles, no se comprometa la consecución del buen estado de las m.a.s. asociadas y con las suficientes garantías para los usuarios con concesión en firme. De forma que los aprovechamientos que sean legalizables queden claramente diferenciados de los que son un puro abuso, y así poder ser mejor controlados por los Organismos de cuenca⁸.

8 No obstante, según Lucia De Stéfano (WWF/Adena) es preciso clarificar las actividades de las captaciones mientras tramitan la autorización.

- c) Agilización y regularización en bloque de los expedientes pendientes, aplicando medidas discrecionales en cada cuenca, adecuadas a la situación de cada masa de agua en concreto. Se trataría de eliminar las bolsas de solicitudes de concesiones acumuladas con criterios, no de carácter general, sino a la medida de cada masa de agua en particular⁹.
- c) En todo caso, todas las medidas de regularización vendrían condicionadas a la disponibilidad de recursos en la masa de agua y la salvaguarda de los intereses de los usuarios legítimos. Se trata de dotar a los organismos de cuenca de instrumentos flexibles que permita sacar del "limbo administrativo" muchos aprovechamientos irregulares y diferenciarlos claramente los ilegales.
- d) La supresión de lo que hasta la fecha han sido "ventanas" para el uso ilegal del agua, como la inscripción de aprovechamientos de menos de 7.000 m³, o los permisos de investigación de aguas subterráneas, otorgados por las consejerías de industrias de las CC.AA de tan funestos resultados y que nada han aportado al aprovechamiento de este recurso.
- e)¹⁰

Estas estrategias, en todos los casos deben ser complementadas con otras actuaciones como:

Una mayor coordinación entre las administraciones territoriales e hidrológicas de manera que pueda aplicarse eficazmente la condicionalidad de las ayudas al regadío a la existencia de derechos de usos de agua.

⁹ Sin embargo, según De Stéfano (WWF/Adena), se debería resolver la causa de esta acumulación de solicitudes; si es debido a falta de recursos humanos y económicos, dotando a las Autoridades hidráulicas convenientemente. Asimismo, se corre el riesgo de generar un agravio comparativo respecto a los ciudadanos respetuosos con la Ley al premiar a aquellos que se han puesto a extraer agua sin tener concesión. Un ejemplo de ello, según L. De Stéfano (WWF/Adena), es la "regularización" de la zona fresera de Doñana. Este proceso de 'regularización' de pozos ilegales ha puesto en evidencia de un total de 927 pozos para los cuales se ha pedido la inscripción, 446 se encuentran en monte público (Custodio, 2006).

¹⁰ De Stéfano (WWF/Adena) considera que se puede añadir este último punto. La mayor implicación de las Comunidades Autónomas en la resolución del problema. Las CCAA tienen las competencias sobre el uso del suelo que utiliza el agua extraída al margen de la ley. Por lo tanto, es necesario que las Comunidades Autónomas: vigilen y persigan los cambios de uso de suelo no autorizados; colaboren con los Organismos de cuenca para identificar a los infractores; supediten la autorización para la perforación de un nuevo pozo –expedida por la Comunidad Autónoma– a un Informe preceptivo del Organismo de cuenca de que el futuro propietario del pozo tenga la correspondiente concesión de uso de agua; elaboren unos planes de ordenación territorial que sean compatibles con los recursos disponibles; y establezcan la legalidad del uso del agua como requisito obligatorio para el cobro de cualquier ayuda agraria (WWF/Adena, 2006).

Según WWF/Adena, es preciso la sensibilización de la sociedad hacia la importancia de respetar y hacer respetar la ley también en el uso del agua. El respaldo de la opinión pública es esencial para que exista una verdadera voluntad política para hacer cumplir la ley.

La utilización de los instrumentos contemplados en el TRLA para el intercambio de derechos con el fin de otorgar derechos de uso de agua a aquellos usuarios irregulares que por motivos de interés social se considere deben contar con derechos de uso. Esta medida se está contemplando en la propuesta de Plan Especial del Alto Guadiana mediante la cual un porcentaje de los derechos de agua adquiridos por la administración hidráulica serían transferidos a la administración autonómica para utilizarlos según los criterios que considere oportunos.

A modo de conclusión

De las diversas estrategias expuestas es difícil decantarse por una sola dado la singularidad de cada cuenca y masa de agua, pero junto a la aplicación de los instrumentos previstos en el TRLA, cabe establecer una instrucción técnica por parte del Ministerio de Medio Ambiente, por el que los organismo de cuenca aceleren la regularización, de los expedientes no resueltos, manteniendo las correspondientes salvaguardas.

La regularización, en bloque, mediante una medida de carácter político, adaptada a las necesidades y realidades socioeconómicas, hidrológicas y medioambientales de cada cuenca, sería la forma más directa y operativa de abordar el problema, pero es una medida que es rechazada por un importante sector de la sociedad y puesta en duda por importantes agrupaciones ecologistas.

ACTUALIZACIÓN DEL CONOCIMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA

Manuel Varela Sánchez
Ministerio de Medio Ambiente

Introducción

La DMA hace referencia, en el considerando séptimo, a la propuesta de la Comisión al Parlamento y al Consejo relativa a un programa de acción para la gestión y la protección integradas de las aguas subterráneas. Dicha propuesta respondía a la exigencia del Consejo en esa materia, reseñada en el considerando tercero de la DMA.

La propuesta, presentada por la Comisión el 9 de septiembre de 1996 (DOCE nº C 355 de 25.11.96) destaca la importancia de "mejorar la base de las políticas de gestión hídrica recurriendo a datos, estadísticas e indicadores fiables y comparables". La DMA reitera la importancia de disponer de dicha información y establece en el artículo 5 que los estados miembros velarán porque se efectúe en cada demarcación hidrográfica "*un análisis de las características de la demarcación, un estudio de las repercusiones de la actividad humana en las masas de agua superficiales y subterráneas y un análisis económico del uso del agua*", de conformidad con las especificaciones técnicas de los anexos II y III.

El anexo II.2 especifica la información que sobre cada masa de agua subterránea se deberá recoger, analizar y remitir a la Comisión Europea. Se distingue entre *caracterización inicial*, que se efectuará para todas las masas de agua subterránea identificadas en cada estado miembro; y *caracterización adicional*, requerida para las masas o grupos de masas en riesgo de no alcanzar, en el año 2015, los objetivos medioambientales fijados en el artículo 4 de la DMA. Para estas últimas, se deberá aportar información complementaria sobre aspectos hidrogeológicos e hidroquímicos y se deberá

efectuar una evaluación del impacto de la actividad humana en el estado de las aguas subterráneas.

El Estado español remitió en 2005 a la Comisión Europea los informes elaborados por los Organismos de cuenca en cumplimiento del artículo 5 de la DMA. En ellos se incluyó información sobre el estado de las masas de agua subterránea identificadas en los ámbitos de planificación del territorio nacional y, para cada masa, la evaluación del riesgo de incumplimiento, en 2015, de los objetivos medioambientales reseñados en el artículo 4 de la DMA.

De las 506 masas de agua subterránea pertenecientes a las cuencas intercomunitarias y la mediterránea andaluza, un 35% han sido declaradas en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales establecidos en la DMA para el año 2015, y un 32% precisa de información adicional para decidir sobre su posible inclusión en el grupo de riesgo. En las masas ya designadas como tales, su calificación se deriva principalmente de una explotación no sostenible o de la contaminación causada por la aplicación inadecuada de fertilizantes nitrogenados.

Las dificultades encontradas durante el proceso de caracterización inicial y el elevado número de masas de agua subterránea clasificadas en el grupo de "riesgo en estudio" ponen de manifiesto las carencias existentes en el conocimiento de las aguas subterráneas en España. El lector interesado dispone de una síntesis de la información disponible sobre los parámetros habitualmente utilizados en la evaluación del estado de las aguas subterráneas en España en un trabajo de reciente publicación (López-Geta y López Vera, 2006).

En lo que atañe a la evaluación del estado químico –calidad y contaminación–, el problema radica fundamentalmente en que los datos disponibles no corresponden a una red de observación básica diseñada expresamente con el objetivo de determinar las características de la calidad química y su evolución temporal en los acuíferos españoles. La información corresponde mayoritariamente a muestras de agua extraídas de pozos y sondeos de explotación utilizados para abastecimiento de la población o para regadío. Ello explica el sesgo evidente de dicha información, más representativa de una red de vigilancia –potabilidad en abastecimientos– o de una red de control de la contaminación procedente de actividades agrícolas (Ministerio de Medio Ambiente, 1998).

En consecuencia, se advierte una carencia sustancial de información en amplias zonas del territorio español. Además, la deseable representatividad de la información disponible resulta notablemente desvirtuada.

Otra causa del sesgo en la información utilizada se deriva del tipo de compuestos objeto de análisis de agua en laboratorio. El elevado coste del análisis químico de algunas sustancias condiciona la validez de la información existente: la relativa a la intrusión marina

–cloruros– y a la contaminación por nitratos, ambas con un coste menor, es más completa que la referente a plaguicidas o a metales pesados.

Políticas de protección. Acciones en curso

La política del agua de la Administración española en materia de aguas subterráneas se sustenta en dos pilares fundamentales: protección del recurso, a fin de mantener sus funciones potenciales, y gestión sostenible, basada en la asignación equitativa del recurso, en la participación de los usuarios y en la eficiencia económica, todo ello en un marco de actuación integrado que armonice los aspectos cuantitativo y cualitativo. Son objetivos prioritarios la mejora del conocimiento del estado de las aguas subterráneas, el estudio de las relaciones causa-efecto en diferentes escenarios de contaminación y la implantación de medidas diseñadas con criterios de sostenibilidad y basadas en un tratamiento “caso por caso”.

La mejora del conocimiento de las características de los acuíferos y del estado de las aguas subterráneas es un aspecto fundamental de la acción de la Administración: conocer, observar y medir son requisitos básicos para lograr una gestión sostenible y una protección eficaz de las aguas subterráneas, en aras de alcanzar los objetivos medioambientales establecidos en la DMA y en el TRLA.

Es por ello que el cumplimiento de esos requisitos deberá experimentar un impulso significativo en España como resultado de tres acciones emprendidas por la Administración del Agua: caracterización de las masas de agua subterránea, adecuación de las redes de seguimiento y control a las obligaciones de la DMA y adopción de medidas para la ordenación de las extracciones en masas en riesgo. Estas acciones, iniciadas por el Ministerio de Medio Ambiente, deberán estar concluidas previsiblemente en un plazo de dos años. Se describen, brevemente, en los párrafos que siguen, estas acciones.

