

LA EXPLOTACIÓN SOSTENIBLE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS. PARTICIPACIÓN DE LOS USUARIOS

Juan Antonio López Geta

Dr. Ingeniero de Minas.
Director de Hidrogeología y Aguas Subterráneas
Instituto Geológico y Minero de España.
c/ Ríos Rosas, 23 (Madrid-28003)
lopez.geta@igme.es

ANTECEDENTES

La década de los años sesenta del pasado siglo XX, supuso el inicio de un hecho, que algunos hidrogeólogos han denominado la revolución silenciosa de las aguas subterráneas, promovida especialmente por modestos agricultores, que en las regiones áridas y semiáridas han perforado millones de pozos, de los que se extraen a nivel mundial entre 700 y 1.000 km³ al año. El 50% del agua que se usa en el mundo para abastecimiento urbano procede de las aguas subterráneas -en algunas regiones el porcentaje es mucho mayor-, y el 70% del total del agua subterránea es utilizada en agricultura (Llamas, 2005).

En el caso de España, esta revolución ha contribuido de forma relevante a un mejor bienestar social y económico. Sin embargo, ha sido despreciada o muy poco reconocida por algunos colectivos que, quizá por ignorancia, han utilizado frases tan fuera de la realidad científica y técnica como que todo pozo termina secándose o contaminándose.

La realidad es que la utilización de las aguas subterráneas en España ha alcanzado máximos históricos, en lo referente al uso urbano, industrial y agrícola, con cifras que superan respectivamente los 1.080, 360, y 3.500 millones de metros cúbicos (puede alcanzar los 4.500) (López-Geta, 2000a y MOPTMA-MINER, 1994); ello supone una cifra total que supera los 5.500 millones de metros cúbicos, que puede elevarse hasta 6.500 en periodo de sequía. Este volumen de agua contribuye al suministro de más del 70% de los núcleos urbanos, con una población del orden de 13 millones de habitantes, y al regadío de casi 1 millón de hectáreas. De éstas, un total de 262.470 se sitúan en el Levante, sureste peninsular y archipiélago Balear, distribuyéndose de la siguiente forma: 153.921 ha en la Comunidad Valenciana (más 54.325 ha con riego mixto); 91.173 ha en la Región de Murcia; y 17.376 ha en las Islas Baleares. En los tres casos, se trata de zonas en las que las buenas condiciones climatológicas, contribuyen a que sean precisamente éstas las zonas españolas de mayor producción y rentabilidad económica, en España.

En la tabla 1, se puede observar la estimación dada por Llamas *et al.* (2001), sobre la superficie regada en España, cifras que coinciden prácticamente con las comentadas anteriormente. No obstante, hay que destacar un dato muy significativo recogido en la

mencionada tabla, y es que el volumen medio utilizado por hectárea y año, cuando el agua es superficial es casi el doble que cuando se utiliza agua subterránea.

Origen del agua	Agua superficial	Agua Subterránea	Mixto	Total
Superficie regadía (10 ³ ha)	2250	950	150	3350
Volumen medio usado (m ³ /ha/año)	8200	4700	-	7200
Total volumen usado (Mm ³ /año)	20.000	4500	-	24.500

Source: Llamas *et al.*, 2001.

Tabla 1. Uso del agua en regadío en España

A nivel regional, en la Comunidad Valenciana, según Carles *et al.*, (2001), la superficie regada con aguas subterráneas ascendía a 153.921 ha, un 41% del total de las hectáreas (376.092); y 54.325 ha, es decir, un 14,4%, corresponden a regadíos mixtos. Así mismo, en la Región de Murcia, la extracción de aguas subterráneas para regadío, asciende a 470 hm³/año, destinándose al regadío de 91.173 ha del total de la región, (257.613 ha).

En las Islas Baleares (CMA, 2004), según cifras del Plan Nacional de Regadíos (PNR), la extensión cultivada ascendía (Tabla 2) a 17.376 ha de las que 13.673 corresponden a Mallorca, 2.464 a Menorca y 1.239 a Eivissa. Según el Plan Hidrológico de Baleares (PHIB), la extracción de agua para regadío asciende a 159 hm³/año. Esta cifra puede disminuir según las últimas estimaciones a 105,3 hm³/año -Mallorca, 85,1, Menorca, 12,6, Eivissa, 7,8, y Formentera 0,1-. La superficie con derechos de agua, aunque no regada todos los años, sería de 24.500 ha; esta cifra ha sido rebajada posteriormente por el censo agrario de 1999 a 17.815 ha, muy similar a la del PNR.

	1996	2004
Abastecimiento + Industria	98.7	87.5
Regadío + Ganadería	159.5	105.3
Golf y otros	2.8	2.8
Agrojardinería		38.5
TOTAL	261.0	234.1

Fuente: Plan Hidrológico Islas Baleares.

Tabla 2. Extracción de aguas subterráneas en los acuíferos de Baleares

La tendencia a utilizar las aguas subterráneas, se ha originado de forma similar en otros países. Quizá el caso más notable donde las aguas subterráneas han contribuido a mejorar el bienestar social y por tanto a disminuir la pobreza es la India, donde se han construido 22 millones de pozos y se han puesto en regadío más de cuarenta millones de hectáreas en los últimos cuarenta años, pasando de padecer hambrunas frecuentes y generalizadas a convertirse en un importante exportador de grano. Al igual que en España, la financiación de estas explotaciones ha sido realizada principalmente por particulares con una intervención muy reducida por parte de la administración (Llamas, 2005).

El espectacular aprovechamiento de las aguas subterráneas en el mundo, se puede decir que se ha debido a tres hechos fundamentales: El primero, es consecuencia de la mejora del conocimiento de los acuíferos. En el caso de España, es el resultado del Plan Nacional de Investigación de la Aguas Subterráneas (PIAS), que fue desarrollado por el Instituto

Geológico y Minero de España, en el periodo 1969 a 1985. Con este Plan, se logró por primera vez en España, la identificación, delimitación y caracterización de todos los acuíferos, cuantificándose para cada uno de ellos los recursos renovables. Así mismo, se llevó a cabo una estimación de los recursos hídricos para el conjunto de acuíferos, valorado en unos 20.000 millones de metros cúbico. Hay que tener en cuenta igualmente el estudio de los Recursos Hídricos Totales del Pirineo Oriental (REPO), actualmente Cuencas Internas de Cataluña, que cubrió un territorio de 16.490 km²; su ejecución corrió a cargo del entonces Ministerio de Obras Pública. Actividades similares se llevaron a cabo en las Islas Baleares y Canarias. El primero de ellos en colaboración con los Ministerios de Obras Públicas y de Agricultura, cubriendo una superficie de 5.010 km² y en el caso del archipiélago Canario, a través de proyecto SPA-15, operado por el Ministerio de Obras Públicas y UNESCO.

El segundo de los hechos, que han impulsado el uso de las aguas subterráneas ha sido el avance tecnológico en la perforación de los pozos y sondeos y en los medios de extracción del agua de los acuíferos. La incorporación de las técnicas de perforación utilizadas en la exploración petrolera, como los sistemas a circulación inversa o directa, la percusión y ya más recientemente las técnicas de rotopercusión, y la posibilidad de dirigir los sondeos a la formación o estructura objetivo (Figura, 1), permitió pasar de las obras de captación efectuadas a pico y pala, a la perforación con las más modernas técnicas, lo que facilitó la realización de captaciones técnicamente más complicadas y alcanzar mayores profundidades, logrando en unos cuarenta años, todo un record en cuanto al número de captaciones existentes, posiblemente próximos al millón.

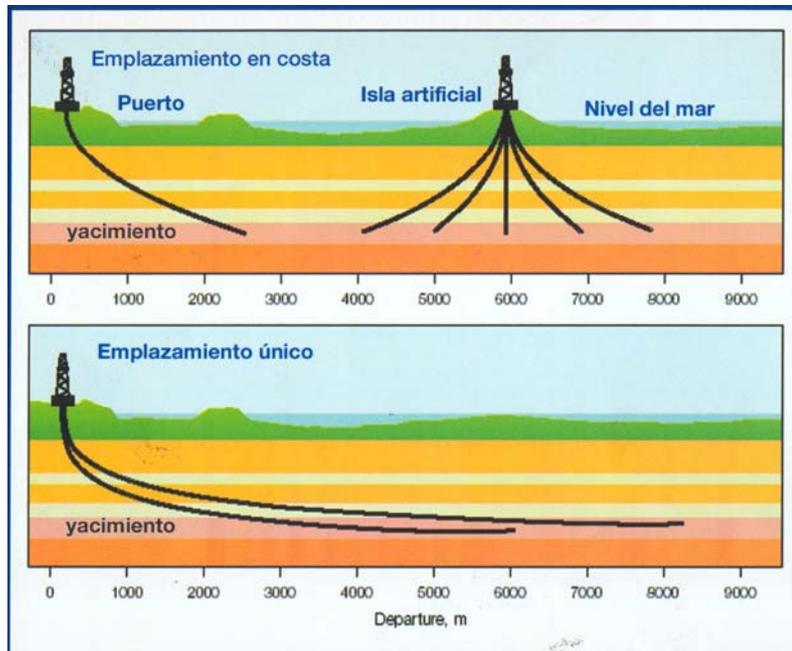


Figura 1. Técnicas de perfección dirigidas a estructuras objetivas (Fuente: Repsol YPF)

No existen estadísticas muy precisas sobre el número de captaciones existentes en la actualidad. Para ello se está llevando a cabo el programa ALBERCA, por parte del Ministerio de Medio Ambiente, que según Yagüe, *et al.*, (2003 y 2004), recogido en Fornés, *et al.*,

(2005a), podría definirse como la unión de la estrategia para concluir con la tramitación de los expedientes administrativos, e inscribir todos los aprovechamientos que debieran ya estarlo, con la utilización de medios informáticos más adecuados al momento. Lo que parece que este proyecto no contempla (Fornés, *et al.*, 2005), es el reconocimiento jurídico de todos los aprovechamientos privados que nunca lo han solicitado, e ignora, todos los aprovechamientos privados que no hubieran solicitado la inscripción en su momento.

Un caso importante de captaciones existentes, es el archipiélago Balear. Las estimaciones (comunicación oral), sobre el número de captaciones asciende a algo más de 22.000, de las cuales 17.887 corresponden a Mallorca, 1.754 a Menorca e Ibiza 3.082. Otras estimaciones dan la cifra de 48.000; de éstas unas 40.000 corresponden a Mallorca. Por su parte el IGME tiene inventariados unos 13.000 pozos; de éstos 11.503 corresponden a Mallorca (Figura 2).

El último hecho, se debe a la incorporación de las bombas verticales y sumergibles; esto ha permitido pasar de extraer pequeños caudales y a poca profundidad, como el caso de la noria, a extraer mayores caudales y a mayores profundidades.



Figura 2. Realización de un sondeo, mediante una máquina de perforación a rotación directa

EL AGUAS SUBTERRÁNEA Y EL CICLO HIDROLÓGICO

Para muchas personas, el origen de las aguas subterráneas es poco o mal conocido, lo que da lugar a mitos y malentendidos. Este desconocimiento no acompaña a una realidad tan evidente como es que el agua subterránea es un recurso insustituible en buena parte del planeta, e imprescindible para la salud, para la buena marcha de la economía y para el medio ambiente. Ejemplos de esto último es el papel que juega el agua subterránea, en la mayoría de las zonas húmedas y espacios naturales, y en los caudales que circulan por los ríos. En ocasiones, a esto se le añade el halo de misterio que rodea a todo lo relativo a este recurso, hasta el extremo de que aún en nuestros días se sigue recurriendo, para el intento de alumbrarlas, a las artes geománticas de los zahoríes. Muy lejos de todo eso, está la hidrogeología, ciencia y técnica, fundamentada en principios claros de la Física, la Química, o las Matemáticas entre otras disciplinas (López-Geta, *et al.*, 2001).

El agua subterránea, tiene el mismo origen que las aguas superficiales, es decir, el ciclo hidrológico. En la actual Ley de Aguas, se establece en su Preámbulo, que las aguas continentales, superficiales y subterráneas, constituyen un recurso unitario que se renueva a través del ciclo hidrológico.

En términos científicos, el ciclo hidrológico, supone el constante movimiento del agua, tanto en la superficie de la Tierra como por encima y debajo de la misma. Así, el *agua* de los océanos, mares, lagos, ríos y embalses *se evapora* con mayor intensidad cuanto mayor es la temperatura y más seco el ambiente; la vegetación también contribuye a su evaporación por transpiración. El agua en forma de vapor *pasa a la atmósfera*, cargando el aire de humedad. El vapor de agua, con el frío, puede condensarse en minúsculas partículas que dan lugar a las nubes y a la niebla. El agua *retornará* a la superficie del terreno y los océanos *en forma de precipitación* (lluvia, nieve o granizo, rocío o escarcha). Hay que tener en cuenta que no toda la precipitación alcanza la superficie del terreno, pues parte se evapora en su caída y parte es interceptada por la vegetación o por las superficies de edificios, carreteras, etc., y *devuelta a la atmósfera* al poco tiempo en forma de vapor de agua (Figura 3).



Figura 3. Fases de que se compone el ciclo hidrológico

Del agua líquida que alcanza la superficie del terreno, una parte queda retenida en las charcas o pequeños surcos, y en su mayoría vuelve a la atmósfera. Otra parte circula sobre la superficie y se concentra en pequeños regatos que luego se reúnen en arroyos y más tarde desembocan en los ríos (*escorrentía superficial*). Al mismo tiempo, parte de la precipitación se infiltra en el terreno, dependiendo del tipo y humedad del suelo y de la intensidad y duración de la precipitación. El agua infiltrada primeramente empapa el suelo y después percola lentamente a través de la zona no saturada dando lugar a la recarga de la zona saturada (*escorrentía subterránea*). La suma de la escorrentía superficial y subterránea, constituye la *escorrentía total o aportación hídrica* -en el caso de España, esta cifra alcanza los 110 km³/año-, que puede ser regulada en parte, bien mediante embalses de superficie y/o captaciones subterráneas: pozos, zanjas, galerías o sondeos, entre otros sistemas de captación.

Esta descripción del ciclo hidrológico, nos lleva a establecer una primera conclusión, que se resume en: el agua subterránea no tiene un origen distinto a las aguas superficiales, sino que forma parte del ciclo hidrológico, y es la parte del agua de lluvia que se infiltra y se almacena de forma natural en los acuíferos, *embalses naturales*, y que a través de ellos se desplaza hasta salir por los ríos, manantiales o subterráneamente al mar en el caso de los acuíferos costeros.

