

Los Papeles o monografías sobre SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA Y CUIDADO DE LA NATURALEZA (SHAN) conforman una serie de documentos de trabajo creados al amparo del proyecto de investigación del mismo nombre que realiza la FUNDACIÓN BOTÍN dentro de su OBSERVATORIO DEL AGUA. Las características, actividades y publicaciones de este Observatorio pueden verse en la WEB de la Fundación (www.fundacionbotin.org).

Esta nueva colección de monografías sucede a los trece PAPELES DE AGUAS SUBTERRÁNEAS (PAS) que finalizaron en el año 2003 y a los ocho de PAPELES DEL AGUA VIRTUAL (PAV) que finalizaron en 2010. Como en los casos anteriores recoge los desarrollos metodológicos y los resultados obtenidos del proyecto en marcha sobre la Seguridad Hídrica y Alimentaria y Cuidado de la Naturaleza en España. Son en realidad una continuación de los anteriores proyectos de investigación del Observatorio. Los SHAN siguen así la estela de los PAS y de los PAV, que han tenido en España una excelente acogida. Como su predecesores, además de contribuir al debate científico sobre la política del agua y de la alimentación y el cuidado del medio ambiente, los SHAN tienen como objetivo más importante facilitar pronto los resultados del proyecto a la comunidad científica y la sociedad en general, sin tener que esperar al proceso habitualmente más largo que exige la preparación de los libros y artículos científicos en revistas indexadas.

Los SHAN, como casi todas las numerosas publicaciones del Observatorio del Agua se pueden descargar gratuitamente de las desde la WEB de la Fundación Botín (www.fundacionbotin.org), y también de otras web relacionadas con el Proyecto.

La Fundación Botín no se hace solidaria de las opiniones de los autores; cada autor es responsable de las proposiciones y asertos que contengan los escritos del mismo que aquélla publique. El contenido de la presente publicación se podrá acotar, glosar o resumir, y también reproducir total o parcialmente, con la condición de citar la fuente.

www.fundacionbotin.org

PAPELES DE SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA Y CUIDADO DE LA NATURALEZA

El papel de las aguas subterráneas en la política del agua en España

Coordinadores:

Fermín Villarroya Gil

Lucia De Stefano

Pedro Martínez Santos

NÚMERO 3



FUNDACIÓN
BOTÍN

PAPELES DE SEGURIDAD HÍDRICA Y ALIMENTARIA Y CUIDADO DE
LA NATURALEZA

NÚMERO 3

El papel de las aguas subterráneas en la política del agua en España

Fermín Villarroya

Lucia De Stefano

Pedro Martínez

Emilio Custodio

Loreto Fernández

Agustín Argüelles

Francisco de Paula

Juan Valero de Palma

Francisco Cabezas

Javier Ferrer y Arancha Fidalgo

JULIO 2011

Papeles de seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la naturaleza

Edita: Fundación Marcelino Botín. Pedrueca, 1 (Santander)

www.fundacionmbotin.org

Communication designer: Juan Antonio Cañada García.

ISBN: 978-84-96655-96-6



**FUNDACIÓN
BOTÍN**

Índice//

Prologo	5
Aguas subterráneas en la política del agua en Canarias	10
Una reflexión sobre el papel de las Aguas Subterráneas en España: Entre el optimismo y el desánimo	23
Las Aguas Subterráneas en la D.H. del Guadalquivir: Objetivos de la planificación Hidrológica	35
Las Aguas Subterráneas de los acuíferos del poniente almeriense (MASub Campo de Dalías - S ^a de Gádor). Almería. Demarcación hidrográfica de las cuencas mediterráneas andaluzas	53
La gestión conjunta de las Aguas a través de las comunidades de usuarios	69
Explotación de las Aguas Subterráneas en la cuenca del Segura	78
Las Aguas Subterráneas en la planificación hidrológica de la confederación Hidrográfica del Júcar	92

Prólogo//

En Noviembre de 2010 el Observatorio del Agua de la Fundación Botín inauguró una serie de Seminarios Nacionales como parte del proyecto “Seguridad hídrica y alimentaria y cuidado de la naturaleza en España y América Latina” (2010-2012). Se trata de seminarios cortos, a puerta cerrada, con 6-8 ponentes y algunos observadores, cuyo fin es debatir en un ambiente interdisciplinar temas diversos relacionados con las actividades de investigación desarrolladas por el Observatorio del Agua, principalmente en España. Esta serie de Seminarios Nacionales, que se desarrollará a lo largo 2011, tiene su antecedente en los seminarios celebrados en el marco del Proyecto “Aguas Subterráneas” (PAS), realizado por la FB entre 1998 y 2003. Una breve descripción de los seminarios PAS puede verse en Llamas (2003) “El Proyecto PAS” y está disponible, junto con el material relativo a la nueva serie de Seminarios Nacionales, en la página web de la Fundación Botín (www.fundacionbotin.org).

La presente edición comprende un resumen de los trabajos presentados en el segundo Seminario Nacional titulado “El papel de las aguas subterráneas en la política del agua en España” y tenido en Madrid el 1 de febrero de 2011. El primer Seminario, celebrado el 23 de Noviembre de 2010, versó sobre el proceso de planificación hidrológica establecido por la Directiva Marco del Agua y se tituló “Los nuevos Planes de Demarcación Hidrográfica según la Directiva Marco del Agua”.

Siete fueron los ponentes en el segundo Seminario Nacional, cuyas intervenciones versaron sobre los siguientes temas:

- **Emilio Custodio:** “El papel de las aguas subterráneas en la política del agua en Canarias”
- **Loreto Fernández:** “Una reflexión personal sobre el papel de las aguas subterráneas en España: entre el optimismo y la desilusión”

- **Agustín Argüelles:** “Las aguas subterráneas en la demarcación hidrográfica del Guadalquivir: objetivos de la planificación hidrológica”
- **Francisco de Paula López:** ”Las aguas subterráneas de los acuíferos del poniente almeriense (Masa de Agua Subterránea Campo de Dalías-Sierra de Gádor, Almería). Demarcación Hidrográfica de las cuencas mediterráneas andaluzas”
- **Valero de Palma:** “La gestión conjunta de las aguas a través de las Comunidades de Usuarios”
- **Francisco Cabezas:** “Las aguas subterráneas en la cuenca del Segura”
- **Javier Ferrer y Arancha Fidalgo:** ”Las aguas subterráneas en la Planificación Hidrológica de la Confederación Hidrográfica del Júcar”

En todos los casos destaca la importancia que tienen las aguas subterráneas en cada una de las cuencas o sectores analizados.

Las Islas Canarias es un caso muy particular de gestión de los recursos hídricos donde la contribución de las aguas subterráneas reviste especial interés. El trabajo presentado por Emilio Custodio pone de manifiesto una serie de rasgos muy singulares de estas islas, donde las aguas subterráneas han sido sometidas, desde hace décadas, a una explotación muy intensiva:

- Desde el punto de vista medioambiental es destacable la ausencia prácticamente total de la escorrentía superficial, con la excepción de Gran Canaria.
- La fuerte demanda de recursos hídricos hace que se satisfagan con diferentes fuentes complementarias, donde la desalación y desalobración han venido a cubrir los descensos en la explotación de recursos hídricos subterráneos.
- Arraigo muy profundo en las costumbres y tradiciones sobre el uso y gestión del agua (Comunidades y Heredades para el uso del agua).
- Finalmente, las peculiaridades insulares hace que Canarias tenga una Ley específica de Aguas.

Loreto Fernández resalta en su artículo el papel desarrollado por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) en los proyectos encomendados por el Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino en lo que respecta a la implementación de la Directiva Marco del Agua de la Unión Europea. En total el IGME ha desempeñado catorce actividades entre 2007 y 2010, incluyendo tareas de apoyo a los planes de cuenca y desarrollo de líneas de investigación novedosas. La autora se muestra positiva con el papel al que pueden estar llamadas las aguas subterráneas a desempeñar en el futuro y señala algunas fortalezas en la gestión y estudio de las aguas, tales como la mejor administración pública del agua, la disponibilidad de medios de difusión de la información inmediatos y un mejor conocimiento del recurso hídrico y de sus interrelaciones con el medio biótico y de los efectos de la actividad antrópica. Entre las debilidades destaca la sobrevaloración del dato sin analizar su origen y el distanciamiento de los problemas reales.

La extraordinaria importancia estratégica que tienen las aguas subterráneas en la vertiente mediterránea peninsular se pone de manifiesto en los trabajos de F. de Paula López, F. Cabezas, J. Ferrer y A. Fidalgo. Igualmente podríamos incluir aquí el trabajo presentado por A. Argüelles sobre la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir.

En ellos se pone de manifiesto cómo los regadíos bajo plástico, dotados de las mejores técnicas disponibles tanto desde el punto de vista de la eficiencia hídrica del regadío como de la gestión de las cosechas, dan como resultado unos beneficios en las producciones muy altos. En concreto, F. de Paula López estima que los beneficios brutos de una hectárea de regadío en invernadero en el Campo de Dalías puede ser de unos 90.000€/ha. Obviamente a esta cifra hay que descontar todos los gastos derivados tanto del agua, como del mantenimiento y explotación de la finca.

F. Cabezas pone de manifiesto la eficiencia del uso del agua en la cuenca del Segura, si bien cuestiona que en ella puedan llegar a cumplirse los objetivos de la DMA. En el artículo se plantean una serie de vías para gestionar eficazmente los escasos recursos de la cuenca tales como la constitución forzosa de comunidades de usuarios, fomentar la permuta de derechos entre usuarios de aguas o la cesión de derechos sobre aguas del Trasvase Tajo-Segura.

Los trabajos de A. Argüelles y F. de Paula López recogen datos muy actualizados sobre el uso, precio y productividad de las aguas subterráneas en Andalucía. El precio del agua aplicada en el regadío en la cuenca del Guadalquivir se cuantificó en 0,16 a 0,22 €/m³ para el agua subterránea y 0,11 a 0,12 €/m³ para el caso de las aguas superficiales.

Valero de Palma recoge en su ponencia los diferentes tipos de regadíos existentes en España atendiendo al origen del agua utilizada (aguas superficiales, aguas subterráneas y regadíos de origen mixto) y aboga por que las comunidades de usuarios desempeñen competencias de gestión del agua para fomentar un uso eficiente del recurso.

J. Ferrer y A. Fidalgo exponen el estado de las aguas subterráneas en la Cuenca del Júcar, (cuenca piloto para la implantación de la DMA) como marco de referencia para llevar a cabo las tareas de control y vigilancia impuestas por la legislación europea. En este sentido destaca el esfuerzo que se ha hecho en la cuenca en cuanto a redes de control con 287 estaciones para controlar el estado cuantitativo (red piezométrica), red de control del estado químico (53 estaciones) y red de vigilancia (175 estaciones), control de zonas protegidas para captación de aguas de consumo humano (78 estaciones) y, finalmente, 88 estaciones del programa Eionet-Water (red internacional de control).

Una de las contribuciones más interesantes del presente seminario ha sido el enriquecedor carácter de las discusiones que han ido surgiendo a partir de las distintas ponencias. A este respecto, es importante reseñar tres aspectos que, a nuestro particular juicio, revisten especial importancia.

En primer lugar, queda claro que es necesario seguir avanzando en el conocimiento hidrogeológico de muchos de los sistemas acuíferos de nuestro país. A pesar del muy loable esfuerzo realizado en las últimas décadas por el Instituto Geológico y Minero y las Confederaciones Hidrográficas, existe todavía un buen número de incertidumbres relativas al modelo conceptual y al balance hidrológico de muchas de las masas de agua. Asimismo se ha puesto de manifiesto que las redes de control presentan un nada despreciable margen de mejora, siendo especialmente deseable incrementar la densidad de las redes de monitoreo.

En segundo lugar, las discusiones de este seminario permiten establecer la mayor productividad del agua subterránea en relación al agua superficial. Se trata de un hecho bien conocido –pero sorprendentemente poco estudiado– que debe abordarse en el futuro con objeto de establecer las necesidades, prioridades y volúmenes reales de explotación del agua subterránea en nuestro país.

En tercer lugar hay que resaltar la importancia a que están llamadas las Comunidades de Usuarios de Aguas Subterráneas en la gestión del rico patrimonio hídrico de nuestro país. En la fecha de celebración del seminario no habían visto la luz los borradores de algunos de los nuevos planes de Demarcación, por lo que se desconoce el tratamiento e importancia con que van a estar recogidos en dicha normativa.

Por último, los editores agradecemos a los autores el esfuerzo de síntesis realizado a partir de los textos originales para ajustarse al formato de esta publicación. Para todos aquellos interesados en ampliar la información que aquí se presenta, en la página web de la Fundación Botín (www.fundacionbotin.org) pueden consultarse los textos ampliados de algunas de las ponencias así como las distintas presentaciones.

F. Villarroya//

L. De Stefano//P. Martínez-Santos

AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA POLÍTICA DEL AGUA EN CANARIAS//

Emilio Custodio,
Real Academia de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales
Departamento ITCG / FCIHS. Universidad Politécnica
de Cataluña

Las Islas Canarias son siete islas mayores, a lo largo de 400 km², con una superficie total de 7470 km², algo más de 2,1 millones de habitantes y una renta de 20400 €/cápita. De oriente a occidente son: Lanzarote (LZ), Fuerteventura (FV), Gran Canaria (GC), Tenerife (TF), La Palma (LP), La Gomera (GO) y El Hierro (HI). El territorio presenta fuertes pendientes y profundos barrancos, con lo que la población se asienta preferentemente cerca de la costa y algunas vegas interiores. Forman la Comunidad Autónoma de Canarias y cada isla tiene su propia administración, los Cabildos Insulares.

Están en un área de altas presiones, lo que produce un ambiente árido, extensión del sahariano, con precipitación media entre 80 y 150 mm/a en las áreas costeras meridionales. Sin embargo, los vientos alisios húmedos del NNE, al ser interceptados por las acusadas elevaciones insulares, producen un notable incremento de lluvias en las laderas N y NE de las islas altas, hasta 800 a 1000 mm/a, aunque LZ y FV se mantienen áridas. Pueden producirse tormentas intensas procedentes del SW, sobre todo en las partes áridas, que pueden ir acompañadas de crecidas importantes en los barrancos.

Recursos de Aguas Subterráneas disponibles//

Cada isla tiene condiciones hidrogeológicas distintas. La relación media recarga/precipitación puede variar entre <2% en las áreas áridas costeras (<2 mm/año), hasta >50% en las áreas más lluviosas (300–500 mm/a).

En estado natural, antes de la actual explotación intensiva, esta agua recargada fluía de cumbre a mar, con descarga difusa periférica al mar, y con importantes

salidas en nacientes (manantiales) y fondos de barranco, en especial en GC, LP y GO. La escorrentía superficial directa es esporádica y en general escasa a muy escasa, excepto en GC y GO, donde las condiciones geológicas permiten construir presas, aunque de escasa capacidad por las fuertes pendientes (Tabla 1).

En estos territorios de extensión moderada, gran relieve y escasa permeabilidad, los recursos de aguas subterráneas deben considerarse en función de la altitud. En muchas áreas los materiales potencialmente más permeables están no saturados y los saturados son poco permeables. Se requiere de obras apropiadas y costosas para captar agua de formaciones profundas de baja permeabilidad. El espesor de la zona no saturada suele variar entre 50 y 300 m, salvo en algunos lugares costeros y fondos de barranco.

Tabla 1. Datos hidrológicos básicos, según datos de los P.H. y otras fuentes

Isla	LZ	FV	GC	TF	LP	GO	HI	Media
P, Precipitación, mm/a								
media insular	156	111	300	425	740	368	373	323
máxima	250	200	950	1000	1400	900	700	
mínima	90	60	100	200	300	100	200	
R, Recarga media, mm/a	4	8	57	117	377	166	100	94
% R/P	2,5	8	19	25	51	45	27	29
ES, Escorrentía sup, mm/a	1,6	3	48	10	23	20	2	17
% ES/P	1	5	16	2	3	6	0,6	5

La captación intensiva del agua subterránea mediante pozos y galerías ha llevado a la progresiva merma de caudales de nacientes y de las propias captaciones, y a descensos freáticos muy acusados, de hasta varios metros anuales en zonas medias y altas, con valores acumulados de hasta más de 300 m. Es un proceso hidrodinámico inevitable, de muchas décadas de duración. Así, una parte notable del agua que se extrae son reservas, a pesar de que las extracciones no superen a la recarga. Además el descenso de niveles suele ir acompañado de una reducción de permeabilidad. De no extender las captaciones, el caudal final puede ser una pequeña fracción del inicial.

Uso de las Aguas Subterráneas//

Las aguas subterráneas son el recurso natural de agua más importante; las aguas superficiales de escorrentía son un recurso escaso. Para paliar la escasez de agua en algunas áreas, en la década de 1960 se introdujo la desalinización de agua del mar en LZ, con implantación ya importante en la década de 1970 en las islas orientales, y continuada expansión hasta la actualidad. Son plantas costeras, para servicio de agua urbana a baja cota. Desde la década de 1980 se ha introducido a nivel privado la desalinización de aguas salobres subterráneas (desalobración), en buena parte para usos agrícolas. También se generan recursos de agua por reutilización de aguas residuales tratadas, con lenta implantación, parte de las cuales son sometidas a una reducción de salinidad por ósmosis inversa o por electrodiálisis (Tablas 2 y Tabla 3).

La utilización de los recursos de agua se da en la Tabla 4. Por orden de importancia se destinan a agricultura, abastecimiento urbano, suministros turísticos y usos recreativos, entre los que figuran los campos de golf, los que desde la década de 1980 están regados con aguas residuales tratadas salvo en episodios en que falla la cantidad y/o calidad.

Actualmente el agua subterránea tiende a ser destinada a usos agrícolas y abastecimiento de la población a cotas medias (“medianías”). Las áreas regadas a cota baja usan también agua subterránea, pero la población depende cada vez más del agua marina desalinizada. Los cultivos costeros han sufrido una gran transformación en las últimas décadas, con aumento del cultivo de hortalizas para exportación, principalmente tomate, pero con reducción de la superficie de las clásicas plataneras, que se han concentrado y van pasando a explotaciones cubiertas, aunque hay notables variaciones de una isla a otra.

Tabla 2. Recursos medios de agua (hm³/a). Se trata de la situación en la década 2000–2010, con extracción subterránea decreciente y consumo de reservas amortiguándose. Cifras aproximadas redondeadas, según datos de los Planes Hidrológicos

Isla	LZ	FV	GC	TF	LP	GO	HI	Total
Aportaciones totales								
Precipitación	134	184	466	865	518	140	101	2408
Escorrentía superficial	1,3	5	75	20	1,5	8	0,6	111
	1%	2,70%	16%	2%	3%	6%	0,60%	5%
Recarga	3,3	14,2	87	239	265	6,3	27	642
	2,50%	8%	19%	28%	51%	45%	27%	29%
Recursos disponibles								
Superficiales	0,1	---	24	---	---	1,4	---	25
Subterráneos	0,5	2	100	180	58	4,5	2,4	347
Nacientes	---	---	0,1	5	10	6,7	---	22
Desalinización	19	12	60	19	---	---	0,5	110
Desalobración	0,5	2	18	---	---	---	---	20
Reutilización	---	---	12	8	---	---	-0,4	20

Tabla 3. Evolución de los recursos medios de agua del archipiélago (hm³/a)

Año	1973	1978	1956	1991	1993	2000	2009	
Aguas subterráneas	459	450	411	393	386	326	343	decrece
Aguas superficiales	25	19	20	21	21	25	27	estable
Desalobración	---	---	---	---	---	32	25	
Desalinización marina	7	16	21	34	37	92	107	crece
Reutilización	---	---	---	---	---	21	19	fluctua
TOTALES	491	485	452	448	444	496	516	estable

Tabla 4. Usos de los recursos de agua del archipiélago

Uso	Agrícola	Urbano	Turismo	Recreo	Industria	Otras	Total
Actual (hm ³ /a)	232	171	54	19	15	2	493
%	47	35	11	4	3	~0	

Inventario de Aguas Subterráneas//

La explotación de aguas subterráneas en Canarias hay que enfocarlo dentro de la peculiaridad de sus captaciones, adaptadas a sus circunstancias peculiares.

a) Nacientes. Su captación corresponde muchas veces a antiguos otorgamientos a Heredades. Los caudales han ido mermando y muchos se han secado.

b) Galerías. Son largas excavaciones horizontales. La mayor parte de ellas están en régimen dinámico: deben ser prolongadas periódicamente para mantener sus caudales. La proporción es mayor en TF por razones de relieve y de que progresan bajo terrenos públicos forestales.

c) Pozos “canarios” tradicionales. Son excavaciones verticales de 3 m de diámetro, que pueden superar los 300 m de profundidad. Debido al descenso progresivo de los niveles freáticos, muchos de ellos deben ser reprofundizados periódicamente para tratar de mantener los caudales. Pueden tener en su interior galerías horizontales y largos sondeos horizontales. Con el paulatino descenso de niveles se pueden encontrar diversos niveles de obras drenantes que han quedado en seco. La proporción de pozos es mayor en GC por razones de relieve y por dominar terrenos privados.

d) Sondeos. Son perforaciones mecánicas construidas a partir de la década de 1970, que pueden llegar a penetrar hasta algún centenar de metros bajo el nivel freático. Muchas reprofundizaciones de pozos “canarios” se están haciendo actualmente mediante sondeos.

El primer estudio hidrológico avanzado fue el Proyecto “SPA-15” de Naciones Unidas y el Gobierno Español, realizado entre 1970 y 1975, que estuvo acompañado de inventarios financiados por el MOP, con especial intensidad en TF y GC. Las fichas de esos inventarios son con frecuencia muy completas, con el estado, evolución y datos de la explotación del momento. En trabajos posteriores, como el proyecto MAC-21 (década de 1980) y otros inventarios para la Planificación, se han ampliado y actualizado. Para la inscripción de los caudales de agua autorizados en el registro de aguas, según disponía la Ley de Aguas de 1985, al que solicitaba la inscripción se le pedía que aportase un ensayo de bombeo en el caso de pozos, o un aforo en el caso de galerías, y análisis químicos de la calidad del agua, con la obligación de actualizar periódicamente los datos de explotación y químicos.

Esto se ha cumplido en no pocos casos, pero con fallos, en parte por cese en la explotación y en parte por falta de medios de la Administración para estimular el cumplimiento. Una aproximación del número de nacientes importantes y obras de captación, según los inventarios, se muestra en la Tabla 5. La proporción de obras de captación ilegales es moderada, y en parte autocontrolada por denuncias y pleitos, pero hay muchas obras complementarias de muy difícil conocimiento y control, realizadas en especial en las décadas entre 1960 y 1980, y que hoy pueden estar inoperativas por el descenso de niveles.