Caracterización adicional

En el marco del convenio suscrito entre el MMA y el IGME para la realización de *“Trabajos técnicos para la aplicación de la Directiva Marco del Agua en materia de aguas subterráneas”* se ha redactado una guía metodológica para la caracterización adicional que efectuarán los respectivos Organismos de cuenca. Entre las actividades ya concluidas en dicho convenio cabe mencionar, por su interés en la utilización de la guía, la actualización de la cartografía litológica y de permeabilidades del territorio español, la síntesis de la com-

posición química de las aguas subterráneas y el análisis de presiones e impactos cualitativos en las masas de agua subterránea.

La guía tiene como objetivo servir de orientación y apoyo a los Organismos de cuenca en el desarrollo de los trabajos de recopilación de la información necesaria para la caracterización adicional. Dicha recopilación se efectuará de manera individualizada, en función de las características particulares de cada masa y del grado de conocimiento de su estado, y teniendo en cuenta las diferentes causas del deterioro –cuantitativo y químico– y el correspondiente tipo de riesgo.

La utilización de la guía deberá contribuir a la coordinación de los trabajos de caracterización adicional y a la homogeneización en la presentación de los resultados por parte de los diferentes Organismos de cuenca.

Cabe referirse por último, en razón de la utilidad adicional de la guía, a la futura Directiva del Parlamento Europeo y del Consejo “sobre la protección de las aguas subterráneas contra la contaminación de las aguas subterráneas”, presentada por la Comisión Europea el 24 de septiembre de 2003, en respuesta a lo dispuesto en el artículo 17 de la DMA.

La propuesta fue objeto de análisis y debate por parte del Parlamento Europeo, de la Comisión y del Grupo de Trabajo de Medio Ambiente del Consejo. Tras sucesivas modificaciones de la propuesta inicial, la propuesta fue aprobada en un acuerdo de conciliación el pasado 17 de octubre de 2006. La Directiva será adoptada previsiblemente antes de finalizar el año 2006.

El texto consta de un preámbulo, once artículos y cuatro anejos. Los aspectos más relevantes del articulado son los relativos a definiciones, criterios para evaluación del buen estado químico, medidas para prevenir o limitar entradas de contaminantes, e identificación de tendencias de contaminantes. Los anejos tratan de normas de calidad, designación de contaminantes y criterios para establecer los respectivos valores umbral, y procedimientos para efectuar la evaluación del estado químico y para identificar e invertir las tendencias.

La Directiva establece criterios para valorar el buen estado químico de las aguas subterráneas, y criterios para la determinación e inversión de tendencias significativas y sostenidas al aumento de la concentración de contaminantes en masas en riesgo y para la definición de los puntos de partida de las inversiones de tendencia.

Redes de seguimiento y vigilancia

El establecimiento y operación de redes de observación de las aguas subterráneas constituye una herramienta básica en el desarrollo de políticas de protección y uso sostenible del

recurso. Las redes cumplen una doble función: posibilitan, en acuíferos poco explotados, conocer las características hidrodinámicas del régimen natural de llenado y vaciado y las variaciones espaciales y, en menor medida, temporales, en la composición química de las aguas subterráneas; y sirven como elemento de control de la explotación del acuífero y de su protección, al permitir detectar variaciones piezométricas y de calidad química o bacteriológica que reflejan acciones no deseables para el uso sostenible del recurso.

La Administración española asumió en su momento la importancia y la necesidad de la implantación de redes de aguas subterráneas, incluyendo en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MIMAM, 1994) un programa específico titulado Redes Oficiales de Control, de aplicación a las unidades hidrogeológicas de las cuencas intercomunitarias.

La red básica de piezometría estaba compuesta, en 2002, por 729 puntos de control. En el período 2003-2005 se amplió la red con 498 sondeos adicionales y, actualmente, está prevista la construcción de otros 850, de los cuales, 579, han sido objeto de licitación y adjudicación durante 2006. Según las previsiones actuales, a finales de 2008 la red estará compuesta por unos 2.100 piezómetros en las masas de agua subterránea de ámbito intercomunitario (figuras 46 y 47, ver página 79).

Cabe reseñar que la información sobre los niveles del agua subterránea en los acuíferos españoles es objeto de publicación periódica en un Anuario Piezométrico editado por el Ministerio de Medio Ambiente.

La red básica de seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas está compuesta por 1.279 puntos en las cuencas intercomunitarias. Está prevista la construcción o incorporación de 222 pozos o sondeos en el período 2007-2008, al cabo del cual se podrá disponer de 1.501 puntos de seguimiento de la calidad de las aguas subterráneas.

Ambas redes se irán modificando y ampliando en función de las futuras necesidades de control y de los resultados de las mediciones y muestreos efectuados.

Ordenación de las extracciones. Actualización de los censos de aprovechamiento

La modificación del TRLA es una acción prioritaria actualmente en marcha, pendiente de aprobación por el Consejo del Agua y de la tramitación posterior. Uno de los objetivos de esta tarea es la adopción de medidas de ordenación de las extracciones en aquellas masas de agua subterránea designadas en riesgo cuantitativo por explotación no sostenible. La actualización de los censos de aprovechamiento y la evaluación de las extracciones, incluidas las procedentes de pozos en situación irregular, en las masas de agua subterránea sometidas a presiones significativas, permitirá mejorar el conocimiento del balance de agua

en los acuíferos y de la dinámica de las aguas subterráneas en distintos escenarios de explotación. (figura 48, ver página 80).

Para concluir, resulta procedente recordar que el logro de un uso sostenible y de una gestión eficaz de las aguas subterráneas ha de integrarse en las políticas sociales (pautas de consumo, valores y actitudes) promoviendo la concienciación del público -organizaciones no gubernamentales, asociaciones de usuarios, organismos científicos, grupos industriales, representantes de las administraciones públicas, etc.- mediante programas de formación, campañas de publicidad y acceso a la información. Lamentablemente, como antes se ha reseñado, la información disponible es, en ocasiones, inadecuada, incompleta e inconsistente. La dispersión de competencias y, en consecuencia, de esfuerzos, impide frecuentemente contar con datos objetivos, fiables y comparables.

Pero no todas las carencias son imputables a la lentitud y eficiencia limitada en la aplicación de las medidas adoptadas por la Administración. Es necesario traspasar, de conformidad con el principio de participación y subsidiaridad, una parte de la responsabilidad en las tareas de gestión, control y vigilancia a los usuarios del recurso y a los potenciales contaminadores. Sólo así podrán alcanzarse los objetivos medioambientales establecidos en la DMA.

TRANSPARENCIA Y RESPONSABILIDAD EN LA GESTIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

Marc Martínez Parra
Vocal de Hidrogeología del ICOG

Algunos de los problemas en la gestión del agua subterránea

La situación de las aguas subterráneas en España, y su problemática, es harto conocida por los técnicos e investigadores hidrogeólogos españoles. Así, en el *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas* (MINER-MOPTMA, 1994) se recomendaba una ambiciosa serie de medidas de ordenación y programas de actuación: actualización de inventarios, redes oficiales de control, censo de aprovechamientos, estudio de los acuíferos con sobreexplotación, normas para el otorgamiento de nuevas concesiones, directrices para la ordenación de vertidos, perímetros de protección para captaciones de abastecimiento, protección de zonas húmedas, emplazamientos de Residuos Sólidos Urbanos (RSU), prevención y corrección de la contaminación por actividades industriales, nitratos, pesticidas, infraestructuras para captación en periodos de sequía, abastecimiento a núcleos urbanos, recarga artificial de acuíferos e integración de las UU.HH. en los sistemas de explotación. Estas medidas reflejaban las deficiencias existentes en el conocimiento y control de las aguas subterráneas. Así la *actualización de inventarios* permitiría conocer cuantas captaciones existen, legales, alegales o ilegales; las *redes oficiales* muestran el escaso conocimiento de los acuíferos; existe un "paquete" de programas relacionado con el *conocimiento del uso y extracción actual y futura de las aguas*, otro con el posible problema de *contaminación* por diversos orígenes y componentes de las aguas subterráneas (vertederos, industria, nitratos, etc). Asimismo se refleja la necesidad de infraestructuras en época de sequía y el escaso uso conjunto aguas superficiales-subterráneas.

La existencia de captaciones incontroladas o un uso incontrolado de las captaciones, en general, puede llevar a situaciones como las recogidas por WWF-ADENA en la tabla 10.

Al inicio del siglo XXI, el *Libro Blanco del Agua* (MIMAM; 2000), reflexionaba sobre los problemas existentes, que identificaba como:

- La irregularidad espacial y temporal del recurso hídrico hace que su explotación sin afectar al régimen natural esté muy limitada.
- La desigual utilización de las aguas subterráneas muestra que hay cuencas donde se extrae más de lo que se recarga (Sur, Segura, Cuencas Internas de Catalunya, islas) lo que provoca fuertes explotaciones de los acuíferos y una utilización no sostenible.
- El cambio climático y los descensos de precipitaciones afectará a la recarga de los acuíferos, al mantenerse o aumentar la explotación.
- La contaminación de las aguas subterráneas por nitratos, metales pesados, compuestos orgánicos así como la salinización son los principales problemas, siendo necesario la prevención de los mismos, además de su evaluación, control y corrección.
- El incremento de demanda lleva a buscar recursos en otras áreas o ámbitos hidrogeológicos.
- La deficiente eficiencia del riego en la aplicación a cultivos puede provocar salinización.
- Las pérdidas en canalizaciones de abastecimiento y riego incrementan la explotación innecesaria de los acuíferos.

En línea con lo visto anteriormente, resulta evidente que la gran parte de los problemas existentes están causados por el desconocimiento del medio acuífero (figuras 49 y 50, ver página 81):

De los acuíferos no se dispone de balances hídricos adecuados si no se tiene un inventario actualizado y un conocimiento de las extracciones reales de agua de los mismos.

Para conocer la recarga es preciso disponer de parámetros como la permeabilidad vertical de los diferentes medios, la capacidad de campo, la porosidad, etc. Si no se dispone de ellos, difícilmente se puede acotar que efecto tendrá un futuro cambio climático en los acuíferos, en sus reservas y recursos. La caracterización de permeabilidad, porosidad y confinamiento de los acuíferos se considera necesaria para conseguir la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en la DMA.