Esta conclusión nos debe ayudar, a cambiar la idea errónea, que en ocasiones se tiene, de que un acuífero es una bolsa de agua aislada, donde ésta permanece inmóvil. Esto está muy lejos del verdadero concepto de acuífero, que se caracteriza como se ha comentado anteriormente, por dos propiedades muy importantes: una, que forma parte del ciclo hidrológico, es decir, es un recurso que se renueva periódicamente (recurso renovable que hay que diferenciar del concepto de reservas); y otra, que el agua está en movimiento, aunque muy lento, -excepto en el caso de los acuíferos karstificados-, lo que origina una regulación natural, como consecuencia de permanecer cientos de años en el acuífero, hasta su salida a la superficie (Figura 4).

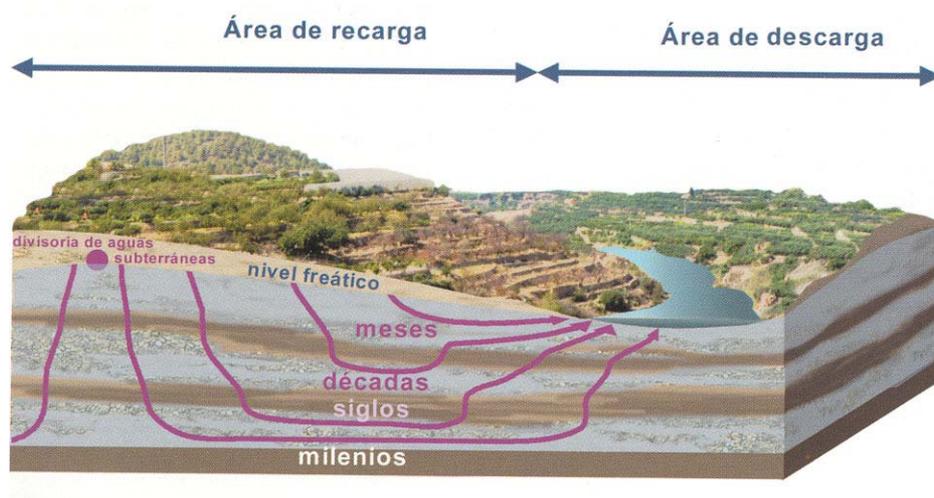


Figura 4.- Movimiento del agua y tiempo de tránsito del agua por el acuífero, hasta su salida a superficie

USO INTENSIVO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

El aprovechamiento intensivo de las aguas subterráneas, es un fenómeno reciente, posiblemente de mediados del pasado siglo. Este uso se ha producido especialmente en los países áridos y semi-áridos, o en algunas zonas costeras o próximas a las grandes ciudades y ha dado lugar a fenómenos no deseados como la sobreexplotación y/o la degradación de la calidad natural del agua y con ello una disminución de los recursos hídricos disponibles.

En general, es un fenómeno que desafortunadamente se suele diagnosticar a posteriori (Fornés, 2005). Sin embargo es un proceso sencillo de detectar, si se hace un seguimiento adecuado, ya que en la gran mayoría de los casos, las señales que se producen son fáciles de identificar, ya que responde a un descenso continuado de los niveles y/o a un deterioro de la calidad debido a la extracción de aguas más profundas, con niveles productivos más salinos o a la movilización de agua en contacto con formaciones salinas. Un ejemplo claro de la relación “descenso piezométrico-calidad”, se puede observar en el acuífero de Ascoy-Sopalmo donde el descenso del nivel piezométrico o de la lámina de agua, lleva consigo un incremento de la salinidad (Gráfica 1). También el deterioro de la calidad puede deberse a procesos de intrusión de agua de mar, fenómeno frecuente y extendido en los acuíferos situados en el litoral del mediterráneo (Figura 5). Otras señales de alarma se identifican por los procesos de subsidencia que se producen en el terreno. Esto ocurrió en la ciudad de Murcia, como consecuencias de las extracciones realizadas en el acuífero, sobre el que se sitúa dicha ciudad o por la interferencia que se pueda producir en los ríos, lagos o ecosistemas naturales.

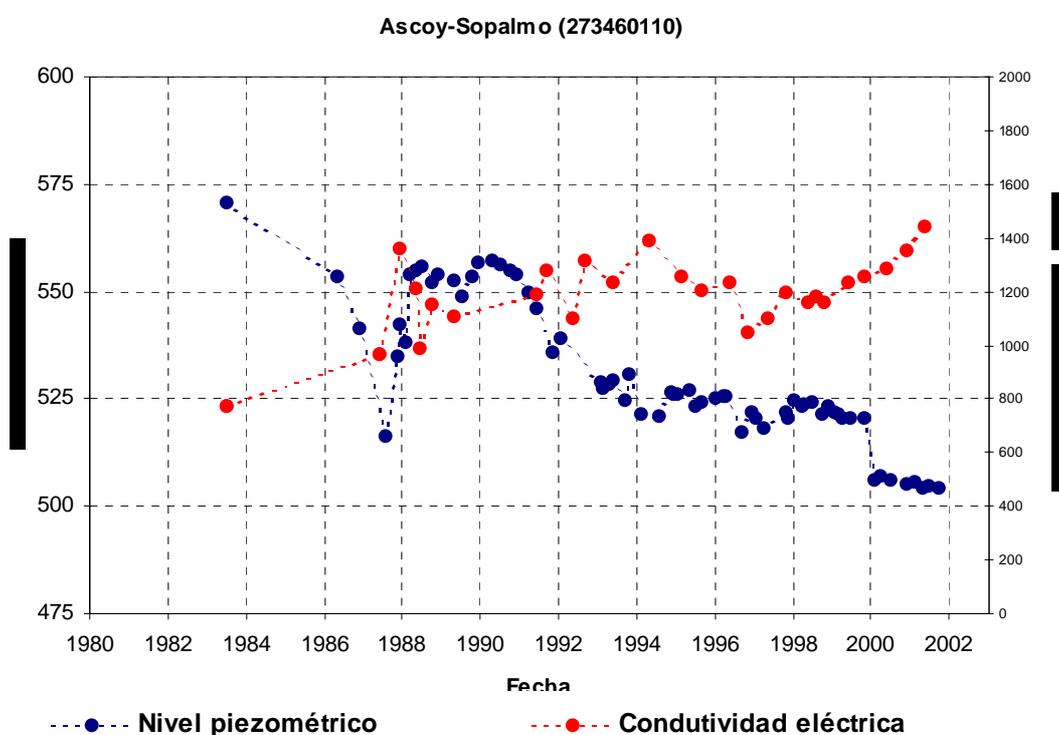


Gráfico 1.- Evolución piezométrica y su relación con la evolución de la conductividad eléctrica de las aguas del acuífero Ascoy-Sopalmo.

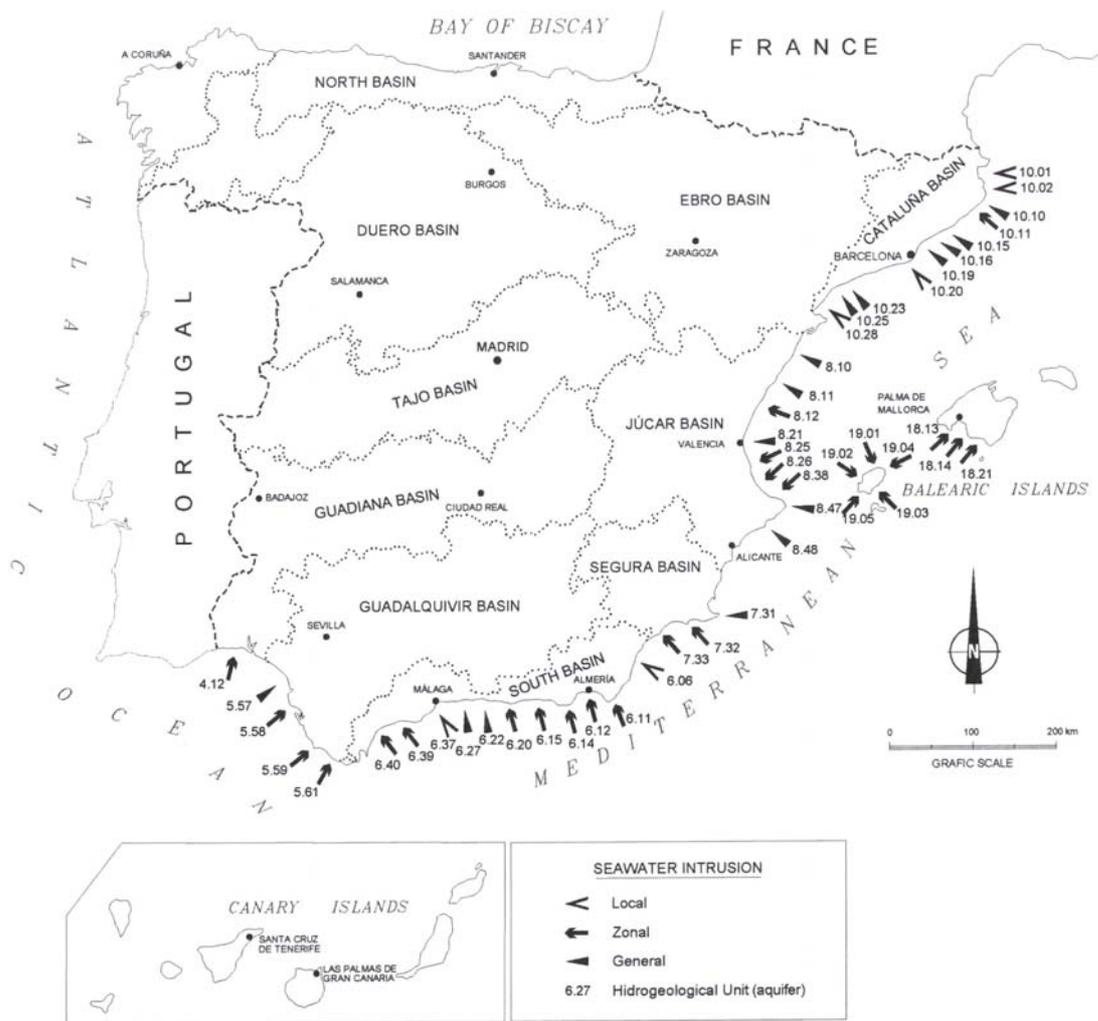


Figura 5.-Situación de la intrusión de agua de mar en los acuíferos costeros

En España la falta hasta el año 1985 de una legislación en materia de aguas, acorde con la situación generada a partir de la década de los sesenta del pasado siglo XX, por el aprovechamiento e incorporación de las aguas subterráneas al tejido productivo, motivó que algunos de los acuíferos se vieran sometidos a una explotación por encima del valor medio de sus recursos hídricos renovables, sin ningún tipo de control. Esto ha ocurrido prácticamente en toda España, pero especialmente en la Región de Castilla-La Mancha, y en el Levante, Sureste peninsular y archipiélagos balear y canario.

Esos hechos, han puesto en entredicho la potencialidad de los acuíferos, a pesar de su gran valor ambiental, económico y social. Quizás el caso más representativo de esta situación, sea el acuífero 23 “Mancha Occidental”, que con unos recursos renovables estimados en un máximo de 340 hm³/a (variando entre 240 y 340, dependiendo de que el año sea seco, húmedo o medio), supera a la mayoría de los embalses españoles en cuanto al volumen regulado, sin embargo por falta de una adecuada planificación, se encuentra en una grave

situación de sobreexplotación y de afección ambiental (López-Geta, 2000b). Los efectos pueden observarse en el gráfico 2, donde se recoge la evolución de las reservas hídricas del acuífero. Así para el periodo representado, el vaciado total supone unos 2.500 hm³, resultante del vaciado de 3.750 hm³ en el periodo 1980-95, una recuperación de 1.750 en el periodo 95-99, un nuevo vaciado de 800 hm³ para el periodo 1999-2005 y una recuperación para el último periodo 2004-2005.

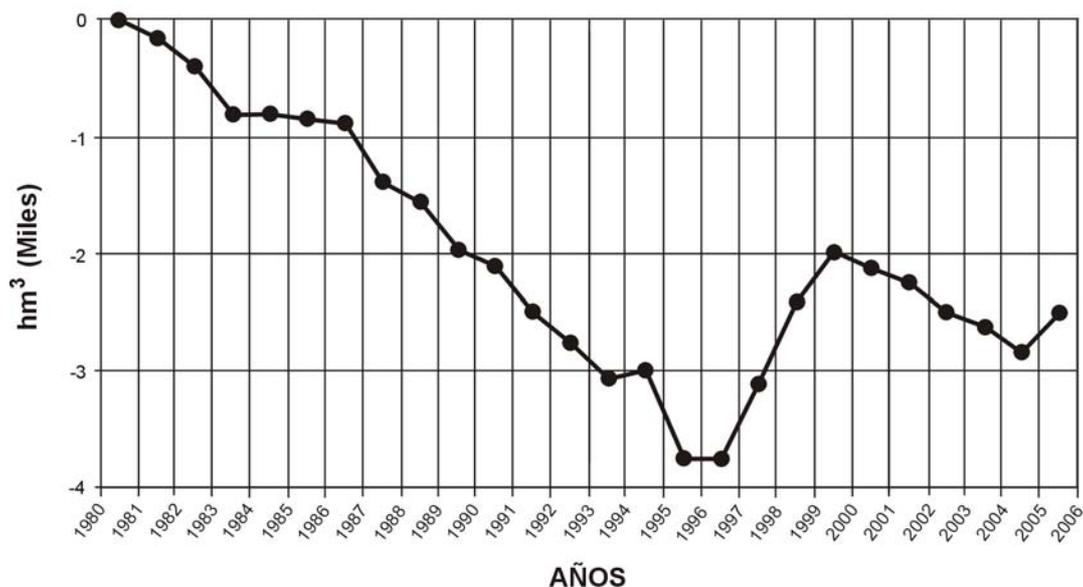


Gráfico 2. Evolución de la variación de las reservas de la unida hidrogeológica 04.04 o acuífero 23. Mancha Occidental

Esas extracciones han repercutido en la evolución de la piezometría de este acuífero. En la tabla 3, que recoge la información suministrada por la red piezométrica del IGME, para los años 2003 y 2004, puede observarse, que las diferencias para el año 2003, entre el periodo de aguas altas y bajas, presenta siempre un valor negativo, acorde con el descenso de nivel que se produzca por la disminución de las precipitaciones en el periodo estival y las extracciones llevadas a cabo fundamentalmente para regadío. Por el contrario, la comparación de los niveles correspondientes al año 2004, ofrece como resultado, que aproximadamente la mitad de los valores dan un resultado positivo, es decir, los niveles en aguas bajas resultaron más elevados que en aguas altas en muchos de los puntos de control; esto es resultado de las altas precipitaciones que se produjeron de marzo a junio (Mejías, 2005).