Tabla 5. Número actual de captaciones de aguas subterráneas en Canarias (cifras redondeadas)

Isla	LZ	FV	GC	TF	LP	GO	HI
Nacientes importantes	0	0	0(*)	0	10	10	0
Galerías total	4	0	410	1050	160	5	10
Galerías en explotación	2	0	-150	425	150	1	3
Pozos y sondeos total	20	1700	2110	390	75	80	30
Pozos y sondeos en explotación	10	30	1190	170	-70	10	10

Aspectos administrativos, económicos y sociales//

De acuerdo con el Régimen Especial de Aguas de Canarias, establecido dentro de Ley de Aguas de 1979, la Administración Pública del Agua ha tenido competencias para controlar las explotaciones de agua en todo el territorio canario. Los expedientes en teoría incluyen todas las captaciones de agua subterránea, pero son en buena parte administrativos, con insuficientes datos técnicos, y pueden hacer referencia a obras no ejecutadas. En GC los expedientes consisten en 509 captaciones anteriores a 1924, 2841 autorizaciones, 868 caducidades, nulos 930, 46 en caducidad parcial, 349 denegados, 389 inciertos, 427 sin datos y 54 sin resolver; el inventario resulta en 1319 pozos y galerías en explotación, 1139 no en funcionamiento por descenso de nivel, excesivo coste de extracción o mala calidad, y 122 en funcionamiento pero sin datos y 647 expedientes de los que se desconoce el estado de funcionamiento. En TF y LP el inventario se considera completo.

La administración del agua como recurso se ha hecho tradicionalmente por los Servicios Hidráulicos (SH) provinciales, dependientes del MOP.

Tras la instauración de la Comunidad Autónoma de Canarias, con su Estatuto aprobado en 1982, ésta recibió las competencias en agua en todo el territorio canario, reservándose la Administración General del Estado las inversiones en obras de interés general. En 1985 se traspasaron las funciones y servicios en materia de obras hidráulicas y se creó la Dirección General de Aguas, con responsabilidades de gestión general e inversiones. La gestión hídrica de cada isla la asumieron en 1995 los Cabildos Insulares respectivos, que la ejercen a través de los siete Consejos Insulares de Agua (CIA), uno por isla, hoy como Demarcaciones Hidrográficas (Tabla 6). La Dirección General de Aguas debe dar apoyo a las CIAs con insuficiente capacidad, pero su actuación ha sido predominantemente en obras y no en conocimiento y apoyo a la gestión de las aguas subterráneas.

Tabla 6. Datos sobre los Consejos Insulares de Agua (com. pers. CIAGC).

Isla	LZ	FV	GC	TF	LP	GO	HI
Personal	9	7	104	105	12	35	8
% titulados	60	40	30	45	25	20	25
Presupuesto M€/a	1,2	1,4	31,5	23,3	2,3	5,7	0,8

El coste de captación del agua subterránea es poco conocido y varía mucho según las islas y lugares. Es muy reducido para nacientes en las islas más occidentales (LP y GO). En Gran Canaria y Tenerife el agua subterránea es en general cara debido a las altas elevaciones necesarias en los pozos, la complejidad de la distribución de los pequeños caudales, dispersión de la demanda y difícil relieve, y el gran dispendio de las obras para mantener los caudales en pozos y galerías. Se ha llegado a pagar el agua en época alta (en verano para riego o en invierno para turismo) hasta $\geq 0,5$ €/m³. Parece que el rango de precios al usuario está actualmente entre 0,2 y 0,4 €/m³, incluso hasta 0,8 €/m³. En ocasiones y en determinados lugares estos precios son similares a los costes de las aguas desalobradas y regeneradas, y no lejos de las desalinizadas, que se estima entre 0,7 y 0,9 €/m³ en salida de plantas públicas (con sólo parte de los costes del capital y con subvención energética) y entre 0,9 y 1,1 €/m³ en las plantas privadas, a los cuales hay que añadir el transporte hasta el usuario.

Todo esto es sólo una aproximación estimativa. Las tarifas urbanas del agua para consumo doméstico ordinario suele variar entre 0,2 y 1,5 €/m³.

La construcción, explotación y mantenimiento de las captaciones de agua subterránea son difícilmente abordables individualmente y por eso, frecuentemente, se han formado sociedades por participaciones. En unos casos el resultado es una participación proporcional en los caudales obtenidos –caso frecuente para muchas galerías tinerfeñas–, los que se dividen de modo que cada copartícipe recibe el agua en su propia tubería. En otros casos se distribuyen los caudales a los que los demandan mediante complejos sistemas de conducciones, operados por expertos. El agua puede ser para los propios accionistas, en proporción a su participación, o para compradores internos o externos, incluso entes públicos.

Las situaciones son diversas y complejas, según reglas internas poco conocidas, y con mercados del agua poco transparentes y al margen del control público. En cualquier caso existe una importante implicación en el “negocio” del agua de una amplia parte de la sociedad de las islas altas, con variantes importantes. La propiedad está muy repartida pero con claro dominio de unos pocos, los “aguatenientes” en el lenguaje popular. En las últimas décadas la situación ha cambiado notablemente en GC y TF, en especial en zonas bajas, debido a la oferta de agua de desalinización, y ahora de agua regenerada, lo que ha producido cambios sociales importantes y una desincentivación del sector privado, con un progresivo abandono de explotaciones de agua subterránea poco rentables por la combinación de precios en competición con otras ofertas de agua, el notable encarecimiento de las labores de mantenimiento, el mayor coste energético y un cambio generacional. En cierto modo esa disminución de las extracciones reduce el consumo de reservas de agua subterránea y favorece la evolución hacia una estabilización de niveles, aún lejos de ser alcanzada y no siempre alcanzable, aunque manteniendo una situación de elevados costes de explotación.

Las pérdidas al mar de agua procedente de galerías en épocas de baja demandasupone una pérdida de reservas no renovables. El CIA-TF lo palia en parte mediante el Plan de Balsas, que recoge los sobrantes de agua para que puedan ser utilizados en épocas de alta demanda con un precio que es menor que el que se alcanzaría sin las mismas. Esto podría suponer una merma en los ingresos anuales para los explotadores de galerías, y de ahí su oposición inicial.

Más recientemente, la iniciativa pública y privada tratan de reducir esas pérdidas de agua mediante cierres regulables en lugares apropiados de las galerías, si ello es posible técnica y económicamente. No se conocen estudios al respecto.

El Régimen Especial de aguas dentro de la Ley de Aguas de 1879 se instauró sin gran resistencia social. Al establecerse la Ley de Aguas de 1985 se reconoció la singularidad canaria y así se derivó la Ley de Aguas de Canarias, que respeta los principios generales de la Ley de Aguas estatal, que es subsidiaria. La primera Ley de Aguas canaria fue establecida en 1987; siguiendo lo dispuesto en Ley de Aguas Estatal, establecía que toda modificación de la captación requería solicitar una concesión; eso tuvo una muy fuerte contestación por parte de la sociedad, en especial en TF, de modo que cayó el Gobierno canario que la implantó. El Gobierno que le siguió, de otro signo político, la modificó en 1990 para permitir que se pudiesen realizar las obras necesarias para tratar de mantener los caudales que constaban en los expedientes, aún a sabiendas de que frecuentemente no correspondían a la realidad. Los esfuerzos se dirigieron a determinar mejor esos caudales y las características de las captaciones de aguas subterráneas. Actualmente, en muchas captaciones se han reducido mucho los caudales o incluso se han abandonado, pero los derechos subsisten en tanto no sean caducados.

Los Consejos Insulares de Agua, siguiendo las directrices estatales derivadas de la Directiva Europea del Agua, entre 1997 y 2002 han desarrollado en cada isla los Planes Hidrológicos Insulares, publicados en 2003, actualizando datos pero añadiendo pocos nuevos conocimientos, en parte debido a la escasez de recursos económicos y humanos. Actualmente se están actualizando, con retraso respecto a los plazos establecidos, excepto para TF y LP.

Calidad de las Aguas Subterráneas//

Los aspectos de calidad de las aguas subterráneas en Canarias son muy diversos. En las áreas lluviosas las aguas subterráneas son de buena calidad, aunque pueden tener un exceso de sodio. En las áreas áridas, en especial las de baja cota, la recarga puede ser salobre por simple efecto

climático. Estas aguas no son potables y sólo son utilizables para riego de cultivos resistentes en suelos permeables. Actualmente pueden ser objeto de desalobración en pequeñas instalaciones locales. En muchos lugares hay aporte de CO₂ endógeno, lo que origina aguas subterráneas ácidas carbónicas que no son aptas para usos ordinarios. Durante el tránsito y permanencia en el acuífero estas aguas evolucionan hacia aguas fuertemente bicarbonatadas sódicas, no potables y no aptas para riego si no se las corrige o mezcla con aguas de buena calidad. La progresiva prolongación y consiguiente profundización de galerías en TF, o la profundización de pozos en una amplia zona de GC, hace que las aguas captadas sean cada vez más bicarbonatadas sódicas, al aumentar el efecto del aporte de CO₂ endógeno.

Junto a esta problemática está la ocasional presencia de Fe, Mn, y As en aguas ácidas profundas. En numerosos casos se tienen contenidos elevados de F, en especial en TF, donde hay cinco plantas de tratamiento para reducir el contenido en F, con más de 10 000 m³/d de capacidad.

Existen problemas de intrusión marina en algunas áreas costeras, pero sólo en pocos casos son por penetración lateral del agua del mar. Con frecuencia se trata del ascenso vertical de aguas profundas de origen marino, a causa de las extracciones en áreas costeras. En muchos otros casos es a causa del mencionado efecto de aridez climática.

La desalobración produce salmueras residuales cuyo destino final no siempre está bien resuelto y pueden ser causa de salinizaciones locales de las aguas subterráneas. En FV el Cabildo Insular construyó una red de salmueroductos para el vertido al mar de las salmueras, aunque hay problemas en cuanto al mantenimiento y control de fugas.

En otros lugares puede haber vertido directo al terreno, que se infiltra, o a los colectores, con problemas para la depuración y posible reutilización de esas aguas. Hay poca información disponible.

La contaminación agrícola, que se refleja en un alto contenido en nitratos, se reduce a las áreas agrícolas de las vegas de los valles interiores y a las áreas costeras, las más explotadas, donde localmente se puede superar ampliamente el límite de 50 mg/L NO₃. Pueden ser extensas y afectar seriamente al uso para

abastecimiento humano. Hay diversas áreas declaradas sensibles a la contaminación de nitratos, pero con escasas acciones para corregir la situación, que es muy poco reversible.

Los estudios relativos a otras contaminaciones son escasos o inexistentes. Se conoce la presencia en el agua subterránea de glifosato (un herbicida) en el NE de Tenerife y metilbrucina al W de Gran Canaria, y la presencia generalizada de contaminantes emergentes en el NE de Gran Canaria.

Estado de las masas de Agua Subterránea//

Cada isla ha establecido sus masas de agua subterránea, combinando criterios administrativos con situaciones hidrogeológicas. Se trata de 32 masas, desde sólo 1 en LZ, hasta 10 en GC. Son relativamente extensas a nivel insular y no recogen bien la variabilidad natural. Por ello es difícil establecer cual es la buena situación cuantitativa y cualitativa de las aguas subterráneas que demanda la aplicación de la Directiva Marco del Agua Europea. Es difícil conjugar recarga muy variable, espacial y temporalmente, con el consumo de reservas asociado necesariamente al sistema de explotación de las aguas subterráneas en islas volcánicas altas, y con los grandes descensos acumulados a lo largo de más de un centenar de años. En un mismo cuerpo de agua subterránea coexisten aguas dulces de recarga con aguas salinas por efecto climático o por alta permeabilidad de formaciones costeras, o con efectos de CO₂ endógeno. Estos aspectos no se han abordado en detalle, ni tampoco las redes de observación necesarias para una caracterización detallada.

La red pluviométrica es densa, mientras que la de observación de niveles piezométricos es pobre, en especial por lo muy costoso de perforar una red apropiada, aunque hay algunos puntos de observación de gran profundidad en TF y GC, en las que las redes, aún siendo escasas, son superiores en número de elementos y densidad a las de las otras islas. Hay una buena información química de las aguas subterráneas en las islas principales. En cifras redondas, en Gran Canaria hay 60 pluviografos y 260 pluviómetros manuales y 2 estaciones

meteorológicas completas, con 210 pozos observados para calidad, pero con sólo 20 pozos de observación de niveles.

El programa de medidas para la mejora de los acuíferos en mal estado es casi inexistente, en parte explicable por las excepcionales circunstancias y por lo muy costosas, además de la poca sensibilidad política de la cúpula de algunas CIAs. Las posibles serias implicaciones sociales es algo aún no estudiado con detalle.

El acceso público a la información es variable en contenido y actualización. Las diferentes web contienen poco más que el Plan Hidrológico de 2003, y estos tienen variable información. En GC y TF hay un mayor acceso a los datos generales, que deben ser consultados en las propias dependencias de las CIAs.

Instituciones para la gestión de las Aguas Subterráneas//

Ya se han mencionado anteriormente las instituciones de la Administración Pública. En los Consejos Insulares hay una importante representación de los usuarios de aguas subterráneas, de los que una proporción importante son representantes de Heredades (con personalidad jurídica desde 1956, como Comunidades de Agua) y grandes explotadores de aguas subterráneas, no tanto otros usuarios. En GC y TF existen relaciones entre los explotadores para defender, tratar y mejorar asuntos que les conciernen, pero sus actuaciones trascienden poco, lo mismo que el funcionamiento de los a modo de mercados del agua. Se trata de círculos relativamente cerrados.

En FV y LZ no hay propiamente instituciones de usuarios de agua, en parte por la escasa significación de las aguas subterráneas, aunque en FV hay muy numerosos pozos y sondeos en explotación. El órgano de relación tradicional es el Cabildo Insular, lo mismo que en GO, donde las aguas subterráneas son importantes. En LP la situación es más compleja, con varias agrupaciones de carácter cerrado.

Referencias y agradecimientos//

Buena parte de los datos han sido extraídos de los Planes Hidrológicos Insulares, de trabajos recientes de varios autores aún no publicados (Jornada en Homenaje al Ingeniero D. José Sáenz de Oiza, Dic. 2010, Las Palmas de Gran Canaria) y de datos propios o cedidos por el Departamento de Física de la Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. Se agradecen las observaciones aportadas por MC. Cabrera (ULPGC) y I. Farrujia (CIA-TF).

UNA REFLEXIÓN SOBRE EL PAPEL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN ESPAÑA: ENTRE EL OPTIMISMO Y EL DESÁNIMO//

Loreto Fernández Ruiz
Instituto Geológico y Minero de España

En la última década la aparición de una política de agua común para todos los países miembros de la UE, con normativa específica, ha significado un cambio significativo en la forma de abordar la caracterización de las aguas subterráneas y sus relaciones con otros medios y, aunque de una forma todavía incipiente, se comienzan a notar un incremento de la importancia, que en la gestión y planificación de los recursos hídricos, comienzan a tener los recursos subterráneos.

La Dirección General del Agua (DGA) del Ministerio de Medio Ambiente, Rural y Marino, con el objetivo de sistematizar la revisión de los Planes Hidrológicos de cuenca, procedió a la adaptación de las instrucciones y recomendaciones aprobadas en 1992, al nuevo Reglamento de Planificación Hidrológica, que recoge los cambios introducidos en el texto refundido de la Ley de Aguas con motivo de la transposición de la Directiva Marco del Agua.

La nueva Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) del año 2008, trata con mayor detalle bajo el principio de sostenibilidad, los temas relacionados con la caracterización de las aguas subterráneas, las afecciones a las que están sometidas, las relaciones entre éstas, las aguas superficiales y zonas húmedas, y establece los criterios de homogenización para elaborar la información. Este proceso de caracterización, encaminado a conseguir un mejor conocimiento de los recursos hídricos subterráneos, tiene como objetivo final evaluar aquellas masas de agua subterránea que están en buen estado o en riesgo, estableciendo para éstas últimas las medidas necesarias que permitan alcanzar, en el horizonte del 2015 o en los horizontes sucesivos, los objetivos medioambientales previstos.

Como apoyo a la consecución de algunos de los objetivos anteriormente reseñados, se suscribió una Encomienda de Gestión (EG) de la DGA al Instituto Geológico y Minero de España (IGME), para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas.

Han sido catorce las actividades desarrolladas en el periodo 2007-2010 duración de la mencionada EG, que han abarcado temáticas variadas, siendo algunas de ellas de apoyo general a los futuros planes de cuenca, otras de asesoramiento en materias concretas relacionadas con diferentes problemáticas de las aguas subterráneas y un último grupo referidas al desarrollo de líneas de investigación más novedosas.

El Agua Subterránea en las instrucciones de planificación//

En los dieciséis años que han separado la aparición de la Instrucción de Planificación Hidrológica para la elaboración de los planes de cuenca vigentes (Orden de 24-9-92) y la actual (Orden de 22-9-2008) se han mejorado notablemente los instrumentos tecnológicos y las posibilidades de tratamientos de datos y de acceso a la información, lo que ha supuesto un avance sustancial. En lo que se refiere a las aguas subterráneas, la anterior instrucción técnica contenía escasas indicaciones específicas, que tan sólo consideraban aspectos relativos a la delimitación de las unidades hidrogeológicas y los acuíferos, mediante poligonales (art. 4), fijación de los objetivos de calidad de las aguas subterráneas en función de los usos y demandas actuales y previsibles (art. 24), programación de perímetros de protección de las captaciones de aguas subterráneas para abastecimiento de poblaciones (art. 29) y medidas para eliminar la sobreexplotación y la intrusión marina en acuíferos (arts. 31 y 32).

Desde la perspectiva actual se aprecia que varias de esas indicaciones no se tuvieron en cuenta, o han resultado poco eficaces.

Por el contrario la nueva Instrucción de Planificación Orden ARM/2656/2008, dedica una extensa atención a las masas de agua subterránea y establece la relación de actividades a desarrollar dirigidas a cumplir los requerimientos

de la Directiva Marco y de la Directiva de protección de las aguas subterráneas contra la contaminación y el deterioro, de evitar o limitar la entrada de contaminantes en las aguas subterráneas, alcanzar un buen estado (cuantitativo y químico) de todas las masas de agua subterránea, a más tardar en 2015 e invertir toda tendencia significativa y sostenida al aumento de la concentración de cualquier contaminante debido a la actividad humana. Para la consecución de estos objetivos es necesario establecer un programa de medidas (antes de 2009 y que sea operativas antes de 2012) y los programas de seguimiento del estado cuantitativo y químico (operativos antes de 2007).

A lo largo del articulado de IPH se van regulando las cuestiones relativas a, 1) identificación, delimitación y caracterización inicial y adicional de las masas de agua subterránea, 2) existencia de presiones procedentes de fuentes de contaminación puntual y difusa, extracciones, recarga artificial, 3) masas muy alteradas hidrológicamente, 4) zonas protegidas referidas a las destinadas a captaciones para abastecimiento actuales o futuras, zonas vulnerables, perímetros de aguas minerales y termales, 5) programas de control y seguimiento del estado cuantitativo y químico de las masas de agua subterránea, 6) tendencias al aumento de contaminación: determinación e inversión, 7) objetivos medioambientales para cada masa y 8) programas de medidas para las masas de agua subterránea en riesgo.

El análisis de los nuevos planes de cuenca, desvelará como se han incorporado las aguas subterráneas a la nueva planificación y como se han podido aplicar las instrucciones técnicas anteriormente enunciadas, aunque a la vista de cómo se ha ido desarrollando el proceso, es esperable que en distintas circunstancias la falta de información sistemática, homogénea y actualizada pueda suponer o haya supuesto alguna limitación.

Actividades desarrolladas, en materia de aguas subterráneas, de apoyo a la planificación//

Con el objetivo de revisar el estado actual del conocimiento de algunos aspectos relativos a las aguas subterráneas, los avances en la materia en el último decenio y las carencias detectadas, se ha considerado que una de las formas de a cabo es realizar un análisis de los resultados alcanzados en algunos de los trabajos desarrollados por el IGME dentro de la Encomienda de Gestión (MMA-MEC (2007) realizada al IGME por Dirección General del Agua del MARM.

Se han seleccionado dos de las actividades contempladas en la mencionada encomienda, ya que debido a su temática han supuesto un análisis exhaustivo del grado de conocimiento, que en algunos aspectos relativos a las aguas subterráneas, se tiene en las cuencas intercomunitarias y por tanto su desarrollo y resultado final han servido para valorarlo y para poder determinar las carencias existentes en las distintas materias.

Una de las actividades ha abordado la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en el 2015, para lo cual se han tratado diversos aspectos cuantitativos y químicos, de un número importante de acuíferos.

La segunda actividad aquí analizada, relativa a las relaciones entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico, es esencial para dar cumplimiento a la nueva política de aguas, de marcado carácter ambientalista, y en la que la relación de las masas de agua subterráneas con los otros ecosistemas es prioritario.

CARACTERIZACIÓN ADICIONAL DE MASAS DE AGUA SUBTERRÁNEA

El objetivo de esta actividad ha sido el de suministrar, a los organismos de cuenca, la información relativa de aquellas masas de agua subterránea, que habían sido designadas, en el año 2005, en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en 2015 (IGME-DGA 2009).

La realización del estudio, que ha caracterizado 232 masas de agua subterránea cuya distribución por demarcación se refleja en la tabla 1, ha permitido realizar una síntesis bastante precisa del estado de conocimiento de cada masa de agua subterránea, siendo uno de los principales aspectos abordados la recopilación y análisis de toda la información existente sobre cada masa de agua subterránea, lo que ha permitido, de forma general, detectar donde se encuentran las principales carencias de información.

Tabla 1. Distribución de las masas estudiadas por demarcación hidrográfica

DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA	MASAS AGUA SUBTERRÁNEA	
	TOTAL	RIESGO
Miño-Sil	6	2
Cantábrico	34	-
Duero	64	23
Tajo	24	14
Guadiana	20	17
Guadalquivir	60	40
Júcar	63	48
Segura	116	46
Ebro	105	42
	492	232

Los aspectos abordados han correspondido a las características geológicas e hidrogeológicas, zona no saturada, piezometría, variación del almacenamiento, sistemas de superficie asociados y ecosistemas dependientes, recarga, recarga artificial, explotación de las aguas subterráneas, calidad química de referencia, evaluación del estado químico, determinación de tendencias de contaminantes usos del suelo y fuentes significativas de contaminación.

Han sido variados los problemas que se han presentado para poder realizar la caracterización de todas las masas de agua subterránea, así es el caso de la información piezométrica y/o de química disponible en masas, que por su escasa entidad, no tienen un control a través de las redes de seguimiento y por tanto sólo se ha dispuesto, en el mejor de los casos, de datos puntuales espacial y temporalmente, lo que da lugar a una valoración poco fiable.

Otra carencia a destacar es la ausencia en numerosas ocasiones de datos distribuidos de los principales parámetros hidráulicos, o de la información relativa a presiones, teniéndose que utilizar como fuente principal la información referida a las aguas superficiales que utilizan parámetros y umbrales que no son totalmente válidos para las aguas subterráneas (por ejemplo distancia a un cauce, que implica que aquellas más alejadas y no contempladas pueden suponer un impacto).

El desarrollo de esta actividad, que ha supuesto el análisis y tratamiento de una cantidad ingente de información, permite realizar una valoración general sobre el estado de conocimiento de las masas de agua subterránea designadas en riesgo, (Fernández Ruiz, 2010), y posibilita plantear estudios e investigaciones en aspectos concretos que actualmente no están tan desarrollados como sería deseable.