Es preciso conocer el funcionamiento hidrodinámico, la calidad natural del agua y en general la evolución de los factores ante las presiones antrópicas por lo que se precisan redes de control de piezometría, calidad e hidrometría. También se deben buscar elementos minoritarios o traza, significativos para el consumo humano, pero que habitualmente no se analizan para los estudios hidrogeológicos por su coste.

Tabla 10. Efectos negativos del uso ilegal del agua (WWF-ADENA, 1996).

ACTUACIÓN/PRESIÓN	IMPACTO	SECTOR AFECTADO
Desecación de ríos, manantiales y humedales por descenso del nivel freático	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación y desaparición de ecosistemas acuáticos. • Alteración del paisaje natural. • Desaparición de fuentes y manantiales históricos. • Pérdida de tradición histórica relacionada con los ríos. 	<ul style="list-style-type: none"> • Medio ambiente. • Ocio. • Abastecimiento urbano. • Regantes legales (aguas superficiales).
Utilización incontrolada y desmesurada de los recursos hídricos (aguas subterráneas y superficiales)	<ul style="list-style-type: none"> • Agotamiento de los recursos disponibles. • Necesidad de buscar nuevas fuentes de agua (profundizar pozos, traer agua desde otras comarcas). 	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento urbano. • Regantes legales. • Industria.
Intrusión salina por el descenso del nivel freático	<ul style="list-style-type: none"> • Degradación y desaparición de ecosistemas acuáticos. • Empeoramiento de la calidad de las aguas utilizadas legalmente. • Necesidad de incrementar los tratamientos de depuración de las aguas para usos de boca. • Abandono de pozos legales por ser inutilizables. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento urbano. • Regantes legales. • Medio ambiente.
Contaminación de las aguas	<ul style="list-style-type: none"> • Empeoramiento de la calidad de las aguas utilizadas legalmente. • Necesidad de incrementar los tratamientos de depuración de las aguas para uso de boca. 	<ul style="list-style-type: none"> • Abastecimiento urbano. • Regantes legales. • Medio ambiente.

Es necesario catalogar y estudiar acuíferos de interés local o no considerados como tales. Así, por ejemplo, en el acuífero de la Loma de Úbeda, los primeros sondeos para captación de agua fueron realizados por la iniciativa privada desde 1995 sobre un acuífero escasamente conocido hasta el año 2000. Los regantes extraen actualmente unos 35 hm³/año del acuífero, mucho más de lo que recarga por las filtraciones del río Guadalimar. Se estima que si se mantiene el ritmo actual de explotación, el acuífero se agotará en menos de 20 años (WWF-ADENA, 2006).

La protección de las aguas subterráneas está condicionada por dos aspectos: la mejora necesaria del conocimiento de los acuíferos y la necesidad imprescindible de incorporar hidrogeólogos a la Administración, tanto hidráulica como local, provincial, autonómica y estatal.

Es preciso conocer de que manera los acuíferos pueden ser afectados por cualquier actividad antrópica o crisis climática (sequías) y de qué manera (descenso de niveles piezométricos, empeoramiento de la calidad química y física de las aguas, descenso de reservas, etc) para poder tomar las medidas adecuadas de prevención y corrección sin que estas sean a su vez, nocivas para el acuífero. Ello exige disponer de una infraestructura de conocimiento y una actualización del mismo, que, en la actualidad, no se alcanza, al haber disminuido los clásicos estudios regionales sobre acuíferos en la Administración.

Las "lagunas" en el conocimiento hídrico de las aguas subterráneas persisten. Un conjunto de técnicos pertenecientes al IGME evaluaron el grado de conocimiento de las unidades hidrogeológicas en las distintas cuencas. Establecieron una valoración de prioridades de 0-3 (IGME-DGOH, 1999). Según las prioridades 2 y 3 (tabla 11) se observa que, en general, se tiene un desconocimiento parcial de del 57-100% del total de UU.HH. y precisan de estudios hidrogeológicos detallados. Por último, destacar que en el artículo 34 del Plan Hidrológico Nacional del 2001 se contempló impulsar las actividades de I+D en el campo de los recursos hídricos en el plazo de 1 año. Sin embargo este año ha pasado y no se conoce en qué estado están los conocimientos (figuras 49 y 50, ver página 81).

Esta falta de conocimiento ha sido heredada por la definición de las masas de agua subterránea que requiere la DMA. Se debe recordar que una masa de agua subterránea no tiene que coincidir con un acuífero en su totalidad, ya que se definen con el objetivo de poder verificar su buen estado en el horizonte del año 2015. No obstante, confederaciones como la del Júcar las hacen coincidir. Para conocer su buen estado químico, la DMA establecía que se aplicase un color verde y, para el mal estado, uno rojo, incluyendo puntos negros o azules como tendencia mala o buena en captaciones. El ICOG, a través de la European Federation of Geologists, recomendaba, a su vez, dentro de las alegaciones para la Directiva Hija, que se estableciese también un color

Tabla 11. Cuadro de grado de conocimiento-prioridades de la cuenca, en algunas cuencas (según IGME-DGOH, 1999).

Cuencas hidrográficas	UU.HH. Totales	UU.HH. Prioridad 2, 3	% con deficiente información
Norte	27	18	67
Duero	21	12	57
Tajo	13	13	100
Guadiana	13	13	100
Guadalquivir	73	52	71
Sur	50	27	54
Segura	57	34	65
Júcar	52	36	69
Ebro	61	34	56

amarillo que indicara las aguas que se encuentran próximas a ese mal estado. Así, por ejemplo, las aguas de abastecimiento de una localidad pueden tener 48 mg/l de nitratos, por lo que estaría dentro del buen estado, pero luego presentar 51 mg/l, pasando al mal estado, y así alternativamente. Definiendo una franja de seguridad de concentraciones químicas de referencia se podría caracterizar mejor el estado de las aguas en las masas de agua subterránea.

Asimismo, el conocimiento del uso de las aguas subterráneas y de los usuarios que las emplean es otro "punto negro" en la protección de las aguas subterráneas. Evaluar cuanta agua se extrae de manera no regulada puede determinarse, en ocasiones, con métodos indirectos como la teledetección, en el caso de los usos agrarios. No obstante, es preciso una labor continuada de campo e inventarización de las captaciones existentes que deben desarrollar las confederaciones.

También se debe ser cauto a la hora de considerar negativa una solución para la obtención de recursos hídricos. Así, la explotación intensiva no tiene porqué ser negativa a corto plazo. Un ejemplo de la utilización de las aguas subterráneas para el abastecimiento y desarrollo de la sociedad es el proyecto "Great Man-Made River", desarrollado en Libia desde 1981, que destina a riego y abastecimiento de las principales ciudades el agua extraída (6,5 hm³/día) mediante sondeos de más de 500 m de profundidad, que explotan un acuífero fósil en medio del desierto (Watkins, 2006). Con la riqueza generada, se podrán buscar otras fuentes de recursos hídricos (desaladoras, etc), pero ya se habrá creado una infraestructura y tejido económico y social en la región. (figuras 51 a 53, ver páginas 81-82).

El papel de los técnicos en la adecuada gestión

La incorporación de hidrogeólogos en la Administración facilitaría la labor de estudio de los acuíferos, de las afecciones que sufren las aguas subterráneas y la aplicación real de las medidas de protección medioambiental del recurso hídrico a tomar, tanto en cantidad y calidad.

Como se ha descrito anteriormente, es preciso que todas las Administraciones Públicas, con competencia o no en materia de aguas, dispongan de técnicos cualificados en materia de aguas subterráneas, que permitan establecer asesoramientos adecuados, valoraciones de los problemas, así como una eficaz gestión hídrica. En la actualidad, en las Confederaciones Hidrográficas se incorporan hidrogeólogos a las plantillas; sin embargo, aún parecen estar por debajo de sus necesidades.

En una estimación realizada por el ICOG, en el año 2006, el número aproximado de funcionarios y personal fijo, que realizaban labores de hidrogeología en la Administración Hidráulica peninsular y de las Illes Balears, es bajo para el volumen de trabajo, del orden de 35, siendo más bajo en el conjunto de las Confederaciones Hidrográficas, que no alcanza los 15. Alarma que en algunas Cuencas Hidrográficas no hay hidrogeólogos o es ínfima su presencia en plantilla (Guadalquivir, Norte, Guadiana). Esta falta de técnicos especialistas en la plantilla fija se ha suplido habitualmente mediante contratos, empleando consultoras o a los técnicos del IGME, que suma 51 profesionales, un 70% más del total de todas las Administraciones juntas (Martínez, 2006, en prensa).

Otras administraciones, como las autonómicas, provinciales y locales, pueden disponer de hidrogeólogos según una política propia de cada Administración. Disponiendo de técnicos se pueden plantear perímetros de protección, estudiar la evolución química de las aguas de abastecimiento o planificar las medidas ante las sequías, entre diferentes labores a realizar. Por ello, se debe destacar a la Diputación de Alicante como pionera en la formación de equipos de hidrogeólogos, al disponer de un experimentado equipo en hidrogeología, ejemplo que, desgraciadamente, no ha tenido continuación en otras Diputaciones Provinciales.

En el GTA-UAM se ha propuesto una mayor profesionalización del sector, planteándose la creación del título de hidrogeólogo (GTA-UAM, 2006). El ICOG, planteó, como propuesta para el GTA-UAM, el establecimiento de que únicamente técnicos competentes- principalmente geólogos, ingenieros de minas e ingenieros técnicos de minas- deberían elaborar tanto los informes de investigación de aguas como los estudios hidrogeológicos requeridos y que todo ello siempre debe estar visado en los Colegios profesionales. Asimismo, se proponía que se incluyeran entre los casos de sanciones a la realización de estudios y obras de carácter hidrogeológico por parte de personal no cualificado. Aquí se entra en el campo del

intrusismo profesional por parte de personajes sin conocimientos técnicos y cuya concurrencia en la ubicación de sondeos, como en su perforación, puede poner en peligro, tanto a las personas, si se trata de abastecimientos, como al medio ambiente. Es habitual, principalmente en época de sequía, la proliferación de dichos personajes, apoyados por un "reconocimiento mediático" por parte de los medios de comunicación, que ven en ellos un "filón" noticiable. Incluso diversas administraciones los emplean, hecho que debe ser denunciado a la opinión pública y erradicado, al supeditar a personal no cualificado el abastecimiento de numerosas personas y poblaciones, con el consiguiente peligro que ello conlleva.