PIEZÓMETROS REPRESENTATIVOS							
Nº Registro	M.A.S.	P.N.P. 80	P.N.P. 04	P.N.P. 05	Dif. 04-05	Dif. 80-05	m/año
193030014	M. Occ.I	7,6	25,53	24,11	1,42	-16,51	-0,66
193030086	M. Occ.I	sin datos	35,07	33,47	1,60	sin datos	sin datos
193040040	M. Occ.I	10,46	33,25	31,91	1,34	-21,45	-0,86
193080012	M. Occ.I	17,37	36,1	34,73	1,37	-17,36	-0,69
193130005	M. Occ.I	13,87	27,41	23,85	3,56	-9,98	-0,40
202940011	M. Occ.II	3,08	34,4	32,30	2,10	-29,22	-1,17
202970005	M. Occ.I	16,15	45,67	44,12	1,55	-27,97	-1,12
203030001	M. Occ.II	28	53,67	52,89	0,78	-24,89	-1,00
203040001	M. Occ.II	27,33	59,34	60,66	-1,32	-33,33	-1,33
212910019	M. Occ.II	21,21	54,23	51,67	2,56	-30,46	-1,22
212930008	M. Occ.II	3,38	16,02	14,13	1,89	-10,75	-0,43
222830001	M. Occ.II	26,97	40,75	37,99	2,76	-11,02	-0,44
222880011	Rus-Córcoles	13,92	31,23	27,30	3,93	-13,38	-0,54
222940080	Rus-Córcoles	10,22	27,98	24,32	3,66	-14,10	-0,56
222960021	M. Occ. II	56,24	86,46	76,06	10,40	-19,82	-0,79
MEDIA					2,51	20,01	0,80

**Tabla 3.- Evolución piezométrica del acuífero 23. “Mancha Occidental”.
Diferencia entre aguas altas y bajas**

Para mejorar la situación de sobreexplotación en este acuífero se puso en marcha el Programa de Compensación de Rentas (PCR) (o más conocido como plan de humedales), que tenía como objetivo estratégico, reducir las extracciones de agua en el acuífero en 230 hm³/año, estabilizando las mismas en 300 hm³/año (se estima los recursos renovables en 340 hm³/año). El programa ofrecía a los agricultores la posibilidad de acoger sus tierras de regadío (excepto las ocupadas por viñedos) a un contrato de reducción del volumen de agua para riego durante cinco años a cambio de cobrar una prima. Según Rosell (2001), los resultados del PCR en 1998, se pueden reducir a las siguiente cifras, que recogen conjuntamente las de los acuíferos 23 y 24: hectáreas acogidas 84.295,04, beneficiarios 2.587 y primas 4.069.919.062 pta (24.460,71 €). Según este autor, aunque las cifras son importantes, éstas deben tomarse con cautela como indicador de la idoneidad o éxito de la actuación.

La repercusión del Plan en el acuífero es difícil de cuantificar, no obstante en el gráfico 3, se observa cómo en dicho periodo de tiempo, se produce una disminución de la extracciones, que coincide con un aumento de las reservas hídricas, lo que parece indicar una mejora del acuífero debido a la aplicación del Plan. Sin embargo, esto no se puede confirmar, ya que esta mejora coincide con un periodo húmedo, lo que dificulta probar que esos cambios de tendencias se deban exclusivamente a la aplicación del mencionado Plan.

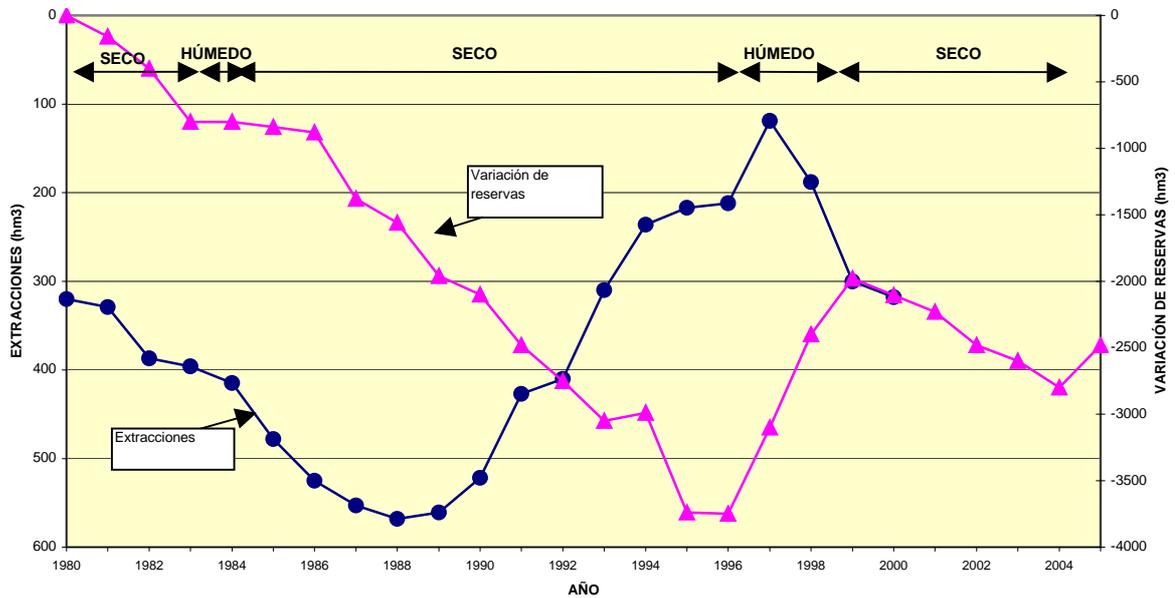


Gráfico 3. Variación de las reservas y de las extracciones, en el acuífero 23. Mancha Occidental.

La situación española es delicada en cuanto al estado de la sobreexplotación y/o salinización de los acuíferos, no por el número de ellos implicados, 77, según el Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados/salinizados, y que supone un 18% del total de las unidades hidrogeológicas, sino por los lugares en que se sitúan y las implicaciones sociales, ambientales y económicas que conllevan.

El problema de sobreexplotación o de salinización por efecto de la intrusión de agua de mar en los acuíferos costeros, está contemplado en varios artículos de la Ley de Aguas y sus reglamentos. Las condiciones y procedimiento para su declaración están recogidos en el artículo 171 del RDPH (una vez modificado) en su punto 1º, donde se establece que “El Organismo de cuenca competente, oído el Consejo del Agua, podrá declarar que los recursos hidráulicos subterráneos de una zona están sobreexplotados o en riesgo de estarlo. En estas zonas el Organismo de cuenca, de oficio o a propuesta de la comunidad de usuarios u órgano que la sustituya, conforme al artículo 87.2 del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), aprobará, en el plazo máximo de dos años desde la declaración, un plan de ordenación para la recuperación del acuífero o unidad hidrogeológica. Hasta la aprobación del plan, el Organismo de cuenca podrá establecer las limitaciones de extracción que sean necesarias como medida preventiva y cautelar...”; y en su punto 2, dice: “... se considerará que los recursos subterráneos de una zona están sobreexplotados o en riesgo de estarlo cuando se dé alguna de las siguientes condiciones: a) Que se esté poniendo en peligro la subsistencia de los aprovechamientos de aguas subterráneas existentes o de los actuales ecosistemas directamente asociados a estas aguas que hayan sido objeto de delimitación y posterior declaración conforme a la legislación ambiental, como consecuencia de que se vinieran realizando en los acuíferos de la zona extracciones medias anuales superiores o muy próximas al volumen medio interanual de recarga. b) Que se vengán realizando extracciones que generen un deterioro significativo de la calidad del agua. c) Que el régimen y concentración de las extracciones sea tal que , aun no existiendo un balance global desequilibrado, se esté poniendo en peligro la sostenibilidad de los aprovechamientos a largo plazo”.

Asimismo, el artículo 244.1, recoge: “La protección de las aguas subterráneas frente a intrusiones de aguas salinas de origen continental o marítimo se realizará, entre otras acciones, mediante la limitación de la explotación de los acuíferos afectados y, en su caso, la redistribución espacial de las captaciones existentes. Los criterios básicos para ellos serán incluidos en los Planes Hidrológicos de cuenca, correspondiendo al Organismo de cuenca la adopción de las medidas oportunas”; y en su punto 2, se establece que: “El Organismo de cuenca podrá declarar que un acuífero o zona está en proceso de salinización y con ello imponer una ordenación de todas las extracciones de agua para lograr su explotación”; y en el punto 3, que: “Se considerará que un acuífero o zona está en proceso de salinización cuando, como consecuencia directa de las extracciones que se realicen, se registre un aumento progresivo y generalizado de la concentración salina de las aguas captadas, con peligro claro de convertirlas en inutilizables”.

A la vista de las definiciones y criterios recogidos en la legislación, el término sobreexplotación, ha sido utilizado para describir diferentes situaciones. Es importante no confundir los efectos derivados de periodos de sequía, que pueden producir descensos de niveles, pero que se recuperan cuando dicho fenómeno desaparece (Gráfico 4), con los descensos que se originan como consecuencia de una sobreexplotación, y cuyo descenso piezométrico se mantiene a lo largo de los años, sin responder a los cambios naturales, como puede ser un ciclo de lluvias más importantes (Gráfico 5).

En el gráfico 4, que corresponde a un piezómetro situado en el acuífero de Fuente de Piedra, se observa cómo los descensos que se producen en periodos con lluvias bajas, podrían inducir a pensar en una sobreexplotación. Sin embargo, posteriormente se recuperan tan pronto como aumentan las lluvias (no obstante este acuífero se ha declarado sobreexplotado por otras causas).

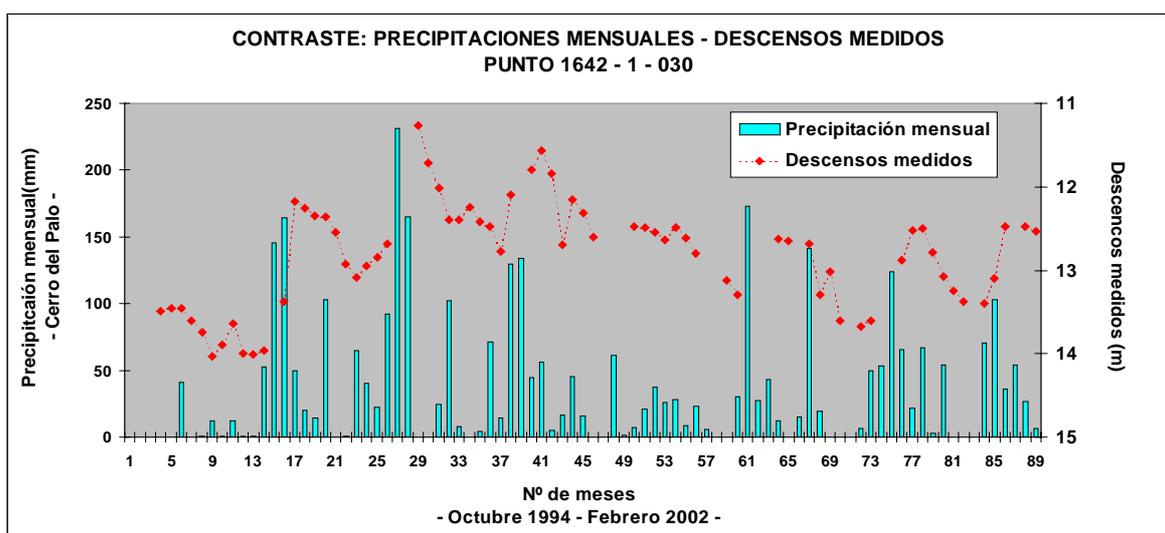


Gráfico 4 Evolución piezométrica debido a las variaciones climatológicas temporales. Acuífero de Fuente de Piedra (Málaga).

En el gráfico 5, donde se representan varios piezómetros situados en el acuífero de Serral-Salinas, los descensos son continuos, y no se recuperan a pesar del aumento de las precipitaciones.

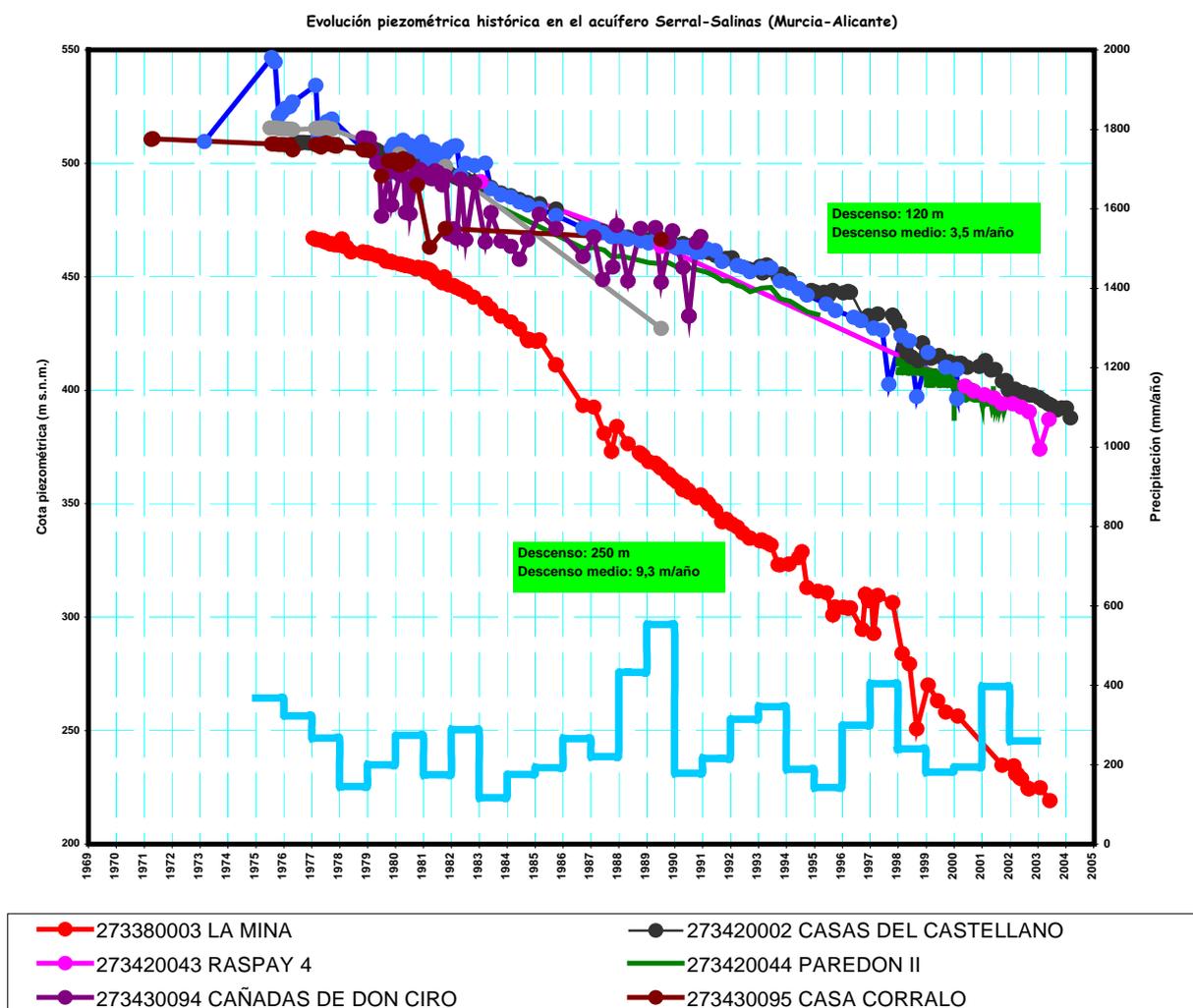


Gráfico 5. Descenso del nivel piezométrico, representativo de un acuífero sobreexplotado: Serral-Salinas (Alicante-Murcia)

Teniendo en cuenta las definiciones contempladas en la Ley de Aguas, la sobreexplotación, puede responder a tres posibles causas:

1. Extracciones muy próximas o superiores a los recursos renovables, que pongan en peligro inmediato la subsistencia de los aprovechamientos existentes.
2. Deterioro grave de la calidad del agua como consecuencia de dichas extracciones.
3. Evolución del acuífero como consecuencia de la cuantía de las extracciones que ponga en peligro la subsistencia a largo plazo de los aprovechamientos.