- De forma sucinta se muestra la valoración relativa a los diferentes aspectos contemplados para la caracterización:
- Características geológicas e hidrogeológicas, conocimiento aceptable debido a la existencia de una infraestructura cartográfica sólida a nivel nacional, aunque ello no quiere decir, que no sea necesario mejorar el conocimiento de los aspectos hidrogeológicos de algunas de las masas de agua subterránea caracterizadas.
- Parámetros hidráulicos, conocimiento mejorable al no disponerse de una información generalizada, actualizada y distribuida para todas las MASb, presentándose las principales carencias en aquellas masas de nueva delimitación que no corresponden con ninguna de las antiguas unidades hidrogeológicas, o en aquellas otras de “bajo” interés hidrogeológico.

- Piezometría, conocimiento mejorable debido a las notables carencias de información en MASb de nueva delimitación en las que no se ha realizado un control histórico a través de las redes de seguimiento, o en otros casos la baja densidad de medidas, aunque es necesario señalar que con las nuevas redes que se han establecido se avanza para subsanar estas importantes lagunas.

- Recarga, manifiestamente mejorable, se dispone de información precisa en pocas masas de agua subterránea, mientras que en el resto, según la metodología utilizada que es variable entre cuencas, los resultados que se presentan están poco contrastados y en ocasiones carecen del rigor necesario.

- Extracciones, conocimiento manifiestamente mejorable, existen grandes incertidumbres en cuanto a la veracidad de los valores que se están utilizando.

- Usos

- Abastecimiento, información escasa aunque se están realizando importantes esfuerzos para de mejorar su conocimiento (ALBERCA)

- Regadío, conocimiento mejorable

- Industria, en general los valores de los que se dispone no están actualizados

- Estado químico, conocimiento mejorable se da el mismo problema que en el caso de la piezometría, la ausencia de información en algunas de las masas de agua y por las mismas causas.

- Presiones e impactos, conocimiento mejorable, debido a que no se ha realizado de forma sistemática un inventario de presiones específico para aguas subterráneas, lo que implica que no se ha podido realizar una valoración precisa de su posible impacto.

INTERRELACIÓN AGUAS SUPERFICIALES- SUBTERRÁNEAS, MANANTIALES, ZONAS HÚMEDAS Y ESPACIOS NATURALES

El estudio realizado IGME-DGA (2009) abarca todas las masas de agua de cuencas intercomunitarias (492), y ha permitido aflorar toda la información relevante disponible, así como las carencias y constituye la base de partida para el desarrollo de trabajos posteriores de caracterización.

No se trata de un trabajo exclusivo de hidrogeología básica para el mejor conocimiento del funcionamiento hidrogeológico de las masas de agua subterránea, entendidas éstas como sistemas hidrogeológicos, aunque en muchas de las masas de agua subterránea que se han analizado, dicho funcionamiento ha quedado explicado.

Su objetivo principal ha sido realizar una primera caracterización, evaluación y cuantificación, cuando ha sido posible, en cuanto a:

- Identificación de los tramos de cauce que presentan conexión hidráulica con masas de agua subterránea y la caracterización de la conexión hidráulica río-acuífero aportando los parámetros básicos para la elaboración de los correspondientes modelos de simulación.
- Caracterización de las surgencias naturales o manantiales a partir de los datos existentes, aportando información básica para la implementación de modelos de simulación que reproduzcan la respuesta hidrodinámica a los sistemas hidrogeológicos (MASb).
- Determinación del tipo de conexión existente entre las formaciones geológicas permeables que conforman la masa de agua subterránea y las zonas húmedas como elementos básicos para fijar estrategias de gestión hidrogeológica que permitan la conservación ambiental de estas zonas húmedas.
- Identificación de las relaciones existentes entre las MASb y espacios naturales que permitan concretar los factores hidrogeológicos que puedan condicionar su conservación.

La actividad realizada ha manejado y generado una ingente cantidad de información para el logro de los objetivos planteados¹ y debe entenderse como una herramienta para complementar los modelos de simulación de la gestión conjunta en sistemas de explotación de los recursos hídricos definidos en las demarcaciones hidrográficas.

¹ Se han descrito un total de 1.780 tramos de ríos conectados a acuíferos, se han analizado un total de 927 humedales y 795 espacios naturales

También debe considerarse como una herramienta para la determinación de la recarga natural a los acuíferos y para la mejora del conocimiento hidrogeológico en lo referente a la relación río-acuífero, acuífero-humedal y acuífero-espacio natural.

Las principales dificultades detectadas tras la consecución del estudio, se han puesto de manifiesto en los resultados obtenidos que se pasan a enumerar, agrupadas por actividad:

- Identificación y caracterización de la interrelación que presentan las aguas subterráneas con los cursos fluviales, en numerosos casos, los datos de que se ha dispuesto pertenecían a series cortas, discontinuas y/o sin periodicidad, que no han permitido elaborar un modelo conceptual de funcionamiento de la relación río-acuífero robusto y consistente, ni cuantificar una pérdida o ganancia de agua sustentada en series de datos suficientemente largas y representativas.
- Cuando los datos han sido suficientemente representativos se ha descompuesto el hidrograma en escorrentía superficial y subterránea, y obtenido el coeficiente de agotamiento. En general solo se ha podido dibujar y analizar hidrogramas mensuales medios, en menor cuantía hidrogramas diarios y solo en casos excepcionales trazar el hidrograma para la serie histórica completa. En este último caso se han identificado los diferentes periodos de agotamiento y obtenido cada uno de los coeficientes que los caracterizan.
- Identificación y caracterización de las descargas que tienen lugar a través de manantiales, Debido al gran déficit en los datos de medida y control de las descargas de los manantiales, únicamente ha sido posible representar e interpretar su hidrograma en un porcentaje relativamente reducido, por lo que en general solo se ha estudiado la evolución del caudal y determinado el coeficiente de agotamiento en un porcentaje relativamente pequeño de manantiales.
- Identificación y caracterización de la interrelación entre las aguas subterráneas y las zonas húmedas, de forma general no se ha dispuesto de datos que hayan posibilitado la realización de un estudio cuantitativo y/o cualitativo de los humedales, por tanto en la mayoría de los casos se ha definido el carácter influente o efluente de los mismos y del modelo conceptual de relación entre las zonas húmedas y los acuíferos.

Consideraciones finales//

Estamos en un momento importante, en el que ha despertado el interés por el papel que pueden representar las aguas subterráneas en la política del agua española. Debemos avanzar en su uso sostenible, en cantidad y calidad, para las actividades humanas (agricultura, industria y abastecimiento), y compatible con el mantenimiento de ecosistemas asociados al medio hídrico, lo que implica importantes necesidades de investigación en el sector hídrico, que corresponden básicamente a: 1) generación de conocimiento e información 2) desarrollo de capacidades para la gestión y la innovación, y 3) desarrollo de formas de participación activa en la definición de políticas y toma de decisiones.

La nueva etapa en la gestión hídrica, en que la planificación hidrológica en curso será elemento clave, la encaramos con optimismo ante el avance importante que se ha producido en la última década, pero también plantea incertidumbres que no deben suponer desánimo sino nuevos retos a emprender, y que se presentan a continuación:

FORTALEZAS

- Mejor Administración pública del agua (más pluridisciplinar, cooperativa y abierta a la información y participación pública).
- Disponibilidad de medios de difusión inmediata de la información.
- Mejor conocimiento del recurso hídrico, de sus interrelaciones con el medio físico y biótico y de los efectos de la actividad antrópica.

DEBILIDADES

- Avances en la excelencia del conocimiento, frente al retroceso y estancamiento del conocimiento global.
- Sobrevaloración del dato sin analizar su origen y el método de obtención.
- Distanciamiento de los problemas reales, la teoría por encima de la realidad.

RETOS

- Adaptación a una menor disponibilidad de recursos para los diferentes usos (cambio climático, mantenimiento prioritario de equilibrios medioambientales, constitución de reservas estratégicas, sostenibilidad de los aprovechamientos).
- Seguimiento estricto, mayor exigencia de cumplimiento en plazo de medidas y objetivos.
- Transparencia en la gestión, cooperación entre Administraciones, amplia participación (usuarios y ciudadanos).

Referencias//

FERNÁNDEZ RUIZ, L. (2010) Las directivas europeas en el marco de las aguas subterráneas. V Curso de evaluación de la afección y contaminación de las aguas subterráneas. Colegio Oficial de Geólogos www.icog.es

IGME-DGA (2009). Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales en 2.015. (Demarcaciones Hidrográficas del Tajo, Guadiana y Guadalquivir). Encomienda de Gestión con la Dirección General del Agua (MARM) y el Instituto Geológico y Minero de España (MICINN). Centro Documentación del IGME.

IGME-DGA (2009). Identificación y caracterización de la interrelación que se presenta entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descarga por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial relevancia hídrica. Encomienda de Gestión con la Dirección General del Agua (MARM) y el Instituto Geológico y Minero de España (MICINN). Centro Documentación del IGME.

MMA-MEC (2007). Acuerdo para la Encomienda de Gestión, suscrito el 26 de septiembre de 2007 entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Publicado en el B O E nº 267, de 7 de noviembre de 2007.

Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre, por la que se aprueba la Instrucción de planificación hidrológica. BOE nº 229, de 22 de septiembre de 2008, con corrección de errores BOE nº 37, de 12 de febrero de 2009.

ORDEN de 24 de septiembre de 1992 por la que se aprueba las instrucciones y recomendaciones técnicas complementarias para la elaboración de los Planes Hidrológicos de cuencas intercomunitarias. BOE nº 249 de 16 de octubre de 1992.

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA D.H. DEL GUADALQUIVIR: OBJETIVOS DE LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA//

Agustín Argüelles Martín
Oficina de Planificación Hidrológica
Confederación Hidrográfica del Guadalquivir

En el momento actual, transcurridos más de diez años de la entrada en vigor de la Directiva Marco de Aguas (DMA) 2000/60/CE, en el marco de los Planes Hidrológicos, se han analizado presiones e impactos, y se han planteado las Normas y los Programas de Medidas (PdM) para la consecución en 2015 de los objetivos medioambientales en las aguas. En particular, en el caso de las subterráneas, se trata de alcanzar buenos estados químico y cuantitativo, en las masas de agua subterránea (MASUB), de las cuales en la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir (DHG), se han considerado sesenta.

Marco normativo general para la gestión de las aguas subterráneas//

El marco legal para el uso y la explotación de las aguas subterráneas, tuvo en España, hasta la Ley de Aguas de 1985, un perfil muy diferenciado del correspondiente a las aguas superficiales, a partir del concepto erróneo del origen de las mismas, que conducía a la consideración de que dichas aguas eran un recurso de la tierra, objeto de utilización y consumo como un recurso minero.

Esa imagen ha favorecido una explotación de connotaciones negativas, una vez que las posibilidades técnicas y económicas de prospección y explotación se fueron simplificando y abaratando hasta límites insospechados para el legislador de la Ley de Aguas de 1879, a la que la citada de 1985 sustituyó con evidente retraso. Este asunto, de gran trascendencia, no admite en este punto

un mayor desarrollo, excepto remarcar el carácter unitario del ciclo hidrológico, destacando que las fases subterránea y superficial no son más que etapas diferentes del mismo, que tienen, desde el punto de vista de la explotación, reglas diferenciadas y específicas, pero sin hacer nunca abstracción de su carácter unitario.

La legislación actual, Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA), es básicamente el resultado de superponer a preceptos de la Ley de 1985 determinados artículos de la modificación que se introdujo en 1999 y los procedentes de la transposición de la Directiva Marco del Agua (DMA), cuyos espíritu y objetivos deben ser fundamentales para conseguir un uso adecuado de los recursos hídricos y en particular de los de la fase subterránea del ciclo.

La DMA nació como respuesta a un conjunto de problemas, entre ellos el relativo a la protección de las aguas subterráneas. En Diciembre de 2006, la UE ha puesto en vigor una Directiva 2006/118/CE (informalmente conocida como “Directiva Hija de Aguas Subterráneas”), dedicada a la protección de las mismas contra la contaminación y el deterioro. En su Considerando 2 se declara que las aguas subterráneas son el recurso hídrico más sensible e importante de la UE y la fuente principal de suministro del agua potable para su población.

En España se ha dedicado cierto esfuerzo para la adaptación de nuestra normativa a los nuevos criterios y mandatos, con base en la DMA, y en particular en lo relativo a aguas subterráneas. El nuevo Reglamento de la Planificación Hidrológica (RPH) (R.D. 907/2007), incluye artículos específicos dedicados a las aguas subterráneas, y posteriormente el R.D. 1514/2009 regula la protección de las aguas subterráneas, de acuerdo con la citada Directiva 2006/118/CE. Están aún pendientes las modificaciones del propio TRLA y del Reglamento de Dominio Público Hidráulico, que deberán concentrarse, respecto a las aguas subterráneas, en lo que concierne a su gestión (Grupo de trabajo de aguas subterráneas. Universidad Autónoma de Madrid 2006). Debe tenerse en cuenta, asimismo la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden MARM/2656/2008) (IPH).

Las aguas subterráneas en la Cuenca del Guadalquivir//

La Planificación Hidrológica debe abordar con la mayor eficiencia posible el mandato de la DMA de alcanzar el buen estado de las MASUB en cada Demarcación. Haremos una breve revisión de los antecedentes de la situación de las aguas subterráneas desde que se aprobó el Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir de 1998 (R. D. 1664/1998) hasta el momento actual en que está en período de consulta pública el nuevo Plan. Un análisis retrospectivo permite juzgar los efectos de la aplicación de ese Plan, sin perder de vista la situación conceptual de la que se partía y la patente y bien conocida escasez de medios que la organización y la estructura de la que, en general, los Organismos de Cuenca han dispuesto tradicionalmente para llevar a cabo la gestión de las aguas subterráneas.

En cuanto a las aguas superficiales reguladas, en el Plan anterior se establecían unos balances de recursos y demandas y unas alternativas de ampliación de la oferta (nuevas presas, recursos nuevos procedentes de retornos reutilizados, modernización de regadíos etc.), que proporcionaban unos escenarios de posibles desarrollos de aquellas, teniendo en cuenta la planificación sectorial de zonas regables de interés general del Estado, de la C.A. Andaluza etc. Con respecto a las aguas no reguladas, el Plan establecía determinadas limitaciones de carácter medioambiental e instaba a la realización de estudios de carácter ecológico en relación con los caudales mínimos medioambientales (Argüelles, 2007).

En lo relativo a las aguas subterráneas, se introdujeron los consumos en los balances de los Sistemas de Explotación de Recursos, según los datos de que se dispuso (que no eran totalmente fiables al permanecer sin clarificación los derechos declarados) y no se hicieron previsiones concretas de desarrollo de nuevas demandas, aunque se dictaron normas limitativas de otorgamiento de nuevas concesiones. En el Plan se incluyó el documento “Normas para el otorgamiento de concesiones y autorizaciones”, redactado junto con otros estudios sobre las aguas subterráneas en la Cuenca mediante un Convenio entre el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) y el Organismo de Cuenca, y apoyado en unos datos de explotación que, en general, infraestimaban los recursos detraídos.

Se hicieron estudios posteriores de todas las Unidades Hidrogeológicas (UUHH), e incluso un nuevo Convenio con el IGME, y se le dio, como no podía ser menos, un carácter dinámico a la propia normativa, que siempre estaba, basada en un estado de situación previo, naturalmente en continua evolución. Aparte de los criterios aplicados, con validez en el contexto en que fueron concebidos, había hechos que, lamentablemente, escapaban al estricto control del Organismo de Cuenca, consecuencia de la evidente y reiteradamente declarada falta de medios para ello. Así, como se ha dicho, permanecían sin clarificar los derechos de aguas privadas anteriores a la Ley de Aguas de 1985. Había además numerosos abastecimientos a poblaciones sin título ninguno y sin registro de caudales, y además existía y existe la situación, proclive a la falta de control, que suponen las captaciones menores de 7000 m³/año, que no requieren concesión administrativa. Un buen impulso al conocimiento de la explotación lo constituyó el desarrollo del llamado Programa Alberca, iniciado en 2003, con apoyo financiero de fondos FEDER y que permitió, fundamentalmente, la clarificación de derechos de aprovechamientos de aguas subterráneas privadas, pendientes desde 1985, y de los que en la Cuenca del Guadalquivir había casi 30.000, del orden del 25% de todos los de España. Tras este prólogo de antecedentes, se llegó a la situación analizada en la documentación elaborada para el Plan de la Demarcación: Informe de Artículo 5 (CHG 2005), Esquema de Temas Importantes de la Demarcación (CHG, 2008) y ahora a la Propuesta de Proyecto del Plan, en consulta desde el 15 de diciembre de 2010 (CHG 2010)¹.

ESTADO ACTUAL DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA

En la Cuenca del Guadalquivir se han considerado sesenta Masas de Agua Subterránea (diecisiete detríticas, treinta y dos carbonatadas y once mixtas), que encierran en sus perímetros una superficie de 35609 Km² correspondiente al 62% del total de la cuenca. Su importancia radica no sólo en el aspecto medioambiental, sino en el gran volumen de recursos que los usos actuales movilizan, y en lo que entendemos muy decisivo, que es su carácter estratégico, al constituir garantía de reservas en las frecuentes situaciones de escasez en que los recurrentes períodos de sequía colocan tanto a los usos económicos del agua como a los de primera prioridad, que son los abastecimientos. Así en la última sequía (2004-2008), las aguas subterráneas recursos de abastecimiento

¹ La documentación relativa a implantación de la DMA y Plan Hidrológico está disponible en www.chguadalquivir.es

poblacional en importantes sistemas de abastecimiento para un significativo porcentaje de la población total de la cuenca. El estado de las masas de agua subterránea queda determinado por el peor valor de sus estados cuantitativo y químico

La recarga anual media de las masas de agua subterránea de la cuenca se ha evaluado en 2680 hm³/año. Aparte de esas masas existen otros acuíferos cuya recarga anual media se estima en 100 hm³/año, con lo que los recursos renovables ascienden a 2780 hm³/año. De esa recarga anual media, 2042 hm³/año se han considerado recursos disponibles (CHG, 2010).

La recarga anual media representa un porcentaje del 39 % de la aportación anual media de la cuenca (serie 1940-2005) (Tabla 1).

Tabla 1 Aportaciones en la Cuenca (Fuente CHG 2010)

Serie de aportaciones (hm ³ /año)	1980/1982-2005/2006	1940/1941-2005/2006
Media	5754	7043
Mediana	3851	5078

Para determinar el estado cuantitativo en relación con las extracciones se ha tenido en cuenta el índice de explotación (IE) según la definición de la Instrucción de Planificación Hidráulica (IPH):

$$IE = RE/RD$$

Donde RE es el volumen anual de recursos explotados y RD es el volumen anual de recursos disponibles obtenidos, restando al volumen anual de los recursos renovables medios la demanda medioambiental. Esta demanda medioambiental se ha considerado, en general y con carácter precautorio, del 20% de los recursos renovables excepto en los casos que se ha tenido un dato más preciso o en aquellas masas de aguas subterráneas calificadas como estratégicas en el Plan (Cazorla, Quesada Castril y Almonte Marismas) en que la demanda medioambiental se ha estimado el 50% de la recarga anual media. Para la consideración del buen estado mediante ese indicador, su valor debe mantenerse menor o igual a 0,8, (IPH Orden MARM 2656/2008) y por

consiguiente en la mayoría de los casos, para la calificación de buen estado, el cociente entre los recursos explotados y la recarga debe mantenerse igual o menor de 0,64 y en las masas estratégicas menor o igual que 0,40.² Aparte de dicho indicador se han tenido en cuenta los otros indicadores cuantitativos. En España, hasta la entrada en vigor de la DMA, el énfasis en la evaluación del estado cuantitativo se había limitado al análisis del fenómeno de la sobreexplotación. Esta figura legalmente sigue vigente (artículo 171.2 RDPH) y en la PPPHDHG, actualmente en consulta pública, se ha incluido en el Documento Normas un listado de MASUB en las que se propone la continuidad de tramitación de la Declaración de Sobreexplotación (CHG 2010).

En cuanto al estado cualitativo de las masas de aguas subterráneas, los umbrales cuya superación implica el mal estado vienen definidos en la IPH.

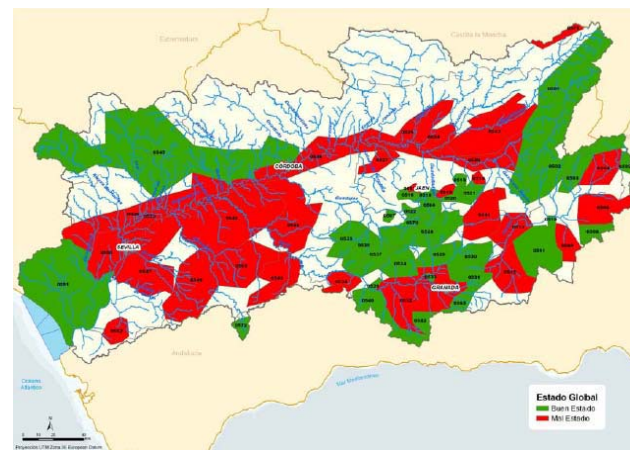
Los incumplimientos de cloruros y sulfatos detectados en algunas masas se han considerado de origen natural y no se han tenido en cuenta a efectos de evaluación de estado. En cambio en seis masas se han detectado incumplimientos de conductividad debidos a causas antrópicas, fundamentalmente actividades agrícolas. También se han detectado quince masas con concentraciones de nitratos superiores al valor umbral como consecuencia de actividades vinculadas al sector agropecuario y por consiguiente con incumplimiento de objetivos de buen estado.

El estado global de las MASUB (Figura 1) -determinado como se ha dicho por el peor de los estados cuantitativo y cualitativo- es consecuencia directa de la explotación y de los usos del suelo, factores que inciden respectivamente en dichos estados. En el caso del mal estado cuantitativo, que afecta a 19 MASUB, la causa directa es la presión de explotación debida al regadío, según veremos al comentar la utilización de este recurso y, desde luego, al regadío de olivar, que ha desbordado la sostenibilidad de la explotación, en parte de esos 19 casos. Según evaluación reciente, se riegan con agua subterránea 321.323 Ha, ascendiendo su demanda a 831,34 hm³/año (CHG, 2010).

² Desde el 28 de Julio de 2005, fecha en que la Junta de Gobierno de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir refrendó un informe genérico de la Oficina de Planificación Hidrológica de incompatibilidad con el Plan para nuevos regadíos en todas las MASUB cuya explotación superase el 40 % de la recarga y en todas las del Sistema de Regulación General, se han venido denegando tales concesiones de riego.

En el caso del mal estado cualitativo, que afecta a 16 MASUB, la responsabilidad destacable es la concentración de nitratos superando el umbral de mal estado, fundamentalmente por las actividades agropecuarias. En 7 MASUB coinciden malos estados cuantitativo y cualitativo. Los objetivos de la Planificación Hidrológica con respecto a las aguas subterráneas deben intentar conciliar la consecución del buen estado, y desde luego, la inversión de tendencias, con el perfil agropecuario y de alta dedicación al regadío, sobre todo de olivar, de la cuenca. No puede olvidarse el papel socioeconómico que esta dedicación produce, sobre todo en la parte andaluza de la misma, así como el beneficio derivado de la fijación de la población en los núcleos rurales.

Figura 1: Estado global de las masas de agua subterránea. (Fuente CHG, 2010)



UTILIZACIÓN DEL AGUA SUBTERRÁNEA EN LA DEMARCACIÓN HIDROGRÁFICA DEL GUADALQUIVIR

Abastecimiento a población y pequeña industria conectada a la red municipal

La población que se abastece con recursos de la DHG es de 4.141.635 habitantes³, distribuidos en 429 municipios, y se han censado 871 captaciones de abastecimiento (pozos y manantiales), que se han incluido en el inventario de zonas protegidas de la PPPHDHG.