Otros aspectos que apoyarían la mejora de la protección de las aguas, son la modificación adecuada de la legislación nacional, como propone el GTA-UAM e incentivar su aplicación con el fin de cumplir los objetivos medioambientales exigidos en la DMA y la concienciación educacional de los usuarios directos del agua subterránea.

CONSIDERACIONES SOBRE LA PROBLEMÁTICA DEL ESTUDIO DE LA HIDROGEOLOGÍA MEDIOAMBIENTAL EN ESPAÑA¹¹

Marc Martínez Parra
Vocal de Hidrogeología del ICOG

Introducción

El agua es fundamental para el mantenimiento de la vida, pero también lo es para el desarrollo de la sociedad y sus actividades. El agua subterránea es una parte del ciclo hídrico y, como ciclo, todo aquello que afecte a uno de sus componentes afecta a la totalidad.

Por ello, resulta poco realista separar los aspectos medioambientales y los de utilización del agua subterránea, ya que ambos están interrelacionados. Es evidente que una excesiva explotación influirá en el funcionamiento del acuífero y a todos sus componentes, descendiendo niveles y disminuyendo el caudal de las zonas de descarga.

El acuífero es un *sistema en equilibrio*, cuya alteración de cualquiera de sus componentes influirá en los otros. Por ello, se precisa una explotación planificada para obtener un uso sostenible con el medio ambiente. Los requerimientos para proteger el medio ambiente implican siempre restricciones de uso para preservar flujos, niveles, volúmenes y características físico-químicas.

La situación de la hidrogeología ambiental ha sido tratada por estudios como el *Libro Blanco de las Aguas Subterráneas* (MOPTMA-MINER, 1994) y el *Libro Blanco del Agua* (MI-MAM, 2000). Los problemas existentes que planteaban dichas publicaciones ya se han mencionado en el capítulo anterior y están ligados tanto a la actividad antrópica, tanto en contaminación como en eficiencia de uso, como a los cambios climatológicos.

11 Documento elaborado para la presente publicación y fuera del GT-16 del VIII CONAMA.

Principales problemas en la evaluación y estudio de la hidrogeología

Los problemas más remarcables que se pueden identificar, aunque pueden quedar muchos en el tintero, son los siguientes:

- El discutible conocimiento del marco hidrogeológico.
- El problema de la escala en el conocimiento.
- La contaminación antrópica y las deficiencias en la legislación, control y formación del personal de la administración.
- La anecdótica implantación de los perímetros de protección.
- La deficiente garantía del abastecimiento urbano en cantidad y calidad.
- La intrusión marina y la fuerte explotación.
- La lenta implantación de nuevas tecnologías de control y gestión del medio hídrico.

El discutible conocimiento del marco hidrogeológico

El P.A.I.H. (IGME-DGOH, 1999) se elaboró con las opiniones de los técnicos e investigadores del IGME conocedores de cada Cuenca Intracomunitaria para cada Unidad Hidrogeológica. Aunque en la actualidad se emplee el concepto de masa de agua subterránea, el concepto de acuífero, que es el evaluado, tiene la misma vigencia ya que se trata del marco hidrogeológico de referencia. Como se puede apreciar en la tabla del apartado de Transparencia y Responsabilidad en la Gestión (página 107), las deficiencias de información son muchas, en todas las cuencas superior al 50% (figura 54).

El problema de la escala en el conocimiento

Como se ha visto anteriormente, existe un desconocimiento notable en numerosos acuíferos. No obstante, sí que existen estudios y trabajos realizados de carácter más local. Así, se pueden dar dos situaciones:

- Disponer de datos MUY LOCALES de un acuífero, aunque poco generalizables y representativos de todo el acuífero estudiado.
- Disponer de datos MUY GENERALES que no deben extrapolarse a todo el conjunto del acuífero: es el caso de la utilización de las redes de piezometría y calidad para la ACTUALIZACIÓN de la información de los acuíferos (parámetros hidráulicos, análisis químicos).

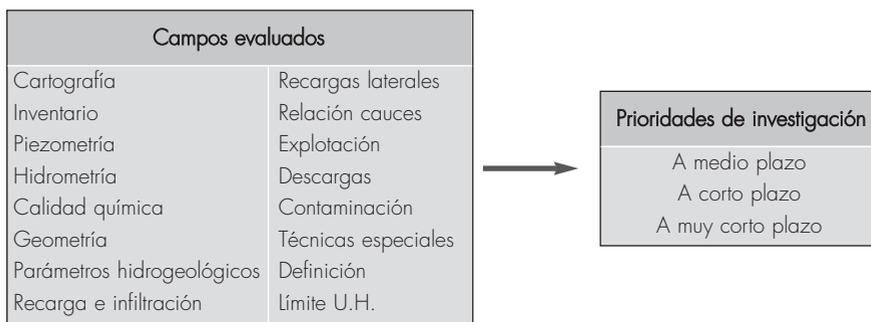


Figura 54. Campos evaluados por los especialistas concedores de los acuíferos y prioridades establecidas en el PAIH.

En la figura 55, que corresponde al contenido porcentual de nitrato a partir de redes de control, se desprende que, en Canarias, apenas existe presencia de elevados contenidos en nitratos, mientras que en la figura 56, se muestra unos elevadísimos contenidos continuados en una amplia zona de Gran Canaria. Con ello se quiere reflexionar sobre la validez de los datos que se emplean; son válidos dentro de un contexto hidrogeológico previo; así, para definir redes de control de calidad química es preciso haber estudiado previamente los acuíferos y determinado que esos puntos son los más representativos del acuífero, si se pretende eso, o bien reflejar una situación anómala que se pretende monitorizar.

Por ello, emplear datos de una red para actualizar la información de todo un acuífero no resulta adecuado. La información de la red solo se debe emplear para mostrar la evolución del parámetro controlado en ese punto, y, para conocer el estado real del acuífero, es preciso realizar estudios hidrogeológicos regionales con campañas de medidas y muestreos amplias en extensión y duración.

La deficiente preparación técnica en las captaciones de agua subterránea

Toda captación de aguas subterráneas debe llevar una metodología de trabajo previa que garantiza un buen resultado y un aprovechamiento óptimo del recurso hídrico. Es preciso una valoración hidrogeológica para determinar qué zona es la más adecuada, contemplando las formaciones acuíferas existentes, la profundidad a alcanzar, los focos contaminantes existentes, la calidad química del agua, etc. No considerar el debido asesoramiento técnico pueden producirse diferentes y variados problemas: contaminación de acuíferos por conexión, captaciones mal acabadas y vulnerables, ubicaciones incorrectas, etc; ello ocasiona un incremento de los costes y un peligro sanitario añadido. Por ello,

Contenido en nitratos Distribución porcentual

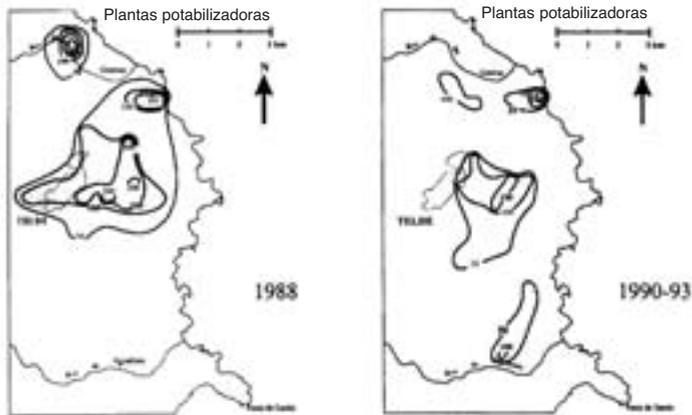
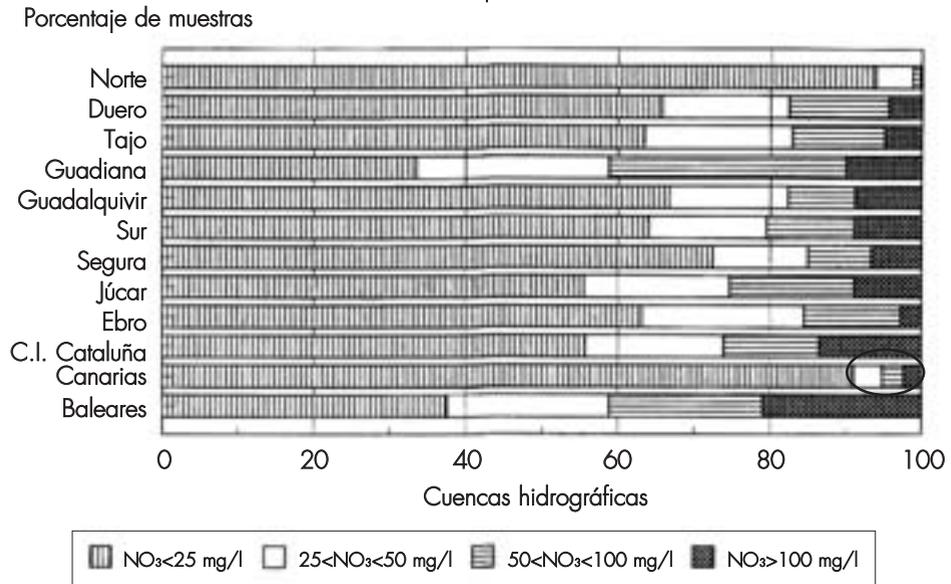


Figura 55 y 56. Detalle del conocimiento del estado de la calidad química de la islas Canarias; en la figura superior se muestra el contenido de nitrato según las redes del IGME y, en la imagen inferior, como el contenido en una zona de Gran Canaria con elevados contenidos en nitratos, por tanto, si a partir de la primera figura se podría afirmar que apenas hay nitratos, con la segunda figura el contenido sería muy elevado. (López Geta, 1999; Cabrera y Custodio, 1999).

la Administración Hidráulica no debe tolerar la injerencia de personal no cualificado, comúnmente llamados zahoríes o varilleros (figuras 57 y 58, ver páginas 82-83).

La contaminación antrópica y las deficiencias en la legislación, control y en la formación del personal de la Administración

La ***contaminación agraria*** conlleva una contaminación difusa por un incorrecto uso de abonos y fertilizantes. Existe una normativa específica sobre nitratos (Directiva Marco 91/676/UE y su trasposición a la legislación española RD 261/1996 “sobre la protección de las aguas contra la contaminación producida por los nitratos procedentes de fuentes agrarias”) indicando que las CC.AA. deben redactar CÓDIGOS DE BUENAS PRÁCTICAS AGRARIAS. Sin embargo, al no ser obligatorio su uso, es muy dudoso su resultado. Existen otros componentes contaminantes, además de los nitrogenados, como pesticidas, herbicidas, plaguicidas, metales pesados, no regulados específicamente y que no se analizan habitualmente por su coste.