La situación general en España, quedó recogida en el documento “Programa de ordenación de acuíferos sobreexplotados/salinizados. Formulación de estudios y actuaciones”, que

desarrolla uno de los programas definidos en el Libro Blanco de las Aguas Subterráneas (MOPTMA y MINER, 1994) elaborado en 1998 por el MIMAM y el IGME. En este documento, se catalogaron 77 acuíferos o unidades hidrogeológicas, como sobreexplotadas, siguiendo el criterio, que relaciona el cociente entre extracción y recarga, según sea igual o superior a uno, en este caso habría sobreexplotación o salinización o indicios de ello. En este estudio no se incluyeron los acuíferos de las Cuencas Internas de Cataluña, ni los de las Islas Canarias.

En la tabla 4, se recoge la información de los acuíferos catalogados, así como los valores relativos a la relación entre extracciones y recursos renovables, el volumen de recursos y de reservas y su relación, y el tipo de problema existente (sobreexplotación y/o salinización).

CUENCA	ACUÍFERO	K (Libro blanco)	Problemática		Recarga ($\text{hm}^3/\text{año}$)	RESERVA VACIADA 1980-95 (hm^3) (1)	RELACIÓN (1)/(2)
			So br	Sal i.			
INTERCUENCAS	Campo de Montiel	0,41	•		100	170	2
	Jumilla-Villena	5,42	•		15-18	172	10
	Serral-Salinas	3,89	•	•	2,5-4	104	26
	Quibas	5,2	•	•	2,5	55	22
	Sierra de Crevillente	7,5	•		2	200	100
DUERO	Valle del Esgueva	0,63	•		40		
	Páramo de Cuéllar		•				
	Región de los Arenales		•				
GUADIANA	Mancha Occidental	1,7	•		280	2.095	7
	Ayamonte-Huelva	0,46	•	•	101,6		
	Niebla Gerena	1,55	•		7-8,5	7	1
GUADALQUIVIR	Bedmar-Jódar	1	•		2,2		
	Jaén	0,96	•		2,6-3,1	7	2
	San Cristóbal	0,25	•		0,8		
	Mancha Real-Pegalajar		•		1,4		
	Campo Agro		•		2,6		
	Chotos-Cortijo Hidalgo		•		1		
	Sevilla-Carmona		•		18	33	2
	Gerena-Cantillana	1,55	•		5,5-6,5		
	Aljarafe	0,5	•		30,7-31,2		
	Lebrija	0,86	•	•	7	6	1
	Arcos-Bornos-Espera	1	•		7		
Rota-Sanlúcar-Chipiona	0,94	•	•	12,7			
Vejer-Barbate	0,85	•		22			
SUR	El Saltador	0,77	•		2-4	25	8
	Huércal-Overa		•		5-7	6	1
	Ballabona-Sierra Lisbona	3,1	•		2-2,5	20	8
	Detrítico Aluvial Bajo	1	•		3-4,5	4	1
	Almanzora						
	Bédar-Alcornia	3,6	•		2,5-4	5	1,5
Campo de Níjar	1,06	•		12,8-14,1	40	3	
SUR	Andarax-Almería	1,4	•		22-27	25	1
	Campo de Dalías	1,2	•		96	700	8
	Castell de Ferro	0,75		•	2,7-3,2		
	Aluvial del río Verde	0,81	•	•	8,7-13,7		
	Vélez	0,82	•	•	33		
	Sierra de Archidona		•		1,1-1,4		
	Sierra de Mijas		•		142,0		
Marbella Estepona	0,88		•	33-45			

CUENCA	ACUÍFERO	K (Libro blanco)	Problemática		Recarga (hm ³ /año)	RESERVA VACIADA 1980-95 (hm ³) (1)	RELACIÓN (1)/(2)
			So br	Sal i.			
SEGURA	Sinclinal de la Higuera	6	•		2,9-3,4	29	6
	Tobarra-Tedera-Pinilla	6	•		0,3-5,5	27	1,5
	Conejeros-Albatana	6	•		5,6-22,1	24	8
	El Molar	2,33	•	•	8,4	19	2
	Ascoy-Sopalmo	11	•		2	531	265
	Bosque	2	•		6	11	2
	Yéchar	11,66	•	•	0,3	10	20
	Alto Guadalentín	3,55	•	•	18-25,3	887	42
	Bajo Guadalentín	3,55	•	•	11	100	9
	Sierra de Carrascoy	7,09	•		1,1	88	88
	Cresta del Gallo	4,14	•		2,8	25	8
	Campo de Cartagena	2,3	•	•	83,1		
	Mazarrón	9,88	•		3,1	161	54
Águilas	6,92	•	•	1,2-3,2			
Cingla-Cuchillo	1,5	•		9,6-15,4	22	2	
JÚCAR	Vinaroz-Peñíscola	0,67		•	75		
	Oropesa-Torreblanca	1,2	•	•	24		
	Plana de Castellón	0,89	•	•	190		
	Plana de Sagunto	1,4	•	•	50		
	Mancha Oriental	0,88	•		385	1.277	4
	Villena-Benejama	1,28	•		25		
	Ondara-Denia	0,5	•	•	41,5	99	2
JÚCAR	Peñarubia	2,75	•		4	50	13
	Argueña-Maigmo	2,37	•		5-6		
	Barracones-Carrasqueta	1,11	•		9		
	Montgó		•	•	4,7	12	2
	Cabezón del Oro	1,83	•		0,5		
	Sierra Larga	4,66	•		1,5	15	10
BALEARES	S'Estremera	1,12	•		12	34	3
	Calviá		•	•	4,5-6		
	Na Burguesa	1,42	•	•	4,5-5,5		
	Llano de Plama	0,82	•	•	82		
	Llucmajor-Campos	0,85	•	•	62		
	Marina de Llevant		•		21-28		
	San Antonio	1,6	•	•	2,5-6		
	Santa Eulalia	1,28	•	•	3,5-6	7	1,5
	San Carlos	1,4	•	•	1,9-4,5		
	San José	0,95	•	•	2		
Ibiza	2	•	•	6-10			

Tabla 4.- Catálogo de acuíferos sobreexplotados o salinizados

En la misma tabla 4, se observa cómo la mayoría de los acuíferos, con extracciones por encima de sus recursos renovables, se sitúan en el litoral mediterráneo, donde existe una mayor demanda y uso de las aguas subterráneas. Las extracciones en estos acuíferos ha producido un vaciado de reservas hídricas, estimadas, para el periodo 1980-1995, en 7.102 hm³, cifra actualmente superada, teniendo en cuenta que han transcurrido 10 años desde que se hizo dicha estimación, y las extracciones han seguido.

También la tabla 4, refleja la dificultad que representa la recuperación de estos acuíferos, teniendo en cuenta que en algunos de ellos, la extracción de reservas supera el 200% de los recursos renovables. Por ejemplo, el Acuífero de Alcoy-Sopalmo, requeriría, para su

recuperación estar sin bombear durante 265 años seguidos. Algo similar se puede comentar del acuífero de Crevillente, donde serían necesarios 100 años para su recuperación. Esto ocurre prácticamente en todos los acuíferos incluidos en la lista, y especialmente en los situados en la Cuenca Hidrográfica del río Segura, donde los recursos hídricos renovables son reducidos, y sin embargo la explotación es muy intensa. Estos tiempos disminuirían si se recargarán artificialmente, con recursos externos, algo en principio difícil, si se tiene en cuenta su escasez en estas zonas.

Hay otro conjunto de acuíferos, con características similares, pero que responden a situaciones derivadas de implicaciones ambientales. Es el caso del acuífero de la Mancha Occidental, ya comentado anteriormente, en el que se sitúa el Parque Nacional de las Tablas de Daimiel o el caso del acuífero del Campo de Dalías (Figura 6), con ciertos problemas de salinización por efecto de la intrusión salina, pero con unas consecuencias distintas, ya que en éste al estar ligada a una agricultura de gran valor económico, las implicaciones serían fundamentalmente sociales.



Figura 6. Vista panorámica de los regadíos soportados por el acuífero de S^o de Gador-Campo de Dalías (Almería)

USO SOSTENIBLE DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS

En el Acuerdo Andaluz por el Agua, en su preámbulo, se expone: “el agua ha pasado a constituir una cuestión social que requiere una gestión que aborde aspectos ecológicos, socio-económicos y culturales. Esta múltiple concepción de su función conduce al concepto de desarrollo sostenible, es decir el aprovechamiento que permita favorecer hoy el desarrollo de actividades productivas y el aumento del bienestar humano a través de su consumo pero sin

poner en riesgo el desarrollo y bienestar futuro debido a un consumo desmedido o la degradación del recurso agua así como de los ecosistemas y otros recursos naturales. Se plantea que la gestión del agua requiere hoy una aproximación multisectorial, lo que extrema su complejidad y la acerca progresivamente a una gestión de conflictos entre los diversos participantes con intereses a menudo divergentes.... Existe el conocimiento de que la solución no se encuentra en el ámbito puramente hidráulico, sino en el más amplio de la política territorial, en el marco del desarrollo rural, con criterios económicos y sociales”.

La limitación de los recursos naturales disponibles es una evidencia. Es algo perceptible por parte del hombre. Sin embargo, esto no significa que el mundo más desarrollado haya tomado conciencia o haya valorado adecuadamente la trascendencia de esa limitación en orden a evitar el agotamiento irreversible de los mismos. Esta reflexión conduce, como recoge el mencionado preámbulo, al concepto de desarrollo sostenible, del que no queda marginado el agua como recurso natural imprescindible para la vida, pero finito, es decir, sujeto a limitaciones en cuanto a su posible demanda y sensible frente al deterioro de sus propiedades físico-químicas.

Desde la Conferencia de las Naciones Unidas sobre el Agua, en el Mar del Plata, Argentina, en 1977, hasta la Cumbre (Río+10), de Johannesburgo (Sudáfrica), en el 2002, muchas son las reuniones internacionales que se han celebrado en el mundo con un objetivo común en todas ellas, que queda resumido, en alguno de los puntos de la Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible: “El agua dulce es un recurso finito y vulnerable, imprescindible para el mantenimiento de la vida, el desarrollo y el medio ambiente. El desarrollo y la ordenación de los recursos hídricos deberá basarse en un criterio participativo, al que contribuyan todos los usuarios, planificadores y autoridades responsables. El agua tiene un valor económico en todos los usos competitivos que se hacen de ella y deberá reconocerse como un bien económico” .

El contenido de la Declaración de Dublín, pone de relieve tres aspectos fundamentales; que se indican a continuación:

El primero, *el agua dulce es un recurso finito y vulnerable, imprescindible para el mantenimiento de la vida, el desarrollo y el medio ambiente*. Sobre estos aspectos incide de forma relevante tanto la Ley de Aguas como la Directiva Marco sobre política del agua en la Unión Europea (DMA).

En lo referente a la Ley de Aguas, en su Texto Refundido establece los objetivos y criterios de la planificación hidrológica, e indica, en su punto 1º, “que la planificación hidrológica tendrá por objetivo general conseguir el buen estado y la adecuada protección del dominio público hidráulico y de las aguas objeto de esta ley, la satisfacción de las demandas de agua, el equilibrio y armonización del desarrollo regional y sectorial, incrementando las disponibilidades del recurso, protegiendo su calidad, economizando su empleo y racionalizando sus usos en armonía con el medio ambiente y los demás recursos naturales”.

En estos aspectos incide también la DMA. Así, en su artículo 1º, establece el marco para la protección de las aguas; en su letra c) promover el uso sostenible del agua basado en la protección a largo plazo de los recursos disponibles; y en la letra e) garantizar el suministro suficiente de agua superficial o subterránea en buen estado, tal como requiere un uso del agua

sostenible, equilibrado y equitativo”. Y en su artículo 4, establece los objetivos ambientales, que en el caso de las aguas subterráneas, quedan recogidos en la letra b), de la que se puede destacar lo que se refiere a los Estados miembros en el sentido de que tendrán que proteger, mejorar y regenerar las masas de agua subterráneas y garantizar un equilibrio entre las extracciones y la alimentación de dichas aguas con el objeto de alcanzar un buen estado de las aguas subterráneas. Igualmente, plantea que habrán de aplicar las medidas necesarias para evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de aguas subterráneas.

El agua es un recurso finito y vulnerable. Es finito, por lo tanto su aprovechamiento está limitado a la cantidad de agua disponible. En el caso de las aguas subterráneas, su aprovechamiento máximo estaría limitado por el volumen de los recursos renovables, cuya estimación, en el caso de España, está en el orden de los 20.000 millones de metros cúbicos, cifra que según las estimaciones del Libro Blanco del Agua (MIMAM, 2000), podría elevarse hasta los 30.000. Evidentemente este volumen de agua, no puede disponerse totalmente para usos tradicionales, ya que parte de ella puede estar comprometida bien para usos indirectos, como es su regulación mediante embalses de superficie, o bien por estar comprometidos con usos ambientales como pueden ser los caudales ecológicos de los ríos, el mantenimiento de los espacios naturales, o la conservación de las zonas húmedas, entre otros ecosistemas acuáticos.

En esta dirección, la DMA establece también ciertas restricciones, cuando define como recurso hídrico disponible de agua subterránea: “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 las especificaciones del artículo 4, para evitar cualquier disminución significativa en el estado ecológico de tales aguas, y cualquier daño significativo a los ecosistemas terrestres asociados.”