La mayoría de los abastecimientos de agua subterránea en la Cuenca se localizan en la mitad oriental, donde gran parte de acuíferos son de naturaleza carbonatada y el relieve es abrupto y dificulta la conexión de los sistemas, favoreciéndose por ello, los aprovechamientos de municipios aislados. Una de las particularidades de los abastecimientos servidos con aguas subterráneas estriba en que tales recursos son, con frecuencia, la única fuente de agua accesible.

En la DHG los abastecimientos de más de 20.000 habitantes son 29 y sus recursos en un 85% son superficiales y en un 15% subterráneos (CHG, 2008 Ficha 18). Los abastecimientos de menos de 20.000 habitantes, con una población municipal media de 2.600 hab/municipio se abastecen principalmente de aguas subterráneas (77%), y el 23% restante de recursos superficiales, de los que el 11% no son regulados por embalses. A pesar de la existencia de bases de datos fiables de distintas instituciones y organismos es difícil conocer con cierta exactitud el número de habitantes de la DHG actualmente abastecidos con agua subterránea, porque en determinados casos son abastecimientos de uso conjunto o coyunturales de sequía, o simplemente se han abandonado y siguen censados, etc. Según datos de Confederación Hidrográfica del Guadalquivir entre 2006 y 2009, las dotaciones de manantial y de pozo son muy variables y, en cualquier caso, altas, y la cifra de población abastecida total o parcialmente con agua de pozos, sondeos y manantiales es 1.209.160 en 251 municipios y

³ La población de la Demarcación es de 4.107.598, pero se atienden ciertos abastecimientos exteriores (Cuenca del Guadiana en Córdoba y Ciudad Real) con aguas superficiales reguladas. También algunas poblaciones de la Demarcación son atendidas con recursos exteriores (Condado de Huelva) desde la Cuenca Atlántica Andaluza. Ello hace que no haya una coincidencia exacta entre los distintos valores de población abastecida con el de habitantes de la DHG.

303 l/hab/día de dotación, siendo de 668.600 la población abastecida exclusivamente de este origen de recursos, en 193 municipios y 295 l/hab/día de dotación. Ello representa fracciones respectivas del 29 % y el 16 % del total, inferiores a las del conjunto de Andalucía (43%), y a la media de España, que es del 32%, ambas en el primer supuesto de abastecimiento total o parcial (MINER y MOPTMA, 1994).

Una gran parte de las captaciones de agua subterránea para el abastecimiento urbano se localiza en masas de agua con una tasa de explotación inferior al 40%. Sin embargo hay casos de aprovechamientos situados en masas con tasas de explotación superiores al 80% e incluso superiores al 100%, en las que, además, se registran importantes descensos piezométricos. Tal es el caso de las masas 05.05 La Zarza, 05.17 Jaén, 05.24 Bailén-Guarromán-Linares, 05.25 Rumblar, 05.43 Sierra y Mioceno de Estepa y 05.49 Gerena-Posadas En cuanto a la tendencia de la demanda para 2015, las previsiones son de incremento, tanto de agua subterránea como superficial y mediante la aplicación del Programa de Medidas, una reducción, según la Tabla 3 (CHG, 2010).

Tabla 2 Utilización de recursos para abastecimiento según origen del agua (Fuente: CHG, 2010)

Población		DEMANDA ACTUAL POR ORIGEN				
Permanente	Equivalente	Manantial	Regulada	No regulada	Sub. pozo/sondeo	Total
4.141.635	4.387.507	47,6	326,58	6,21	56,03	436,41

Tabla 3. Evolución actual y tendencial demanda de abastecimiento (Fuente: CHG, 2010 y elaboración propia)

Origen del recurso	Demanda actual	Demanda tendencial a 2015	Demanda tendencial a 2015 corregida con aplicación del Programa de Medidas del Plan Hidrológico
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Regulada	326,59	345,3	301,2
No regulada	53,81	56,76	43,6
Subterránea	56,03	62,5	48,67
Total	436,41	464,56	393,47

Uso agrario

El regadío es uno de los sectores responsables de los mayores índices relativos de consumo de agua en el mundo, alcanzándose a este nivel una tasa relativa mundial del 69%, seguido por el uso industrial con un 21% y un 10% para el uso de abastecimiento humano. En España, estos índices relativos son respectivamente de 68%, 19% y 13%. En la cuenca del Guadalquivir, la incidencia relativa del regadío es muy superior, alcanzando el 87% frente al 1% de la industria, el 1% de la energía y el 11% del consumo doméstico.

En la DHG, el sector primario destaca por el crecimiento (tasa del 5,4% anual) del Valor Añadido Bruto (VAB) en relación con otros sectores, siendo la industria agroalimentaria con un 29% del VAB y el 22% del empleo, dentro de su sector, la más importante en el sector industrial (Martín Ortega, 2009). La superficie regada total en la cuenca del Guadalquivir asciende a 845.986 Ha (CHG, 2010), lo que supone un 28,4 % del total de la superficie cultivada.

El riego localizado es el más utilizado en la Demarcación (66%), siendo el que presenta mayor eficiencia. El sistema de aplicación en parcela depende directamente del tipo de cultivo; de este modo hay cultivos con una aplicación muy eficiente presentando un alto porcentaje de riego por goteo como por ejemplo los cítricos, la fresa y el olivar, mientras que otros por sus características sólo admiten riego por gravedad, como el arroz. Precisamente son los cultivos con mayor eficiencia en el riego los que se están imponiendo en la cuenca

Atendiendo al origen del recurso, el 74,77% del consumo total tiene origen superficial, respondiendo a las necesidades de 517.172 ha de cultivo (61,1% de la superficie de riego), con una dotación anual media de 4789 m³/ha. El 24,73% restante del consumo total, correspondiente a 321.232 ha (38% de la superficie de riego) tiene origen subterráneo con una dotación anual media de 2588 m³/ha, y apenas el 0,9% tienen su origen en la reutilización con una dotación anual media del orden de los 2190 m³/ha (CHG, 2010). La razón de la significativa diferencia de dotaciones entre las aguas subterráneas y superficiales – puesto que hablamos de dotaciones brutas– radica aparte de la mayor eficiencia en el transporte en el caso del agua subterránea, en los tipos de cultivo en que se aplican estos recursos y la modalidad del riego. Así en el caso del agua subterránea, en su mayor parte se aplica a regadío de olivar por goteo –197.066 ha, con una dotación anual media de 1837 m³/ha- mientras que en el caso del agua

superficial, los cultivos y modalidades de riego corresponden a una gama más plural de cultivos, con demandas más elevadas y sistemas menos eficientes. El 79% de la superficie de olivar regada con agua subterránea utiliza una dotación inferior a 2000 m³/ha año, mientras que en agua superficial este porcentaje es solo del 40% (Argüelles y Cifuentes, 2010).

La distribución del origen del recurso en la cuenca puede verse en Tabla 4.

Tabla 4. Distribución de la demanda actual de riego por origen del recurso (Fuente CHG, 2010 y elaboración propia)

Superficie Regable (Ha)	Demanda Actual (Hm ³ /año)			
	Superficial	Subterránea	Residual	Total
845.986	2476,3	831,34	16,62	3.324,26

La evolución de superficie de regadío en la DHG ha superado ampliamente las previsiones del Plan Hidrológico de 1998 debido a distintas causas: la gran expansión del riego de olivar, la facilidad de realización y explotación de sondeos y la gran implantación en la cuenca del riego localizado debido a su eficiencia. Estos tres factores conjugados han producido un incremento muy importante de la superficie de riego sin que la evolución del consumo haya sido proporcional.

En 1992 se preveía, en la hipótesis maximalista de desarrollo del regadío, una superficie de 592.695 ha y 3307 Hm³ de demanda anual de riego, prácticamente igual a la actual, pero que no incluía incrementos sensibles de agua subterránea y tampoco preveía el crecimiento de consumo de aguas invernales (reguladas en balsas laterales a los cauces no regulados por infraestructuras de iniciativa pública). Ello se ha concretado en una reducción muy significativa de la dotación media bruta, que ha pasado de una previsión de 5579 m³/ha a 3929 m³/ha anuales actuales, incluyéndose en ambos casos la ejecución de un programa de modernización de regadío que permitirá reducir aún más esa dotación, muy lejos ya de las que tradicionalmente se utilizaban no hace muchos años

En cuanto al uso ganadero, desde el punto de vista cuantitativo es muy poco relevante.

Tabla 5. Evolución actual y tendencial de la demanda de riego
(Fuente: CHG. 2010 y elaboración propia)

Origen del recurso	Demanda actual	Demanda tendencial a 2015	Demanda tendencial a 2015 corregida con aplicación del Programa de Medidas del Plan Hidrológico
	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)	(hm ³ /año)
Regulada	2128,44	2241,53	2007,16
No regulada	347,86	338,25	291,49
Subterránea	831,34	801,02	782,05[1]
Residual	16,62	7,58	15,46
Total	3324,26	3388,38	3096,17

USO INDUSTRIAL

En la situación actual, el uso de recursos hídricos para la industria cuantitativamente más importante, se realiza a través de las redes de distribución de abastecimiento a población. Así, se tiene que de un consumo total para industria de 82,84 Hm³ anuales, 47,05 Hm³ se suministran a través de dichas redes y sólo 35,79 Hm³ corresponden a tomas individualizadas. De éstas, 11,06 hm³ corresponden a extracciones por bombeos de agua subterránea y 24,72 Hm³ a aguas superficiales. La evolución tendencial en relación con los consumos individualizados para la industria de la DHG es la de Tabla 6 siguiente.

Tabla 6. Evolución tendencial de las demandas de uso industrial con toma independiente. (CHG, 2010)

Origen del recurso	Demanda actual	Demanda 2015
	Hm ³ /año	Hm ³ /año
Superficial regulado	24,7	29,7
Subterráneo	11,1	13,7
Total	35,8	43,4

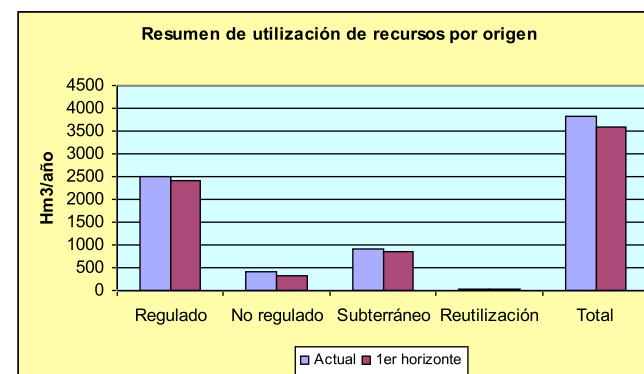
OTROS USOS

En ninguno de estos casos es relevante ni significativa la utilización del agua subterránea.

OTROS ASPECTOS DEL USO DEL AGUA SUBTERRÁNEA

En la Figura 2 puede compararse la importancia relativa de los consumos de distintos orígenes del agua en el conjunto de los usos consuntivos en la Cuenca.

Figura 2. Utilización de los recursos por origen en la cuenca.
(Fuente CHG 2010 y elaboración propia)



Otro de los aspectos importantes de la utilización de los recursos de distintos orígenes es el relativo al coste de los servicios del agua.

En el caso del agua subterránea, el carácter en general individualizado de las explotaciones hace recaer los costes directamente en el usuario, desde la inversión inicial hasta la elevación y distribución y en su caso, la aplicación. El coste del agua subterránea en riegos es, en general y en promedio, en la DHG, superior al del agua superficial, y aunque no procede aquí hacer un comentario más extendido del asunto, la amortización, los costes de mantenimiento y el alto precio de la energía explican esta diferencia.

Los resultados de las estimaciones son muy cambiantes en el tiempo, y así, en el Informe de Artículo 5 de la DMA remitido a la CE en 2005, la estimación, para el agua subterránea, del coste total que se hacía, era de 0,1614 €/m³ y para el agua superficial de 0,1278 €/m³, siendo la componente de coste medio de riego en parcela de 0,0683 €/m³, aunque en el caso de goteo llega a 0,096 €/m³ (CHG 2005 y elaboración propia). Resultados de 2005 (Berbel, 2005 y MIMAM, 2006) daban para la DHG costes del agua subterránea de 0,15 €/m³ y 0,035 €/m³ para el agua superficial, lo que representaría en costes totales 0,22 €/m³ y 0,11 €/m³ respectivamente. Resultados que se confirman con datos directos en encuesta realizada para el Inventario y Caracterización de Regadíos de la Cuenca del Guadalquivir aunque limitados al olivar y a la provincia de Jaén⁴. Con datos posteriores, pero de carácter general para riegos de Andalucía, la Consejería de Agricultura y Pesca da valores de costes medios de 0,137 €/m³ para el agua subterránea y 0,059 €/m³ para el agua superficial, con incrementos respectivos del 52 % y el 49 % entre 1997 y 2008 (Agenda del Regadío Andaluz 2009). El superior coste del riego con agua subterránea da lugar a que su uso se limite en la práctica a cultivos que tengan una rentabilidad alta, y consiguientemente, a que se considere que es no solo más eficiente desde el punto de vista de las dotaciones brutas, próximas a las netas, sino también desde el punto de vista de la mayor productividad del m³ de agua aplicado.

Objetivos de la Planificación Hidrológica para las aguas subterráneas en la DHG//

El artículo 35 del RPH, recogiendo lo que establece la DMA, tanto en su considerando nº 31 como en su artículo 4, establece los objetivos generales de la Planificación Hidrológica, con carácter vinculante, para las aguas subterráneas.

En aquellas masas de agua en las que no se pueda alcanzar, por razones técnicas o costes desproporcionados, los objetivos ambientales generales la norma admite la posibilidad de establecer exenciones en plazo (prórrogas) o exenciones en objetivos (objetivos menos rigurosos).

⁴ Resultados provisionales de 2008 de una asistencia técnica realizada por la empresa DAP para Acuavir

Las prórrogas, como muy tarde a 2027, respecto de determinadas masas de agua, pueden establecerse en el Plan Hidrológico siempre y cuando además de evitarse la producción de nuevos deterioros de su estado, se dé alguna de las siguientes circunstancias:

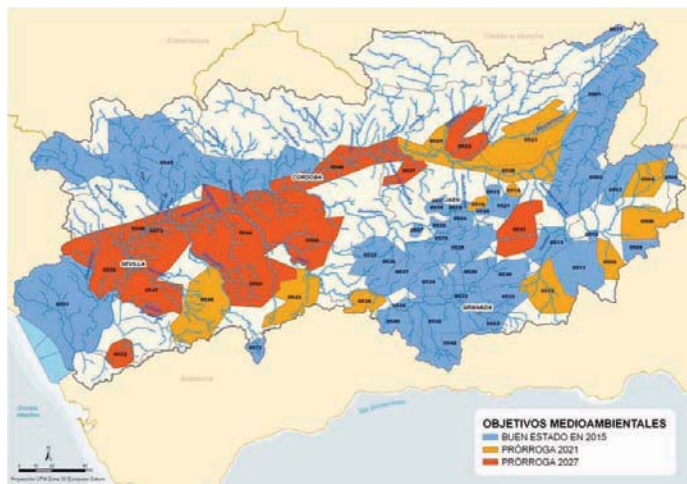
- Que las mejoras necesarias para obtener el objetivo sólo puedan lograrse, debido a las posibilidades técnicas, en un plazo que exceda del establecido.
- Que el cumplimiento del plazo diese lugar a coste desproporcionadamente alto.
- Que las condiciones naturales no permitan una mejora del estado en el plazo señalado.

Se pueden admitir objetivos menos rigurosos siempre que estén muy afectadas por la actividad humana o cuando sus condiciones naturales hacen inviable la consecución de los objetivos señalados o exigen un coste desproporcionado.

Entre dichas condiciones, se incluyen al menos las siguientes:

- Que las necesidades socioeconómicas y ecológicas a las que atiende dicha actividad humana no pueden lograrse por otros medios que constituyan una alternativa ecológica significativamente mejor y que no suponga un coste desproporcionado.
- Que se garanticen los mejores estados ecológico y químico posibles para las aguas superficiales y los mínimos cambios posibles del buen estado para las subterráneas, teniendo en cuenta las repercusiones que no hayan podido evitarse razonablemente.
- Que no se produzca un deterioro posterior de la masa de agua en cuestión. De las 60 masas de agua subterránea, 35 deben llegar al buen estado en el año 2015, y para otras 25 se establecen prórrogas en la PPHDHG (13 al año 2021 y 12 al 2027). No se ha considerado necesario establecer Objetivos menos rigurosos en ninguna. En la figura 3 se muestran estos OMA de las masas de agua subterránea.

Figura 3. Objetivos medioambientales para las aguas subterráneas
(Fuente CHG, 2010)



El Programa de Medidas incluido en la PPPDHG (CHG, 2010), tiene un presupuesto de inversiones de 4105 M€. En relación con las inversiones, las más elevadas son las de modernización de regadíos (incremento de la eficiencia en el uso agrícola), de 1229 M€ y la de lucha contra la contaminación puntual (depuradoras de residuales urbanas), de 1087 M€. En cuanto a las cifras de mantenimiento y explotación, las más elevadas corresponden a lucha contra la contaminación urbana, 166 M€/año y lucha contra la contaminación difusa, 105 M€/año.

Las medidas más determinantes en relación con aguas subterráneas son las que se refieren a la lucha contra la contaminación difusa, y las relativas a mejora, conocimiento y gobernanza del dominio público hidráulico, entre las que está la investigación y determinación precisa de los aprovechamientos carentes de titularidad acreditada para su eliminación, y otras, que en un desglose para aguas subterráneas tendrían un presupuesto de inversiones de 60 millones de euros hasta 2015. La mayor parte de estas medidas tienen el carácter de básicas, y por tanto su ejecución es de carácter obligatorio. Es de desear que en 2015, fecha que está “a la vuelta de la esquina”, podamos comprobar que los compromisos se han cumplido.

Referencias//

Argüelles, A. (2007) Planificación Hidrológica y uso sostenible de las aguas subterráneas. Caso de la Cuenca del Guadalquivir. V Congreso Nacional de la Ingeniería Civil .Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos www.ciccp.es/biblio_digital/V_Congreso/congreso/.../0000.pdf

Argüelles A. y Cifuentes V. J. (2010) Sostenibilidad de la producción de olivar en Andalucía Cap.2.Coord J.A. Gómez <http://www.ias.csic.es/sostenibilidad-olivar/index.htm>).

CHG (2005) Informe de Artículo 5 a la CE. www.chguadalquivir.es

CHG (2008) Esquema de Temas Importantes de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. www.chguadalquivir.es

CHG (2010) Propuesta del Proyecto de Plan Hidrológico de la Demarcación Hidrográfica del Guadalquivir. Documento para consulta. (Memoria) . www.chguadalquivir.es

CHG (1998) Plan Hidrológico de la Cuenca del Guadalquivir de 1998. Anejo XII. www.chguadalquivir.es

Grupo de trabajo de aguas subterráneas. Universidad Autónoma de Madrid (2006) La gestión de las aguas subterráneas. Propuesta desde la Participación. www.uam.es/aguasubterranea

Martín Ortega, J. (2009) Los beneficios ambientales de las aguas del Guadalquivir. Un análisis económico. Centro de Estudios andaluces. Consejería de la Presidencia. Junta de Andalucía.

Berbel, J. (2005) El agua y el desarrollo económico de Andalucía. Jornada sobre agua y desarrollo sostenible en la CEA. Sevilla.

MINER y MOPTMA (1994) Libro Blanco de las Aguas Subterráneas.

Berbel J. (2005a). El Uso del Agua en la Economía Española. Aula Biodiversidad. MIMAM y Fundación Biodiversidad.

Carrasco J.M., Pistón, J.M. y Berbel J.(2010) Evaluación de la productividad del agua en la Cuenca del Guadalquivir 1989-2005, Economía Agraria y recursos Naturales. Vol 10.1 2010 pp.57-67

MIMAM (2006). Libro digital del agua
http://servicios2.marm.es/sia/visualizacion/lda/economico/recuperacion_precios_agricultura.jsp

Agenda del Regadío Andaluz (2009). Documento en preparación. Consejería de Agricultura y Pesca. Junta de Andalucía.

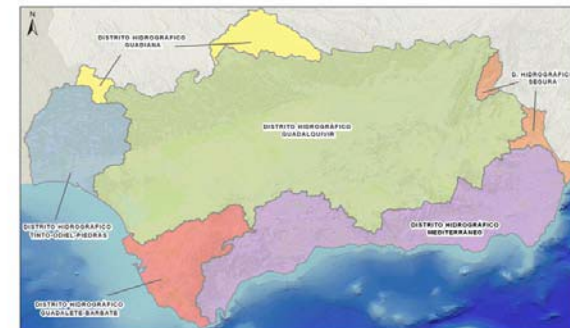
LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS DE LOS ACUÍFEROS DEL PONIENTE ALMERIENSE DE LAS CUENCAS MEDITERRÁNEAS ANDALUZAS//

Francisco de Paula López García
Agencia Andaluza del Agua

Dentro del marco del nuevo proceso de planificación hidrológica para la implantación real de la Directiva Marco 2000/60/CE de políticas del agua, los planes de las Demarcaciones Hidrográficas Intracomunitarias de Andalucía se hallan en la actualidad en fase de consideración de las alegaciones presentadas a los borradores de Plan Hidrológico de Demarcación y Programa de Medidas y, en concreto, entre ellos los del ámbito de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas (DHCMA).

La demarcación hidrográfica se halla delimitada por el Decreto 357/2009, de 20 de octubre, y su ámbito territorial se extiende sobre una superficie de 17.952 km² a lo largo de una franja de unos 50 kilómetros de ancho y 350 de longitud, desde el límite entre los términos municipales de Tarifa y Algeciras hasta la cuenca y desembocadura del río Almanzora. Está conformada por un conjunto de cuencas de ríos, arroyos y ramblas que nacen en sierras del Sistema Bético y desembocan en el mar Mediterráneo (Figura 1).

Figura 1. Localización de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.



Todo este territorio está enmarcado en la Comunidad Autónoma de Andalucía, y en él se integran la mayor parte de las provincias de Málaga y Almería así como la vertiente mediterránea de la provincia de Granada y el Campo de Gibraltar en la provincia de Cádiz.

La DHCMA se caracteriza por sus fuertes contrastes, tanto en los rasgos físicos del territorio como en sus condiciones climáticas, además de los relativos al medio socioeconómico.