En general, se puede afirmar que falta concienciación de contaminador, a pesar de que se produce una afección a la calidad de las aguas de los acuíferos y de los ecosistemas asociados a las mismas y también a los abastecimientos urbanos. El control analítico habitual en pequeñas y medianas poblaciones es reducido.

La ***contaminación ganadera*** intensiva supone una contaminación de origen puntual, asociada a las instalaciones pecuarias y a las zonas de vertido de los residuos. La eliminación de los residuos (purines de cerdo, gallinaza de las aves) supone un serio problema medioambiental. Existe una cierta ambigüedad legal con el art. 102 del TRLA “*Cuando el vertido pueda dar lugar a la infiltración o almacenamiento de sustancias susceptibles de contaminar los acuíferos o las aguas subterráneas, sólo podrá autorizarse si el estudio hidrogeológico previo demostrase su inocuidad*” que se mantiene en el art. 257 del RD 606/2003 aunque dan unas normas básicas de cómo se elabora un estudio hidrogeológico previo. Sin embargo, este artículo permite que sea el vertedor quién demuestre la inocuidad con un informe, generalmente hecho a medida y favorable al mismo.

Por ello, es preciso una valoración hidrogeológica adecuada por parte de la Administración y el desarrollo de una metodología para proteger a los acuíferos y el medio ambiente.

La ***contaminación industrial*** es de tipo puntual, asociada a polígonos industriales, a fábricas aisladas y a vertidos incontrolados. La gran variabilidad de sustancias químicas potencialmente contaminantes (metales pesados, orgánicos) hace difícil su control (figura 59, ver página 83). Puede existir un desconocimiento técnico por parte de los encargados locales de los abastecimientos, en cuanto a conocer qué tipo de sustancias deben buscar en las analíticas rutinarias, así como su muestreo. Estas analíticas específicas suelen tener elevados

costes y es preciso el apoyo de técnicos especialistas en aguas subterráneas para asesorar a los municipios a la hora de prevenir la contaminación.

La contaminación orgánica o por hidrocarburos está asociada a plantas petroquímicas y a fugas de gasolineras, principalmente. Es preciso la implantación de controles en torno a ellas, con instalación de puntos de muestreo, para prevenir posibles fugas y su extensión por los acuíferos. La posterior recuperación de los acuíferos resulta compleja y muy cara, así que es preferible tomar medidas de prevención para que dicha contaminación no se produzca (figuras 60 a 62, ver página 84).

Los **vertidos urbanos**, en pequeñas y medianas poblaciones, pueden realizarse sin ningún tratamiento, generalmente a cursos de agua o zanjas excavadas en los terrenos, donde se infiltran (figura 63, ver página 84).

La anecdótica implantación de los perímetros de protección

Este punto ya ha sido ampliamente desarrollado en el capítulo correspondiente. La DMA (art. 7), el RD 849/1986 RDPH (art. 173) y los diferentes Planes Hidrológicos de Cuenca contemplan la realización de perímetros de protección de captaciones de abastecimiento urbano. Se plantea para poblaciones de más de 500 habitantes y más de 2.000, según la Demarcación Hidrográfica. La DMA contempla los perímetros de protección para masas de agua que abastezcan a más de 50 habitantes (tabla 11). Sin embargo, quedarían fuera un elevado porcentaje de municipios (67%) de poca población (figura 64, ver página 122).

Igualmente la implantación oficial de perímetros de protección es anecdótica; así, a inicios del siglo XXI, en menos del <10% de las localidades del Estado, aunque se han realizado cierto número por organismos como el IGME, aunque sin aplicación.

Los perímetros de protección, la regulación de los usos de los terrenos y las normas de explotación deben contemplarse en los Planes de Ordenación de los municipios.

La deficiente garantía del abastecimiento urbano en cantidad y calidad

Se deben buscar alternativas que garanticen el abastecimiento de agua en cantidad y calidad a las poblaciones.

Las pequeñas y medianas poblaciones tienen mayores problemas por falta de medios y personal. Ello se solventa, en ocasiones, a partir de la participación de otras Administraciones (provinciales, autonómicas, hidráulicas); así, en el caso de la provincia de Cuenca, existe un convenio desde hace 27 años entre la Diputación y el IGME.

Tabla 11. Previsión de la implantación de perímetros de protección (Primer horizonte: 2008, 2º Horizonte: 2018. Por población, los municipios hasta 2.000 habitantes suponen el 7% pero por número de municipios (y de captaciones) ascienden al 67%) (según García, 2002).

Cuenca hidrográfica	
Duero	Proteger la calidad: 1ª fase: inventario, zona influencia y focos potenciales. 2ª fase: grado de vulnerabilidad.
Tajo	1º Horizonte: Canal de Isabel II, para poblaciones y mancomunidades con > 15.000 habitantes. 2º Horizonte: 25 poblaciones > 2.000 habitantes.
Guadiana	1º Horizonte: > 15.000 habitantes. 2º Horizonte: 2.000-15.000 habitantes.
Guadalquivir	Perímetro de protección obligatorio Define 246 perímetro de protección con radio fijo de 1-2 Km, y otros limitando concesiones y actividades.
Sur	Protege en cantidad y calidad. 1ª Prioridad: > 15.000 habitantes. 2ª Prioridad: 2.000- 15.000 habitantes. 3ª Prioridad: > 2.000 habitantes.
Segura	1º Horizonte: cantidad y calidad. > 5.000 habitantes. 2º Horizonte: cantidad y calidad > 500 habitantes.
Júcar	Todas las captaciones de abastecimiento. En función del riesgo y número de habitantes. 1º: > 15.000 habitantes. 2º: 2.000-15.000 habitantes. 3º: < 2.000 habitantes.
Ebro	1º Horizonte: > 15.000 habitantes (22 captaciones). 2º Horizonte: < 15.000 habitantes (31 captaciones).

El PHN, en su Art. 30 *"Gestión eficaz de las aguas para abastecimiento"*, plantea que el MIMAM impulse en colaboración con otras Administraciones: la gestión eficaz y sostenible de los Abastecimientos Urbanos, la utilización de recursos hídricos de mejor calidad para abastecimiento. Es evidente, por tanto, que existe una sensibilidad de la administración.

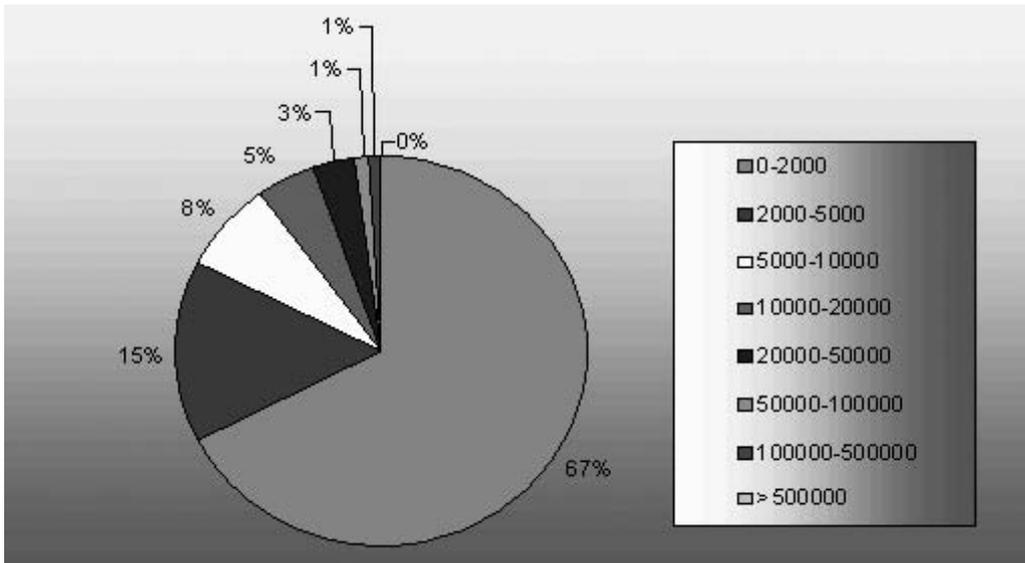


Figura 64. Distribución de los municipios por número de habitantes, a partir del censo del Instituto Nacional de Estadística de 2001.

Según el art. 27 del PHN, se contempla que los planes para emergencia de sequías los elaboren tanto los organismos de cuenca como las administraciones singulares o mancomunadas de más de 20.000 habitantes. Sin embargo, en los pequeños pueblos no existe ningún tipo de previsión, correspondiendo presumiblemente a Diputaciones o Mancomunidades. Ello se traduce en que en época de sequía se incrementan las obras sin estudios previos ni seguimientos técnicos de las mismas, con malgasto de medios y posibles consecuencias medioambientales. Según la figura 64, en torno a un 95% de municipios tienen menos de 20.000 habitantes y un 90% menos de 10.000, por lo que no se garantizaría a más de un 90% de municipios españoles el abastecimiento urbano en caso de sequía.

En la figura 65 se observa como las actuaciones de mejora de abastecimientos públicos en la provincia de Cuenca se incrementan en época de sequía.

La intrusión marina y la fuerte explotación

Como se ha descrito en anteriores apartados, es un fenómeno ligado a la explotación, proveniente de la necesidad de crear infraestructuras para dar servicio al turismo, tanto en abastecimiento, como en el sector terciario y de ocio.