En el balance hídrico recogido en López Geta, *et al.* (1993), (Cuadro 1), se puede observar, que del total de aportaciones hídricas subterráneas, estimadas en 20.000 hm³/a, unos 6.000 hm³/a corresponden a bombeos; esto supondría que estarían sin regular unos 14.000 hm³/a. Sin embargo no es así, ya que parte de estos recursos están comprometidos, bien porque estén regulados mediante embalses, o bien porque estén comprometidos en el mantenimiento de los caudales ambientales o por salidas al mar. No obstante, el balance hídrico indica que pueden existir unos 10.000 hm³/a, susceptibles de ser utilizados. Ante estas cifras cabría preguntarse: ¿en qué condiciones se puede alcanzar ese límite de explotación?. La respuesta es sencilla, teniendo en cuenta que el único condicionante para llevar a cabo su aprovechamiento es que existan condiciones técnicas, económicas y ambientales adecuadas. No obstante, estas posibilidades podrían quedar muy mermadas si se aplica, sin ningún condicionante o cautela, el concepto de recurso disponible establecido en la DMA; limitación que podría extenderse a las aguas subterráneas actualmente aprovechadas.

CUENCA HIDROGRAFICA	APORTACIÓN SUBTERRÁNEA	VOLUMEN REGULADO MEDIANTE EMBALSES (APORTACIÓN SUBTERRÁNEA)	VOLUMEN REGULADO MEDIANTE BOMBEO	CAUDALES ECOLÓGICOS SUBTERRÁNEOS	SALIDAS SUBTERRÁNEAS AL MAR	APORTACIÓN SUBTERRÁNEA SIN REGULAR
Galicia Costa Norte I	471	**	**	8	**	**
Norte II	2.086	0	56	35	52	1.943
Norte III	418	0	74	7	16	321
Duero	1.889	0	790	32	--	1.067
Tajo	1.652	223	164	28	--	1.237
Guadiana I	829	0	816	14	--	-1
Guadiana II	69	0	59	1	10	-1
Guadalquivir	2.586	894	428	44	85	1.135
Guadalete-Barbate	263	0	79	5	15	164
Sur	1.303	151	733	22	123	274
Segura	633	297	476	11	5	-156
Júcar	2.945	967	1.495	50	264	169
Ebro	3.780	199	349	64	40	3.128
Pirineo Oriental	968	10	449	15	151	343
TOTAL	19.892	2.741	5.968	336	761	9.781

** Datos no disponibles

Cuadro 1.- Distribución por cuencas hidrográficas de los excedentes de aguas subterráneas

Como aprovechamiento sostenible, habría que entender por tanto, en el caso de las aguas subterráneas, el volumen de agua que puede extraerse de un acuífero, que debe coincidir con el volumen disponible que se haya estimado, y que nunca podrá superar el máximo de los recursos renovables medios calculado. Si esto se hace así, el volumen extraído cumpliría con el máximo de garantía, y estará disponible en cualquier situación temporal.

Para explicar el por qué se dispone de un recurso con máxima garantía y disponible en cualquier situación hay que partir de dos propiedades de los acuíferos de las que no se ha comentado nada hasta el momento. La primera estaría ligada al término *reservas hídricas* subterráneas, que corresponden al volumen de agua almacenada en un acuífero independientemente de los recursos renovables. Una explotación de estas reservas, conocida técnicamente como *minería del agua*, podría presentar cierto rechazo, sin embargo, si se hace planificadamente, permitiría mantener temporalmente las extracciones programadas en el acuífero. El volumen de reservas extraídos, se recuperaría en años posteriores de precipitación normal. Esta propiedad de los acuíferos es una ventaja con respecto a los embalses de regulación superficial, que pueden verse afectados en periodos de baja precipitación, lo que supone una menor aportación al embalse, y por consiguiente un menor volumen de agua almacenada, lo que origina una menor disponibilidad y grado de garantía. Esto no es mejorable, como puede hacerse en el caso de las aguas subterráneas, al disponer de unos recursos hídricos importantes. La segunda de estas propiedades está ligada al término *capacidad de almacenamiento*, entendiéndose éste como el volumen de huecos que existen en la formación geológica que constituye el acuífero y que pueden ser rellenados por el agua de lluvia, de forma natural o artificialmente o de forma inducida. Sobre esta capacidad existen algunas estimaciones, que sitúan esta cifra por encima de los 300.000 hm³, es decir, más de seis veces la capacidad de almacenamiento de los embalses superficiales (López Geta *et al.* 2001).

Estas propiedades de los acuíferos, hacen que las demandas satisfechas con aguas subterráneas no sufran restricciones relevantes, salvo en aquellos casos de mala ubicación o deficiente diseño de la captación o con limitaciones por cuestiones ambientales, como se ha comprobado en el acuífero de la Mancha Occidental (Acuífero 23).

El agua es un recurso vulnerable, que se ve fácilmente afectado como consecuencia de las presiones generadas por el hombre. Estas acciones antrópicas pueden incidir sobre la cantidad del recurso, debido al uso intensivo, sin ningún tipo de planificación, originando procesos de sobreexplotación de los ríos y acuíferos y la afeción a los sistemas naturales; también las presiones inciden sobre la calidad del agua, dando lugar a problemas de contaminación, que limitan su utilización para ciertos usos.

La actuación a esta situación está contemplada en la normativa española. Así en el TRLA se establece que son objetivos de la protección de las aguas y del dominio público hidráulico: “b Promover el uso sostenible del agua protegiendo los recursos hídricos disponibles y garantizando un suministro suficiente en buen estado. d) Garantizar la reducción progresiva de la contaminación de las aguas subterráneas y evitar su contaminación adicional y asimismo, en el artículo 92 bis. se dice que “para conseguir una adecuada protección de las aguas, se deberán alcanzar los siguientes objetivos: b) Para las aguas subterráneas: a´. Evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas y evitar el deterioro del estado de todas las masas de agua subterránea. b´. Proteger, mejorar, regenerar las masas de aguas subterráneas y garantizar el equilibrio entre la extracción y la recarga a fin de conseguir el buen estado de las aguas subterráneas, c´. Invertir las tendencias significativas y sostenibles en el aumento de la concentración de cualquier contaminante derivada de la actividad humana con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas. c) Para las zonas protegidas: cumplir las exigencias de las normas de protección que resulten aplicables en una zona y alcanzar los objetivos ambientales particulares que en ellas se determinen”.

En cuanto a la protección de las aguas subterráneas frente a intrusiones de aguas salinas, en el artículo 99, se indica que “La protección de las aguas subterráneas frente a intrusiones de aguas salinas, de origen continental o marítimo, se realizará, entre otras acciones, mediante la limitación de la explotación de los acuíferos afectados y, en su caso, la redistribución espacial de las captaciones existentes. Los criterios básicos para ello serán incluidas en los Planes Hidrológicos de cuenca, correspondiendo al Organismo de cuenca la adopción de las medidas oportunas”.

Siguiendo con la Declaración de Dublín el agua subterránea es *un recurso imprescindible* para el mantenimiento de la vida, el desarrollo y el medio ambiente. En la Cumbre de Johannesburgo se alertaba a los países desarrollados de la grave situación en que se encuentra una gran parte de los habitantes del mundo. En dicha cumbre celebrada en el año 2002, se denunciaba que más de 1.000 millones de personas no disponen de agua en las debidas condiciones; cerca de 3.000 millones de personas no disponen de medidas sanitarias adecuadas; y 3 millones de personas al año mueren por enfermedades relacionadas con el agua. Ante estas cifras las personas que vivimos en lo que hemos acuñado como mundo desarrollado, hablar de agua y calidad de vida en los términos que nosotros entendemos, pueden producir un cierto sonrojo, que solo nos debe llevar a actuar para subsanar lo más urgentemente posible este problema.

El acceso al agua y al saneamiento es un derecho humano. Es por tanto prioritario garantizar un equitativo acceso al agua de todos los ciudadanos. No hay alternativa al agua; esta es la clave del desarrollo sostenible. Es crucial por su dimensión social, económica y ambiental. Está previsto, en un plazo de 10 años suministrar agua a 1500 millones de personas.

El segundo aspecto que contempla la Declaración de Dublín, se refiere a que el desarrollo y la ordenación de los recursos deberá basarse en un criterio participativo, al que contribuyan todos los usuarios, planificadores y autoridades responsables. Esta propuesta parece que está asumida por todos. En este sentido, J. Palop, en su intervención en las Jornadas Agua y Globalización en el Mediterráneo (Palop, 2003), hace referencia al Foro de Málaga, expresando que nace como respuesta a la imperiosa necesidad de alumbrar un nuevo modelo de gestión del agua, basado en una participación real, democrática y efectiva de todos, orientado a compatibilizar la cohesión social con la protección del medio ambiente y la economía. Se trataría en definitiva, de avanzar en un nuevo modelo participativo inspirado en una nueva ética intergeneracional, que nos lleva a considerar el agua tanto una herencia de nuestros antepasados, como un préstamo de las generaciones futuras.

Existe acuerdo social sobre esas palabras, sobre la necesidad de avanzar en este nuevo modelo que integre todas las ideas, que supere viejas concepciones, donde el proceso planificado quede reducido a la intervención de un número muy limitado de personas e instituciones. La Ley de Aguas, supuso un avance importante en ello, al dar entrada en los Organos de Gobierno de las Confederaciones Hidrográficas, no sólo a la Administración central, sino también a las Comunidades Autónomas y a los usuarios, al menos estos últimos en un tercio del total de votos. Además, como órganos participativos de la Junta de Gobierno, se establece la asamblea de usuarios, la comisión de desembalse, las juntas de explotación y las juntas de obras, como instrumentos de gestión donde participan todos esos colectivos. El esfuerzo ha sido importante pero no suficiente, especialmente en lo que se refiere a la representación de los usuarios, quedando reducida a una representación porcentualmente baja. Sobre esto incide igualmente, la DMA, y así en su artículo 14, establece que los Estados miembros fomentarán la participación activa de todas las partes interesadas.

El tercer aspecto, recogido en la Declaración de Dublín, *incide sobre el valor económico en todos sus usos competitivos que se hacen de ella y deberá reconocerse como un bien económico*

En el artículo 9 de la DMA se establece el principio de recuperación de costes de los servicios relacionados con el agua. Para ello se propone como fecha el año 2010. Para ir avanzando en este objetivo, el MIMAM (2003) ha elaborado un documento sobre la valoración del coste de producción de las aguas subterráneas en las cuencas intercomunitarias, para los diferentes usos, sin tener en cuenta los costes ambientales de los que la DMA hace especial mención.

En el estudio mencionado anteriormente, en las tablas 5 y 6 se recogen los costes económicos para abastecimiento agrícola, siendo los más bajos los correspondientes a la Cuenca del Guadiana y los más altos a la del Segura. Los valores ponderados en función del bombeo oscilan para regadío entre 0.09 €/m³ en el Júcar y 0.21 €/m³ en el Segura. Los valores mínimos oscilan poco en valores absolutos, entre 0.04 en el Guadiana y Guadalquivir y 0.18 €/m³ en el Norte. Los valores máximos ofrecen una mayor variación, oscilando entre los 0.74 €/m³ en el Segura y los 0.18 €/m³ en el Norte.

EUROS		REGADÍO		
CUENCAS		MAX.	MIN.	MEDIA
1	NORTE	0.18	0.18	0.18
2	DUERO	0.35	0.07	0.11
3	TAJO	0.29	0.14	0.14
4	GUADIANA	0.47	0.04	0.10
5	DUADALQUIVIR	0.51	0.04	0.13
6	SUR	0.35	0.07	0.15
7	SEGURA	0.74	0.13	0.21
8	JÚCAR	0.34	0.06	0.09
9	EBRO	0.47	0.07	0.18
MEDIA PONDERADA				0.12

Tabla 5.- Costes del uso del agua subterránea en Euros. Máximos, mínimos y medias ponderadas por cuencas

Cuenca	Bombes totales hm ³ /a Regadío	Coste medio €m ³ Regadío	Coste medio Ptas/ m ³ Regadío	Coste Total € Regadío
01 NORTE	0.75	0.18	30	133 305
02 DUERO	381.60	0.11	19	42 643 206
03 TAJO	116.10	0.14	24	16 684 008
04 GUADIANA	462.70	0.10	16	44 036 223
05 GUADALQUIVIR	283.50	0.13	22	38 267 026
06 SUR	374.23	0.15	25	56 577 148
07 SEGURA	437.60	0.21	35	91 513 030
08 JÚCAR	1 301.70	0.09	15	119 369 974
09 EBRO	157.42	0.18	30	28 827 392

Tabla 6.- Costes de extracción del agua por cuencas hidrográficas

La Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears, ha elaborado un documento titulado “Análisis económico del consumo de aguas y recuperación de costes en la isla de Mallorca” (2004), con el objetivo de complementar las propuestas de la DMA. El resultado es distinto según la isla (Tablas 7 y 8 y Gráfico 6). En el caso de Mallorca, para el regadío de las algo más de 16.000 ha, la explotación se ha estimado en 85 hm³/año. Los rangos de caudales oscila entre 1 y 40 L/s y las profundidades máximas del nivel piezométrico llegan hasta los 150 m , aunque lo más frecuente es que no sobrepasen los 70 m. El coste más bajo para regadío es de 0,01 €m³ en la masa de agua de S,Olla, que proviene de fuentes. Y el máximo es de 0.31 €m³, en Pollença, Petra y Son Servera, en los que los caudales son bajos. El coste anual de la extracción de agua subterránea en Mallorca se ha calculado en 14.230.000 euros, de los cuales algo más de 9.000.000 euros corresponderían al regadío.