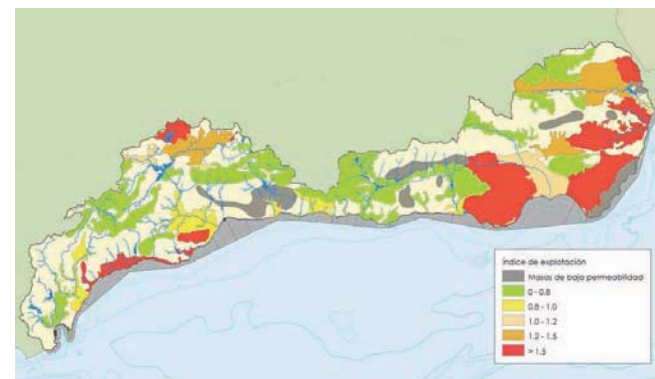
Caracterización de las masas de agua subterránea de la demarcación//

Volviendo al tema objeto del Seminario, y como consecuencia de los datos existentes y de los estudios previos, dentro del borrador de Plan Hidrológico, y mejorando sensiblemente la caracterización existente en el todavía Plan vigente, en ella se han identificado y definido un número de 67 masas de agua en el sentido dado por el artº 40.bis del Texto Refundido de la Ley de Aguas (TRLA)

Estado cuantitativo de las Masas de Agua Subterránea (MASub)

Queda definido por el índice de explotación (I_e) (Figura 2). Se considera que las masas no presentan buen estado cuando $I_e > 1.0$, por la extracción de un volumen de agua anual superior al recurso disponible. No obstante, puede decirse que los valores mayores superiores a 0.8 marcan ya clara tendencia de sobreexplotación. Se identifican cuatro áreas con sobreexplotación acusada: la Costa del Sol occidental, la cuenca del río Guadalhorce y Laguna de Fuente de Piedra y, en fin, la provincia de Almería. Se contabilizan 32 masas de agua en mal estado.

Figura 2: Índice de explotación de las masas de aguas subterráneas de la Demarcación de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas. Fuente: Borrador del Plan Hidrológico de la DHCMA

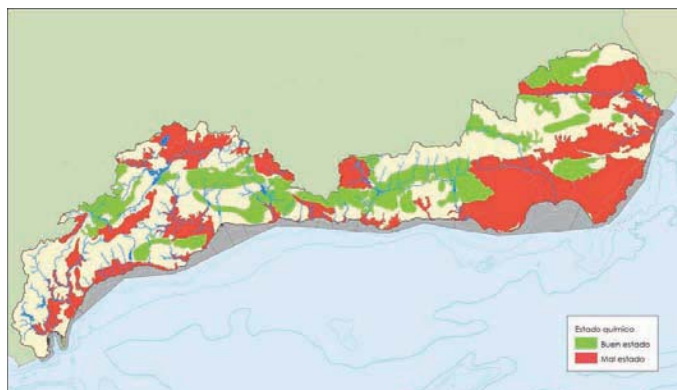


Estado químico de las MASub

Se ha considerado que una masa de agua subterránea o grupo de masas de agua subterránea tiene un buen estado químico cuando: a) la composición química de la masa o grupo de masas, de acuerdo con los resultados de seguimiento pertinentes, no presenta efectos de salinidad u otras intrusiones, no rebasa las normas de calidad establecidas, no impide que las aguas superficiales asociadas alcancen los objetivos medioambientales y no causa daños significativos a los ecosistemas terrestres asociados; b) no se superan los valores de las normas de calidad de las aguas subterráneas ni los valores umbral correspondientes establecidos, en ninguno de los puntos de control de dicha la masa o grupo de masas de agua subterránea, y, c) se supera el valor de una norma de calidad o un valor umbral en uno o más puntos de control, pero una investigación adecuada confirma que se cumplen las condiciones requeridas en la IPH.

Se han catalogado como en mal estado químico 35 de las 67 totales (Figura 3).

Figura 3: Estado químico de las masas de aguas subterráneas de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.
Fuente: Borrador del Plan Hidrológico de la DHCMA.



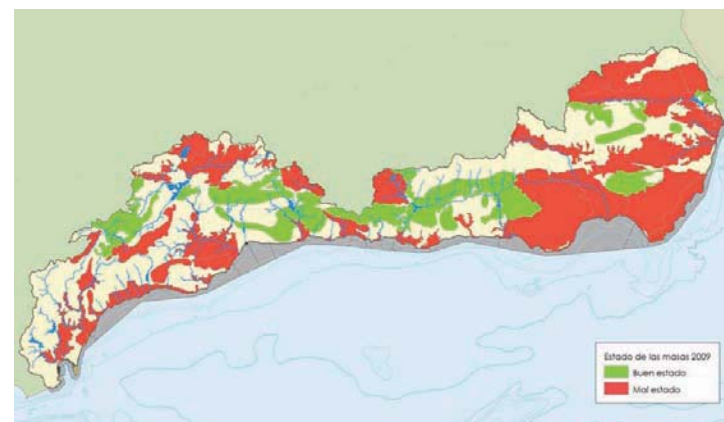
Estado de las masas de las MASub

El estado de las masas de agua subterránea queda determinado por el peor valor de su estado cuantitativo y de su estado químico. En la Figura 4 se muestra el mapa resultante del estado actual de las masas de agua subterránea.

Como puede observarse, existen un total de 40 masas que de algún u otro modo no cumplen actualmente los objetivos medioambientales establecidos por la DMA, lo cual supone aproximadamente el 60% del total de las masas de la demarcación, casi dos terceras partes.

De éstas, 27 masas presentan un mal estado tanto cuantitativo como químico, 5 sólo cuantitativo y otras 8, solamente químico. Cabe destacar, que ninguna de las masas de agua costeras presenta en la actualidad un buen estado global.

Figura 4: Estado de las masas de aguas subterráneas de la Demarcación Hidrográfica de las Cuencas Mediterráneas Andaluzas.
Fuente: Borrador del Plan Hidrológico de la DHCMA.



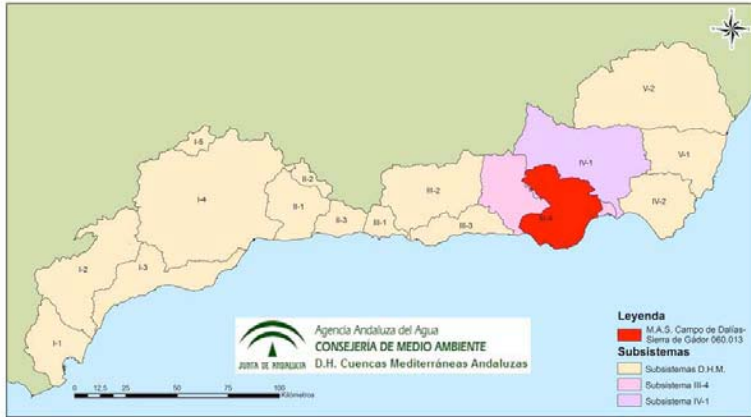
Masas de agua subterránea Campo de Dalías-Sierra de Gádor//

Por lo visto anteriormente especial relevancia merece la consideración de las masas de agua subterránea de la provincia de Almería, y, según lo requerido, nos centraremos en especial en la MASub denominada Campo de Dalías - Sierra de Gádor (Cod 060.013).

Dicha masa de agua subterránea tiene los siguientes límites geográficos: El acuífero de Sierra de Gádor aflora de norte a sur, entre Sierra Nevada y el Campo de Dalías, y de este a oeste entre los ríos Adra y Andarax. El Campo de Dalías se sitúa al oeste de la ciudad de Almería y constituye una llanura costera limitada al norte por la Sierra de Gádor y, al este, oeste y sur por el mar Mediterráneo (Figura 5).

Comprende una superficie de 103.724 ha y con un afloramiento de 797,09 km², hallándose la masa parcialmente confinada. Se halla parcialmente comprendida dentro de los subsistemas de explotación de recursos III.4 y IV.1 de la demarcación.

Figura 5: Ubicación Campo de Dalías-Sierra de Gádor



Se puede catalogar con una tipología hidrogeológica mixta, y se halla cerrada exclusivamente por el norte y constituida por los 8 siguientes acuíferos:

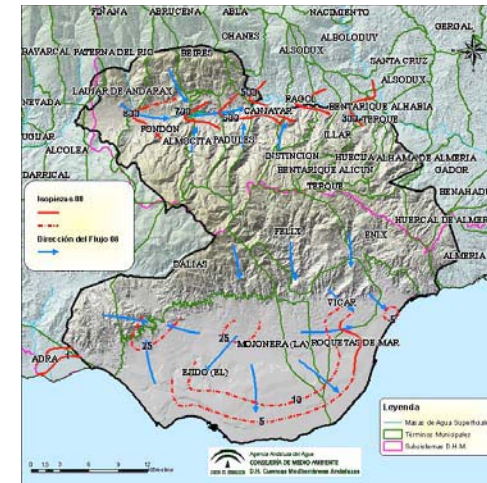
- Acuífero del Alto Andarax
- Acuíferos Inferiores: Acuífero Inferior Occidental (AIO) y Acuífero Inferior Noreste (AIN)
- Acuíferos de cobertera: Acuífero Superior Central (ASC), Acuífero Superior Noreste (ASN), Acuífero Intermedio Central (AitC) y Acuífero Intermedio Noreste (AitN)
- Acuífero de Escama de Balsa Nueva (AEBN)

La litología de la zona se halla fundamentalmente constituida por calizas y dolomías del triásico; calcarenitas, gravas, arenas y conglomerados del Plioceno, y calizas, dolomías, calcarenitas, conglomerados y arenas del Mioceno.

En cuanto a la vulnerabilidad a la contaminación, según el índice DRASTIC la mayor parte de la masa se halla entre los índices 2 y 5 y según el índice COP entre moderada y baja, siendo alta solamente en una parte pequeña del centro de la masa, más o menos, por los términos municipales de Félix y Turque.

Los registros históricos de los niveles piezométricos de la red oficial de aforos (4 puntos de control) marcan una tendencia generalizada de descenso del nivel piezométrico desde noviembre de 1998 hasta finales de 2008 con magnitudes de descenso máximas desde 4 a casi 23 metros (Figura 6). A pesar de ello, y pese los años hidrológicos 2009/2010 y el actual, no se detecta recuperación generalizada, lo cual manifiesta su actual estado de sobreexplotación.

Figura 6: Mapa de isopiezas periodo mayo 2008.



En la actualidad, a diferencia del pasado, no presenta apenas dependencia de cursos fluviales. Antiguamente las surgencias de la parte norte constituían una fracción significativa del caudal fluyente por el río Andarax hasta su confluencia con el Nacimiento, pero dichos aportes se han reducido drásticamente por las extracciones subterráneas. Los caudales de los cursos de agua superficial fluyente, Alto, Medio y Bajo Canjáyar, dependen en la actualidad casi en exclusiva de Sierra Nevada y no de la masa de agua subterránea.

En el sector meridional, y ya en el entorno del Campo de Dalías, están catalogados diversos humedales, aunque debido a su reducido tamaño ninguno de ellos ha sido definido como masa de agua superficial. Además, con la única excepción de La Cañada de las Norias (Balsa del Sapo), no existe una relación de dependencia entre dichos humedales y las aguas subterráneas.

La evaluación efectuada para esta masa de agua le otorga un valor de tasa media de recarga interanual de 122 hm³/año, de los cuales 92 corresponden a infiltración, 4 a retornos de riegos y los restantes 26 a recargas de aguas superficiales y/o aportaciones laterales de otras masas de agua.

La descarga de agua de las masas se realiza principalmente por extracciones mediante bombeos y por descarga directa al mar. En la actualidad no se efectúa ni se prevén efectuar operaciones de recarga en la masa.

Las presiones más significativas sobre la masa se resumen en la Tablas 1.

Tabla 1. Presiones sobre las masas de agua

Subsistema de explotación	VOLUMEN ANUAL EXTRAÍDO				
	Abastecimiento	Agrícola	Industrial	Otros	TOTAL
	hm ³	hm ³	hm ³	hm ³	hm ³
III - 4	34,66	107,67		0,55	142,88
IV - 1	0,75	6,03			6,78
Total	35,41	113,7		0,55	149,66

	APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN USO Y VOLUMEN ANUAL											
	Abastecimiento		Agricultura y Ganadería		Industrial		Uso Recreativo		Doméstico		Otros	TOTAL
	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³
EN REGISTRO DE AGUAS	1	78,8·10 ⁻³	1	27,25·10 ⁻³							2	0,106
(SECCIÓN A)		10 - Mar										
Sección C (Registro temporal en privadas)	1	0,25	69	23,04							69	23,29
CATÁLOGO DE PRIVADAS	16	4,009	99	51,12	1	0,35			8	3,7·10 ⁻³	115	55,49
EN CATÁLOGO APROVECHAMIENTOS	2	0,562	1	7·10 ⁻³							3	0,57
< 7000 m ³												
TOTAL	20	4,9	170	74,2	1	0,35			8	3,7·10 ⁻³	189	79,45

Tabla 1 - Continuación

	APROVECHAMIENTOS DE AGUA SUBTERRÁNEA SEGÚN USO Y VOLUMEN ANUAL												
	Abastecimiento		Agricultura y Ganadería		Industrial		Uso Recreativo		Doméstico		Otros	TOTAL	
	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	Nº	hm ³	
EN REGISTRO DE AGUAS	5	0,44	10	1,54								15	1,98
(SECCIÓN A)													
Sección C (Registro temporal en privadas)	1	52·10 ⁻³	6	2,41								7	2,46
CATÁLOGO DE PRIVADAS	1	3,14·10 ⁻³	66	30,03					1	0,58·10 ⁻³		66	30,03
EN CATÁLOGO APROVECHAMIENTOS			37	17,85					16	8,99·10 ⁻³		38	17,86
< 7000 m ³													
TOTAL	7	0,496	119	51,83					17	9,57·10 ⁻³		126	52,33

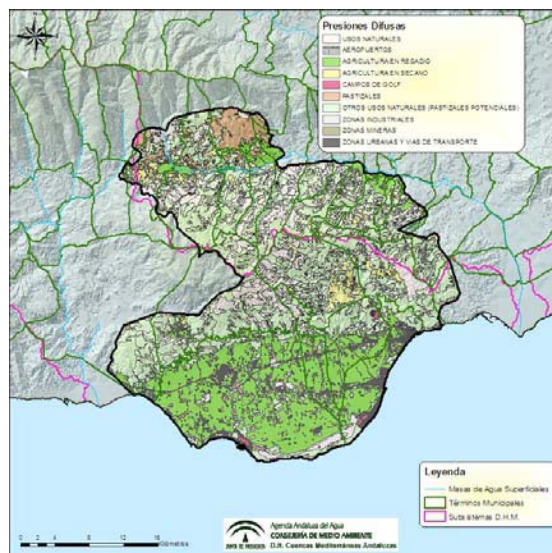
La ocupación de suelo por usos se distribuye de la siguiente manera:

- Urbano..... 3.509 ha
- Agrícola total..... 30.765 ha
- Forestal..... 67.692 ha
- Zonas húmedas..... 1.027 ha
- Otros..... 478 ha

Población asentada en el ámbito y que se abastece de la masa de agua subterránea: oscila entre los 399.000 habitantes de derecho y una estimación de hasta 440.000 en la actualidad. Son tres los sistemas de gestión del ciclo integral del agua comprendidos: Sierra Nevada almeriense (Alcolea, Alhama de Almería, Alicún, Almócita, Beires, Bentarique, Canjáyar, Fondón, Gádor, Huécija, Íllar, Instinción, Láujar de Andarax, Ohanes, Padules, Paterna del Río, Rágol, Santa Fé de Mondújar y Terque), Almería y Poniente almeriense (Bérja, Dalías, El Ejido, Énix, Félix, La Mojonera, Roquetas de Mar y Vícar). Todos ellos tienen sus fuentes de abastecimiento urbano basadas en aguas subterráneas.

La actividad de mayor presión o impacto directo e indirecto sobre la masa de agua subterránea la constituye la agricultura intensiva (Figura 7), que supone más del 20% de la producción Final Agraria de Andalucía y más del 5 % de la española, con medias de 2.030 millones de euros, y con altas tasas de productividad.

Figura 7: Actividades potencialmente contaminantes



De origen difuso son de carácter importante o significativo las originadas por las áreas urbanas y vías de transporte, la superficie agraria y las zonas de ganadería extensiva. Fuentes de potencial contaminación puntual las constituyen los usos agropecuarios originados por granjas y cebaderos.

Con respecto a la intrusión salina en el punto de control piezométrico 06.14.011-B de la red oficial situado a unos 10 km de la costa, se han tomado mediciones de nivel de agua a -41,9 m respecto del nivel del mar. En otros puntos de control situados a menos de 2 km de la costa, se presentan de forma general, cotas negativas del nivel de lámina de agua. Esta intrusión marina patente en los acuíferos inferiores claramente está inducida por la sobreexplotación ya aludida anteriormente.

IMPACTOS SOBRE LA MASA DE AGUA

Sobreexplotación

En el Acuífero Superior Central (ASC) y otras partes de la masa de agua se hallan prohibidas las extracciones desde el año 1995 por hallarse formalmente declarado como sobreexplotado en esa fecha.

La subida de la cota del nivel dinámico del ASC desde entonces no cambia el diagnóstico general de sobreexplotación generalizada de la masa de agua, la cual, según el estudio realizado en la elaboración del Plan será, de entre todas de la demarcación hidrográfica, la que con mayor certeza se hallará en mal estado en el horizonte 2015. La evaluación del volumen actual de sobreexplotación se halla entre los 65 y los 70 hm³/año

Salinización

De acuerdo con los datos de la red de control del IGME implantada, la conductividad media supera los 2.500 µS/cm, y puntualmente, se superan con asiduidad valores de la misma de 10.000 hasta un máximo de 59.592 µS/cm

Los datos de la red oficial de la Cuenca arrojan datos de alta salinización, aunque con valores menos alarmantes con medias de 1.500 µS/cm y máximos de 5.130 µS/cm, aunque esta red cuenta solamente con 17 puntos de observación (y de ellos solo uno cercano a la costa) frente a los 191 de la red del IGME.

Química

La hidroquímica de las aguas de la masa presenta gran variedad y diferencia en función de las facies de los acuíferos (carbonatado el de la Sierra de Gádor y detrítico el del Campo de Dalías) y dentro de ellos, también, en función de la proximidad o no a la costa.

Facies predominantes: aguas bicarbonatadas cálcico magnésicas en los materiales calizos y dolomíticos de la unidad de Gádor; sulfatadas cálcicas en la unidad de la zona oriental limítrofe con el Medio Andarax, y, cloruradas sódicas en la unidad costera del Campo de Dalías por la intrusión marina.

Por otra parte, dicha zona se halla declarada por la Comunidad Autónoma como zona vulnerable frente a la contaminación por nitratos, con concentraciones fuertemente variables desde valores imperceptibles hasta máximos de 282 mg/l, según el sector. La procedencia de esta contaminación es variada al concurrir todas las presiones origen de su presencia: uso de fertilizantes inorgánicos, uso de abono animal y composta, regadíos y vertido de aguas residuales urbanas sin tratar o sin tratamiento de nitrógeno en muchos casos.

Se ha realizado un modelo que contempla dos escenarios: uno de inversión-mejora y otro de dosis óptima de fertilizante frente al mantenimiento de la práctica actual. Se deduce que la masa de agua sólo cumplirá el objetivo de calidad si se establecen objetivos menos rigurosos, ya que en todos los horizontes la concentración medida de nitratos en la masa de agua está algo por encima de lo 50 mg/l de NO_3^- .

Por causa de condiciones anaeróbicas y presencia de materia orgánica, se detectan concentraciones altas variables según sector, tanto de amonio y nitritos, como de hierro y manganeso.

En diversos puntos de la red de control, las mediciones de concentraciones de sulfatos superan el valor umbral establecido. Normalmente, en estos casos dicha concentración va asociada con elevadas concentraciones de nitratos, de forma que es descartable su origen natural, excepto en la zona próxima al río Andarax, donde coincide con facies sulfatadas cálcicas.

Otras presencias son de mercurio, probablemente de causa antropogénica y presencia de salmonella por vertidos urbanos y ganaderos.

FUNCIONAMIENTO ESTRUCTURAL DE LA MASA DE AGUA

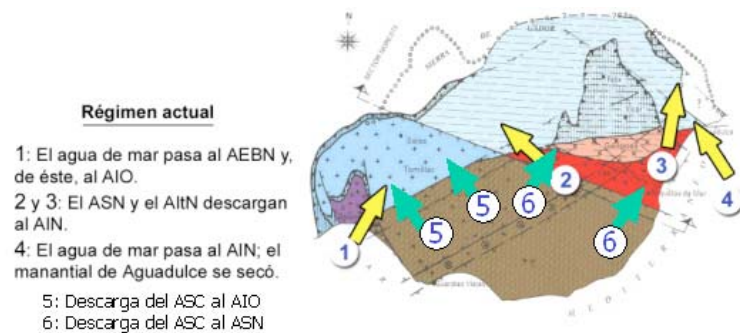
Esquema. Se configura la masa de agua con dos acuíferos inferiores y cuatro acuíferos superiores de cobertera (Tabla 2).

Tabla 2: Esquema de la masa de agua

NOMBRE DEL ACUÍFERO	LITOLOGÍA	EXTENSIÓN DEL AFLORAMIENTO	GEOMETRÍA
Acuífero del Alto Andarax	Carbonatada		Compleja
Acuífero Inferior Occidental (AIO)	Carbonatada	540 km ²	Compleja
Acuífero Inferior Noreste (AIN)	Carbonatada		Compleja
Acuífero Superior Central (ASC)	Detrítico no aluvial	270 km ²	Tabular
Acuífero Superior Noreste (ASN)	Detrítico no aluvial		Tabular
Acuífero Intermedio Noreste (AItN)	Detrítico no aluvial		Compleja
Acuífero Intermedio Central (AItC)	Detrítico no aluvial		Compleja
Acuífero de Escama de Balsa Nueva (AEBN)	Carbonatado y detrítico no aluvial		Tabular-Compleja

El deterioro grave y las principales extracciones (el 90% del total) se realizan en la actualidad en los dos acuíferos inferiores, los (denominados AIN y AIO), frente a la extracción de un 10 % en los de cobertera.

Figura 8: Esquema de flujos actual



De acuerdo con el estudio realizado por Agencia Andaluza del Agua en conjunción con el IGME y Acuamed es posible extraer las siguientes conclusiones:

- El nivel de los acuíferos de cobertera, por el cese de las iniciales extracciones, se halla en progresiva subida desde la década de los 80 y, por el contrario, el de los dos inferiores, los de más importancia, en descenso continuado (Figura 8).
- Por la alta explotación de los acuíferos inferiores se ha producido un cambio de flujo entre acuíferos y mar, con el problema inducido de la salinización por entrada de agua de mar en los acuíferos inferiores y resto, salvo en el Superior Central.

Además de ello se produce contaminación por varias causas ya parcialmente apuntadas:

- Retornos del regadío a la zona saturada del acuífero tras la extracción y percolación
- Vertido de aguas residuales, fundamentalmente urbanas, y de ganadería
- Lixiviados por presencia de vertederos agrícolas y de RSU
- Conexiones efectuadas entre los distintos acuíferos a causa de sondeos profundos o reprofundización de los sondeos que operaban sobre los de cobertera, que están empeorando con contaminantes los inferiores.

- Descargas forzadas de agua de unos acuíferos a otros por el régimen de extracciones implantado

CAUSAS DEL PROGRESO DE LA SALINIZACIÓN EN LOS ACUÍFEROS:

A) Zona Centro-Occidental (núcleos de Balanegra, El Ejido, Las Norias, Stª María del Águila)

- Contaminación del acuífero inferior por causa de los sondeos profundos del acuífero intermedio central, éste de alta salinidad natural

- El acuífero superior central transmite lateralmente flujos contaminados al acuífero inferior

- El acuífero de Escama de Balsa Nueva (AEBN) transmite lateralmente agua de mar al inferior

En fin, como consecuencia del ascenso continuo del nivel de agua en los acuíferos superiores de cobertera se producen inundaciones en las zonas bajas del terreno.