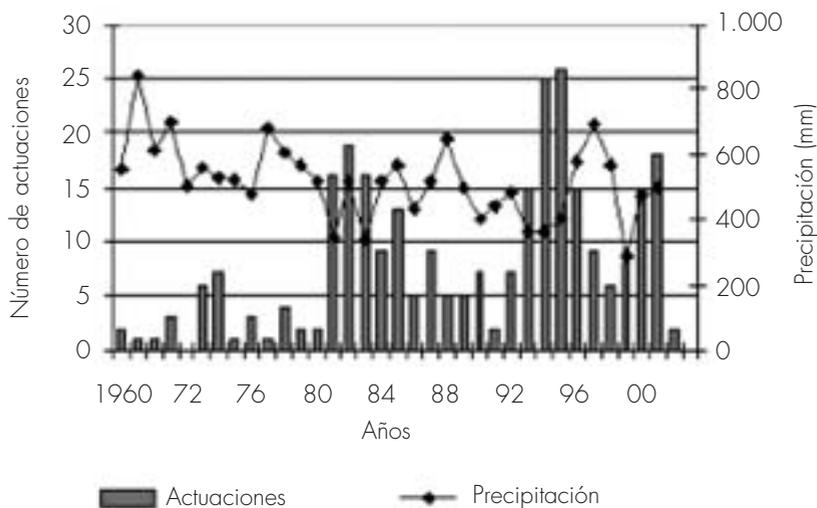


Figura 65. Durante el periodo 1968-2003, el IGME ha trabajado en la provincia de Cuenca, en convenio con la Diputación a partir de 1980, en la mejora de los abastecimientos. Se observa el incremento de actividades asociado al descenso de la precipitación (Fabregat y Martínez, 2002).

El desequilibrio entradas/salidas, con periodos húmedos que no pueden recargar a los acuíferos, produce el avance de la intrusión con el consiguiente deterioro de la calidad del agua y posible afección a ecosistemas. La solución pasa por un uso racional de los recursos existentes, sin utilizar más de los disponibles, pero desarrollando una mejor gestión con el empleo de nuevas técnicas, como son la recarga artificial, la reutilización de aguas residuales y el uso conjunto, aparte de la posibilidad de importar recursos hídricos mediante la desalación o los trasvases, figura polémica.

La lenta implantación de nuevas tecnologías de control y gestión del medio hídrico

La utilización de nuevas tecnologías en el control y gestión del medio hídrico se circunscribe a Administraciones "ricas", o al esfuerzo particular de los gestores públicos (el caso de la Diputación Provincial de Alacant) o privados. NO HAY política de concienciación de los gestores, con una falta de conocimiento de las técnicas existentes pero también una falta de medios.

Cuando se realizan experiencias, estas no suelen tener una continuidad temporal y no pasan de simples anécdotas.

Es labor de los organismos como el IGME de la implantación de nuevas tecnologías con una consiguiente continuidad en su funcionamiento y de la concienciación de las diferentes Administraciones.

Ejemplo de estas nuevas tecnologías, entre otras, son el telecontrol de los sondeos con determinaciones diarias y conexión on-line, la mencionada recarga artificial, la creación de modelos de Uso Conjunto agua superficial-subterránea, la reutilización de aguas residuales, el empleo de pequeñas plantas de ósmosis inversa para pequeñas localidades del interior y el tratamiento para la eliminación de hierro y manganeso.

Herramientas nacionales e internacionales para el estudio de la hidrogeología medioambiental

Las herramientas existentes para abordar este deficiente conocimiento corresponderán a una afortunada coalescencia de acciones desarrolladas desde la Administración y la Investigación, favorecido por artificios legales, planes de investigación y de gestión (figura 66).

Así, la DMA 2000/60 CE establece un **marco de protección** de las aguas, cuyos objetivos medioambientales son, limitar o evitar entradas de contaminantes, proteger y mejorar el estado de las masas de aguas subterráneas, realizar un balance equilibrado e invertir tendencias contaminantes.

La **DMA y su trasposición a la legislación española** establece como **trabajos** a complementar la caracterización inicial de las masas de aguas subterráneas y adicional en las que presenten riesgo (geología, hidrogeología, hidroquímica,...), la incidencia de la actividad humana en masas de aguas subterráneas para abastecimiento, las extracciones, composición química, recarga artificial y el agua empleada, uso del suelo, la incidencia de los cambios de niveles piezométricos y la incidencia de la contaminación en la calidad (figura 67).

Otras herramientas lo suponen los PLANES DE I+D, tanto nacionales como internacionales. Respecto a los nacionales, el *Plan Nacional de Investigación Científica, desarrollo e Innovación tecnológica 2008-11*, no contempla programas nacionales como el anterior, comprendido entre 200-2007. Respecto a los Internacionales, el *VIII(2007-2013) Programa Marco de I+D de la UE* en su línea denominada "Energía y Medio ambiente" se plantean como objetivos prioritarios:

- Estudio de procesos e impacto del calentamiento global y cambio climático.
- Gestión y conservación RR.HH.
- Conservación ecosistemas.
- Desarrollo sistemas observación global, predicción, vigilancia, restauración.

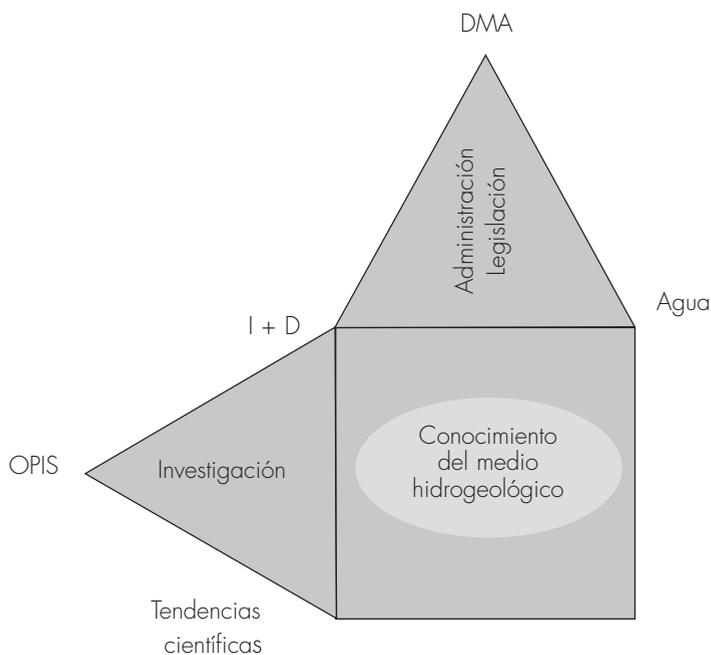


Figura 66. La ampliación del conocimiento de la hidrogeología y del marco hidrogeológico estará pivotando por la investigación pública y privada, por un extremo, y de las herramientas que creen la Administración y la legislación, siendo los planes de I+D el nexo común de ambos motores de dicha ampliación

También se puede considerar como herramienta el **Programa A.G.U.A.**, establecido por el MIMAM, en 2004, y que pretende encontrar tecnologías más eficientes para el uso del agua, uso conjunto, recarga artificial, garantizar disponibilidad y calidad, iniciándose en la costa mediterránea¹².

Las tendencias científicas en cuanto a investigación de la hidrogeología, establecidas a partir de publicaciones como el **número 1 volumen 13 de marzo de 2005 de la revista *Hydrogeology Journal***, denominado "**El futuro de la Hidrogeología**" parece indicar que se van a centrar en:

12 El texto está escrito con anterioridad a las elecciones generales de 2008, por lo que la reciente fusión del Ministerio de Medio Ambiente con el de Agricultura, ganadería y pesca y el cambio de titularidad ministerial no se sabe como afectará al programa AGUA.

Previene el DETERIORO
Promueve el USO SOSTENIBLE
Reduce o interrumpe los VERTIDOS
Reduce la CONTAMINACIÓN
Palia los EFECTOS CATASTRÓFICOS

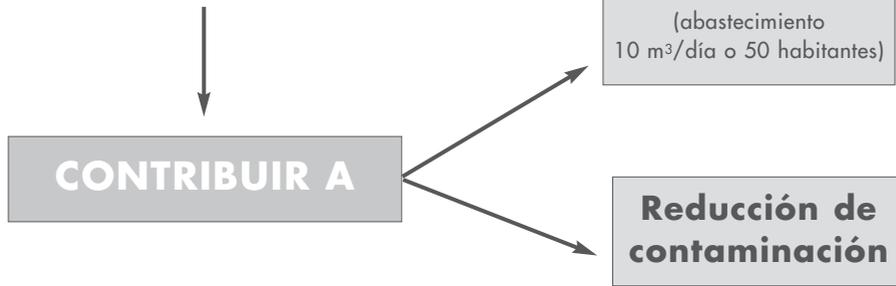


Figura 67. Cuadro-resumen de los objetivos de la DMA.

- Desarrollo de herramientas informáticas para problemas precisos. Problema Inverso, modelos estocásticos.
- Nuevas técnicas geofísicas. Desarrollo de la teledetección en hidrogeología.
- Tecnología de recuperación y descontaminación de acuíferos.
- Influencia del cambio climático e impactos a medio y largo plazo.
- Desarrollo de nuevos métodos paramétricos para estimación de recarga y vulnerabilidad específica e intrínseca.
- Nuevos modelos hidrogeológicos de funcionamiento hidrodinámico en rocas fracturadas y kársticas.
- Hidrogeología profunda.
- Estudio de la Zona no saturada.
- Sistemas de Información geográfica aplicados en hidrogeología.

Para finalizar, estas herramientas deben cubrir una demanda de la sociedad en general y comunidad científica, que sean innovadoras, accesibles y necesarias, multidisciplinarias y que difundan conocimiento.

CONCLUSIONES

Marc Martínez Parra

Vocal de Hidrogeología del ICOG

(A partir de los trabajos aportados por el resto del GT-16)

Las áreas protegidas para aguas de consumo humano (*Drinking Water Protected Areas*, DWPA) contempladas en la DMA, incluyen las empleadas para abastecimiento a la población, tanto públicas como privadas, y las empleadas directamente en la elaboración de comidas (conservas entre otras), pero no por su uso indirecto (cualquier tipo de irrigación). La definición de las DWPA en los diversos artículos de la DMA (especialmente en los artículos 4, 6, 7 y anexo IV), es ambigua respecto a si se refiere a zonas o a masas de agua, lo que afecta a su extensión espacial, así como a qué debe incluirse en el registro de áreas protegidas y respecto a la posibilidad de exenciones (temporales y de objetivos menos rigurosos). Esta situación ha propiciado interpretaciones contrapuestas por los Estados que requerirán probablemente una aclaración final por los servicios jurídicos de la Comisión Europea (Martínez Navarrete, 2006).

La protección de las aguas subterráneas en el Estado español está regulada legalmente por diversos reales decretos, leyes, etc. El problema es la ambigüedad que existe en el tema de los vertidos y la aplicación real de la legislación. Los perímetros de protección son una figura ampliamente recogida en la legislación española y europea pero escasamente aplicada. Los problemas de medios y falta de voluntad política a las sanciones no es excusa para que las leyes no se apliquen rigurosamente. La sociedad debe asumir y apoyar estas acciones.