En el caso de Menorca, los costes oscilan entre 0.09 y 0.27 €m³ y el coste ponderado es de 0,10 €m³. El coste total anual se ha calculado en 2.350.000, correspondiendo alrededor de 1.160.000 euros al regadío. En Eivissa, el coste ponderado es de 0.14 €m³ para regadío y el coste total de extracción es del orden de 2.105.000, de los cuales 1.123.000 €corresponden al regadío. En Formentera el coste asciende a 0.15 €m³ y el de extracción por regadío a 4.446 €

Isla	Bombes totales Hm ³ /a Regadío	Coste medio €/m ³ Regadío	Coste Total € Regadío
18 – Mallorca	84.33	0.11	9235146
19 – Menorca	11.68	0.10	1160603
20 - Ibiza	8.05	0.14	1122976
21 - Formentera	0.03	0.15	4446
TOTAL BALEARES	104.09	0.12	11523172

Tabla 7.- Costes de extracción del agua subterránea por Islas

Isla	Regadío (€/m ³)		
	Máximo	Mínimo	Media ponderada
18 – Mallorca	0.31	0.01	0.11
19 – Menorca	0.27	0.09	0.10
20 - Ibiza	0.27	0.09	0.14
21 - Formentera			0.15
MEDIA PONDERADA BALEARES			0.12

Tabla 8.- Costes del uso del agua subterránea. Máximos, mínimos y medias ponderadas

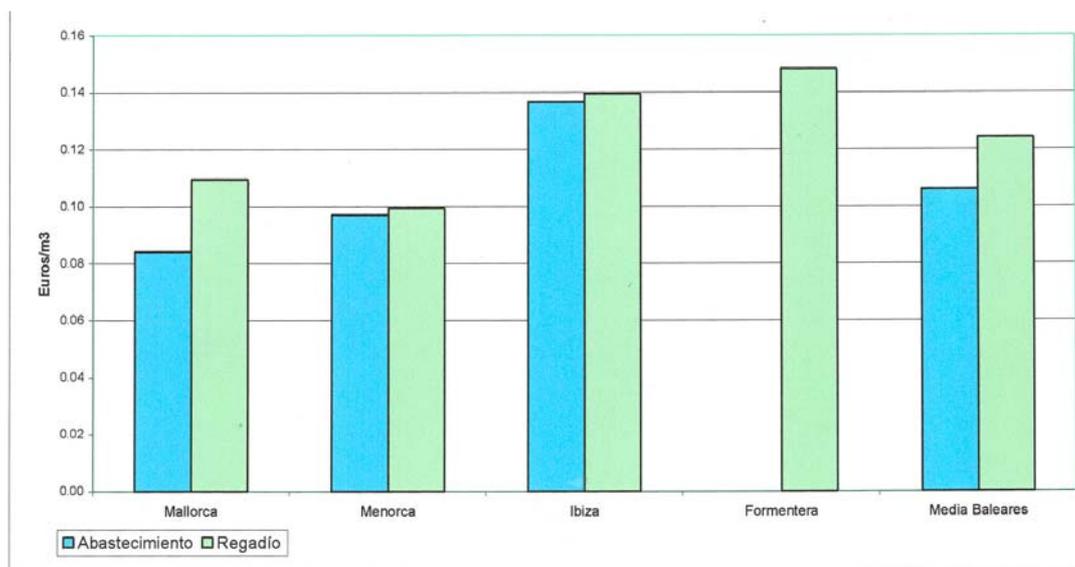


Gráfico 6.- Coste ponderado del metro cúbico del agua en Baleares

En la Comunidad Valenciana, el coste medio del agua subterránea, según Carles *et al.*, (2001), varía de forma importante de unas zonas o sistemas a otras: en el sistema Cenia-Maestrazgo, el valor medio asciende a 0,09 €/m³ (entre 0,06 y 0,12) (cítricos); en el Mijares-Plana de Castellón, 0,15 (0,14 y 0,17) (cítricos); Palancia-Los Valles, 0,13 (cítricos); Turía (mixtos), 0,06 (cítricos); Alarcón-Contreras, 0,10 (13.50-21.33) (cítricos) y 0,07 (hortalizas); Serpis, 0,15 (0,07-0,34) (cítricos); Vinalopó-Alacantí-Vega Baja, 0,29 (0,17-0,39) (uva de mesa) y 0,26 (varios).

Un ejemplo a tener en cuenta en cuanto se refiere a la rentabilidad económica y productividad, se recoge en Corominas (2000), en el documento titulado “El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía” (FMB, 2000). En este documento se expresa que de las más de 815.000 ha de regadío en Andalucía, una cuarta parte se abastece con aguas subterráneas, y su producción supera el 57% del conjunto de la agricultura de regadío, contribuyendo con casi el 50% del empleo generado, y de este porcentaje, el 66,5% corresponde a los regadíos de las zonas litorales.

Origen del agua	Superficial	Subterránea	Total
Superficie regada (10 ³ ha)	600	210	810
Total producción (10 ⁶ €)	1950	1800	3750
Consumo medio según el origen (m ³ /ha/año)	7400	4000	6500
Productividad del agua (€/m ³)	0,42	2,16	0,72
Empleos generados (EAJ/10 ⁶ m ³)	17	58	25

EAJ: Trabajo anual equivalente (trabajo de una persona, en el año: 2200h/año).

Fuente: Martínez Cortina *et al.*, 2002 (FMB, 2000).

Tabla 9. Comparación del riego en Andalucía en función del agua.

En la Región de Murcia, existe una gran oscilación de los precios, variando entre los 0,03 €/m³ en la Huerta de Murcia hasta los 0,54 € en Aguilas o Mazarrón, es decir, en zonas costeras con cultivos más competitivos. La aportación del agua subterránea (Tobarra, 2001), a la producción final agraria en el año 1997, asciende a 583 millones de euros, es decir, el 42,4% del total regional (1.375 millones de euros) y la aportación al PIB regional representa, para ese mismo año, el 5,5% del total.

En resumen, es evidente que los precios pagados por los agricultores que aprovechan las aguas subterráneas incorporan todos los costes a diferencia, de lo que ocurre en el caso del uso de las superficiales. En los regadíos intensivos del Mediterráneo y sur de España, el coste del riego, aunque sea subterránea y escasa, no supone una fracción importante de los costes totales del cultivo (Carles, *et al.*, 2001). Parece razonable pensar, en consecuencia, que el agricultor utilizará las aguas subterráneas, mientras que éstas sean rentables en términos económicos.

Uso	Aguas Subterráneas (Mm³/año)	Porcentaje de agua subterránea (%)	Valor medio (Rango) (€/m³)	Total valor económico (10⁶ €)
Abastecimiento Urbano	1000-1500	~ 25	0.25-1.25	250-1850
Regadio	4000-5000	~ 20	1.10-2.15	4500-10,750
Industria	300-400	~ 5	10	3000-4000
Aguas Minerales	4	100	-	600
Total	5500-6500	15-20	-	8500-17,000

Fuente: Martínez Cortina, L., & Hernández-Mora, N. & Fornés, J.M., 2003. Intensive groundwater use in Spain. In: Intensive use of groundwater. Challenges and opportunities. Llamas, R. And Custodio, E. (eds.). Ed. Balkema. The Nhe Netherlands, 387-414 pp.

Tabla 10.- Uso del agua subterránea en España y valor económico de su uso.

ESTRATEGIA DE ACTUACIÓN EN EL USO SOSTENIBLE

El aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos y concretamente de las aguas subterráneas, requiere una estrategia de actuación que concilie los diferentes intereses: sociales, económicos y ambientales. Esta conciliación requiere actuar en dos direcciones, que con carácter preventivo deben coincidir al final. Por una parte, la investigación y el desarrollo tecnológico, y por otro lado, las normas jurídicas necesarias para implementar las diferentes acciones programadas (administrativas, planificación o gestión, entre otras).

Las acciones más relevantes, que pueden contribuir a un uso sostenible de las aguas subterráneas, se pueden resumir en las siguientes:

1º- Investigación hidrogeológica. Esta acción debe conducir a un mejor conocimiento de los acuíferos; cuando esto es así, se pueden plantear modelos de aprovechamiento más acordes con los planteamientos actuales y gestionar adecuadamente los recursos. En la Ley del Plan Hidrológico Nacional, se prevé esta acción en el artículo 29, punto 2, donde se establece, que “El Ministerio de Medio Ambiente elaborará, para las cuencas intercomunitarias, un Plan de acción en materia de aguas subterráneas que permita el aprovechamiento sostenible de dichos recursos y que incluirá un programa para la mejora del conocimiento hidrogeológico y la protección y ordenación de los acuíferos y de las aguas subterráneas”. Existe por tanto un marco de actuación que requiere ser puesto en marcha por la Administración.

La situación actual es muy precaria. No se dispone de información actualizada de los acuíferos, ni de los principales parámetros necesarios para alcanzar un conocimiento adecuado. No se dispone de información detallada de la evolución temporal de los volúmenes de agua que se extraen de los diferentes unidades hidrogeológicas. Los contadores de agua o caudalímetros no han resuelto el problema; es el caso del acuífero de la Mancha Occidental, donde se han instalado 4.631, con un coste económico de unos 9 millones de euros. También se disponen de otros instrumentos o medios indirectos, que pueden ser tan eficaces o precisos como los contadores y de menor coste económico. Es el caso del control a través de los consumos eléctrico o mediante la incorporación de imágenes registradas por sistemas de teledetección, estadísticas agrarias o balances hídricos, etc. (Ballester, *et al.*, 1999) (Figura 7). Esta deficiencia es debida al gran número de acuíferos existentes y a la gran extensión ocupada por los mismos. A estos hay que añadir la dificultad de acceder a algunos de ellos y al número de captaciones existentes. Para ello, la legislación contempla una serie de medidas que pueden favorecer el conseguir este objetivo. Así, en el artículo 55.4 del TRLA se establece que: “... los titulares de las concesiones administrativas de agua y todos aquellos que por cualquier otro título tengan derecho a su uso privativo, estarán obligados a instalar y mantener los correspondientes sistemas de medición que garanticen información precisa sobre los caudales de agua en efecto utilizados ...”.

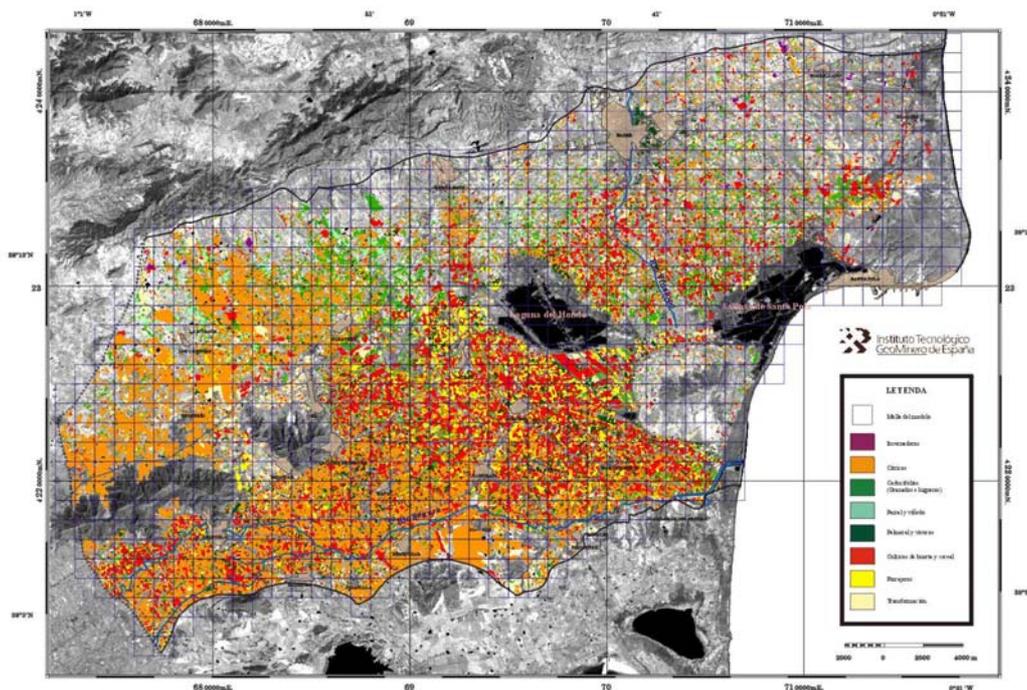


Figura 7. Inventario de regadíos y cálculo de los volúmenes de agua, obtenidos mediante imágenes de satélite

2º.- Medidas de Control. Es necesario disponer de un control, que permita conocer la evolución de los niveles piezométricos y de la calidad natural de los acuíferos, es decir el seguimiento del estado químico y cuantitativo. Este principio está recogido en la DMA, en su artículo 8. Esta información ayudará a predecir y actuar con rapidez y eficacia. En el artículo 33, de la Ley de PHN (10/2001) en su punto 2 se indica que en las cuencas intercomunitarias, el Ministerio de Medio Ambiente definirá una red básica oficial de medidas de datos hidrológicos, y asumirá la responsabilidad de su mantenimiento, archivo y actualización de los datos generados. En su punto 3, se indica que los ciudadanos tendrán libre acceso a dicha información, la cual será publicada por el MIMAM. Para ello es necesario disponer de una red de control, gestionada por la Administración hidráulica competente en cada caso, con el apoyo estratégico que se considere más eficiente.

Históricamente se ha dispuesto de una red de control, que hasta el año 2000 era operada por el IGME, y se extendía por los principales acuíferos. A partir de esa fecha, esta misión ha sido asumida por las diferentes Confederaciones Hidrográficas. Para ello, y teniendo en cuenta el programa sobre redes de control contemplado en el Libro Blanco del Agua Subterránea, actualmente se está implementando una red en cada uno de los ámbitos de los Organismos de cuenca.

La tecnología para obtener la información de las variables hidrogeológicas está muy avanzada en este campo. Se dispone de equipos que permiten hacer un seguimiento continuado en tiempo real, si es preciso, y a distancia, mediante sistemas de telecontrol por radio o satélite (Pernía, *et al.* 2003) (Figura 8). Un ejemplo a resaltar es el control que lleva a cabo la Diputación de Alicante, a través de un sistema de telecontrol de los principales acuíferos situados en dicha provincia, utilizados para abastecimiento urbano.



Figura 8. Control de las salidas del manantial del Tempul (Jerez, Cádiz), mediante un sistema de radar

Existe dificultad, por parte de la Administración hidráulica, en llevar a cabo este control por falta de medios técnicos y humanos. Esto se podría subsanar posiblemente involucrando a los usuarios en su control, mediante la implementación de lo dispuesto en la legislación actual, a través de la constitución de las Comunidades de Usuarios. Esas comunidades facilitarían la información a la administración del agua. Existe un ejemplo, en las Cuencas Internas de Cataluña, en el que la Agencia Catalana del Agua tiene establecido un convenio de colaboración con la Comunidad de Usuarios del Baix Llobregat para el control de los acuíferos contenidos en el ámbito de su actuación.

Estas actuaciones podrían estar sometidas a una auditoria cada cierto tiempo por parte de la Administración, que en el caso de las aguas subterráneas podría ser asignada al IGME, dada su experiencia y conocimiento en este campo

3°.- Elaborar normas de aprovechamiento de cada acuífero. Sólo es posible hacer un uso sostenible de un acuífero, si se conocen sus recursos y los criterios hidrogeológicos, técnicos y ambientales que determinan el grado de disponibilidad del mismo. Para ello debe existir para cada acuífero una *norma de explotación o de autorización de aprovechamiento*, donde se indique: qué recursos pueden extraerse; cuáles deben ser las características técnicas de las captaciones, fundamentalmente su profundidad y zonas que deben aislarse, y la distancia entre ellas; en qué zonas no deben realizarse perforaciones; qué características deben reunir los perímetros de protección de las captaciones destinadas al abastecimiento, etc. En la

Confederación del Guadalquivir se ha emprendido esta actividad en colaboración con el IGME.

A la aplicación de estas normas pueden contribuir de forma eficaz los usuarios de un acuífero, a través de las *Comunidades de Usuarios*, en cuyo seno se pueden debatir los diferentes problemas y se articule la aplicación de dichas normas y en general las demandas que pueden pesar sobre el acuífero.

La participación de los interlocutores sociales de un acuífero en los centros de toma de decisiones es fundamental. Haciéndose eco de esto el legislador, recoge en el artículo 87, del TRLA, lo siguiente: “1º. Los usuarios de una misma unidad hidrogeológica o de un mismo acuífero estarán obligados, a requerimiento del Organismo de cuenca, a constituir una *comunidad de usuarios*, correspondiendo a dicho Organismo, a instancia de parte o de oficio, determinar sus límites y establecer el sistema de utilización conjunta de las aguas. 2º. En los acuíferos declarados sobreexplotados o en riesgo de estarlo en aplicación del apartado 1 del artículo 56 de esta Ley, será obligatoria la constitución de una comunidad de usuarios. Si transcurridos seis meses desde la fecha de declaración de sobreexplotación no se hubiese constituido la comunidad de usuarios, el Organismo de cuenca la constituirá de oficio, o encomendará sus funciones con carácter temporal a un órgano representativo de los intereses concurrentes. 3º. Los Organismos de cuenca podrán celebrar *convenios con las comunidades de usuarios* de aguas subterráneas, al objeto de establecer la colaboración de éstas en las funciones de control efectivo del régimen de explotación y respeto a los derechos sobre las aguas. En estos convenios podrá preverse, entre otras cosas, la sustitución de las captaciones de aguas subterráneas preexistentes por captaciones comunitarias, así como el apoyo económico y técnico del Organismo de cuenca a la comunidad de usuarios para el cumplimiento de los términos del convenio”.

Así mismo, en el artículo 88 del mismo texto de Ley, se dice que “El Organismo de cuenca podrá obligar a la constitución de comunidades que tengan por objeto el aprovechamiento conjunto de aguas superficiales y subterráneas, cuando así lo aconseje la mejor utilización de los recursos de una misma zona”.

En la Ley del PHN, en su artículo, 29, punto 3, se dice que “Los Organismos de cuenca y, en su caso, las Administraciones hidráulicas competentes fomentarán la constitución de Comunidades de Usuarios de una misma unidad hidrogeológica o de un mismo acuífero, y prestarán la asistencia técnica necesaria para la elaboración del Plan de Explotación del citado acuífero que permita la explotación ordenada y sostenible del mismo”.

4º.- Medidas de ahorro de agua y uso eficiente. Potenciar la modernización del regadío, mediante la mejora de las infraestructuras e instalaciones de riego más acordes a nuestras condiciones climatológicas, y disminuir las pérdidas en los sistemas de abastecimiento urbano y riego, entre otras posibles actuaciones.

5º.- Gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. Esta técnica es una de las ideas básicas que preside la Ley de Aguas y la política de aguas de la Unión Europea (DMA). Sin embargo su aplicación no existe por igual en todos los países, ya que esta herramienta no es una práctica común en las regiones del norte de Europa, debido a la relativa abundancia de agua en estos países, situación que no se da en los situados al sur. En España, prácticamente

no se ha llevado a cabo, salvo casos muy puntuales, generalmente por iniciativa particular y sin ningún tipo de planificación. Como ejemplo de aplicación en agricultura, se pone generalmente el caso de la Plana de Castellón, llevada a cabo por iniciativa de los propios agricultores, sin ningún tipo de intervención por parte de la Administración y sin ningún tipo de estudio y planificación previa, sino por propia intuición .

En fechas recientes , por parte de la Administración se ha elaborado un programa de estudios que comprende 27 sistemas de explotación, que integran 70 acuíferos, 71 embalses, 16 grandes infraestructuras de conducción y numerosas instalaciones de tratamiento de aguas residuales y de desalación (Murillo y López-Geta, 2005).

6º.- Actualizar la normativa jurídica. La aprobación por el Parlamento y el Consejo Europeo de la Directiva Marco 2000/60/CE de actuación en el ámbito de la política de aguas en la Unión Europea (conocida como Directiva Marco de Agua-DMA), requiere su trasposición obligatoria a la normativa española. Hasta la fecha, se han realizado algunas modificaciones, siguiendo lo marcado por la DMA, pero queda aún una parte importante sin incorporar; actuación que deberá llevarse a cabo a corto plazo.

La sostenibilidad del recurso, o conseguir el buen estado de las masas subterráneas, en el año 2015 (DMA), requiere conocer y como se ha comentado anteriormente, disponer de la información relativa al grado de explotación que se está haciendo de cada uno de los acuíferos. Por causas diversas, esto no se ha conseguido hasta la fecha a pesar de las actuaciones que se han llevado a cabo tanto desde el punto de vista técnico como normativo. La situación real, es que se desconocen actualmente el número de pozos existentes, al no estar registrados, por diferentes causas, muchos de los aprovechamientos en el Registro o en el Catálogo de Aguas, a pesar de las prórrogas que se han ido dando, desde que se aprobó la Ley de Aguas en el año 1985. Por lo tanto, difícilmente se podrá actuar e implementar una política conducente a un uso sostenible del acuífero si no disponemos de esta información.

Es una situación difícil de resolver y la solución es muy compleja, ya que intervienen aspectos sociales, económicos y ambientales, no coincidentes en ciertos casos entre sí, cuya conciliación, requiere compatibilizar todos esos intereses, sin que se perjudique a una u otra parte.

A pesar de las situación en que se encuentran ciertos acuíferos, se han seguido realizando perforaciones, sin ningún tipo de autorización, o bien haciendo un mal uso de lo dispuesto en el artículo 54.2, donde se establece un procedimiento reducido para autorizar el aprovechamiento de caudales inferiores a los 7000 m³/año. La aplicación de este criterio en principio no debería presentar problemas si la extracción se limita el caudal autorizado, pero si esto no se hace así, ese caudal podría superarse sin ningún tipo de control. A esta circunstancia, en ocasiones puede añadirse otra derivada del mal uso del permiso de policía minera para hacer la captación; en este caso, se aprovecha este permiso para extraer agua sin autorización o concesión.

Debe existir una mayor coordinación entre las diferentes administraciones competentes en cada una de sus funciones. Esto resolvería sin duda una parte del problema. La otra parte del problema requiere una actuación sobre el contenido de la normativa actual. Este tipo de

modificación requiere la intervención conjunta del técnico y el jurista, con el fin de que las propuestas técnicas puedan tener hueco legal.

La aplicación del artículo 54.2, deja abierta una vía que induce a una mala aplicación, debido a la dificultad de llevar un control adecuado por parte de la Administración; algo similar ocurre con el control de las obras de captación. La solución puede consistir en mejorar lo indicado anteriormente, bien incrementando los medios humanos de la Administración hidráulica, bien haciendo participar en esta labor de control a las Comunidades de Usuarios. Otra posibilidad podría ser disminuir el caudal autorizado. Esta medida no tendría éxito, ya que el problema no está en el caudal máximo anterior sino en el que posteriormente se extraiga. Otra posibilidad podría consistir en derogar dicho artículo. Esta medida perjudicaría a ciertas personas o colectivos, que les exigiría cumplir con un procedimiento más completo y cargaría con más trabajo a los Organismos de cuenca, pero esto se podría resolver.

Como se comentaba anteriormente, otro de los problemas que dificultan el conocimiento del volumen de agua extraída en los acuíferos, es la existencia de pozos considerados como ilegales. Esto debe resolverse lo antes posible, aunque no parece adecuado que la solución pase por reconocerlos- aunque sea con un pequeño caudal-, sin tener en cuenta los recursos renovables disponibles en el acuífero. Si esto no se hace así, a medio plazo puede complicar aún más la situación de algunos acuíferos.

7º.- Difusión y divulgación de la información. Hay que facilitar el acceso a los diferentes usuarios de la información existente en los diversos estamentos de la Administración, en este caso especialmente de la Administración hidráulica, tanto a nivel Estatal (artículo 33, punto 3, de la Ley 10/2001 del PHN) como autonómico, y así como de aquellas otras instituciones que desarrollen su actividad en este campo. Esto debe llevarse a cabo mediante la potenciación en estas instituciones de los medios necesarios, humanos y técnicos suficientes que permitan consultar y disponer de la información lo más fácilmente posible, sin ningún tipo de trabas burocráticas.

El esfuerzo para poner esa información a disposición de los usuarios es muy diferente. Existen casos interesantes. Como los siguientes: la página web del Ministerio de Medio Ambiente, la Comunidad Andaluza y algunas Confederaciones Hidrográficas como las del Ebro y Júcar. También las administraciones locales ponen información en su web; es el caso de las Diputaciones de Alicante, Sevilla, Huelva y Cádiz.

El Ministerio de Medio Ambiente en su página web (Figura 9), ofrece información sobre el catálogo de sondeos, que incluye información litológica, hidrogeológica y constructiva, incluyendo mapas de localización. También se pueden consultar las series de niveles piezométricos que posee en la actualidad la Dirección General del Agua, que incorpora los datos de la red de control del IGME operada entre los años 1985 y 2001, así como los que han tomado desde entonces las distintas Confederaciones Hidrográficas en su red básica. A esta información se puede acceder tanto por consultas, utilizando referencias hidrogeológicas (unidad hidrogeológica, sistema acuífero) o administrativas (provincia, municipio), como explorando la cartografía desde la misma web.

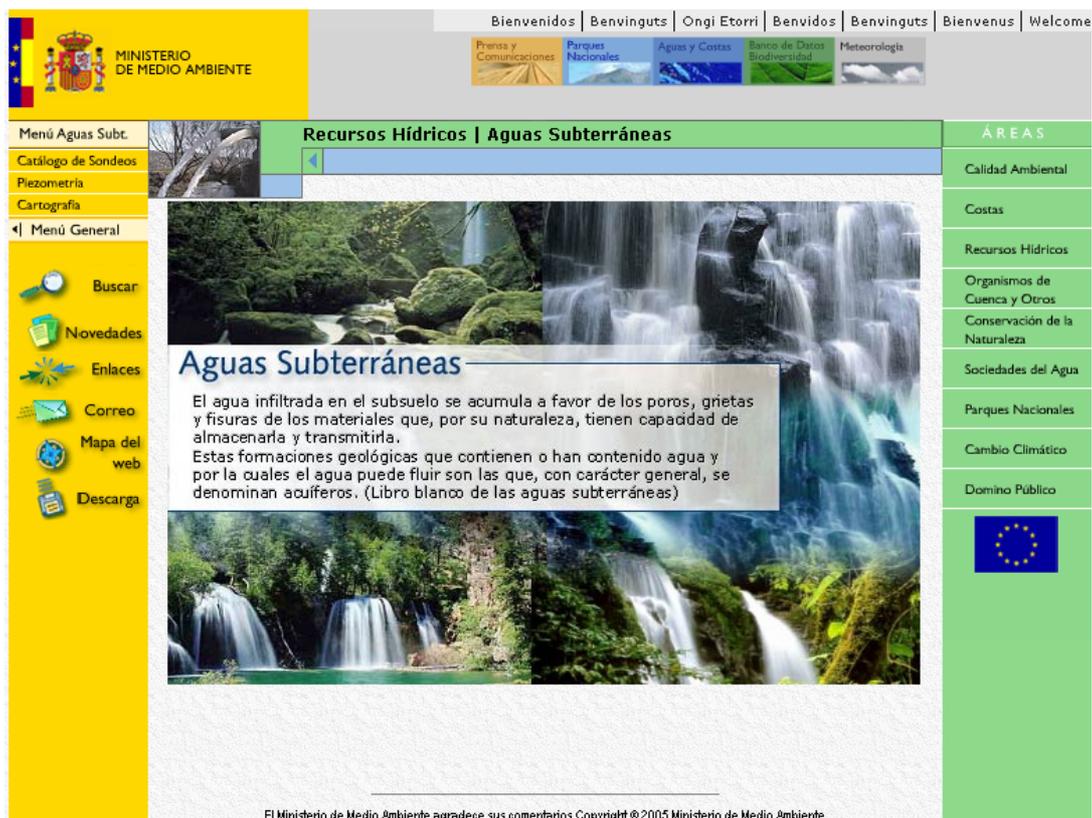


Figura 9. Página de Recursos Hídricos – Aguas subterráneas del Ministerio de Medio Ambiente

Recientemente el Ministerio de Medio Ambiente ha puesto en servicio, el Laboratorio Nacional de la Sequía, que con un contenido muy específico, recoge información de diferentes instituciones. Esta página web, es un claro exponente de la idea cada vez más generalizada de participación, no sólo de las Administraciones sino de todos los ciudadanos, que exigen transparencia informativa y calidad .

La Confederación Hidrográfica del Ebro en su servicio Red de Información del Agua (Figura 10), ofrece una completa cartografía de aguas subterráneas incluyendo la red piezométrica, las unidades hidrogeológicas (con sus actualizaciones), las zonas contaminadas por nitratos y las zonas vulnerables a los mismos, inventario de puntos de agua, perímetros de protección, etc. Esta cartografía se ofrece en un formato compatible con Arc View, de forma que los usuarios pueden tanto consultarlos como explotarlos junto a datos de otras fuentes. Desde esta web también se pueden consultar informes y estudios hidrogeológicos.



Figura 10. Página de la Red de Información del Agua de la Confederación Hidrográfica del Ebro

La Diputación de Alicante desde un Sistema de Información Web (Figura 11) permite realizar consultas a su Base de Datos de Aguas. También se puede acceder al fondo documental de los informes y estudios realizados por el Departamento de Ciclo Hídrico de la Diputación. El acceso a la información se realiza a través del SIG de la BDA y la aplicación GESPLAN, orientada al tratamiento geográfico de las entidades georeferenciadas. Entre la información que se ofrece sobre la provincia de Alicante se encuentra la relacionada con las estaciones climáticas del INM, cuencas y subcuencas hidrográficas, cauces públicos, embalses y tomas de aguas superficiales, estaciones foronómicas y calidad de ríos y embalses, acuíferos y formaciones permeables, puntos de agua subterránea, redes de control de las aguas subterráneas (DPA-IGME), núcleos urbanos y su estructura de abastecimiento, embalses para riego y sus conducciones, estaciones de tratamiento de aguas residuales, plantas desaladoras y potabilizadoras.



coordinación con las Administraciones Autonómicas y Locales, pondrán en marcha campañas de comunicación dirigidas al uso sostenible del agua, etc. También se realizarán actuaciones de formación y educación que sensibilicen sobre el uso del agua a toda la sociedad española con especial incidencia en la población escolar y en el ámbito rural. En el ámbito escolar, el IGME ha desarrollado una serie de proyectos con el único fin de incidir en la juventud desde los primeros años de su formación. En la figura 12 se recogen una serie de productos elaborados con ese objetivo. En esta campaña hay que destacar, la mascota Plopy, que representa una gota de agua y que es el personaje central de una serie de CD-Rom interactivos.

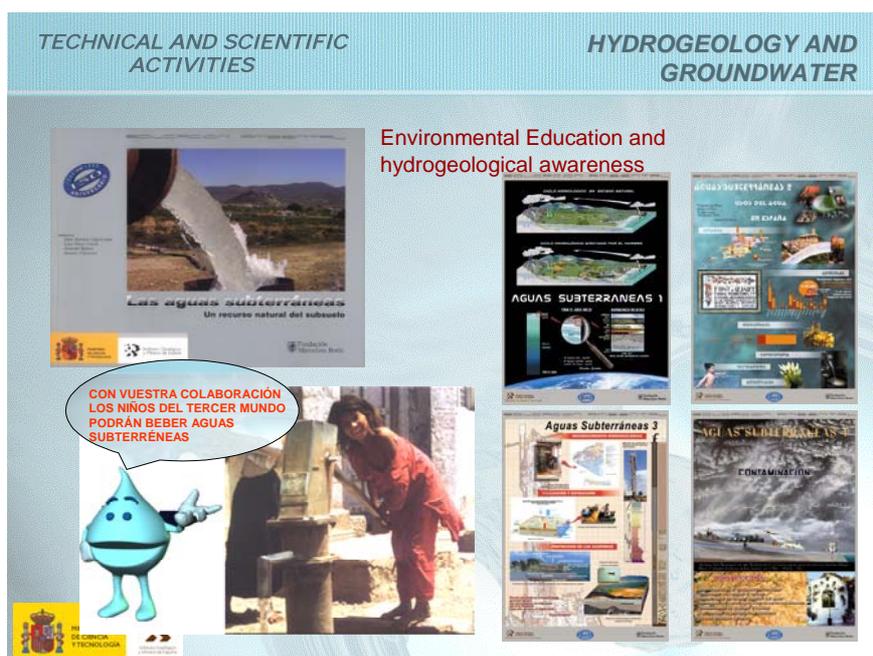


Figura 12. Campaña de educación y difusión sobre la importancia de las aguas subterráneas

En el caso concreto del colectivo dedicado a la actividad agrícola, es necesario acceder a este conocimiento, a través de sistemas de comunicación que permitan un acceso cómodo al conocimiento de los diferentes aspectos relacionados con la agricultura y el agua, desde aquellos que suponen un mejor manejo del agua, hasta aquellos otros que pueden incidir en la calidad del agua. Este tipo de acciones se contempla con el programa de formación, que se está preparando con las asociaciones de los profesionales, dedicados a la agricultura de regadío.

El uso sostenible, como indica la DMA, se consigue alcanzando el buen estado de las aguas, es decir, el buen estado cuantitativo y químico de las aguas subterráneas. Para ello, la DMA, establece que: “los Estados miembros habrán de proteger, mejorar y regenerar todas las masas de agua subterráneas y garantizar un equilibrio entre la extracción y la alimentación de dichas aguas y aplicar las medidas necesarias para invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de cualquier contaminante debida a las repercusiones de la actividad humana con el fin de reducir progresivamente la contaminación de las aguas subterráneas “.

Esto sólo se puede conseguir mediante la colaboración de los diferentes agentes implicados, siendo un elemento importante el usuario de este recurso, en este caso el agricultor. Es por tanto necesario informar, como se ha comentado anteriormente, y formar. En esto último, las Comunidades de Usuarios y la Asociaciones de Agricultores pueden jugar un papel importante, conjuntamente con las instituciones concededoras de los aspectos científicos y técnicos que inciden sobre el mismo.

CONCLUSIONES

El agua ha pasado a constituir una cuestión social que requiere una gestión que aborde aspectos ecológicos, socio-económicos y culturales. Esta múltiple concepción conduce al concepto de desarrollo sostenible. La gestión del agua requiere hoy una aproximación multisectorial, lo que extrema su complejidad y la acerca progresivamente a una gestión de conflictos entre los diversos participantes con intereses a menudos divergentes. Existe el conocimiento de que la solución no se encuentra en el ámbito puramente hidráulico, sino en el más amplio de la política territorial, en el marco del desarrollo rural, con criterios económicos y sociales.

La limitación de los recursos naturales disponibles, es algo perceptible por parte del hombre, sin embargo esto no significa que el mundo más desarrollado haya tomado conciencia o haya valorado adecuadamente la trascendencia de esa limitación en orden a evitar el agotamiento irreversible de los mismos.

El desarrollo y la ordenación de los recursos deberá basarse en un criterio participativo. Se trata en definitiva de avanzar en un nuevo modelo inspirado en una nueva ética intergeneracional, que lleve a considerar el agua como una herencia de nuestros antepasados, así como un préstamo de las generaciones futuras.

La Ley de Aguas, supuso un avance, al dar entrada en los Organos de Gobierno de las Confederaciones Hidrográficas, no solo a la Administración central, sino a las Comunidades Autónomas, y a los usuarios, al menos estos últimos en un tercio del total de vocales. El esfuerzo ha sido importante pero no suficiente, especialmente en lo que se refiere a la representación de los usuarios, quedando reducida a una representación porcentualmente baja.

El agua subterránea no tiene un origen distinto a las aguas superficiales, sino que forma parte del ciclo hidrológico, y es la parte del agua de lluvia que se infiltra y se almacena de forma natural en los acuíferos *embalses naturales* y que a través de ellos se desplaza hasta salir por los ríos, manantiales o subterráneamente al mar en el caso de los acuíferos costeros.

La década de los años sesenta del pasado siglo XX, supuso el inicio de un hecho, que algunos hidrogeólogos han denominado la revolución silenciosa de las aguas subterráneas. En el caso de España, esta revolución ha contribuido de forma relevante a un mejor bienestar social y económico. Sin embargo ha sido despreciada o muy poco reconocida por algunos colectivos, que quizás por ignorancia han utilizado frases tan fuera de la realidad científica y técnica como que todo pozo termina secándose o contaminándose.

El aprovechamiento intensivo de las aguas subterráneas, es un fenómeno reciente, posiblemente de mediados del pasado siglo. Este uso se ha producido especialmente en los países áridos y semi-áridos, o en algunas zonas costeras o próximas a las grandes ciudades y ha dado lugar a fenómenos no deseados como la sobreexplotación y/o la degradación de la calidad natural del agua y con ello una disminución de los recursos hídricos disponibles. En general, es un fenómeno que desafortunadamente se suele diagnosticar a posteriori. Sin embargo, es un proceso fácil de detectar, si se hace un seguimiento adecuado.

El espectacular aprovechamiento de las aguas subterráneas en el mundo, se puede decir que se ha debido a dos hechos fundamentales: el primero, es consecuencia de la mejora del conocimiento de los acuíferos. El segundo de los hechos, que han impulsado el uso de las aguas subterráneas ha sido el avance tecnológico en la perforación de los pozos y sondeos y en los medios de extracción del agua de los acuíferos. No existen estadísticas muy precisas sobre el número de captaciones existentes en la actualidad. Para ello se está llevando a cabo el programa ALBERCA por parte del Ministerio de Medio Ambiente

En España la falta hasta el año 1985 de una legislación en materia de aguas motivó que algunos de los acuíferos se vieran sometidos a una explotación por encima del valor medio de sus recursos hídricos renovables, sin ningún tipo de control. Esos hechos, han puesto en entredicho la potencialidad de los acuíferos, a pesar de su gran valor ambiental, económico y social.

La situación española es delicada en cuanto al estado de la sobreexplotación y/o salinización de los acuíferos, no por el número de ellos implicados, 77, (suponen un 18% del total de las unidades hidrogeológicas), sino por los lugares en que se sitúan y las implicaciones sociales, ambientales y económicas. No obstante el término sobreexplotación, ha sido utilizado para describir diferentes situaciones. Es importante no confundir los efectos derivados de periodos de sequía, que pueden producir descensos de niveles, pero que se recuperan cuando dicho fenómeno desaparece, con los descensos que se originan como consecuencia de una sobreexplotación, y cuyo descenso piezométrico se mantiene a lo largo de los años, sin responder a los cambios naturales, como puede ser un ciclo de lluvias más importantes

La mayoría de los acuíferos con extracciones por encima de sus recursos renovables, se sitúan en el litoral mediterráneo, donde existe una mayor demanda y uso de las aguas subterráneas. Las extracciones en estos acuíferos ha producido un vaciado de reservas hídricas, estimadas, para el periodo 1980-1995, en 7.102 hm³, cifra actualmente superada, teniendo en cuenta que han transcurrido 10 años desde que se hizo dicha estimación, y las extracciones han seguido. La dificultad que representa la recuperación de estos acuíferos es grande teniendo en cuenta que algunos de ellos, la extracción de reservas supera el 200% de los recursos renovables.

Hay otros acuíferos que responden a situaciones derivadas de implicaciones ambientales. Es el caso del acuífero de la Mancha Occidental o el del acuífero del Campo de Dalías con unos efectos distintos, ya que en éste último al estar ligada a una agricultura de gran valor económico, las implicaciones serían fundamentalmente sociales.

El aprovechamiento sostenible de los recursos hídricos y concretamente de las aguas subterráneas, requiere una estrategia de actuación que concilie los diferentes intereses: sociales, económicos y ambientales. Esta conciliación requiere actuar en dos direcciones, que

con carácter preventivo deben coincidir al final. Por una parte, la investigación y el desarrollo tecnológico, y por otro lado, las normas jurídicas necesarias para implementar las diferentes acciones programadas

Las acciones más relevantes, que pueden contribuir a un uso sostenible de las aguas subterráneas, se pueden resumir en las siguientes actuaciones: 1º.- Investigación hidrogeológica. 2º.- Medidas de control. 3º.- Elaborar normas de aprovechamiento de cada acuífero. 4º.- Medidas de ahorro de agua y uso eficiente. 5º.- Gestión conjunta de las aguas superficiales y subterráneas. 6º.- Actualizar la normativa jurídica. 7º.- Difusión y divulgación de la información. 8º.-Formación.

Existe dificultad, por parte de la Administración hidráulica, en llevar a cabo el control de las extracciones por falta de medios técnicos y humanos. Esto se podría subsanar posiblemente involucrando a los usuarios en su control, mediante la implementación de lo dispuesto en la legislación actual, a través de la constitución de las Comunidades de Usuarios.

Agradecimientos: El autor de esta ponencia quiere agradecer a Miguel Mejías, Juan Fornés, José Luis García Arostegui, Juan de Dios Gómez, María del Carmen Caja y José María Martínez Montijano, por su colaboración en la realización de esta ponencia.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Ballester, J.A., Fernandez-Sánchez, J.A. y López-Geta, J.A.(Edrs.) 1999. Medidas de evaluación de las extracciones de aguas subterránea. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 300 pp.
- Carles, J.,García Mollá, M. y Avellá, Ll. 2001. Aspectos económicos de la utilización del agua subterránea en la Comunidad Valenciana. En: La economía del agua subterránea y su gestión colectiva. Fundación Marcelino Botín. Madrid. 153-174 pp.
- Corominas, J. 2000. El papel económico de las aguas subterráneas en Andalucía. Fundación Marcelino Botín. Papeles del Proyecto Aguas Subterráneas. Madrid, 5-42 pp.
- CMA. 2004. Análisis económico del consumo de agua y recuperación de costes en las islas Baleares. Conselleria de Medi Ambient del Govern de les Illes Balears. 108 pp.
- Fornés, J.M., de la Hera, A. y Llamas, M.R. 2005a. La propiedad de las aguas subterráneas en España: la situación del Registro/Catálogo. Revista Ingeniería del Agua. Vol.12. nº 2. 125-136 pp.
- Fornes, J.,M., de la Hera, A., and Llamas, R. M. 2005. “The silent revolution in groundwater intensive use and influence in Spain”. Water Policy 7 (2005). 253-268 pp.
- López Geta, J.A. y Murillo, J.M.. 1993. Recarga de acuíferos y reutilización de recursos. En: Las aguas subterráneas. Importancia y perspectiva. Instituto Tecnológico Geominero de España y Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. Madrid . 235-252 pp.
- López-Geta, J. A. 2000a. Estrategia de utilización de las aguas subterráneas en el abastecimiento de poblaciones. En: Jornadas técnicas sobre aguas subterráneas y abastecimiento urbano. Instituto Geológico y Minero de España y Club del Agua Subterránea. Madrid. 21-31.
- López-Geta, J.A. 2000b. Contribución del Instituto al conocimiento y protección de las aguas subterráneas en España. En: Ciento cincuenta años,1849-1999. Estudio e Investigación en la Ciencias de la Tierra. Instituto Geológico y Minero de España. 199-233 pp.

- López-Geta, J.A., Fornés, J.M., Ramos, G. y Villarroya, F. (Edrs.) 2001. Las aguas subterráneas. Un recurso natural del subsuelo. Instituto Geológico y Minero de España y Fundación Marcelino Botín. Madrid. 94 + CD-ROM.
- Llamas, M.R. 2005. Una causa radical de los conflictos hídricos en España. Revista Tecnología del Agua, nº 259. pp. 72-75.
- Llamas, M.R., Fornés, J.M., Hernández-Mora, N. & Martínez Cortina, L. 2001. Aguas subterráneas: retos y oportunidades. Ediciones Mundi-Prensa y Fundación Marcelino Botín. Madrid. 529 pp.
- Martínez Cortina, L., Hernández-Mora, N. & Fornés, J.M.. 2003. Intensive groundwater use in Spain. In: Intensive use of groundwater. Challenges and opportunities. Llamas. R. And Custodio, E. (eds). Ed. Balkema. The Netherlands. 387-414 pp.
- Mejías, M. 2005. Evolución piezométrica de las masas de agua subterránea Mancha Occidental I, II y Rus-Córcoles y del entorno del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel. Informe número 5. www.igme.es.
- MIMAM. 2000. Libro blanco del agua en España. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. 637 pp.
- MIMAM, 2003. Valoración del coste del uso de las aguas subterráneas en España.
- MIMAM-MINER, 1994. Libro Blanco de las Aguas Subterráneas. Ministerio de Obras Públicas, Transporte y Medio Ambiente y Ministerio de Industria y Energía. Madrid. 135 pp + Mapas.
- Murillo, J.M. y López-Geta, J.A. 2005. Gestión Integrada de recursos hídricos. Algunas actualizaciones realizadas en España. www.medioambienteonline.com.
- Palop, J. 2003. Participación social y gestión de cuencas en Andalucía. En: Agua y globalización en el Mediterráneo. Junta de Andalucía, IWRA, IGME.
- Pernía, J.M., Mulas, J. y Fernández-Canteli, P. (Edrs.) 2003. Operatividad de la instrumentación en aguas subterráneas, suelos contaminados y riesgos geológicos. Instituto Geológico y Minero de España. Madrid. 350pp.
- Rosell, J. 2001. Aspectos económicos de la utilización de las aguas subterráneas en Castilla-La Mancha. En: La economía del agua subterránea y su gestión colectiva. Fundación Marcelino Botín. Madrid. 181-203 pp.
- Tobarra, P. 2001. El papel económico de las aguas subterráneas en Murcia. En: La economía del agua subterránea y su gestión colectiva. Fundación Marcelino Botín. Madrid. 211-238 pp.
- Yagüe, J., Villarroya, C. y Xuclá, R.S. 2003. Proyecto ALBERCA: modernización de los registros de aguas. Congreso Nacional de la Ingeniería Civil. Madrid, 1851-1861pp.
- Yagüe, J., Villarroya, C. y Xuclá, R.S. 2004. Evaluación del grado de avance del Programa Alberca. VIII Simposio de Hidrogeología. Instituto Geológico y Minero de España. Zaragoza. Tomo XXVII, 453-461pp.