B) Zona Centro-Oriental (núcleos de Roquetas de Mar, Aguadulce, La Gargosa, ...)

- Entrada directa de agua de mar al acuífero inferior noreste AIN, que se transmite directamente a dicho acuífero en todas las zonas del mismo

MEDIDAS A ADOPTAR EN LOS SUBSISTEMAS DE EXPLOTACIÓN DE RECURSOS III-4 Y IV-1

En el borrador de Plan Hidrológico y Programa de Medidas de la Demarcación Hidrográfica de las cuencas Mediterráneas Andaluzas:

- Explotación conjunta de las cuencas del río Adra y Campo de Dalías, con horizonte 2015, a fin de posibilitar que las filtraciones del vaso del embalse de Beninar, manantes por las fuentes de Marbella, se puedan aprovechar mediante bombeo y conducción por el canal Beninar-Aguadulce para aportar recursos adicionales que ayuden a reducir la sobreexplotación de la masa de agua Campo de Dalías-Sierra de Gádor.
- Reorientación de las extracciones de la masa de agua para optimizar los flujos de agua internos y evitar la intrusión salina y la contaminación generalizada de la masa de agua.
- Conjuntamente con la anterior, sustitución de recursos subterráneos actuales por recursos no convencionales procedentes de las aguas de mar desaladas IDAM Campo de Dalías y, en su caso, IDAS Balsa del Sapo).
- Ampliación y mejoras de las EDARes de Adra, Berja, Roquetas de Mar y El Ejido, a fin de mejorar el tratamiento y ampliar capacidad del mismo para reducir trazas de contaminación fecal detectadas en la masa de agua.

LA GESTIÓN CONJUNTA DE LAS AGUAS A TRAVÉS DE LAS COMUNIDADES DE USUARIOS//

Juan Valero de Palma Manglano
Federación Nacional de Comunidades de Regantes de España

Los datos referentes al origen del agua utilizada en los regadíos españoles no están suficientemente contrastados con inventarios directos. Pese a estas dificultades, tanto el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (MAPA) como el Ministerio de Medio Ambiente en su momento elaboraron para el Plan Hidrológico Nacional y el Plan Nacional de Regadíos distintas estimaciones, obteniendo distribuciones porcentuales que resultaron ser del mismo orden de magnitud, tal y como muestra la Tabla 1. La Tabla 2 muestra la distribución de la superficie regada por Comunidades Autónomas según el origen predominante del agua.

Los Regadíos en España a lo largo del siglo XX se han clasificado por su antigüedad y por el origen del agua utilizada en 3 grandes grupos:

a) LOS RIEGOS TRADICIONALES. Suele entenderse por riegos tradicionales o históricos aquéllos ejecutados con anterioridad al año 1.900. En sentido genérico, la superficie de riegos históricos en España es del orden de 1.075.000 ha. Como es lógico, suelen ocupar las vegas más fértiles de los ríos y los oasis establecidos en pequeñas huertas regadas con manantiales, utilizando aguas superficiales y sistemas de riego por gravedad que han sido sustituidos en gran parte por riego localizado.

b) LOS RIEGOS DE INICIATIVA PÚBLICA. En esta categoría, que comprende los regadíos desarrollados en el siglo XX a iniciativa de la Administración Pública o auxiliados por ella. Estos riegos, que alcanzan un total de 1.518.000 ha, se extienden habitualmente por las zonas más fértiles de los grandes valles y por las llanuras interfluviales con mejor aptitud para el riego. Las infraestructuras han sido modernizadas en gran parte con riego localizado y por aspersión. El tamaño de las parcelas es algo mayor que en los riegos tradicionales.

Tabla 1. Superficie en regadío según el origen predominante del agua - Horizonte 2008 (Fuente: Plan Nacional de Regadíos)

Origen del agua	Superficie Regada (%)	
	MAPA	MIMAM
Superficial	68	67
Subterránea	28	23
Mixto y otros	4	10

Tabla 2. Distribución de la superficie regada por Comunidades Autónomas según el origen predominante del agua (Horizonte 2008) (Fuente: Plan Nacional de Regadíos)

Superficie regada (ha) por Comunidades Autónomas según el origen predominante del agua							
Comunidad Autónoma	Superficial	Subterránea	Trasvases	Retornos	Depuradoras	Desalinizadoras	Total Regadas
Andalucía	546.703	224.670	2.783	85	5.639	0	779.880
Aragón	373.886	20.315	0	321	0	0	394.522
Asturias	4.110	232	0	0	0	0	4.342
Baleares	21	15.895	0	0	1.460	0	17.376
Canarias	2.054	26.277	0	0	775	273	29.379
Cantabria	2.600	3	0	0	0	0	2.603
Castilla y León	361.055	113.164	0	12.428	29	0	486.676
Castilla-La Mancha	124.262	228.528	1.011	0	0	0	353.801
Cataluña	205.031	53.043	0	6.377	342	0	264.793
Extremadura	207.337	3.151	0	0	0	0	210.488
Galicia	85.061	92	337	0	0	0	85.490
Madrid	25.650	1.789	0	0	534	0	27.973
Murcia	42.553	93.810	54.104	360	1.600	271	192.698
Navarra	79.941	1.682	0	50	0	0	81.673
País Vasco	10.167	1.208	0	0	1.751	0	13.126
La Rioja	45.771	3.564	0	0	0	0	49.335
C. Valenciana	146.691	154.821	40.258	4.178	4.534	0	350.482
TOTAL	2.262.893	942.244	98.493	23.799	16.664	544	3.344.637

c) LOS RIEGOS PRIVADOS INDIVIDUALES Y LOS REGADÍOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS. Los riegos privados individuales son aquellos que se han desarrollado por iniciativa particular mediante concesiones administrativas de aguas públicas o mediante explotaciones de aguas privadas. Ocupan una superficie total de unas 1.168.000 ha y, tanto si utilizan recursos subterráneos como superficiales, el agua de riego se obtiene, por lo general, por bombeo desde la captación o fuente de alimentación. La superficie total de regadío abastecida predominantemente con aguas subterráneas asciende a 942.244 ha, lo que supone aproximadamente el 28% de la superficie total de riego. Los sistemas de aplicación predominantes son los de aspersión y localizado.

La nueva clasificación de los regadíos de uso mixto y explotación continua//

En la España del siglo XXI la división de los regadíos ya no es tan clara ni la explotación y el origen del agua utilizada tan diferente. Ahora los regadíos tradicionales y de iniciativa pública también utilizan aguas subterráneas. Y los regadíos de aguas subterráneas aspiran a la sustitución de los bombeos mediante el uso de caudales superficiales para reducir la explotación de los acuíferos.

DE LOS REGADÍOS CON AGUAS SUPERFICIALES A LOS REGADÍOS MIXTOS.

Existen ejemplos en toda España de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas. Vamos a exponer algunos ejemplos de la zona Mediterránea:

a) **Sistema río Mijares-Plana de Castellón.** Es el ejemplo más conocido de utilización alternativa. El sistema consta de tres embalses, dos en el río Mijares, el de Arenós, con 130 Hm³ de capacidad, situado en la cabecera y el de Schar, con 50 Hm³, y uno en la Rambla de la Viuda, el de María Cristina, con 20 Hm³ de capacidad.

La explotación de las aguas subterráneas aumenta en los años más secos, mientras que en los años más húmedos se riega con aguas superficiales la mayor extensión posible de tierras dominada por los canales y acequias existentes. Es de destacar que este tipo de utilización se realiza por iniciativa de los usuarios. Los estudios posteriores de la Administración han buscado racionalizar y optimizar una gestión inicialmente bien planteada.

Las normas de explotación de la utilización conjunta fueron acordadas por los usuarios agrarios del Mijares en 1970 mediante el denominado “Convenio de bases para la ordenación de las aguas del río Mijares”, aprobado por Orden Ministerial del Ministerio de Obras Públicas en 1973.

Los regadíos tradicionales integrados en la Junta de Aguas de la Plana tienen las concesiones más antiguas de las aguas del río Mijares y, de acuerdo con el Convenio de Bases, tienen preferencia en el uso de las aguas superficiales. Tienen una curva de reserva por debajo de la cual no pueden derivar agua los nuevos regadíos. Pero además, en su zona regable es donde se encuentran las aguas del acuífero de la Plana.

Las zonas de secano situadas en cotas más altas que los riegos tradicionales de aguas superficiales, fueron transformadas en zonas de riego mediante la perforación de pozos, fenómeno que se produjo fundamentalmente en el tercer cuarto del siglo XX.

Y posteriormente, infraestructuras de regulación superficial permitieron disponer de recursos que eran utilizados en estas tierras, pero con garantías no muy altas, de forma que pasaron a ser zonas de riegos mixtos, en las que se usa mayormente agua superficial en épocas húmedas, recuperándose los niveles en el acuífero, y en épocas secas, al recibir poca agua superficial, se vuelven a utilizar los pozos que iniciaron el regadío.

Los nuevos regadíos del Canal Cota 100 y Cota 220 se hicieron viables con aguas superficiales a partir de la nueva regulación. En estas zonas había sociedades de pozos que comenzaron las transformaciones en regadío con aguas subterráneas. Tienen aguas subterráneas a mayor profundidad y mayor coste.

Todos estos regadíos están integrados en el Sindicato Central del Río Mijares que es un ejemplo de funcionamiento y de integración de los nuevos y los viejos regadíos.

La consecuencia de ello es clara: en situaciones de escasez por debajo de la curva de reserva los nuevos regadíos utilizan los recursos superficiales de los regadíos tradicionales que aprovechan las aguas subterráneas a menor profundidad. Aquéllos abonan los gastos de explotación, amortización, electrificación, etc. de los pozos de los regadíos tradicionales.

b) **Los sistemas río Palancia-Plana de Sagunto.** En los riegos del Palancia, en la Plana de Sagunto, usuarios de aguas superficiales desarrollaron pozos en el primer cuarto del siglo XX para aumentar su garantía cuando el agua superficial escaseaba, aprovechando que en las zonas bajas el nivel piezométrico del acuífero costero estaba poco profundo (J.A. Pérez Pallarés, 2009) y que era más fácil abrir pozos en esos lugares. Se destinaba el agua procedente del río, en una parte a regar las tierras altas de la comunidad que no podían aprovecharse de las aguas subterráneas, y con la compensación percibida, se procedía a extraer agua subterránea con la que regar los campos que sí que podían recibirla. Con ello se cambiaba un agua por otra. Pero la sequía de los años 80 y la intensa explotación del acuífero dieron lugar a fenómenos de intrusión salina en algunas zonas del mismo, llegándose a la conclusión de que era necesario un mejor diseño de la utilización conjunta. Se montó un sistema centralizado de distribución del agua superficial y de más de veinte captaciones de agua subterránea, clausurando pozos que podían producir intrusión salina.

c) **En la Marina Baja** en la que hay un sistema relativamente complejo entre los usuarios urbanos (Benidorm, etc..) y los regadíos de aguas arriba.

d) **El Canal Júcar-Turía.** Para hacer viable este canal se construyó el embalse de Contreras. La presa de Tous de la que parte el canal en su margen izquierda permite que la toma se haga por gravedad. Las finalidades del sistema Contreras-Canal Júcar- Turía son en primer lugar garantizar el abastecimiento de agua a la ciudad de Valencia y el área metropolitana disponiéndose para ello de 6 m³/s que son potabilizados en las plantas de Picassent y Manises. En segundo lugar, permite la puesta en riego de la zona entre el canal y los riegos de la margen izquierda de la Acequia Real del Júcar.

El canal se sitúa en una zona que anteriormente regaba parcialmente utilizando aguas subterráneas. Al obtener sus concesiones del río se ha tenido en cuenta esta infraestructura, y así, en el mismo Plan Hidrológico del Júcar, en el artículo 32, se habla de la utilización conjunta en caso de sequía.

e) **La Acequia Real del Júcar.** Tiene su origen en el S. XIII, durante el reinado de D. Jaime I de Aragón. Esta Comunidad de Regantes tradicional tiene sus derechos prioritarios a las aguas del Júcar. Ante la gravedad de la sequía de los años 1994 y 1995 se puso en marcha la utilización del acuífero mediante la construcción de pozos de sequía. Esta Comunidad tiene en la actualidad 65 pozos de aguas subterráneas para complementar la garantía.

En la misma situación se encuentran los otros Regadíos Tradicionales del Júcar: Real Acequia de Escalona, Real Acequia de Carcagente, Comunidad de Regantes de Sueca, Comunidad de Regantes de 4 Pueblos, Comunidad de Regantes de Cullera.

DE LOS REGADÍOS CON AGUAS SUBTERRÁNEAS A LOS REGADÍOS MIXTOS.

El grave problema al que tienen que hacer frente los regadíos con aguas subterráneas, es la excesiva explotación de algunos acuíferos, lo que ha dado lugar a que ciertas zonas regables sean insostenibles con sus propios recursos. De las 942.244 ha, con aguas subterráneas, 418.890 ha (44%) se encuentran ubicadas sobre acuíferos en los que las extracciones son superiores a la recarga y, generalmente, obtienen los recursos de éstos.

Para resolver este problema de sobreexplotación se pretende reducir las extracciones y sustituir los bombeos por aguas superficiales.

En relación con esta cuestión debe resaltarse el importante papel que han de desempeñar las comunidades de usuarios de una misma unidad hidrogeológica o de un mismo acuífero, y la conveniencia de establecer Planes de Explotación en este tipo de situaciones.

Los ejemplos de estos regadíos son diversos, con distintos derechos, situaciones y circunstancias, que hay que estudiar detenidamente en cada caso:

1. Junta Central de Regantes de la Mancha Oriental.
2. Regadíos del Vinalopó.
3. Regadíos de Cota 100 y Cota 220 del Mijares.
4. Regadíos del curso Medio del Palancia.
5. Regadíos del Canal Júcar-Turía.

La gestión conjunta de las aguas a través de las comunidades de usuarios//

La importancia del uso conjunto se recoge en la Ley 29/1985, de 2 de Agosto, de Aguas. Su artículo 13 establece entre los principios rectores para ejercer las competencias sobre el agua el de: “la unidad de gestión”. Por tanto se deben gestionar conjuntamente por la misma entidad las aguas superficiales y subterráneas o las de cualquier otro origen.

En el ámbito territorial de una comunidad de regantes se propone que se otorguen todas las concesiones de aguas subterráneas o de cualquier otro origen a la comunidad para garantizar la explotación racional conjunta de todas las aguas.

En los nuevos planes hidrológicos se debería limitar la concesión de nuevas captaciones de aguas subterráneas dentro de la zona regable de una comunidad de regantes o usuarios al margen de la misma de forma que sólo pueda reconocerse el derecho al uso de las aguas a la comunidad.

En esta línea se propone que todos los nuevos planes hidrológicos recojan la fórmula del Plan Hidrológico del Ebro vigente, que prevé que toda nueva explotación de aguas subterráneas se tramite a través de la Comunidad de Regantes.

Si se ha reformado la Ley de Aguas para permitir la sustitución de pozos individuales por pozos comunitarios, lo lógico es no dar más concesiones individuales. Es necesario elevar esta fórmula a la gestión de todos los tipos de fuentes de agua para fomentar el uso combinado o alternativo de aguas superficiales y subterráneas.

Temas a estudiar y resolver ante el uso conjunto de los regadíos mixtos//

Realizar una gestión adecuada del uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas. Hay que optimizar los recursos, incrementar las disponibilidades, mejorar las garantías, especialmente en situaciones de sequía.

En todas las cuencas españolas es posible hacer uso del concepto de utilización alternativa en mayor o menor medida. Las posibilidades, en cualquier caso, dependen de las aportaciones superficiales y su variabilidad, de la capacidad de los embalses, de la localización y de la cuantía de la demanda, de las características y posibilidades de los acuíferos y de las relaciones de estos con los ríos.

El diseño del plan de gestión conjunta de los recursos se hará en función de la naturaleza de la demanda, su localización, las afecciones a otros usos, los costes de amortización y de explotación, las garantías de suministro, los impactos ambientales, etc., de donde deberá resultar la opción, cuando la alternativa exista, entre la utilización de una u otra fase del ciclo hidrológico, o de recursos de otra procedencia.

La compensación de los diferentes costes de explotación según el origen del recurso. El agua tiene un coste diferente según su origen y es necesario establecer un sistema que respete el sistema concesional y no cause perjuicios a terceros.

Bibliografía//

Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación (1999). Plan Nacional de Regadíos Horizonte 2008.

Pérez Pallarés, J.A. (2009). Notas para la ponencia presentada en mesa redonda de la Jornada del Agua, organizada por AVA-ASAJA, Valencia, 22 de Abril de 2009.

Otras fuentes consultadas
Ministerio de Obras Públicas, Transportes y Medio Ambiente y Ministerio de Industria y Energía (1994). Libro Blanco de las aguas subterráneas.

Andreu Álvarez, J. (2010). “Uso conjunto de Aguas Superficiales y Subterráneas”. XII Congreso Nacional de Comunidades de Regantes de España. Tarragona, 12 de mayo de 2010.

EXPLOTACIÓN DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA CUENCA DEL SEGURA//

Francisco Cabezas Calvo-Rubio
Fundación Instituto Euromediterráneo del Agua

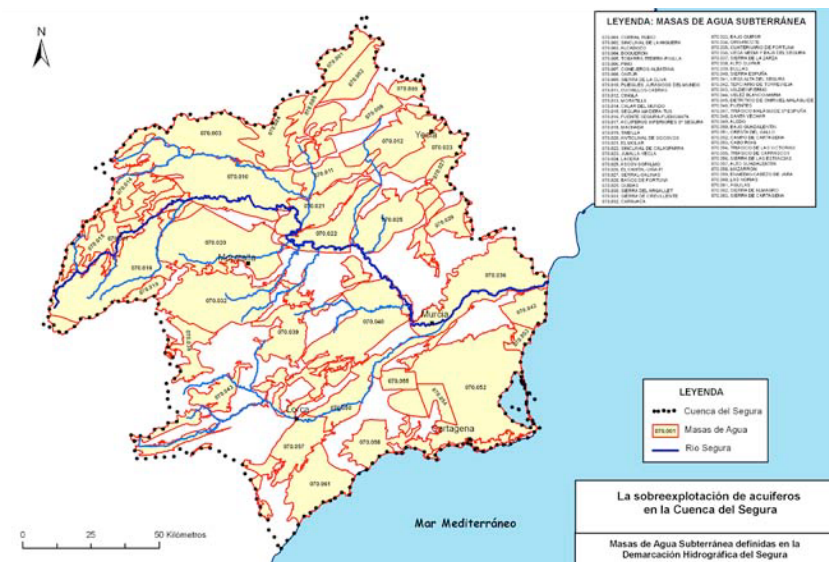
En el sureste español y, en particular, en la cuenca del Segura, los beneficios sociales y económicos que ha generado la explotación de las aguas subterráneas son muy elevados aunque, en ocasiones, han llevado consigo deterioros ambientales con frecuencia asociados a sobreexplotación de acuíferos. No se trata de un fenómeno nuevo sino que se viene manifestando desde hace unos cincuenta años y tiene su origen, fundamentalmente, en el secular interés socioeconómico del regadío en estas zonas, altamente productivo y beneficioso para las comarcas en que se desarrollaba. En la actualidad existe un gran número de acuíferos donde se efectúa extracción de reservas, lo que viene dando lugar a la reprofundización de captaciones por el descenso de niveles piezométricos, reducción del número de éstas a medida que se quedan secas, incrementos de los costes de bombeo y, a veces, deterioro de la calidad de las aguas por fenómenos de incorporación de aguas salinas a los acuíferos, en buena medida procedentes de materiales evaporíticos y fenómenos localizados de intrusión marina. En este artículo se repasa brevemente el estado actual de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca.

Magnitudes básicas//

El número de unidades hidrogeológicas consideradas en el ámbito de la Confederación Hidrográfica del Segura es de 57, habiendo sido definidas en el correspondiente Plan Hidrológico de cuenca, actualmente vigente. Estas 57 unidades agrupan un total de 234 acuíferos. A partir de las unidades, en el Estudio inicial para la identificación y caracterización de las Masas de Agua Subterránea de las Cuencas Intercomunitarias (MMA, 2005) se procedió a establecer una identificación y delimitación preliminar de las masas de agua subterránea, concepto introducido por la Directiva Marco de Aguas y que sustituyó al de unidades hidrogeológicas.

El número total de masas propuesto en la Demarcación del Segura es de 63 (figura 1), coincidiendo en buena medida con las anteriores unidades hidrogeológicas. El regadío supone más del 95% del uso de las aguas subterráneas y éstas son el único recurso disponible en muchas zonas de la cuenca, constituyendo un valor estratégico de suma importancia, especialmente en periodos de sequía.

Figura 1. Masas de Agua Subterránea definidas actualmente en la Demarcación Hidrográfica del Segura.



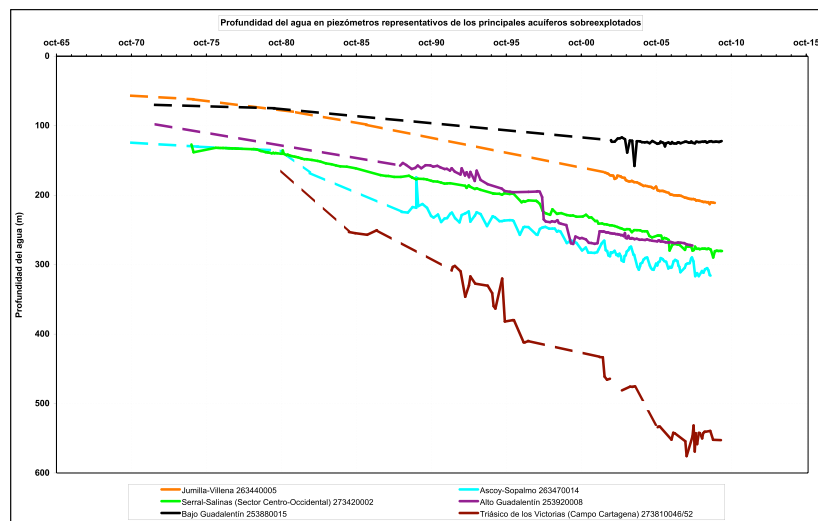
En el marco del actual proceso de actualización de la planificación hidrológica, los valores provisionales que se manejan para las aguas subterráneas muestran unos recursos disponibles totales algo mayores de 500 hm³/año, que resultan de restar a los recursos totales (unos 670 hm³/año) las demandas ambientales asociadas (170 hm³/año).

Acuíferos con problemas de sobreexplotación//

La sobreexplotación de las masas de agua subterránea es uno de los principales problemas medioambientales de la zona. Los descensos de nivel son permanentes y generalizados desde hace décadas (figura 2), con efectos directos sobre humedales y manantiales que están viendo reducidas sus descargas o se han secado.

En total, de las 63 masas de agua subterránea 40 han sido declaradas con riesgo seguro por problemas cuantitativos (extracciones de recursos por encima de sus recursos disponibles).

Figura 2. Evolución temporal de la profundidad del agua subterránea en los principales acuíferos sobreexplotados de la cuenca del Segura.



Por acuíferos, la mayor parte de la sobreexplotación se concentra en Ascoy-Sopalmo y el Alto y Bajo Guadalentín que suman más del 40% de toda la sobreexplotación de la cuenca.

Uno de los casos más extremos es el de Ascoy-Sopalmo, cuyos recursos disponibles por entradas al acuífero son de unos 2 hm³/año mientras que las salidas por bombeo superan los 53, es decir, más de 25 veces sus recursos disponibles. Dados los reducidos recursos y la magnitud histórica de los bombeos, aunque se dejara de extraer totalmente cualquier recurso subterráneo mediante bombeo, habría acuíferos que para recuperar sus niveles iniciales necesitarían cientos de años.

Situaciones singulares//

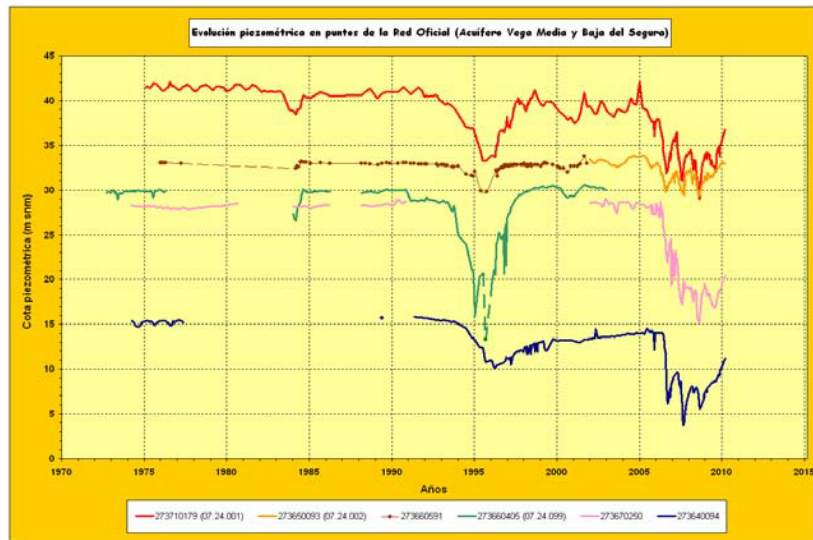
Además de los acuíferos con sobreexplotación estructural o permanente, existen otros casos singulares en los que la sobreexplotación es temporal y vinculada a las rachas de sequía o la reducción de aportaciones trasvasadas desde el Tajo.

Uno de ellos es el acuífero de las Vegas Media y Baja del Segura, de los principales de la cuenca por extensión, volumen de agua almacenada y ubicación estratégica. En comparación con otros acuíferos el uso de las aguas subterráneas de las Vegas Media y Baja ha sido relativamente reducido, entre otros motivos por su relación directa con los caudales del Segura, que ha hecho que se proteja su explotación, por su mayor salinidad natural, y porque el regadío tradicional que se asienta sobre el acuífero, y al que recarga, se alimenta con agua superficial regulada en los embalses de cabecera.

En los últimos años, y forzado por la sequía, el bombeo se ha incrementado notablemente lo que ha permitido aliviar los problemas de escasez pero a costa de impactos negativos significativos. En la figura 3 se muestra la evolución piezométrica que ofrecen las redes de control oficiales. En general se observan prolongados periodos de estabilidad con oscilaciones estacionales del orden de un metro o inferiores, y periodos de pocos años con fuertes descensos, que se corresponden con los periodos de sequía de 1982-1984, 1993-1996 y 2005-2009. Como puede verse, este último episodio ha supuesto un aumento de la explotación por bombeo sin precedentes, que ha quedado reflejada claramente en los piezómetros. Los niveles mínimos se han alcanzado a finales de septiembre de 2008, con profundidades similares o mayores a las registradas en

el año de sequía 1995, que provocaron problemas de subsidencia del terreno y afección a edificaciones de la ciudad de Murcia. Dadas tales circunstancias, la explotación de este acuífero debe ser objeto de muy especial atención.

Figura 3. Evolución temporal de niveles en el acuífero de la Vega Media y Baja del Segura

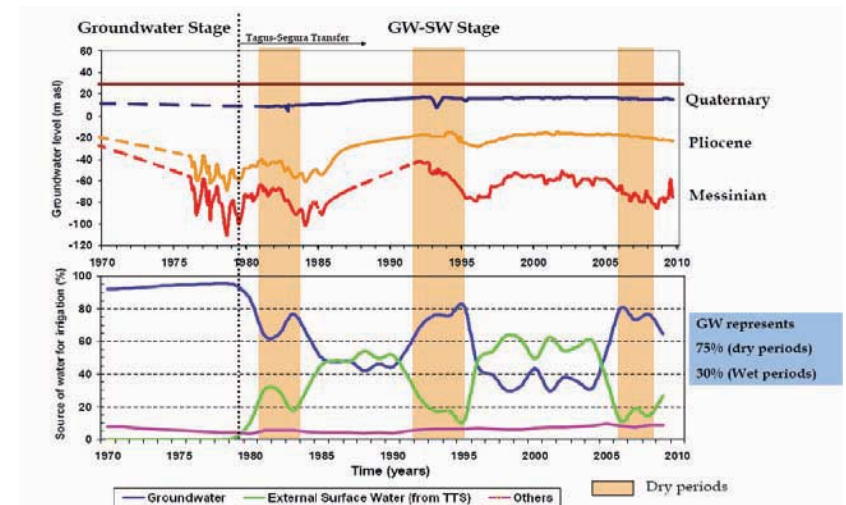


Otro caso singular es el del sistema acuífero del Campo de Cartagena, uno de los principales de la cuenca Mediterránea a nivel internacional. Se extiende entre las provincias de Murcia y Alicante y ocupa una extensión próxima a los 1300 km². Se trata de un acuífero multicapa con niveles interconectados a través de las perforaciones, para el que el Plan Hidrológico del Segura (CHS, 1998) definió una situación de práctico equilibrio con entradas totales de 65 hm³/año (15 de retornos de riego), unos bombeos en año medio de 60 y los 5 restantes de salidas directas al mar, fundamentalmente a la laguna del Mar Menor.

La importante actividad agrícola de la zona (más de 30.000 has regadas, con demandas del orden de 190 hm³/año) se sustenta con el trasvase Tajo-Segura

y la contribución de las aguas subterráneas, recurso ampliamente mayoritario en algunos sectores y complementario en otros de las aportaciones del trasvase. Estas aportaciones presentan una alta variabilidad temporal en sus 30 años de existencia, con un máximo legal de 122 hm³/año y una media de 60. Desde la llegada de las aguas del trasvase, las aguas subterráneas han satisfecho entre el 30% y el 75% de las demandas anuales (figura 4), complementando la variabilidad de envíos del trasvase. Existen también amplias zonas del Campo de Cartagena que son exclusivamente atendidas por aguas subterráneas y, en los últimos años, con recursos adicionales procedentes de numerosas pequeñas desaladoras privadas que tratan las aguas subterráneas salobres para el riego.

Figura 4. Evolución de niveles piezométricos y orígenes del agua de riego en el acuífero del Campo de Cartagena



En ambos casos –Vegas y Campo de Cartagena– no puede hablarse propiamente de sobreexplotación permanente, y las aguas subterráneas juegan un papel estratégico de reserva y aumento de las garantías del sistema frente a la variabilidad hidrológica.

Explotación total, sobreexplotación y tendencias futuras//

En el sureste de España el problema de la sobreexplotación comenzó en algunos acuíferos en la década de los años 60 y se generalizó en los años 70 y 80. En el origen del problema se encuentra el interés socioeconómico histórico por el regadío y el desarrollo tecnológico a mediados del siglo XX que permitió la aplicación de bombas sumergidas con capacidad de captación a mayores profundidades de los sistemas tradicionales. Hoy la sobreexplotación es un fenómeno estructural y muy generalizado, agravado en períodos de sequía en los que la disponibilidad de otros recursos (superficiales propios de la cuenca y trasvasados desde el Tajo) disminuye, de forma que se ven aumentadas las extracciones complementarias de recursos subterráneos.

Además, en gran parte de las masas de agua subterránea sobreexplotadas los volúmenes concedidos o reconocidos mediante títulos de derecho válidos exceden a los recursos renovables de las mismas, lo que resulta esperable considerando que a la entrada en vigor de la Ley de Aguas de 1985, que aportó nuevos instrumentos jurídicos para su prevención y control, el problema ya se había desplegado en toda su magnitud.

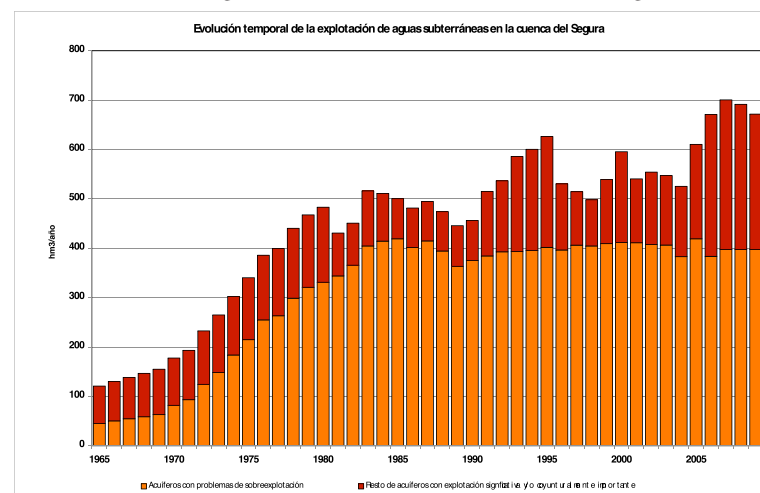
El plan hidrológico del Segura fijaba en 210 hm³/año el bombeo de aguas subterráneas no renovables en la cuenca (CHS, 1998). Los estudios más recientes de cuantificación de la sobreexplotación, llevados a cabo por la CHS en 28 unidades hidrogeológicas durante el período 2004-2007, indican que los valores de sobreexplotación han aumentado y podrían exceder los 300 hm³/año de bombeos no renovables, con una sobreextracción acumulada en todas las masas de agua de la cuenca que ronda los 7.000 hm³ (CHS, 2008). En consecuencia, el problema no solo no se ha resuelto sino que ha empeorado con el paso del tiempo.

Se estima que la sobreexplotación global actual asciende hoy –año 2010- a unos 270 hm³/año, con un vaciado de reservas total cercano a los 9.500 hm³. Está cifra de sobreexplotación supone del orden del 40% del total nacional, estimado en unos 700 hm³/año, aunque no se dispone de cifras concluyentes actualizadas.

Como se puede observar (figura 5), las extracciones totales por bombeo se incrementan progresivamente desde los años 60 y adquieren valores máximos a mediados de la década de los años ochenta, a la entrada en vigor de la Ley de Aguas. A partir de entonces la situación se estabiliza con tasas de sobreexplotación similares a las actuales y ligeras desviaciones asociadas a los ciclos hidrológicos.

En los últimos 25 años el bombeo medio es de unos 550 hm³/año, si bien en el periodo 2006-2009 se ha acercado a los 700 hm³/año, valor máximo histórico.

Figura 5. Reconstrucción de la evolución temporal (1965-2009) de la explotación de aguas subterráneas en la cuenca del Segura.



Estimar la explotación futura de las aguas subterráneas requiere considerar los posibles efectos de las actuaciones actualmente previstas para la zona. Siguiendo estas previsiones, el objetivo inmediato, exigido por la Directiva Marco del Agua, es el de la eliminación de la sobreexplotación de acuíferos (alcanzar el buen estado cuantitativo de las masas de agua subterránea) en el año 2015, con dos prórrogas de 6 años adicionales (años 2021 y 2027).

Las actuaciones previstas por el programa AGUA impulsado por el MIMAM en 2004 para alcanzar estos objetivos, y sometido a diversas revisiones, se centraron en a) Programa de choque de modernización de regadíos con una

estimación de ahorro de 114 hm³/año; b) Ampliación de la capacidad de desalinización de agua del mar para el regadío de 169 hm³/año en una primera fase (2009) a 252 hm³/año en una segunda fase (2015); c) Ampliación de la capacidad de desalinización para abastecimiento en 181 hm³/año.

La realidad es que a fecha de hoy ninguna de estas actuaciones se considera efectiva. Las modernizaciones porque ya se han realizado mayoritariamente por las Comunidades Autónomas y las cifras de ahorro previstas se han mostrado sobrevaloradas, y la desalación porque lejos de seguir abaratándose sus costes, como erróneamente se previó, están aumentando como consecuencia de una práctica estabilización de las mejoras de rendimiento energético sumada a un creciente coste de la energía. Frente a unos costes medios del agua subterránea del orden de 0.21 €/m³, las cifras actuales en las más modernas instalaciones existentes sitúan el coste total real del agua desalada en magnitudes 4 ó 5 veces mayores, entre 0.8 y 1 €/m³. Estos costes reales podrían reducirse para el usuario según el nivel de subvención aplicado (se están planteando valores del orden de 0.4-0.5 €/m³) en una actuación que podría admitirse de forma coyuntural –muy pocos años pero que resulta económicamente insostenible a medio y largo plazo.

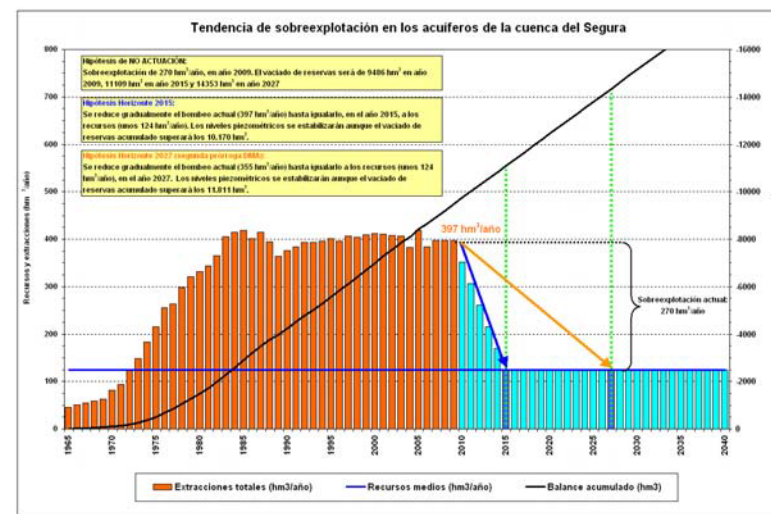
A diferencia del abastecimiento urbano, la fracción de la curva de demanda de regadío capaz de soportar los costes reales de la desalación de agua del mar es muy reducida, despreciable frente al volumen total de agua extraída de acuíferos sobreexplotados, por lo que ésta no puede ser una alternativa viable. Las grandes plantas de desalación, que han movilizadado muy cuantiosas inversiones, se encuentran –salvo casos anecdóticos y de oportunidad sin usuarios de riesgo, sin garantía de suministro energético, y con serios interrogantes sobre su futuro inmediato.

A ello ha de sumarse la incertidumbre respecto a los recursos naturales futuros. Es obligado, según la vigente Instrucción de Planificación, considerar los efectos del cambio climático en el establecimiento de balances entre recursos y demandas a 2027, para lo que se está considerando en una primera aproximación un porcentaje de reducción global del 11% de las aportaciones naturales totales en la cuenca del Segura y del 7% en la del Tajo, cuyo trasvase está relacionado, como se señaló, con la evolución de la sobreexplotación en el Segura.

Los efectos sobre la recarga a los acuíferos no han sido estudiados en detalle pero es seguro que se verá reducida respecto a las estimaciones actuales (ya de por sí probablemente sobrevaloradas), agravando el problema. En la figura 6 se muestra una previsión de tendencias de la sobreexplotación. Si se consideran las actuales tasas de bombeo y valores medios de recursos, el vaciado de reservas superará los 11.100 hm³ para el horizonte del año 2015 y los 14.300 hm³ en el año 2027. Basta examinar esta figura para comprender que la estabilización de los niveles piezométricos de los acuíferos para el año 2015 es inviable.

Las hipótesis anteriores se han planteado bajo la perspectiva de la Directiva Marco del Agua respecto a los plazos y prórrogas indicadas. La propia Directiva también prevé la posibilidad de derogación de los objetivos medioambientales en cuanto al buen estado cuantitativo y cualitativo de las masas de aguas subterráneas para aquellos casos fuertemente modificados o en los que los costes de recuperación resulten desproporcionados. Estos son los casos de la mayor parte de las masas de agua subterránea de la cuenca del Segura, en las que sólo cabría la derogación o el planteamiento de objetivos a muy largo plazo. En consecuencia, la eficacia real de la Directiva para resolver este problema va a ser, en la práctica, muy limitada.

Figura 6. Previsiones de tendencias de la sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del Segura.



Situación administrativa de los acuíferos //

En la demarcación del Segura hay 14 acuíferos declarados sobreexplotados y 10 en procedimiento de declaración. Para todos ellos es preceptiva la redacción de un Plan de Ordenación tendente a superar la situación existente.

La ya amplia experiencia en España de desarrollo de los planes de ordenación muestra sin embargo que, pese a los innegables avances producidos, su eficacia real para resolver el problema de la sobreexplotación ha sido muy limitada. La razón para ello puede estar en que los planes diseñados por la legislación de aguas están concebidos para anticiparse a las situaciones de desequilibrio cuando éstas comienzan a manifestarse, disponiendo de herramientas para atajar el problema cuando es incipiente. Lamentablemente, el estado de explotación de los acuíferos de la cuenca del Segura era ya de un fuerte desequilibrio, similar a la actual, cuando hace 25 años entró en vigor la nueva Ley.

Los nuevos instrumentos legislativos propiciaron en efecto una contención del problema, pero el déficit de fondo no ha sido resuelto y nada apunta a que pueda serlo a corto o medio plazo. Derogada la gran oportunidad de reordenación administrativa que suponía realmente el Plan Hidrológico Nacional de 2000, forzando la sustitución de caudales sobreexplotados por otros alternativos siguiendo estrictas exigencias jurídico-administrativas y económicas, y verificada la inviabilidad económica de la desalación a gran escala, no hay a fecha de hoy ninguna solución a la vista más que continuar con la sobreexplotación hasta el progresivo agotamiento de los recursos, o el abandono de explotaciones por degradación de la calidad o costes inasumibles.

Si no se aportan recursos alternativos a costes viables y con la calidad adecuada no podrán ser efectivos los Planes de Ordenación de acuíferos, y restaurar el equilibrio exigirá forzar por la Administración el abandono del regadío en decenas de miles de hectáreas hoy productivas, opción manifiestamente inviable desde una perspectiva socioeconómica. La Directiva Marco del Agua en nada va a influir sobre este lamentable estado de cosas.

Conclusión//

La cuenca del Segura es una de las zonas pioneras a nivel nacional e internacional en el uso intensivo de aguas subterráneas. El inicio de la extracción a gran escala puede situarse a mediados del pasado siglo, empezando pronto a aparecer los primeros casos de explotación por encima de los recursos renovables que se manifestaban en el descenso de niveles, secado de manantiales y reducción de las descargas a cauces superficiales y zonas húmedas. Es significativo el hecho de que ya en aquella época, con la antigua Legislación de Aguas de 1879, se declarase un perímetro de protección del acuífero aluvial del Segura, décadas antes de que esta figura se divulgase en otras cuencas.

Los incipientes efectos adversos de la sobreexplotación, inadmisibles hoy día, sí lo fueron en su momento, sobre todo en los casos en que las aguas subterráneas permitieron garantizar los abastecimientos urbanos, hasta entonces precarios en épocas estivales y en sequías, soportar un incipiente turismo, e implantar y mantener un moderno regadío que proporcionaba grandes beneficios económicos y sociales en las comarcas en que se asentaba, con frecuencia abatidas por la emigración y la pobreza. Al panorama mencionado contribuía una situación legal favorable amparada en la anterior Ley de Aguas, que consideraba en general a las aguas subterráneas como de titularidad privada, propiedad del que las alumbraba.

En la actualidad, tanto el marco legislativo como las condiciones socioeconómicas, los modos de vida y la percepción social sobre el medioambiente se han modificado sustancialmente, pero la actividad que entonces se desarrolló perdura y se ha convertido en un elemento muy importante de la actividad socioeconómica de estas regiones.

La magnitud del problema hace que los instrumentos normativos –como los planes de ordenación– no sean suficientes por sí solos, y que para restaurar el equilibrio se requiera el aporte de recursos externos sustitutivos, en condiciones adecuadas de calidad y coste, o bien la reducción, programada o no, de importantes superficies de riego, hoy productivo, mantenido a expensas de estos recursos no renovables.

Suprimida la posibilidad de sustitución con recursos alternativos que propiciaba el derogado Plan Hidrológico Nacional, y acreditada la inviabilidad económica de la desalación a gran escala, el grave problema de sobreexplotación actual, con valores de fondo sostenidos próximos a los 300 hm³/año, que llegan a duplicarse en sequía, no parece tener solución viable a corto o medio plazo. Asimismo, las incertidumbres asociadas al cambio climático o a la futura regulación del trasvase Tajo-Segura, relacionado con la sobreexplotación de la cuenca y hoy sometido a fuertes tensiones políticas, añaden aún más incertidumbre a esta adversa situación.

Referencias//

Confederación Hidrográfica del Segura (1998), Plan Hidrológico de la cuenca del Segura. Ministerio de Medio Ambiente.

Confederación Hidrográfica del Segura (2005), Informe de los artículos 5, 6 y 7 de la DMA. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. pp. 128-290. (En web: www.chsegura.es)

Confederación Hidrográfica del Segura (2006), Mapa de unidades hidrogeológicas y acuíferos. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. (En web: www.chsegura.es)

Confederación Hidrográfica del Segura (2007), Caracterización de las masas de agua subterráneas de la cuenca del Segura. Repercusiones de la actividad humana en el estado de las aguas subterráneas (art. 5 directiva marco del agua). Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. (En web: www.chsegura.es)

Confederación Hidrográfica del Segura (2008), Esquema provisional de Temas Importantes de la Demarcación Hidrográfica del Segura. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino (En web: www.chsegura.es)

Confederación Hidrográfica del Segura (2008), Plan de actuación en situaciones de alerta y eventual sequía en la cuenca del Segura. Ministerio de Medio Ambiente, Medio Rural y Marino. (En web: www.chsegura.es)

DGOHCA-ITGE (1996), Libro Blanco de las aguas subterráneas. Programa de Ordenación de acuíferos sobreexplotados-salinizados. DGOHCA-ITGE (1997), Catálogo de acuíferos con problemas de sobreexplotación o salinización. Predefinición del Programa de Actuación: cuenca del Segura.

IGME (2000). Unidades hidrogeológicas de España. Mapa 1:1.000.000 y base de datos. Madrid

Ministerio de Medio Ambiente (2001), Libro Blanco del Agua en España. Madrid.

LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN LA PLANIFICACIÓN HIDROLÓGICA DE LA CONFEDERACIÓN HIDROGRÁFICA DEL JÚCAR//

Javier Ferrer Polo y Arancha Fidalgo Pelarda
Oficina de Planificación Hidrológica. Confederación Hidrográfica del Júcar

Conforme a los criterios de la Directiva Marco del Agua (DMA) y la Instrucción de Planificación Hidrológica (Orden ARM/2656/2008, de 10 de septiembre), la Confederación Hidrográfica del Júcar (CHJ) ha identificado y delimitado 90 masas de agua subterránea (CHJ, 2009a). Su superficie cubre 40.647 km², lo que representa casi el 95% de la superficie del ámbito territorial de la CHJ, correspondiendo el 5% restante a formaciones impermeables o acuíferos de interés local (CHJ, 2009b).

En el marco de los trabajos de planificación hidrológica, y con el apoyo del Instituto Geológico y Minero de España en los trabajos de la Encomienda de gestión (MMA-MEC, 2007) para la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas, se ha llevado a cabo la caracterización básica de las 90 masas de agua, en la que se han integrado principalmente los resultados de la Actividad 2 “Apoyo a la caracterización adicional de las masas de agua subterránea en riesgo de no cumplir los objetivos medioambientales” la Actividad 4 “Identificación y caracterización de la interrelación entre aguas subterráneas, cursos fluviales, descargas por manantiales, zonas húmedas y otros ecosistemas naturales de especial interés hídrico”, la Actividad 5 “Mapa de piezometría de España” y la Actividad 9 “Protección de las aguas subterráneas empleadas para consumo humano según los requerimientos de la Directiva Marco del Agua”, junto con otros estudios específicos desarrollados por la CHJ.

Por otra parte, en los últimos años las redes de seguimiento de aguas subterráneas de la CHJ se han ampliado y optimizado conforme a los programas previstos en la DMA y en la legislación española, existiendo actualmente los siguientes programas (algunas estaciones están integradas en varios programas): Programa de control y seguimiento del estado cuantitativo (287 estaciones); Programa de control y seguimiento del estado químico: Red Operativa (53 estaciones); y Red de Vigilancia (175 estaciones); Programa de control de zonas protegidas para captación de aguas de consumo humano (78 estaciones); y Programa Eionet-Water (88 estaciones).

Estimación de los recursos de aguas subterráneas disponibles //

La evaluación del recurso subterráneo disponible es compleja, tanto en lo que se refiere a la propia estimación de los recursos renovables, como en evaluación de los requerimientos ambientales que deben minorarlos (Fidalgo, 2011). La adecuada estimación del recurso renovable debe tener en cuenta tanto la compleja relación entre las aguas superficiales y subterráneas como los flujos laterales entre masas de agua subterránea. En este apartado se incluye información, todavía provisional, procedente de los trabajos de elaboración del futuro Plan Hidrológico de cuenca del Júcar.

Balance hidrológico. Para la estimación de los recursos hídricos se ha adoptado un enfoque general de simulación hidrológica mediante el modelo mensual cuasidistribuido de Precipitación-Aportación en Tramos de Red Integrados con Calidad del Agua, denominado Patrical (Pérez, 2005). Este modelo permite simular, tanto en régimen natural como alterado, no solo las componentes superficiales del ciclo hidrológico, sino también las diferentes variables de su componente subterránea: infiltración por lluvia, transferencias laterales entre masas de agua subterránea, relaciones entre el río o el humedal y las masas de agua subterránea vinculadas, y salidas subterráneas al mar.

Este modelo ha evolucionado, fundamentalmente por la integración de los resultados de los estudios técnicos de las actividades 4 y 5 (MMA-MEC, 2007) que han supuesto importantes mejoras en las transferencias laterales, a partir de los mapas de piezometría en régimen natural (periodo 1970-1974) y en régimen alterado (año 2008); así como en la caracterización de las interrelaciones de las masas de agua subterránea con los cauces fluviales (tramos de río ganador/perdedor/variable) y con los 25 principales humedales.

Estimación del recurso renovable. La Instrucción de Planificación Hidrológica (IPH) define como recurso renovable de una masa de agua subterránea la suma de sus entradas: recarga por la infiltración de la lluvia, recarga por retornos de regadío y otros usos, infiltración desde cauce superficial y transferencias de entrada desde otras masas de agua subterránea. No obstante, en los casos en que existen apreciables flujos subterráneos entre masas de agua, este enfoque conduce a contabilizar varias veces este sumando si se agregan

los recursos así estimados en un conjunto de masas de agua. Para evitar este efecto se define el recurso renovable zonal de una masa de agua subterránea, restando al recurso renovable anterior las salidas subterráneas a otras masas.

Un aspecto clave en la evaluación del recurso es la modificación que se produce en numerosas componentes, como las transferencias subterráneas laterales y la relación río-masa de agua subterránea, según se considere el régimen natural o el régimen alterado. La estimación de estas variables en base al régimen natural o al régimen alterado, o bien considerando valores combinados de ambos tendrá una apreciable influencia en el resultado final de la evaluación del recurso. La propuesta adoptada en los actuales trabajos de planificación hidrológica es el promedio de los resultados obtenidos en régimen natural y en régimen alterado para el periodo 2000/08, con dos escenarios posibles:

- El régimen natural y el régimen alterado presentan valores similares ya que las extracciones en las masas son escasas y es representativo utilizar un valor promedio.
- El régimen alterado ha deprimido los niveles piezométricos, por lo que son mayores las infiltraciones desde ríos y las entradas laterales desde otras masas de agua subterránea. El promedio de ambos regímenes supone en la masa de agua subterránea contabilizar de forma conservadora unas menores entradas. Aplicando los criterios descritos anteriormente se ha realizado la evaluación del recurso renovable y renovable zonal con los resultados que se muestran en la Tabla 1.

**Tabla 1. Evaluación del recurso renovable y renovable zonal
(datos en hm³/año)**

Infiltración lluvia	Pérdidas de río	Entradas laterales	Retorno de riego	Recurso renovable	Salidas laterales	Recurso renovable zonal
2.443	272	917	601	4.214	859	3.355

Estimación del recurso disponible. La IPH establece que el recurso disponible se obtendrá como diferencia entre los recursos renovables (recarga por la infiltración de la lluvia, recarga por retorno de regadío, pérdidas en el cauce y transferencias desde otras masas de agua subterránea) y los flujos medioambientales requeridos para cumplir con el régimen de caudales ecológicos y para prevenir los efectos negativos causados por la intrusión marina.

Las restricciones medioambientales consideradas corresponden a salidas al río (que contribuirán al mantenimiento del régimen de caudales ecológicos que se establezca), a salidas a humedales y salidas al mar para evitar problemas de intrusión marina. Actualmente existe una importante incertidumbre en la determinación de las restricciones ambientales que se traslada a la propia estimación del recurso disponible.

Los criterios y valores propuestos son provisionales y pueden estar sujetos a modificaciones conforme se realicen estudios específicos que permitan mejorar esta estimación, y resaltando, por último, que las restricciones ambientales serán fijadas de forma definitiva en el futuro Plan Hidrológico de cuenca del Júcar, tras el proceso de concertación indicado en la propia IPH.

El criterio general aplicado a las salidas al río se ha estimado como el mínimo del 50% que se producen en régimen natural y el 110% del régimen alterado. El objetivo planteado con esta hipótesis supone, en las masas de agua subterránea con poca alteración, el mantenimiento de unas salidas mínimas del orden de la mitad que existen en el régimen natural; mientras que en las masas de agua subterránea con una fuerte explotación se pretende recuperar el nivel piezométrico al imponer un volumen de salidas mayor en un 10% al que se está produciendo actualmente en régimen alterado.

No obstante, la estimación de las salidas al río en las masas de agua subterránea de cabecera se ha realizado un trabajo específico en el que se estima que, para mantener un caudal mínimo mensual de salidas subterráneas al río del 20% del correspondiente al régimen natural, es necesario imponer una restricción ambiental en las masas de agua subterránea que representa entre el 25 y el 35% del volumen medio anual de salidas al río en régimen natural, dependiendo del coeficiente de descarga de cada masa.

Teniendo en cuenta la provisionalidad de los valores, en la Tabla 2 se muestra la estimación de las restricciones ambientales y el recurso disponible.

Tabla 2. Evaluación de las restricciones ambientales y recurso disponible (datos en hm³/año).

Recurso renovable zonal	Salidas al río	Salidas a humedales	Salidas al mar	Restricción ambiental	Recurso disponible
3.358	667	133	226	1.025	2.327

Estimación de los usos de Aguas Subterráneas //

El Programa Alberca, con una inversión de 18,1 millones de euros en el ámbito de la CHJ (CHJ, 2009b), está logrando agilizar la tramitación de los expedientes administrativos de uso de agua y avanzar en la inscripción de los derechos resultantes en el Registro de Aguas y en el Catálogo de Aguas Privadas, resolviendo parcialmente el tradicional retraso existente. Este avance no ha resuelto, en cualquier caso, los problemas de situación dinámica en el tiempo, de superposición de derechos en el mismo territorio y un cierto carácter de envolvente de las explotaciones en los distintos expedientes, lo que no ha permitido utilizar los derechos inscritos y en trámite como principal fuente de información para la estimación de los usos.

En el marco de los trabajos de redacción del futuro Plan Hidrológico de cuenca se ha establecido una metodología conjunta para la estimación de las demandas (CHJ, 2009c). En estos trabajos se ha considerado la demanda como un “volumen de uso” conforme a la definición establecida en el Reglamento de Planificación Hidrológica y en la IPH, al margen de otras posibles estimaciones relacionadas con la política de precios.

Las demandas en la CHJ se han estimado a partir de tres tipos de métodos de control:

- **directo:** aforos superficiales, control de extracciones subterráneas, encuestas de abastecimiento municipal y datos de suministros proporcionados por entidades y consorcios gestores de abastecimientos a los principales núcleos de población.

- **mixto:** teledetección, datos concesionales y estudios de detalle.

- **indirecto:** dotaciones promedio, según datos de control directo y mixto, que se extrapolan con el apoyo de datos estadísticos, como la superficie agraria por tipos de cultivo, la población total equivalente y el número de cabezas de ganado.

Demanda total. La demanda total de agua en el ámbito de la CHJ se ha estimado para el año 2009 en 3.156 hm³/año. Los volúmenes y los porcentajes parciales y totales referentes a estas estimaciones se muestran en la Tabla 3.

Tabla 3. Estimación del volumen de la demanda total de agua. Datos referidos a 2009.

Tipo	Método						Total (h m ³ /año)	% Total
	Directo	%	Mixto	%	Ind.	%		
	(h m ³ /año)	Parcial	(h m ³ /año)	Parcial	(h m ³ /año)	Parcial		
Riego agrícola	1.004	41	627	26	827	34	2.458	100
Abastecimiento urbano(1)	428	78			120	22	548	100
Otros	Ind. no conec.		24	19	100	81	124	100
	Ganad.				16	100	16	100
	Recre.		10	100			10	100
Total	1.432	45	661	21	1.063	34	3.156	100

1) Incluye la demanda industrial conectada a la red de abastecimiento que se estima en unos 90,26 hm³/año

Como se observa en la tabla anterior, un 66% de la demanda total se ha estimado mediante métodos de control directo (45%) y mixto (21%), mientras que el 34% restante procede de métodos de control indirecto, destacando un elevado 78% de estimación directa del uso urbano.

Demanda de aguas subterráneas. La demanda de aguas subterráneas en el ámbito de la CHJ se ha estimado en 1.611 hm³/año, lo que representa el 51% de la demanda total en el año 2009. El resultado de la estimación se muestra en la Tabla 4.

Tabla 4. Estimación del volumen de la demanda de aguas subterráneas. Datos referidos al año 2009.

Tipo	Método						Total	% Total
	Directo	% Parcial	Mixto	% Parcial	Indirecto	% Parcial	(h m 3 / año)	
	(h m 3 / año)		(h m 3 / año)		(h m 3 / año)			
Riego agrícola	113	10	524	45	525	45	1.162	100
Abastecimiento urbano(1)	232	72			91	28	323	100
Otros	Industriales no conectados				100	100	100	100
	Ganaderos				16	100	16	100
	Recreativos			9	100		9	100
Total	345	21	533	33	732	46	1.610	100

(1) Incluye la demanda industrial conectada a la red de abastecimiento

El volumen de la demanda de aguas subterráneas se ha obtenido en un 54% mediante métodos de control directo (21%) y mixto (33%), mientras que el 46% restante se ha estimado por métodos indirectos.

Al comparar las Tablas 3 y 4 se observa que no existe una diferencia significativa entre los porcentajes de las demandas total y subterránea que se han estimado por métodos directos y mixtos. No obstante, se detectan diferencias significativas al comparar los porcentajes de las estimaciones directas para los principales usos en la CHJ (riego agrícola y abastecimiento urbano).

Por tanto, se puede concluir que actualmente la estimación del volumen de demandas de aguas subterráneas presenta un grado de conocimiento directo menor con respecto al total de las demandas que se han evaluado en el ámbito de la CHJ, especialmente en lo referente a los regadíos.

Estado químico de las Aguas Subterráneas//

La determinación del estado cuantitativo de las masas de agua subterránea se ha realizado según lo indicado en la Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de las tendencias (CE, 2009). Se aplican sucesivamente los tres criterios siguientes, de forma que el incumplimiento de cualquiera de ellos conduce a que la masa queda clasificada en mal estado cuantitativo:

1 - Tendencia no sostenible al descenso de los niveles piezométricos. Se ha tenido en cuenta la tendencia de los niveles piezométricos de 161 puntos de control que son representativos de las masas de agua y con series históricas suficientemente largas. Se ha determinado que, de las 90 masas, 19 presentan una tendencia no sostenible al descenso piezométrico, 35 no presentan tendencia al descenso, y 36 no disponen de datos suficientemente representativos. Este diagnóstico inicial se afinará y complementará conforme se vayan obteniendo nuevos datos.

2 - Posibilidad de intrusión marina. En el ámbito de la CHJ existen 16 masas de agua subterránea costeras en las que es necesario analizar un posible avance de la cuña salina, en base a la existencia de niveles piezométricos cercanos o inferiores al nivel del mar y sectores o zonas por debajo de la cota 0 en el mapa de piezometría a escala regional elaborado por la CHJ, para el año 2005. Conjugando estos indicadores se han incorporado 8 masas a la relación de masas de agua subterránea que están en mal estado cuantitativo.

3 - Índice de explotación. El índice de explotación (K) representa la relación entre la extracción por bombeos y el recurso disponible. Partiendo de la relación de las masas que no presentan tendencias al descenso piezométrico ni tienen intrusión marina, pero que presentan un índice $K \geq 1$, se han incorporado otras 7 masas a la relación de masas de agua en mal estado cuantitativo. Según los criterios aplicados en este procedimiento se han clasificado 34 masas subterráneas en mal estado cuantitativo.

En las masas de agua en mal estado cuantitativo, en la situación correspondiente al año 2009, la diferencia entre las extracciones y el recurso disponible permite estimar el déficit anual en 295 hm³, que se reduce a 184 hm³ si no se consideraran las restricciones ambientales.

Estado químico de las Aguas Subterráneas//

La determinación del estado químico se ha basado fundamentalmente de las redes de seguimiento del estado químico. Se ha evaluado el cumplimiento de las normas de calidad (nitratos y plaguicidas) y el cumplimiento de los valores umbrales establecidos para otras sustancias para cada una de las masas designadas en riesgo químico, en aplicación de la Directiva 2006/118/CE de Aguas Subterráneas y la normativa española.

Se han identificado 22 masas que se encuentran en mal estado químico por igualar o superar los 50 mg/l de nitratos, situadas principalmente en las masas de agua subterránea costeras y en las masas limítrofes con las Planas de Valencia Norte y Sur. En general, estas masas de agua coinciden con las zonas vulnerables y las aguas afectadas establecidas en aplicación de la Directiva 91/676/CEE, de 12 de diciembre de 1991, sobre protección de las aguas subterráneas contra la contaminación producida por nitratos procedentes de fuentes agrarias.

Programa de medidas relativo a las masas de agua subterránea en mal estado cuantitativo//

El Programa de Medidas del futuro Plan Hidrológico de cuenca, actualmente en elaboración, debe recopilar aquellas medidas ejecutadas o en ejecución y previstas en los diferentes planes y programas de las distintas administraciones, considerando como punto de partida el año 2005. La fecha de finalización estará condicionada, entre otros factores, por la capacidad presupuestaria de las administraciones y se ha denominado “2015*”, aunque previsiblemente se adoptarán en la práctica otros horizontes

temporales, como 2021 o 2027, teniendo en cuenta la actual coyuntura económica.

Las medidas actualmente previstas, que contribuyen a alcanzar el buen estado cuantitativo, se orientan a la reducción de extracciones mediante actuaciones de gestión de la demanda o con sustitución de las mismas con aporte de recursos hídricos adicionales.

1. Medidas de gestión de la demanda: modernización de regadíos. Las actuaciones más significativas de reducción de la demanda en las masas de agua subterránea consisten en la modernización de regadíos. También se está produciendo una reducción importante en las dotaciones unitarias de suministro urbano aunque, dado su menor peso, el volumen de ahorro urbano esperado no será muy significativo de forma global, pero sí muy importante en determinadas zonas.

La inversión total prevista para la modernización de regadíos, en el periodo 2005-2015*, es del orden de 1.506 millones €, correspondiendo en un 61% a regadíos que utilizan recursos hídricos de origen subterráneo o mixto. En el periodo 2005-2009 se ha materializado una parte importante de la inversión estimada en 613 millones €.

Para el conjunto de las actuaciones en el periodo 2009-2015* se ha estimado un ahorro bruto de 187 hm³/año, estimando unas pérdidas reales del 5-8% de la demanda bruta. La mayor parte de los ahorros previstos por modernización se traduce en una disminución de los retornos al propio sistema hídrico, bien en su ciclo superficial o subterráneo.

En función del origen del agua la modernización tiene un efecto distinto en las masas de agua subterránea, debido a la reducción de extracciones y de retornos subterráneos que produce, según se indica en la Tabla 5.

Tabla 5. Características de las actuaciones previstas 2009-2015* por las diferentes administraciones.

	Ahorros brutos	Reducción de extracciones subterráneas	Reducción de retornos subterráneos	Saldo neto
	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año	hm ³ /año
Riegos superficiales	164	-	66	-66
Riegos mixtos	23	23	18	5
Riegos subterráneos	-	-	-	-
Total	187	23	84	-59

A la vista de los datos anteriores, no se prevé que la gestión de la demanda mediante modernización contribuya de forma sustancial a la mejora del estado cuantitativo, ya que su implantación está más vinculada a la mejora en la eficiencia del riego y a la reducción de la contaminación difusa. Sí resulta determinante, por el contrario, en el aumento de garantía de los regadíos superficiales y en la liberación de recursos para facilitar la implantación de un régimen de caudales ecológicos.

2. Medidas de gestión de la oferta: sustitución de extracciones por aporte de recursos. Las principales actuaciones supondrán un incremento del recurso hídrico a partir de excedentes de aguas superficiales y de recursos no convencionales: reutilización y desalación. Las inversiones de las distintas administraciones en el periodo 2009-2015* suponen un total de 1.805 millones € y permiten un considerable incremento de recursos hídricos, estimado en 377 hm³/año, tal como se muestra en la Tabla 6, desglosadas por tipología de actuación.

Tabla 6. Características de las actuaciones previstas 2009-2015* por las diferentes administraciones. (* Incluye solo usos consuntivos)

	Inversión	Capacidad máxima	Asignación total
	Millones €	hm ³ /año	hm ³ /año
Excedentes superficiales	849	-	160
Reutilización*	654	257	163
Desalación	302	74	54
Total	1.805	-	377

3. Efecto en el estado cuantitativo de las masas de agua subterránea. Como primera aproximación, las necesidades anuales de recurso hídrico al horizonte 2015 en las masas en mal estado cuantitativo se han estimado como la suma de los siguientes conceptos. 1) El déficit existente en el año 2009: 295 hm³ con respecto a los recursos disponibles o 184 hm³/año con respecto a los recursos renovables. 2) Incremento en las extracciones para los diversos usos, esencialmente urbanos, en el periodo 2009-2015*, teniendo en cuenta los efectos de la modernización de regadíos y que por tanto incrementan las necesidades al horizonte 2015*: 19 hm³. 3) Reducción de los retornos de riego subterráneos por modernización de regadíos en el periodo 2009-2015* y que por tanto incrementan las necesidades al horizonte 2015*: 24 hm³. Lo que supone unas necesidades al horizonte 2015* de 338 hm³/año, que se reduce a 227 hm³/año, si no se tuvieran en cuenta las restricciones ambientales y se utilizaran los recursos renovables.

Respecto a las actuaciones previstas, el volumen total de 377 hm³/año de recursos obtenidos se reducen a 306 hm³/año si se consideran exclusivamente los asignados a usos suministrados con extracciones de masas de agua subterránea, y a 261 hm³/año si se considera exclusivamente el volumen correspondiente a masas de agua subterránea en mal estado cuantitativo.

Se observa, en una primera aproximación, que el volumen de recursos adicionales en las masas de agua en mal estado (261 hm³/año) sería una cifra intermedia entre el volumen de recursos necesarios considerando las restricciones ambientales (338 hm³/año) o sin considerar estas restricciones (227 hm³/año), si bien hay que resaltar las limitaciones de estas cifras globales al no considerar en detalle la distribución espacial en los balances por masas. Este análisis detallado por masa de agua subterránea se desarrollará en los trabajos del futuro Plan Hidrológico de cuenca y vendrá condicionado más por los valores que finalmente se adopten en las restricciones ambientales que en los escenarios de crecimiento de las demandas que resultan bastante moderados.

En cualquier caso, es previsible la necesidad de considerar algunas medidas adicionales, en las que se efectuará un análisis coste-eficacia para evaluar la solución óptima que permita alcanzar el objetivo del buen estado.

Referencias//

CE (2009). Guía sobre el estado de las aguas subterráneas y la evaluación de tendencias. Documento Guía nº 18 de la Estrategia Común de Implantación de la Directiva Marco del Agua. Comisión Europea. Versión española de la Dirección General del Agua (MARM). Marzo de 2009. 92 p.

CHJ (2009a). Identificación y delimitación de las masas de agua superficial y subterránea. Documento técnico de referencia. Ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Junio de 2009. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 163 p. Disponible en www.chj.es

CHJ (2009b). Esquema provisional de Temas Importantes. Demarcación Hidrográfica del Júcar. Diciembre de 2009. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 241 p. Disponible en www.chj.es

CHJ (2009c). Metodología y resultados de la estimación de demandas. Documento técnico de referencia. Ámbito territorial de la Confederación Hidrográfica del Júcar. Abril de 2009. Confederación Hidrográfica del Júcar. Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino. 106 p. Disponible en www.chj.es.

Fidalgo, A. (2011). Desarrollo metodológico para la evaluación del estado cuantitativo de las masas de agua subterráneas según la Directiva Marco del Agua. Aplicación a la cuenca del Júcar. Trabajo de investigación. Diploma de estudios Avanzado. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.

MMA-MEC (2007). Acuerdo para la Encomienda de Gestión, suscrito el 26 de septiembre de 2007 entre el Ministerio de Medio Ambiente y el Ministerio de Educación y Ciencia, para la realización de trabajos científico-técnicos de apoyo a la sostenibilidad y protección de las aguas subterráneas. Publicado en el Boletín Oficial del Estado núm. 267, de 7 de noviembre de 2007, en virtud de la Resolución de 30 de octubre de 2007, de la Subsecretaría de la Presidencia.

Pérez, M.A. (2005). Modelo distribuido de simulación del ciclo hidrológico y de la calidad del agua, integrado en sistemas de información geográfica, para las grandes cuencas. Aportación al análisis de presiones e impactos de la Directiva Marco del Agua. Tesis Doctoral. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente. Universidad Politécnica de Valencia.