Para mejorar la legislación hídrica, especialmente el TRLA y reglamentos asociados, se creó en 2005 el GTA-UAM con el fin de proponer modificaciones realistas en dichos textos, enfocados a las estructuras de las CUAS, la conservación de las masas de agua subterránea, la simplificación de los procesos administrativos, la recarga artificial y la profesionalización del sector.

El empleo de agua subterránea para abastecimiento humano supone, a nivel nacional, en torno a 1.000 hm³/año, con los que se abastecen 12 millones de habitantes, un 30% de la población. Supone el recurso de mayor importancia en comunidades tales como la Valenciana, Baleares, Canarias y Ceuta y Melilla. Las aguas subterráneas tienen una gran utilidad para el abastecimiento urbano en pequeñas y medianas localidades. Para las grandes localidades su función pasa por la de complementar los abastecimientos de aguas superficiales, principalmente en épocas de sequía. Es preciso, para las poblaciones pequeñas y medianas, el asesoramiento de hidrogeólogos para una adecuada ubicación de captaciones, correcta explotación de recursos y optimización del gasto.

El principal consumidor de agua en España es la agricultura de regadío. De hecho, cerca del 80% de los recursos hídricos consumidos en nuestro país se emplean para riego. El Plan Nacional de Regadíos (MAPA, 1998) estima que prácticamente 942.244 hectáreas, el 28% del total del regadío, se riegan con aguas subterráneas o aguas de origen mixto, incluyendo subterráneas. En algunas comunidades autónomas, las aguas subterráneas son el principal recurso disponible y, por lo tanto, el recurso utilizado predominantemente para regadío. No obstante, hay pocos datos disponibles en cuanto a volumen de agua extraída de los acuíferos españoles, estando las estimaciones entre 3.504-4.364 hm³/año, aunque éstos pueden ser datos obsoletos.

Las aguas subterráneas, por su distribución y fácil accesibilidad, presentan una serie de ventajas que las hacen muy atractivas frente a las aguas superficiales. Algunas de estas ventajas son su distribución espacial, próxima a los centros de demanda, que cada usuario puede tener su captación, o la garantía de suministro. Para controlar y gestionar eficazmente un acuífero es preciso contar con las CUAS, como colaboradoras en la gestión colectiva de los acuíferos.

La cuantificación de los mecanismo de transferencia de agua a los humedales es fundamental para el correcto diseño de estrategias de gestión y protección. Por tanto, la aplicación de balances hídricos se revela como una herramienta esencial en la caracterización del funcionamiento de los humedales.

Los humedales realizan diferentes funciones dependiendo de su localización en la cuenca, conexiones con diferentes fuentes de agua, régimen climático, etc. Las funciones que realizan los humedales deberían considerarse como parte de su estado ecológico (receptor). Asimismo, debería reconocerse el papel de un gran número de pequeños humedales cuya protección no está contemplada individualmente en la DMA y que, sin embargo, tienen una relevancia notable en el ciclo hidrológico de la cuenca y pueden tener un altísimo valor ecológico.

La contaminación por actividades agrícolas es de carácter difuso y está asociada a la utilización incorrecta de fertilizantes. La utilización de métodos de estimación de la vulnera-

bilidad permiten establecer una orientación para el gestor hidráulico de las zonas con mayor sensibilidad a la contaminación.

Las aguas subterráneas como recurso, llega a ser estratégico en aquellos lugares con bajos índices de precipitación. Estos recursos suelen ser difícilmente alterables, aunque una vez contaminados, su recuperación también resulta muy costosa en tiempo y medios. La creciente búsqueda de recursos hídricos alternativos (reutilización, desalinización, etc.) pueden suponer altos riesgos si no se disponen los medios y controles necesarios, tanto en la generación como en su transporte y aplicación. No obstante, un ineficiente control del efecto de la utilización de estos recursos pueden ocasionar graves problemas de contaminación como se han observado en Ciudad de México o en Cisjordania (territorios palestinos).

En cuanto a la regularización de los usos y derechos de las aguas subterráneas de las estrategias expuestas en el apartado 10, es difícil decantarse por una sola dado la singularidad de cada cuenca y masa de agua, pero junto a la aplicación de los instrumentos previstos en el TRLA, cabe establecer una instrucción técnica por parte del Ministerio de Medio Ambiente, por el que los Organismo de cuenca aceleren la regularización, de los expedientes no resueltos, manteniendo las correspondientes salvaguardas.

La regularización, en bloque, mediante una medida de carácter político, adaptada a las necesidades y realidades socioeconómicas, hidrológicas y medioambientales de cada cuenca, sería la forma más directa y operativa de abordar el problema, pero es una medida que es rechazada por un importante sector de la sociedad.

La política del agua de la Administración española en materia de aguas subterráneas se sustenta en dos pilares fundamentales: protección del recurso, a fin de mantener sus funciones potenciales, y gestión sostenible, basada la asignación equitativa del recurso, en la participación de los usuarios y en la eficiencia económica, todo ello en un marco de actuación integrado que armonice los aspectos cuantitativo y cualitativo. Son objetivos prioritarios la mejora del conocimiento del estado de las aguas subterráneas, el estudio de las relaciones causa-efecto en diferentes escenarios de contaminación y la implantación de medidas diseñadas con criterios de sostenibilidad y basadas en un tratamiento "caso por caso".

El establecimiento y operación de redes de observación de las aguas subterráneas constituye una herramienta básica en el desarrollo de políticas de protección y uso sostenible del recurso. Las redes cumplen una doble función: posibilitan, en acuíferos poco explotados, conocer las características hidrodinámicas del régimen natural de llenado y vaciado y las variaciones espaciales y, en menor medida, temporales, en la composición química de las aguas subterráneas; y sirven como elemento de control de la explotación del acuífero y de su protección, al permitir detectar variaciones piezométricas y de calidad química o bacteriológica que reflejan acciones no deseables para el uso sostenible del recurso.

El logro de un uso sostenible y de una gestión eficaz de las aguas subterráneas ha de integrarse en las políticas sociales (pautas de consumo, valores y actitudes) promoviendo la concienciación del público -organizaciones no gubernamentales, asociaciones de usuarios, organismos científicos, grupos industriales, representantes de las administraciones públicas, etc.- mediante programas de formación, campañas de publicidad y acceso a la información. Lamentablemente, como antes se ha reseñado, la información disponible es, en ocasiones, inadecuada, incompleta e inconsistente. La dispersión de competencias y, en consecuencia, de esfuerzos, impide frecuentemente contar con datos objetivos, fiables y comparables.

La situación de las aguas subterráneas en España y su problemática es harto conocida por los técnicos e investigadores hidrogeólogos en España, como se describen en el LBAS(1994).

La protección de las aguas subterráneas está condicionada por dos aspectos: la mejora necesaria del conocimiento de los acuíferos y la necesidad imprescindible de incorporar hidrogeólogos a la Administración, tanto hidráulica como local, provincial, autonómica y estatal.

La incorporación de hidrogeólogos en la Administración facilitaría la labor de estudio de los acuíferos, de las afecciones que sufren las aguas subterráneas y la aplicación real de las medidas de protección medioambiental del recurso hídrico a tomar, tanto en cantidad y calidad. El problema no es tanto **qué se debe hacer**, que, como se ha visto, la Administración Pública lo conoce, sino **quién debe hacerlo**.

BIBLIOGRAFÍA DE REFERENCIA

- Acreman, M. y Millar, F. (2007). Hydrological impact assessment on wetlands. En: The Global Importance of Ground Water in the 21st Century: Proceedings of the Internacional Symposium on Groundwater Sustainability. Eds. S. Ragone, N. Hernández-Mora y A. de la Hera. National Groundwater Association Press, USA. (En prensa).
- Aragón, R. , Solís, L. y Hornero, J. (1999). Características químicas de las aguas subterráneas de la Cuenca del Segura. Aptitud de uso y principales fuentes de contaminación. IGME. Libro de las Jornadas sobre la *Contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente*, 363-371.
- Arrojo, P. (2001). Valoración de las aguas subterráneas en el marco económico general de la gestión de aguas en España. En: *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Eds: N. Hernández-Mora y M.R. Llamas. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, 3-40, Madrid.
- Cabrera, M.C. y Custodio, E. (1999). La contaminación por retornos de riego en la zona de Teide (Gran Canaria) IGME. Jornadas sobre la Contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente, 81-89.
- Carles, J., García Mollá, M. y Vega, V. (2001). Gestión colectiva de las aguas subterráneas en la Comunidad Valenciana. En: *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Eds: N. Hernández-Mora y M.R. Llamas. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, 291-322, Madrid.
- Codina-Roig, J. (2003). Las comunidades de usuarios de agua subterránea en el marco normativo actual. Jornadas sobre las comunidades de usuarios de aguas subterráneas. AEUAS. (www.aeuas.org)
- Corominas, J. (2001). El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía. En: *La economía del agua subterránea y su gestión colectiva*. Eds: N. Hernández-Mora y M.R. Llamas. Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín, 111-141, Madrid, .
- Costa, C. y Niñerola, S. (1999). Contaminación por dioxanos y regeneración del acuífero aluvial del río Tordera (Cataluña). Jornadas sobre la Contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. AIHGE, 231-237.
- Custodio, E. (2005). Aspectos hidrológicos de los humedales que dependen del agua subterránea. Primera reunión internacional de expertos sobre la regeneración hídrica de Doñana. Ministerio de Medio Ambiente, 133-152.

- Custodio, E. (2006). Recursos de agua de la Comarca de Doñana, *Fundación Doñana* 21, p. 115.
- Delgado, P., Escribano, A., Fabregat, V. y Martínez, M. (1998). El uso compartido de recursos hídricos superficiales y subterráneos como solución para el abastecimiento a pequeñas poblaciones. II Simposio Internacional *Gestión y tecnología apropiadas para el agua en pequeños núcleos habitados*. Grupo de Tecnología del Agua. Barcelona.
- Environment Agency (1998). Policy and practice for the protection of groundwater. The Stationery Office, p 57.
- Escobar, A. (2006). Propositiones de ciudadanos senadores. Gaceta del Senado nº 13, primer año ejecutivo. Primer periodo ordinario.
www.senado.gob.mx/sgsp/gaceta/%3Fsesion%3D2006/10/12/1%26documento%3D15+valle+del+tula&hl=es&ct=clnk&cd=1 —>
- Fabregat, V. y Martínez, M. (2002). Evaluación de los resultados obtenidos en la perforación de sondeos para captación de agua potable en la provincia de Cuenca (España). XXXII IAH & VI ALHSUD Congress Groundwater and Human Development. Argentina, 21-25, Octubre 2002.
- García, A. (2002). Normativa comparada sobre perímetros de protección de las aguas subterráneas frente a vertidos. Curso "Hidrogeología y ordenación el territorio: medidas para la protección de los acuíferos". IGME. 2002.
- Garrido T., Costa, C., Fraile, J., Orejudo, E., Niñerola, J.M., Ginebreda, A., Olivella, L. y Figueras, M. (1999). Análisis de la presencia de plaguicidas en diversos acuíferos de Cataluña. IGME. Libro de las Jornadas sobre la Contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. 127-132.
- Gelabert, B., Barón, A. y González, C. (2001). La gestión del agua en la Bahía de Palma: Consecuencias sobre los acuíferos de Mallorca. VI Simposio de Hidrogeología. AEHS. Madrid.
- Grupo de Trabajo del Agua Subterránea GTA-UAM (2006). La gestión del agua subterránea. Propuesta desde la participación. www.uam.es/aguasubterranea
- Grupo de trabajo ó (2002). Gestión integrada de las aguas continentales (superficiales y subterráneas), costeras y de transición. VI CONAMA. 25 a 29 de noviembre de 2002.
- GW2-WG-C Groundwater drafting group Protected areas (2006). Guidance on the Groundwater aspects of Protected Areas under the Water Framework Directive. European Commission. Draft.
- Hernández Mora, N. y Llamas, M.R. (Eds) (2001). La economía de las aguas subterráneas y su gestión colectiva. Madrid. Fundación. Ed. MundiPrensa. Marcelino Botín. 550 pp.
- IGME-DGOH (1999). Programa de actualización del inventario hidrogeológico (P.A.I.H.). Análisis del conocimiento actual. Evaluación y programación de estudios en cuencas intercomunitarias.
- ITGE (1994). Informe hidrogeológico de Tordera mig y baix (Periodo 1991-1993). Informe interno.
- ITGE (1997). Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, periodo 1982-1993: Cuenca del Júcar. 162 pp. Madrid.
- ITGE (1998). Calidad química y contaminación de las aguas subterráneas en España, periodo 1982-1993: Cuenca de Canarias. 70 pp. Madrid.
- IGME (2003). Hydrogeological characterisation of the Spanish wetlands included in Ramsar Convention.

- Jiménez, B. (2006). El reuso del agua en la Ciudad de México y el Valle de Tula. En "El agua es un derecho, cuidarla es una obligación". Encuentro Internacional de Experiencias por el agua. Ciudad de México.
- Jiménez, B., Siebe, Ch. y Cifuentes, E. (2004). El reúso intencional y no intencional del agua en el valle de Tula. incluido en el libro *El agua en México vista desde la Academia. Ed.*, Academia Mexicana de Ciencias.
- Lallemand-Barrès, A. y Roux J.C. (1999). Périmètres de protection des captages d'eau souterraine destinée a la consommation humaine. Éditions du BRGM, Orleans, 334 pp.
- López-Camacho, B. e Iglesias, J.A. (2000). Las aguas subterráneas en los abastecimientos. Un decenio de experiencias del Canal de Isabel II. Revista de Obras públicas nº 3403, 41-56. Madrid.
- López Geta, J.A. (1999). Conferencia N.1.1: La Contaminación de las aguas subterráneas por las actividades agrarias en España: La visión desde la Administración. IGME. Libro Jornadas sobre Contaminación de las aguas subterráneas: un problema pendiente. 39-54.
- López Geta, J.A. (2000). Contribuciones del Instituto al conocimiento y protección de las aguas subterráneas en España. En: Custodio, E.; Huerga, A. (eds.): Ciento cincuenta años (1849-1999). Estudio e investigación en ciencias de la Tierra.
- López Geta, J.A., Fornés, J.M., Ramos, G. y Villaroya, F. (2001). Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. IGME-Fundación Marcelino Boñín.
- López Geta, J.A. y López Vera, F. (2006). Estado del conocimiento del agua subterránea en España. *Boletín Geológico y Minero*, 117, 1.
- López-Gunn, E. y Martínez Cortina, L. (2006). Is self-regulation a myth.? Case study on spanish groundwater user associations and the role of higher-level authorities. *Hydrogeology Journal*. 14, 3, 361-379.
- López Vera, F. (2006). Situación actual y perspectivas futuras de los recursos hídricos en España. *La política del agua y el sector agrario*. UPA. Madrid 27 de Junio 2006
- López-Vera, F. y Cisneros Britto, P. (2006 a). Propuesta de cogestión del agua subterránea. Comunicación al XI Congreso Nacional de Comunidades de Regantes de España. FENACORE. Mallorca, Mayo. 59-63.
- López-Vera, F. y Cisneros Britto, P. (2006 b). La gestión del agua subterránea en España. Una propuesta desde la participación. Memorias del VIII Congreso Asociación Latinoamericana de Hidrología Subterránea para el Desarrollo (ALHSUD) Asunción (Paraguay).
- Llamas, M.R., Hernández-Mora, N., Cortina, L.M. y Fornés, J. (2001). *Aguas subterráneas: Retos y oportunidades*. Madrid. Ediciones MundiPrensa, Fundación Marcelino Boñín.
- MAPA (1998). Plan Nacional de Regadíos. Ministerio de Agricultura Pesca y Alimentación. (<http://www.mapa.es/es/desarrollo/pags/pnr/principal.htm>)
- Martinez, M. (2006). El hidrogeólogo. En *El Geólogo profesional*. ICOG (en preparación).
- Martínez, M. (2006 b). Informe final del sondeo de abastecimiento público de agua potable a Barchín del Hoyo y propuesta de perímetro de protección. IGME.
- Martínez, M. (2007). Informe final de los sondeos de abastecimiento público de agua potable a Chumillas (Cuenca) y propuesta de perímetro de protección. IGME.

- Martínez, M. y Murillo, J.M. (2003). Evolución de la contaminación marina en los acuíferos costeros del Baix Tordera (Barcelona). Tecnología de la intrusión de agua de mar en acuíferos costeros: países mediterráneos. IGME. 519-532.
- Martínez-Navarrete, C. (2006). La protección del agua de consumo humano en el contexto de la Directiva Marco Europea del Agua. In: Fernández J.A., Linares, L. y Ruiz, F. (ed). Urban Water in the mediterranean area. Publicaciones del IGME. Serie hidrogeología y aguas subterráneas 19:115-131.
- Martínez-Navarrete, C. y García-García, Á. (2003). Perímetros de protección para captaciones de agua subterránea destinada al consumo humano. Metodología y aplicación al territorio. IGME, Madrid, 282.
- Ministerio de Medio Ambiente (1998). Calidad y contaminación de las aguas subterráneas en España. Propuestas de protección. Secretaría de Estado de Aguas y Costas. 144, 2 mapas.
- 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. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid, 637 pp.
- Ministerio de Medio Ambiente (2002). Guía para la delimitación e implantación de perímetros de protección de captaciones de aguas subterráneas para abastecimiento público. Madrid, 112 pp.
- MINER-MOPMA (1994). *Libro blanco de las aguas subterráneas*.
- Murillo, J.M., Alfonso, P.L., Martínez, M., Torrens, J. y López Geta, J.A. (1993). Acuífero del Maresme: Calidad química y piezometría. Evolución cronoespacial (1978-1992). ITGE, Colección Informes Aguas Subterráneas y Geotecnia. 212 pp.
- Proyecto NeWater (2006). Resultados de la Tercera Reunión del Foro de Debate de Partes Interesadas en la Gestión del Agua en el Alto Guadiana: "Aspectos institucionales de la gestión del agua en la Cuenca Alta del Río Guadiana", Octubre 2006. UCM-UPM.
- Unión Europea (2000). Directiva 2000/60/CE del Parlamento Europeo y del Consejo, de 23 de Octubre de 2000, por la que se establece un marco comunitario de actuación en el ámbito de la política de aguas. DO L 327 de 22-12-2000.
- Varela, M. (2006). Groundwater management in Spain: The way ahead. In: European Groundwater conference, 63-68.
- Vorreyer, C. (1998). Delineating surface source water protection areas in Germany. Paper presented at the Source water assessment and protection 98, Dallas, Proceedings, 61-64.
- Watkins, J. (2006). Libya's thirst for 'fossil water'. BBC World Service. <http://news.bbc.co.uk/2/hi/science/nature/4814988.stm>.
- Wikipedia (2006). Great Man-Made River. http://en.wikipedia.org/wiki/Great_Manmade_River.
- WWF/Adena (2006). *Uso Ilegal del Agua en España: Causas, Efectos y Principales Soluciones*. (www.wwf.es/download/download_genetsis/usoilegal_agua.pdf)
- Yagüe, J. (2006). Balance de la gestión de las aguas subterráneas en España. Seminario El Agua: de la crisis a la cooperación. UIMP. Santander (en prensa)
- Yagüe, J. (2007). Inventory of Groundwater Use Rights in Spain: The Alberca Program. En: "The Importance of Groundwater Use in the 21st Century: Proceedings of the International Symposium on Groundwater Sustainability". Eds. S. Ragone, N. Hernández-Mora y A. de la Hera. National Groundwater Association Press, USA. (En prensa)

Proteger las aguas subterráneas es asegurar el futuro y el progreso de nuestra sociedad. Un país como España, situado en una zona climática cambiante, no puede permitirse minusvalorar a los recursos hídricos subterráneos, fundamentales ahora e imprescindibles en un futuro, tanto para las actividades económicas como para el abastecimiento de calidad a la población. Asimismo, es precisa una explotación racional y sostenible de los acuíferos, muchos de ellos con manifestaciones superficiales como son los espacios húmedos.

El Ilustre Colegio Oficial de Geólogos quiere contribuir en mejorar el conocimiento de las aguas subterráneas. Nada mejor para ello que participar en los diferentes Congresos Nacionales de Medio Ambiente (CONAMA), que suponen uno de los foros más representativos, por su pluralidad, para recoger las preocupaciones y sensibilidades de la sociedad española hacia el medio ambiente. Para ello, el ICOG ha coordinado grupos de trabajo relacionados con la protección y el conocimiento de las aguas subterráneas. Este libro recoge actualizado, principalmente, parte del documento elaborado para el VIII CONAMA del año 2006, así como otras aportaciones inéditas que, creemos, pueden resultar de interés para el lector.



LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS