

EL PLAN HIDROLOGICO NACIONAL Y LAS AGUAS SUBTERRANEAS. OTRO PUNTO DE VISTA

Manuel Ramón Llamas Madurga*
Dr. Ingeniero de Caminos, Canales y Puertos

Se analiza el tratamiento de las aguas subterráneas que hace la Memoria del Plan Hidrológico Nacional (PHN) presentado en Abril de 1993. Los principales problemas encontrados son: 1) el volumen de aguas subterráneas renovables y su aprovechamiento están notablemente infravalorados; 2) la mayor parte de esos aprovechamientos -próximos a un millón- continúan explotando aguas de carácter privado; 3) el producto económico agropecuario procedente de las 900.000 ha regadas con aguas subterráneas es igual o superior al de las 2.400.000 ha regadas con aguas superficiales, pero las primeras usan sólo 4 km³/año y las segundas 20 km³/año de agua; 4) el PHN contiene errores conceptuales al valorar la relación o interferencia entre los aprovechamientos de aguas subterráneas y las aguas superficiales; 5) la mal denominada "sobreexplotación" de acuíferos se presenta de modo exagerado y sesgado; y 6) el grave problema de la contaminación de las aguas subterráneas apenas si está tratado. El gran auge que ha tenido la investigación hidrogeológica universitaria en las dos últimas décadas puede contribuir a resolver pronto las deficiencias indicadas.

Groundwater issues in the National Water Plan presented by the Ministry of Public Works in April 1993 are analyzed. The main problems found are: 1) groundwater contribution to the Hydrological Cycle and its exploitation are clearly underestimated; 2) most groundwater exploited -by means of nearly one million water wells and springs- continues to be private ownership; 3) the economic agricultural product from groundwater irrigated areas (9.000 km²) is equal or higher to the one from surface water irrigated areas (23.000 km²); nevertheless, groundwater irrigation use is only 4 km³/year and surface water irrigation use is 20 km³/year; 4) The National Water Plan has conceptual errors when deals with the relationship between aquifers and surface waters; 5) aquifer "overexploitation" problems are exaggerated and presented in a biased way; and 6) the serious problem of aquifers pollution is poorly considered. The great development of hydrogeological research during the last decades in the Universities may contribute significantly to solve soon those drawbacks.

Introducción

En el número de mayo de 1993 de la Revista de Obras Públicas (ROP), dedicado monográficamente al Plan Hidrológico Nacional (PHN), J. Borrell, Ministro de Obras Públicas, anima a que ha-

ya un gran debate sobre el PHN. Este trabajo es una contribución a ese debate. Por supuesto, el tema de las aguas subterráneas no es el más importante del PHN, como he expuesto en otros comentarios a artículos recientes aparecidos en la ROP (Llamas, 1993 b, c y d). Mi punto de vista sobre la problemática general del agua puede verse en dos artículos científicos recientes (Llamas 1992 b y c) y en una entrevista publicada el 17.I.93 en ABC.

*Departamento de Geodinámica, Universidad Complutense, Madrid.

Recibido en ROP: marzo 1994

Observaciones generales

Casi todas las observaciones se van a referir a la Memoria del PHN y al Anteproyecto de Ley del PHN (MOPT, 1993 a y b); también me referiré con frecuencia a un artículo de Arenillas (1993) en el que glosa el tratamiento de las aguas subterráneas en el PHN. En Llamas (1993 d) hice notar mi extrañeza ante el hecho de que los artículos del número de Mayo de la ROP no fueran firmados por funcionarios del MOPT, responsables oficialmente de la Planificación Hidrológica; en lo que se refiere a las aguas subterráneas esa extrañeza es mayor ya que el entonces Subdirector General de Planificación Hidrológica era un funcionario del Cuerpo de Ingenieros de Caminos y tenía una conocida trayectoria profesional en aguas subterráneas.

La ausencia casi total de referencias a los documentos concretos en que pueda encontrarse la justificación de los datos y de las conclusiones que se ofrecen al lector en MOPT (1993 a) y en Arenillas (1993) no contribuye a dar credibilidad a esos documentos. Como indiqué en Llamas (1993 d) esta situación se da prácticamente en todos los artículos del número de Mayo de la ROP. Esta falta de base documental también fue puesta de manifiesto por bastantes oradores en las Jornadas sobre la Planificación Hidrológica, organizadas por el Colegio de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos en diciembre de 1993.

Esta tendencia al axiomaticismo o dogmatismo no es nueva (cf. Llamas, 1984 b). Es una obvia necesidad para el progreso de la Ciencia y de la tecnología española que cada vez haya menos opacidad informativa. Tal opacidad suele obedecer bien sea a una actitud similar a la de la que hace siglos había en la Academia Militar de Prusia donde se dice que el teorema de Pitágoras no se demostraba sino que se creía bajo palabra de honor del profesor; bien sea a una actitud similar a la de los emperadores romanos que custodiaban celosamente los "arcana imperii". En pocas palabras, la opacidad informativa casi siempre obedece a ignorancia y/o a autoritarismo. En cualquier caso, en la CE está vigente la Directiva 90/313 sobre la libertad de acceso a los datos medioambientales que, al menos legalmente, prohíbe la opacidad informativa en los temas hídricos. La aplicación efectiva de tal Directiva 90/313 sería un factor im-

portante para conseguir que en la política del agua se realizara un cambio parecido al que hace años ya se hizo en los EEUU (cf. Moore, 1991), pasando de una ingeniería estructuralista a una ingeniería de gestión.

Con objeto de no caer en esos defectos del axiomaticismo y, al mismo tiempo, mantener la extensión de este artículo en unos límites razonables, no seré parco en dar las oportunas referencias que permitan al lector interesado comprobar los datos utilizados. Espero que ello contribuya a evitar que estas páginas se consideren como "voces discordantes que, en general, nada aportan excepto sus propias críticas siempre infundadas o mal documentadas" (cf. Arenillas, 1993, pág. 71).

¿Qué proporción de los aprovechamientos subterráneos es de dominio público?

Según Arenillas (1993, pág. 65), "toda actuación sobre esta forma de recurso (las aguas subterráneas) deberá, por tanto, someterse a la planificación hidrológica en los términos que marca la propia Ley". Esta afirmación podría hacer pensar que todos los aprovechamientos de aguas subterráneas quedan automáticamente bajo un control administrativo estatal o autonómico. La realidad es otra. La mayor parte de los aprovechamientos de aguas subterráneas existentes en España, siguen teniendo la calificación legal de dominio privado. Solamente son de dominio público los aprovechamientos solicitados después del 1.I.1986 y aquellos otros cuyos propietarios antes del 31.XII.1988 decidieron transferir a la Administración hidráulica su derecho a la propiedad privada, a cambio de la denominada protección administrativa. No hay todavía datos precisos sobre el porcentaje de propietarios de captaciones de aguas subterráneas, que decidieron continuar como privados. Es probable que ese porcentaje suponga una notable mayoría de los aprovechamientos de aguas subterráneas existentes con anterioridad al 1.I.1986 (cf. Llamas, 1988, 1989 a y b).

Por ejemplo, según declaraciones de un alto cargo del MOPT, el número de captaciones censadas por el MOPT es del orden de 100.000; el total es desconocido pero lo estima, al menos, en 500.000 captaciones (cf. Alberó y Llamas, 1993). No obstante esa falta de precisión en los datos oficiales, parece razonable estimar que el número

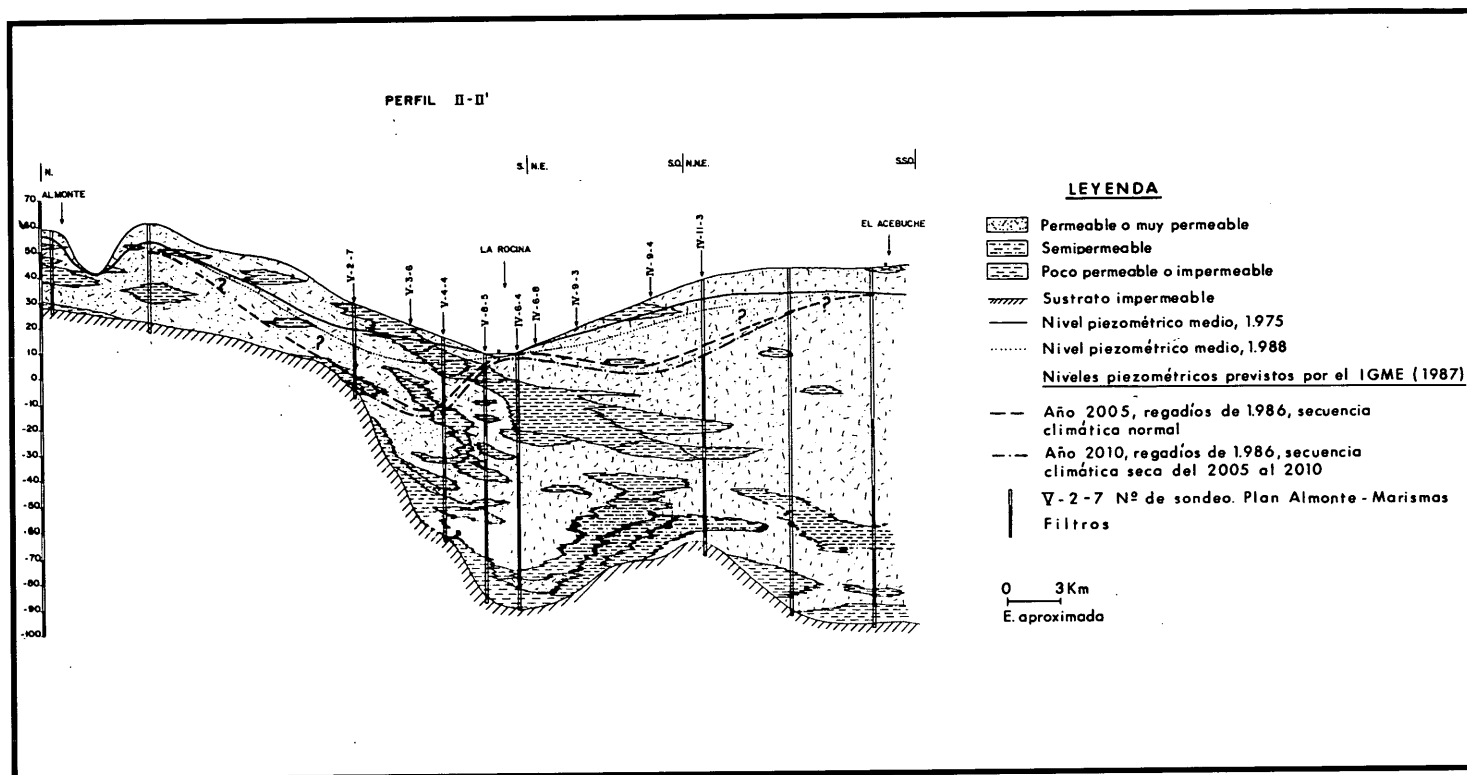


Figura 1. Perfil hidrogeológico en el Parque Nacional de Doñana (modificado de Llamas, 1993 c)

de captaciones de aguas subterráneas puede estar más cerca del millón que del medio millón. Por ejemplo, recientemente un ingeniero de la Confederación Hidrográfica del Guadalquivir (cf. Silgado, 1993) afirmaba que en esa cuenca había del orden de 80.000 aprovechamientos de aguas subterráneas, de los cuales sólo la mitad, es decir 40.000, estaban censadas; la cuenca del Guadalquivir tiene unos 64.000 km² de superficie. En ese probable millón de captaciones incluyo aquellas que extraen menos de 7.000 m³/año y, por ello, tienen normalmente una concesión ex lege. Estas pequeñas captaciones pueden, en ocasiones, jugar un papel importante, como ha ocurrido en Madrid en el año 1993, con motivo de las últimas restricciones impuestas por el Canal de Isabel II (cf. Llamas, 1993 f).

Los estudios previos de recursos hídricos totales y el anteproyecto de PHN

Según Arenillas (1993, pág. 65), el PHN es "el primer programa general de actuaciones hidráulicas en el territorio español que aborda de modo integrado la gestión de las aguas superficiales y subterráneas". El mismo autor menciona como único antecedente el Plan Nacional de Obras Hi-

dráulicas de Indalecio Prieto que "hacia referencia al alumbramiento de pozos en algunas cuencas". No menciona ese autor todo un conjunto de planes de utilización conjunta de aguas superficiales y subterráneas desarrollados en España con anterioridad y/o con más entidad que el Plan de Indalecio Prieto. Cabe recordar, en primer lugar, el famoso trabajo de Bentabol (1900). No es ahora el momento de realizar una comparación entre las estimaciones de Bentabol y las actuales en lo que se refiere a las escorrentías superficial y subterránea en la Península Ibérica. Sin duda, con los datos disponibles hace un siglo, Bentabol hizo una buena contribución científica.

Veamos algunos casos más recientes, directamente relacionados con el propio MOPT. En 1964 fue realizado y ampliamente difundido el "Primer Estudio de los Recursos Hidráulicos Totales de las Cuencas de los Ríos Besós y Bajo Llobregat", trabajo realizado conjuntamente por el Centro de Estudios Hidrográficos (CEH), La Comisaría de Aguas del Pirineo Oriental y la Delegación en Barcelona del Servicio Geológico de Obras Públicas (SGOP). Los autores principales de dicho estudio recibieron sendos oficios de felicitación del Ministro de Obras Públicas, por la calidad del trabajo. Este estudio marcó el comienzo de una serie de estudios de recursos hidráulicos totales en la

DGOH (cf. Llamas, 1968). Algunos de estos trabajos tuvieron pronto repercusión internacional. En 1968 el autor de este artículo fue invitado por Universidad de Princeton a dar una conferencia sobre el "Combined Use of Surface and Ground Water for the Water Supply to Barcelona (Spain)" (cf. Llamas, 1969). En la DGOH, el interés por este tipo de estudios fue entonces grande y, para transferir esta tecnología a la oficina central del SGOP en Madrid, el autor de estas líneas se trasladó de Barcelona a Madrid en 1969, creándose entonces la Sección de Hidrogeología del SGOP, en la que trabajaron en la década de los setenta algunos de los más conocidos hidrogeólogos españoles actuales.

Aquellos primeros estudios de recursos hídricos totales, realizados en Barcelona, contribuyeron al nacimiento en 1967 del Curso Internacional de Hidrología Subterránea de Barcelona que se ha desarrollado sin interrupción desde entonces. El Curso está actualmente integrado en la E.T.S. de Ingenieros de Caminos de Barcelona y por él han pasado más de setecientos titulados superiores; la mitad de ellos, extranjeros (cf. Llamas, 1991 b).

Tampoco se deben olvidar los trabajos sobre uso conjunto de aguas superficiales y subterráneas que han sido desarrollados por el Instituto Geológico y Minero de España (IGME) desde la década de los años sesenta. Caride (1992) da una relación detallada de los estudios de este tipo realizados por el IGME o, por su sucesor, el ITGE.

En resumen, existen importantes precedentes de planificación hidrológica. Ciertamente, los documentos sobre la planificación presentados ahora por el MOPT son más completos en ciertos aspectos. No podía ser menos, dado el tiempo empleado en elaborarlos (casi catorce años) y los miles de millones de pesetas invertidos (cf. Llamas, 1993 d).

El PHN y los Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC)

No resulta lógico que se elabore un PHN, cuyo contenido esencial, o al menos el más conflictivo, consiste en unas propuestas de trasvases de agua entre cuencas, sin tener antes unos datos adecuadamente fiables de los recursos y demandas en cada una de las cuencas que vayan a ceder o recibir ese agua. En muy pocas Confedera-

ciones se ha terminado el documento técnico correspondiente a las Directrices de esos Planes Hidrológicos de Cuenca (PHC); estos documentos deberán después ser revisados por el propio Consejo del Agua de la cuenca, lo que es una condición previa para que pueda aprobarlo la Junta de Gobierno de la respectiva Confederación Hidrográfica. Después de dicho proceso el Plan Hidrológico de cada cuenca tiene que ser también informado por el CNA; sólo entonces puede ser aprobado por un Decreto del Gobierno, a propuesta del MOPT. Resulta, pues, obvio que las actuales cifras de recursos disponibles y de demandas en cada cuenca no deben ser tomadas como adecuadas para tomar unas decisiones sobre unos trasvases, que se presentan como altamente conflictivos.

Por supuesto, hace falta una normativa que haga coherentes y homologables las técnicas utilizadas para la realización de los PHC. Ahora bien, para ello, no parece necesario aprobar antes el PHN. El MOPT ya publicó en el BOE del 26.X.92 una normativa de ese tipo, que, por cierto, apareció varios meses después de que se hubieran sometido a información pública los proyectos de Directrices de los PHC.

No obstante, sin esperar a la aprobación de los Planes de cuenca, conviene hacer algunas precisiones sobre las cifras relativas a las aguas subterráneas que incluye el PHN (MOPT, 1993 a). Estas observaciones, en parte, complementan o refuerzan las hechas por Custodio (1993 a).

El PHN infravalora los recursos subterráneos renovables

Custodio (1993 a) hace ver las dificultades que supone la estimación de los recursos hídricos subterráneos, tal como lo hace el PHN. No obstante, considero (cf. Llamas, 1991 c) que el PHN infravalora la fase subterránea en el conjunto de los recursos hídricos totales de España, que suelen ser estimadas en unos 110 km³/año. Los recursos subterráneos renovables, desde hace bastantes años, suelen ser rutinariamente evaluados en unos 20 km³/año. Esta estimación fue publicada hace casi treinta años por vez primera (Llamas, 1966), como una aproximación inicial. Hoy esta estimación pasaría a no menos de unos 30 km³/año, si el tema se estudiara con el debido rigor. Basta ahora recordar que una causa de esa

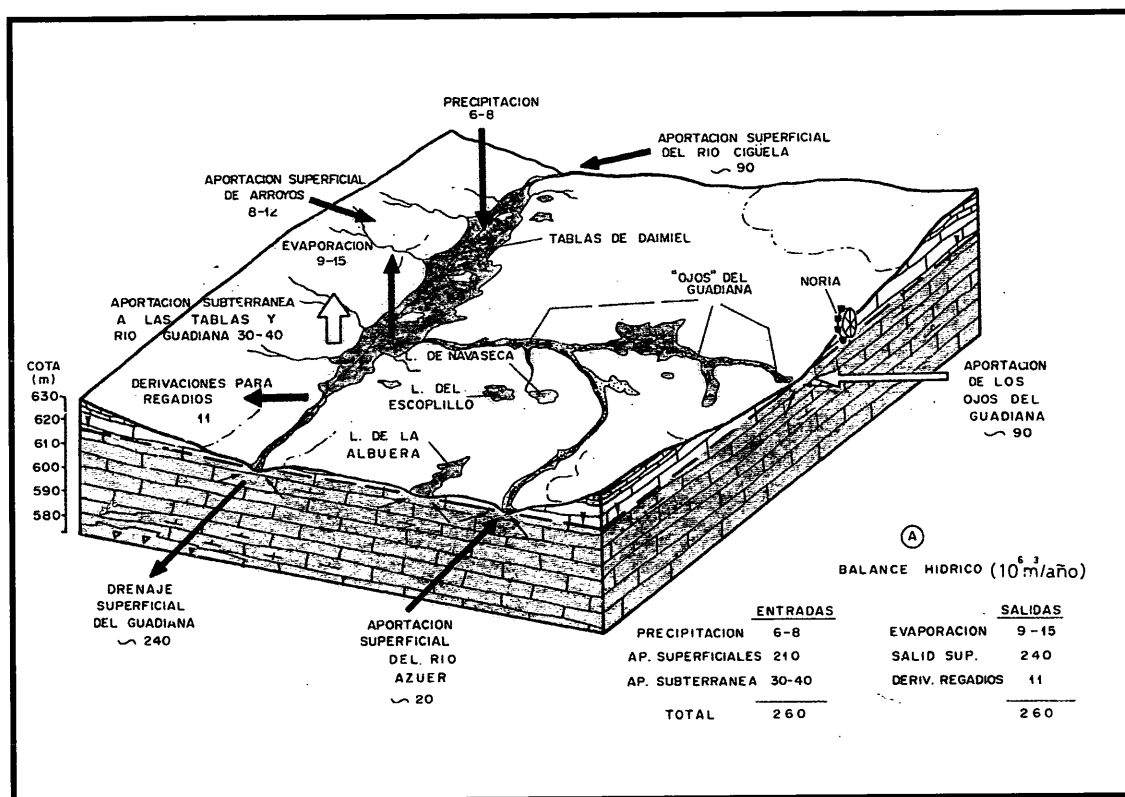


Figura 2. Régimen hidrológico no perturbado de la zona del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (tomado de Llamas 1993 c)

infravaloración radica en que las cifras dadas en el PHN se basan exclusivamente en las estimaciones de recarga en las cuatrocientas denominadas Unidades Hidrogeológicas (UH) identificadas por el SGOP. Dichas UH sólo cubren una superficie de unos 170.000 km² de los 500.000 km² del territorio nacional. Es claro que en los 330.000 km² restantes hay también terrenos acuíferos y que una cierta parte de la lluvia caída sobre esa superficie pasa por la fase subterránea del Ciclo Hidrológico antes de ir a los ríos o al mar.

En conclusión, esa "cifra sagrada" de 20 km³/año de recursos hídricos subterráneos, repetida frecuentemente en el Anteproyecto del PHN y en casi todos los discursos de los representantes del MOPT, debe ser puesta en cuarentena y, desde luego, no constituye un dato válido para justificar los trasvases.

Los usos directos de aguas subterráneas también infravalorados

Los denominados usos directos están estimados en 5,5 km³/año (cuadro nº 2, en Arenillas 1993). Llamas (1991 c) indicaba que, con toda probabilidad, esta cifra era inferior a la realidad. La razón de ello es similar a la indicada en el

apartado anterior: las estimaciones se hacen solo sobre las consabidas cuatrocientas UH. Mi estimación es que los usos directos de aguas subterráneas pueden fácilmente llegar a 7 km³/año en años normales y a una cifra superior durante las secuencias climáticas secas, como la que ha sufrido recientemente el centro de la Península. En cualquier caso, el uso relativo de aguas subterráneas en España (20 o 25%) es bajo en comparación con el uso de aguas superficiales. Por ejemplo, en California ese uso relativo es el 40 % en años normales y hasta el 60% en períodos de sequía. Ello ha permitido a ese Estado americano que las pérdidas generales en la agricultura durante los seis años de sequía que ha padecido recientemente, hayan sido nulas (ver California Department of Water Resources, 1991).

El silencio sobre la importancia de los regadíos con aguas subterráneas

Aun suponiendo, como hipótesis de trabajo, que las cifras sobre usos directos de aguas subterráneas dadas en MOPT (1993 a) y en Arenillas (1993) fueran correctas, parece inadecuada la atención que reciben estos usos en ambos documentos. En MOPT (1993 a, pág. 23) puede leerse: "La discusión sobre el uso de aguas superficiales

y subterráneas es estéril". El análisis objetivo de lo que representan ambos tipos de regadíos no sólo no es estéril sino que puede resultar una pieza clave en relación con un elemento esencial del PHN propuesto: los trasvases. Basta decir que, según MOPT (1993 a), la tercera parte del déficit actual, estimado en 3 km³/año, corresponde a la "sobrexplotación" de algunos acuíferos.

Según los cuadros V.3 y 4 y las págs. 59 y 63 de MOPT (1993 a), las demandas actuales para el regadío de unas 3.350.000 ha son unos 24,3 km³/año, lo que equivale a una dotación por ha y año de 7.200 m³. En la pág. 1.6 y en el cuadro 5 del anexo único de la Memoria del PHN (MOPT, 1993 a) se dice que la utilización actual de aguas subterráneas para agricultura es de 4,3 km³/año (18% del total utilizado para regadío) y que con esta agua se riegan 919.000 ha (27% del total); esto equivale a una dotación de unos 4.800 m³/ha/año. Es decir, una dotación netamente inferior a la media general antes dada. Ahora bien, esta mayor eficiencia de los regadíos con aguas subterráneas queda todavía más claramente puesta de manifiesto si se compara con la dotación media de los regadíos con aguas superficiales, que es de 8.300 m³/ha/año. Esta última cifra se obtiene al sustraer de los volúmenes y superficies generales arriba mencionadas los que corresponden a las aguas subterráneas; es decir, se utilizan 20 m³/año de aguas superficiales para regar 2.430.000 ha.

En principio, parece que debería ser inferior la productividad económica de ese casi millón de hectáreas que se riega con aguas subterráneas y con una dotación media de agua inferior al 60% de la dotación media asignada a los regadíos con aguas superficiales. La realidad es exactamente la contraria. Con toda probabilidad la producción agrícola de esas 900.000 ha regadas con aguas subterráneas es mayor a la de las 2.400.000 ha regadas con aguas superficiales. Este tema ya lo enuncié por primera vez en un artículo publicado en 1986 en el Boletín del Colegio de Ingenieros de Caminos y lo he reiterado en Llamas (1991 c). Sin embargo, ese importante tema no ha sido ni confirmado ni rebatido, sino simplemente silenciado, tanto en MOPT (1993 a) como en el artículo de Arenillas (1993).

La situación de la agricultura española de regadío puede resumirse del modo siguiente. Los regadíos con aguas subterráneas utilizan unas do-

taciones de agua por ha que son sólo el 60 % de los utilizados por los regadíos con aguas superficiales. Admitiendo que, como mínimo, la producción conjunta agropecuaria en todos los regadíos con aguas subterráneas (900.000 ha) sea igual a la de los regadíos con aguas superficiales (2.400.000 ha) resulta que la productividad económica de cada metro cúbico de agua subterránea utilizada en regadíos es de 4'5 a 5 veces superior a la del metro cúbico de aguas superficiales utilizadas para los mismos fines. Todos estos datos, insisto, proceden de MOPT (1993 a), excepto mi estimación de la equivalencia económica de los productos agropecuarios de ambos tipos de regadíos, el superficial y el subterráneo.

El comparativamente escaso uso de las aguas subterráneas en España negado

Según Arenillas (1993, pág. 72): "El uso de las aguas subterráneas en España no desmerece, ni mucho menos del que se hace en otros países de nuestro entorno". Justifica el autor esta afirmación con los datos de su cuadro nº4 con los usos de aguas subterráneas en la CE. La paternidad de este cuadro es atribuida al trabajo del ITGE (1993) pero en el artículo no figuran ni los datos concretos de esa referencia, ni de ninguna otra. No se trata de analizar las cifras del citado cuadro nº 4, que, desde luego, son discutibles (cf. Llamas et al., 1992). Basta decir que se trata de cifras absolutas, es decir, sin referencia al número de habitantes de cada país, a su superficie y, especialmente, a los distintos usos de esos volúmenes de agua. En efecto, en la mayor parte de los países europeos, a causa de su clima más húmedo, la importancia del regadío en relación con la superficie total cultivada suele ser mucho menor que en España (ver p.e. Atienza, 1992); además, las dotaciones por ha suelen ser menores pues se trata, por lo general, de riegos de socorro en secuencias climáticas secas.

Es más significativo comparar la utilización relativa de aguas subterráneas en usos homogéneos. Entre ellos, en Europa el más adecuado es el abastecimiento urbano. Pues bien, según la IWSA (1988), en este tipo de uso (porcentaje de aguas subterráneas usadas para abastecimiento urbano) España ocupa el tercer lugar comenzando por la cola en una lista de quince países europeos. Solamente Noruega y Suecia hacen un uso relativo de aguas subterráneas inferior al de España. Ahora

bien, según Ellingsen and Banks (1993), Noruega ha emprendido un intensa campaña para aumentar el uso de aguas subterráneas. Además, los terrenos noruegos y suecos son, casi sin excepción, rocas graníticas o metamórficas. De acuerdo con los criterios utilizados para la identificación de Unidades Hidrogeológicas en España, probablemente ni un 5 % de Noruega estaría cubierto por UH del tipo español.

Cabe finalmente añadir que, en los datos de la IWSA (1988), España figura con un 27 % (de proporción de aguas subterráneas utilizadas), y no con un 22 % como indica MOPT (1993 a, cuadro nº 4 del anexo). Si estas cifras son las válidas, España queda en el segundo lugar por la cola de los 15 países europeos y no en el tercero.

Los usos indirectos según el PHN o la pervivencia de errores conceptuales de hace décadas

Según el cuadro 2 de Arenillas (1993), los usos indirectos de aguas subterráneas suponen en la actualidad algo más de 10,6 km³/año, es decir casi el doble que los usos directos que, en ese mismo cuadro se cifran en 5,5 km³/año. Estas cifras han sido como un "ritornello" en muchas actuaciones públicas de los altos cargos del MOPT, al presentar el PHN; por ejemplo, en las intervenciones del Secretario de Estado para Políticas del Agua en el Congreso de los Diputados (ver el Diario de Sesiones del 16 Marzo, 1993). Según Arenillas (1993, pág. 66), estos usos "corresponden a la parte de la descarga natural de los acuíferos que, una vez en la red fluvial, se aprovecha mediante infraestructuras superficiales". Para la justificación de esos 10,6 km³/año remito a un trabajo del SGOP (1993) del que tampoco se especifican datos que permitan identificarlo.

Como se ve, esta cifra (10,6 km³/año de "usos indirectos") es muy importante; equivale a más del triple del supuesto déficit hídrico actual (3 km³/año). En la pág. I-3 del MOPT (1993 a) se puede leer la siguiente justificación sobre el origen de esta importante cifra: "Existe una segunda componente (se refiere a estos usos indirectos) que puede ser asociada, aunque no de modo tan claro, con la utilización de las aguas subterráneas. Es la que se realiza, por medio de infraestructuras de superficie, sobre las descargas naturales de los acuíferos. Para la evaluación de usos de esas

descargas naturales resulta siempre necesario acudir a procedimientos indirectos y aproximados, tanto por lo que se refiere a su cuantificación, como a la definición de tipologías de uso". Estos párrafos son significativamente representativos del planteamiento que ha inspirado la política hidráulica española oficial desde hace bastantes décadas en lo que se refiere a las aguas subterráneas.

Al menos desde 1976 (cf. Llamas, 1991 c), he comentado que este planteamiento se basa en una concepción tan simplista de la unidad del Ciclo Hidrológico, que conduce a decisiones prácticas altamente perjudiciales para la economía y el medio ambiente. De modo sintético, el planteamiento puede enunciarse así: como la mayor parte de la recarga que reciben los acuíferos va a parar a los ríos, casi nunca tiene sentido técnico o legal plantear su aprovechamiento, especialmente si ya hay embalses o derivaciones aguas abajo; esas captaciones de aguas arriba son un "robo" a los usuarios legales de aguas abajo. Sólo constituyen excepción a esta regla general las aguas subterráneas de acuíferos costeros que descargan directamente al mar. Pero incluso en esos acuíferos costeros, MOPT (1993 a) suele considerar la explotación de dichas cuencas costeras "muy peligrosa" por los problemas reales (o magnificados) de intrusión marina.

Estas ideas sobre el funcionamiento de los acuíferos datan ya de hace treinta o cuarenta años y estuvieron en su origen relacionadas con las competencias administrativas sobre las aguas subterráneas, "subálveos" y superficiales. Un extenso trabajo de Martín Mendiluce (1976), contribuyó a difundir estas ideas en amplios sectores del MOPT. El principal error de ese planteamiento radica en considerar que todos los acuíferos funcionan de igual modo que los embalses superficiales, olvidando su gran tamaño y su inercia; dicho de otro modo, casi todos los acuíferos funcionan como gigantescos hiperembalses con volúmenes de agua almacenada casi siempre dos o tres órdenes de magnitud superiores a su recarga o renovación media anual. Por otra parte, el impacto producido por los bombeos a veces puede tardar decenios o siglos en afectar a los cursos de agua superficial. Se remite al lector interesado en conocer con más detalle estos temas, a los trabajos de Custodio (1992 c y 1993 a y b) y de Sahuquillo (1994).

El mito de la sobreexplotación reiterado para justificar los trasvases propuestos

He escrito otras veces que, hace ya algunos años, Alberto Benítez, ingeniero de caminos, autor en 1963 del primer libro español que introdujo en España la Hidrogeología moderna, me dijo: "para algunos colegas de la DGOH es un axioma que todo pozo, más pronto o más tarde, se seca o se saliniza". La lectura de MOPT (1993 a) y de Arenillas (1993, págs. 66 y 67) parece confirmar que ese axioma continúa vigente. Este es un tema complejo y de carácter no exclusivamente español. Remito al lector interesado en más detalle sobre este tema a los trabajos de Custodio (1992 c y 1993 c), de Llamas (1992 a) o de Llamas et al. (1992).

Veamos lo que se ha hecho en lo que se refiere a los denominados acuíferos sobreexplotados durante los ocho años largos transcurridos desde que se promulgó en 1985 la Ley de aguas vigente. Como se detalla en Llamas (1992 a), en toda España el único acuífero declarado definitivamente sobreexplotado por el MOPT es el del Campo de Montiel; en él la extracción de aguas subterráneas, según la DGOH, es del orden del 30% de la recarga; es decir, se trata de uno de los acuíferos menos explotados de España. Esa declaración de sobreexplotación fue impugnada ante los tribunales por los agricultores de la zona. En la fig. II.2 de MOPT (1993 a) este acuífero de Montiel viene ahora indicado como "con problemas locales de sobreexplotación". La razón aducida por el MOPT para declarar ese acuífero definitivamente sobreexplotado fue que su explotación afectaba a las Lagunas de Ruidera. Sin embargo, no existe todavía una clara confirmación científica del impacto ecológico de esa explotación de aguas subterráneas. Esa declaración de "sobreexplotación definitiva", repito la única hecha hasta ahora en España, parece responder más bien al deseo de "castigar" a unos agricultores que, en su día, optaron legalmente por no ceder la propiedad de sus aguas subterráneas al Estado.

Con lo anteriormente expuesto no niego la existencia en algunas regiones de España de problemas serios debidos a un bombeo excesivo o mal diseñado. Entre esas regiones destacan buena parte de la cuenca del Segura, parte de la Mancha, la cuenca del Vinalapó, y ciertas zonas del archipiélago Canario. Muchos de esos problemas se deben, tanto a la ignorancia, a la negligencia

o a la falta de medios de los responsables de la gestión de los recursos de agua de dichas zonas, como al lógico deseo de los agricultores de mejorar su nivel de vida.

En resumen, el tratamiento de la "sobreexplotación" de acuíferos en el PHN no sólo está exagerado sino también manipulado. Por ejemplo, en MOPT (1993 a) casi se ha duplicado el volumen de extracciones de agua subterránea no renovable o "sobreexplotado" que figuraba en los documentos anteriores del propio MOPT. Para ello, se acude a la argucia de incluir como sobreexplotados los acuíferos que bombean el 80% de su "hipotética" recarga natural (cf. Custodio, 1993 a). Luego esa "hinchada" sobreexplotación, del orden de 1 km³/año, se menciona en múltiples ocasiones en los documentos oficiales u oficiosos referentes al PHN, pues una de las misiones principales de los futuros trasvases sería "salvar esos acuíferos sobreexplotados".

La contaminación de las aguas subterráneas, comenzada a ser considerada como un problema serio

Resulta esperanzador leer en los correspondientes apartados de MOPT (1993 a) y en las págs. 68 y 69 de Arenillas (1993) que ya se admite que la contaminación de las aguas subterráneas por las actividades agrícolas es un serio problema. Este es un tema que algunos veníamos denunciando desde hacía tiempo (cf. Custodio et al., 1979 y Llamas, 1974 b, 1981), pero que parecía estar olvidado en la política hidráulica oficial, a juzgar por la escasa atención dedicada al tema en el Libro Blanco del Agua, publicado en 1981 (cf. DGOH, 1981).

La contaminación de las aguas subterráneas suele ser uno de los problemas más serios, quizá el más grave de todos, que tiene planteados la gestión de los recursos hídricos en cualquier país desarrollado (cf. Llamas, 1991 a; Custodio, 1992 b y 1993 b; y Sahuquillo, 1991).

La solución de este problema va a ser ardua, compleja y requerirá mucho tiempo y una tecnología multidisciplinar. Tanto las causas como las soluciones están más relacionadas con la ordenación del territorio y con la mejora en las técnicas agrícolas que con la explotación de las aguas subterráneas, e incluso con el regadío en general.

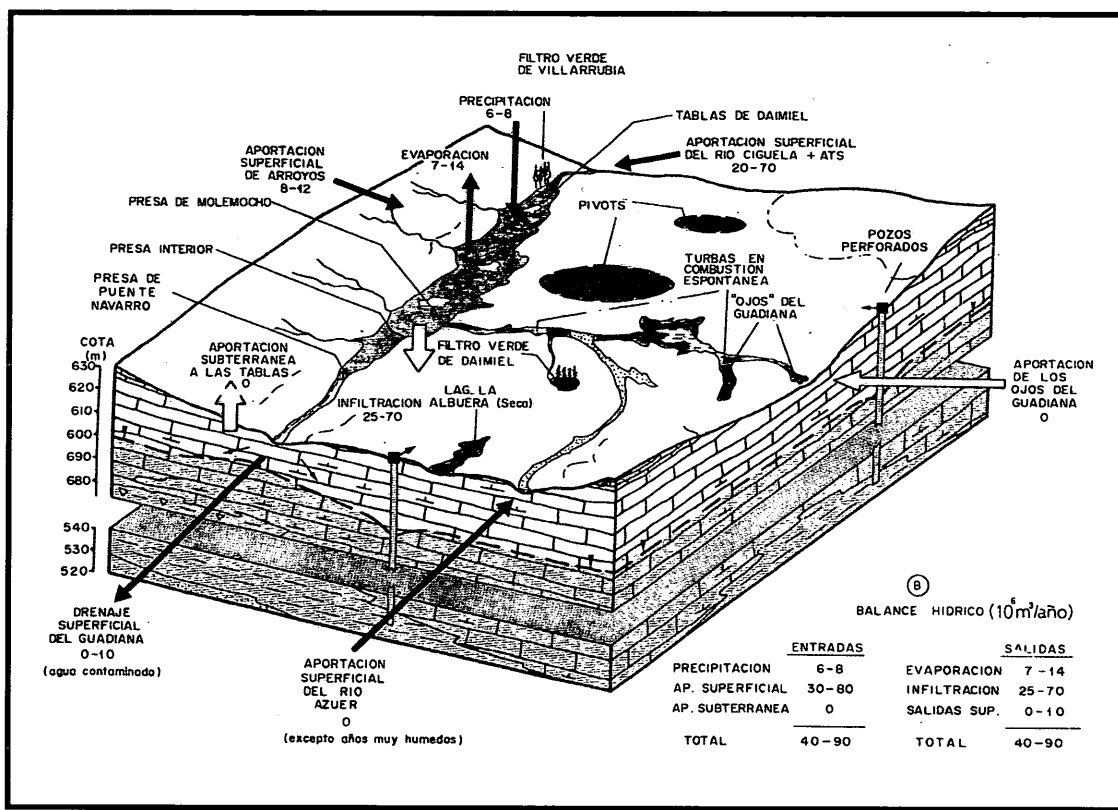


Figura 3. Régimen hidrológico afectado por la explotación de aguas subterráneas de la zona del Parque Nacional de las Tablas de Daimiel (tomado de Llamas 1993 c)

Las soluciones que propone el PHN son principalmente declaraciones de buenas intenciones, excepto en aquellos puntos que van a venir exigidos por la Directiva comunitaria 91/676, referente a los nitratos.

El uso coordinado/conjunto/integrado/combinado/alternado de las aguas subterráneas y superficiales

Según Arenillas (1993, pág. 69): "El concepto de utilización coordinada, que el PHN emplea reiteradamente, refleja con gran precisión lo que se debe entender por gestión integrada de las aguas superficiales y subterráneas y mejora, sin duda, el ya antiguo y poco afortunado de 'utilización conjunta'...". He de confesar que no he conseguido enterarme de cuáles son las características conceptuales del preciso concepto, enunciado por Arenillas, aunque el tema me interesa, pues ya en 1968 fui invitado por la Universidad de Princeton en los EEUU a dar una conferencia sobre el "Combined Use" de Barcelona. Sin embargo, he preferido dejar este tema para el comentario más detallado de otros expertos españoles (cf. Sahuquillo, 1994).

En cambio, puede no ser superfluo decir que ni la Confederación Hidrográfica del Tago ni el Canal de Isabel II han aplicado estas técnicas de uso integrado (o conjunto o alternado o coordinado) al problema del abastecimiento de la Comunidad Autónoma de Madrid. Esto ha dado lugar a que esta región: 1) haya padecido un año largo con restricciones de agua; 2) se hayan hecho costosas obras de muy dudosa eficiencia económica y técnica y de notable impacto ecológico; 3) se haya inducido una seria contaminación en amplias zonas del gran acuífero del Terciario detrítico de Madrid, y 4) se haya producido un auténtico "fiasco" geotécnico y ecológico al bombear intensamente el pequeño acuífero cretácico de Torrelaguna (cf. Llamas, 1982, 1993 a y 1993 f).

Uno de los mejores ejemplos de exposición de conceptos erróneos sobre el uso conjunto (integrado o alternado) de aguas superficiales y subterráneas conocido hasta la fecha por el autor de estas líneas, el que figura en el Diario de Sesiones del Congreso de los Diputados (Nº 636, pág. 19172). En esa ocasión un Diputado dijo lo siguiente: "He oído algo de aguas subterráneas y me parece que es la monstruosidad más grande que he oído en mi vida. Es la utilización al revés; precisamente cuando hay que utilizar las aguas

superficiales es en época de sequía y las aguas subterráneas cuando hay que utilizarlas es precisamente cuando sobran, es decir, en época de abundancia. Hacer lo contrario es una auténtica monstruosidad, porque se produce un daño irreparable e irreversible sobre los pozos subterráneos y sobre los acuíferos subterráneos: éstos se van permeabilizando, se van acementando y se van inutilizando permanentemente. Esto lo estudió muy bien ya alguien a quien alguien consideró un escritor pesado, pero que sabía muchísimo, entre otras cosas, de agua, que era el Profesor Benet o Juan Benet. Esta es una de las mayores barbaridades en las que se sigue insistiendo". Muy probablemente el Diputado en cuestión se refería a un artículo publicado en *El País* (cf. Benet, 1992). Este artículo fue contestado por Custodio (1992 a). Pienso incluir estos documentos y otros similares en un libro en preparación titulado "Antología de la Hidroesquizofrenia Española" (cf. Llamas, 1974 a; 1984 a). Es de suponer que, si el PHN llega alguna vez a debatirse en el Congreso y en el Senado, el nuevo material para ese libro será abundante.

España versus California

En más de una ocasión me he referido al interés que tiene para nosotros estudiar lo ocurrido en California debido a las grandes semejanzas - obviamente no identidades - que existen entre la Hidrología de California y la de España (cf. Llamas, 1983 b y 1991 a). Tal interés no es compartido por Arenillas, (1993, pág. 72) quien dice: "Últimamente algunos discrepantes pretenden imponer el modelo californiano, cuando probablemente es uno de los peores ejemplos a los que deberíamos recurrir"; a continuación presenta California como uno de los peores países del mundo en lo que a política hidráulica se refiere.

Mi análisis inicial de California se debe a que en 1983 fui invitado por la Universidad de California, para dar una conferencia sobre el papel de las aguas subterráneas en la política del agua de España (cf. Llamas, 1983 b). Dije entonces qué temía que la nueva Ley de Aguas española iba a resultar burocrática y orwelliana. Por lo que se refiere al carácter burocrático de la Ley basta leer lo que se escribe en MOPT (1993 a y b) sobre la escasa ineficacia de las Confederaciones Hidrográficas. Sobre su carácter "orwelliano", remito al lector a una anécdota personal, pintoresca y diverti-

da, que narro en Llamas (1993 d). Independientemente de esa pintoresca anécdota personal, remito al lector interesado en tener una rápida panorámica de la actual situación de la política del agua en California leyendo los trabajos de Mariño (1993), Howitt (1993) y Sudman (1993) presentados en el Simposio sobre la Economía del Agua que tuvo lugar en Barcelona en 1993.

Es útil estudiar los problemas de California, donde el uso del agua subterránea triplica o cuadruplica el español; ciertamente el volumen de agua trasvasada dentro de California también es muy superior al español. De todas formas, como ya he expuesto en otros sitios (cf. Llamas, 1983 b y 1991 c), en los últimos lustros no sólo no se han previsto más trasvases sino que 2 km³/año de trasvases suplementarios que estaban incluidos en el California Water Plan no parece que vayan ya a realizarse. De modo más concreto, en 1981 se realizó un referéndum en todo el Estado de California para decidir si se hacía un trasvase de 0,9 km³/año previamente incluido en el Plan Hidrológico de California. El resultado del referéndum fue una derrota de la propuesta por nueve a uno. Desde entonces, no se ha vuelto a hacer, ni al parecer a proponer, ningún trasvase significativo en California. Y esto a pesar de que, como antes se dijo, desde 1987 a 1992 California ha padecido seis años seguidos de sequía (cf. California Water Resources Department, 1991; Llamas, 1991 c; y Mariño, 1993).

Con esto no quiero decir que deba excluirse cualquier nuevo trasvase de agua en nuestro país, sino que antes de proponer una solución tan traumática desde el punto de vista ecológico y social hay que estudiar y debatir el tema con exquisito cuidado y transparencia informativa. Resultan muy poco fiables las axiomáticas cifras de los balances con los que se quieren justificar los trasvases propuestos en MOPT (1993 a y b). Por ejemplo, en la ROP de abril de este año el veterano ingeniero de caminos F. Benjumea hizo ver que en 1974 en un proyecto de trasvase del Ebro a Cataluña el caudal trasvasado iba a ser de 1,4 km³/año; ahora, después de menos de veinte años, sólo se propone un trasvase de 0,5 km³/año. Lo que no menciona Benjumea es que en el libro Blanco del Agua de la DGOH (1981) se seguía manteniendo la necesidad de trasvasar 1,4 km³/año a Cataluña. El contraste es todavía más flagrante si se analiza el trasvase del Tajo al Segura, que se proyectó y construyó hace ya casi dos

décadas para poder transportar 1 km³/año en su etapa final y 0,6 km³/año, en su primera etapa; pues bien, de acuerdo con MOPT (1993 a), la cuenca del Tajo en la etapa final (año 2012) solamente cederá 0,05 km³/año, es decir entre 12 y 20 veces menos de lo previsto hace menos de dos décadas.

Aguas subterráneas y conservación de humedales

Es positivo el interés, al menos teórico, con el que tanto MOPT (1993 a y b) como Arenillas (1993, pág. 71) se refieren a este tema. El problema de la relación entre la explotación de las aguas subterráneas y los humedales es objeto de creciente investigación a nivel internacional en los últimos años. Una visión general del problema puede verse en el número especial de la revista internacional *Journal of Hydrology* publicado en el primer trimestre de 1993. Ese número, del que el autor de este artículo fue "co-editor", recoge actualizadas las ponencias más significativas presentadas en el Simposio "Hydrogeology of Wetlands" que tuvo lugar en Washington en 1989, durante el Congreso Geológico Internacional.

Sin embargo, habrá que arbitrar medios para que los bellos programas anunciados en MOPT (1993 a y b) no sean tan poco eficaces como los aplicados hasta ahora. La legislación vigente ya esta repleta de normas para proteger los humedales españoles. Además, el Gobierno español ha adquirido compromisos internacionales de distintos tipos para proteger estos ecosistemas. Como ejemplo práctico de la ineficacia de esas normas basta analizar la situación del Parque Nacional de Doñana y, especialmente, del de las Tablas de Daimiel. El primero, de momento, se ha salvado debido al fracaso económico del denominado Plan de Transformación Agrícola Almonte-Marismas. El segundo está en situación de "coma ecológico" a pesar del denominado Plan de Regeneración Hídrica de dicho Parque, que desarrolla el MOPT. Una descripción de los problemas de ambos humedales puede verse en Suso y Llamas (1993) y en Llamas (1992 d y 1993 e).

Sin embargo, habrá que cuidar que la preocupación por la conservación de sistemas no se convierta en una excusa para prohibir un aprovechamiento razonable de las aguas subterráneas. Tal ha sido el pretexto aducido por la DGOH para

declarar definitivamente sobreexplotado el acuífero de Montiel (cf. Llamas, 1992 a); y también por el Canal de Isabel II para no explotar durante la última sequía el gigantesco acuífero terciario detrítico de Madrid (cf. Llamas, 1993 f). Como paradoja, puede mencionarse el "fiasco geotécnico y ecológico" originado por el Canal de Isabel II en el pequeño acuífero calcáreo de Torrelaguna (cf. Llamas, 1993 f). Posiblemente nos encontremos aquí con un nuevo intento de desprestigio de una solución económica y técnicamente eficiente (el bombeo del acuífero terciario de Madrid) para justificar, con cargo al presupuesto nacional, la construcción de grandes obras hidráulicas (cf. Llamas, 1993 f).

Los hidrogeólogos españoles y el PHN

Arenillas (1993), al final de su artículo dice: "el plantel de buenos hidrólogos e hidrogeólogos españoles es muy amplio y estoy seguro de que éstos -y no los otros- serán capaces de aplicar su ciencia al correcto desarrollo -y a su mejora- del PHN". Quizá "los otros" sean los "discrepantes", antes mencionados. Efectivamente, existe en España un excelente plantel de hidrogeólogos. El progreso que ha tenido lugar durante las dos últimas décadas en este campo puede calificarse de espectacular (cf. Llamas 1991 b). Un dato significativo es que el número de catedráticos y profesores titulares de Universidad, dedicados a la docencia y a la investigación hidrogeológica, ha pasado de dos personas en 1972 a más de cuarenta en la actualidad. Al menos, la mitad de ellos trabajan actualmente en proyectos internacionales y un buen número goza de un serio prestigio avalado por sus publicaciones en las mejores revistas internacionales sobre recursos hídricos. Para los usuales lectores de la ROP quizá tenga interés saber que, al menos, en cuatro de las seis Escuelas de Ingenieros de Caminos de España trabajan equipos de investigación de alta calidad, involucrados en proyectos internacionales de investigación hidrogeológica.

Otro índice interesante es el peso que ha adquirido en la arena internacional el Grupo Español de la International Association of Hydrogeologists (IAH), presidido de 1988 a 1994 por el Prof. Villarroja de la Universidad Complutense. Este Grupo cuenta con casi trescientos socios. Si se tiene en cuenta que todas las publicaciones de la IAH se hacen en inglés (lo que puede inducir a algunos

hidrogeólogos españoles a no ser socios) parece razonable suponer que el número de titulados superiores dedicados hoy en España a la Hidrogeología oscile entre seiscientos y mil.

Entre ese apreciable colectivo de hidrogeólogos es de esperar que haya un cierto porcentaje que esté dispuesto a hacer una crítica independiente sobre la política del agua, aún sabiendo que esta crítica a veces no sólo no es bien entendida, sino que puede desencadenar la reacción de "matar al mensajero cuando no gusta el mensaje" (ver ABC del 29.XI.93 pág. 74). Este tipo de reacciones es universal y sería pueblerino pensar que esas actitudes sólo afectan a los hidrogeólogos o a los españoles. Como confirmación de ello remito al lector interesado a la pág. 557 del libro del economista Simon (1992) o al artículo "Stamping out dissent" publicado en Newsweek (26.IV.93, pág. 49).

Conclusión

A lo largo de las páginas anteriores espero haber expuesto de modo claro y documentado las razones por las que me parece que el Anteproyecto del PHN requiere una profunda corrección en casi todos los temas relacionados con las aguas subterráneas. La mejor manera de corregir sus defectos sería un amplio debate en los adecuados foros científicos y sociales y, por supuesto, sin tratar de excluir a los posibles "discrepantes". Estos debates, para que sean eficaces, deberían hacerse a nivel de cuenca o incluso de subcuenca hidrográfica, es decir, referidos a zonas no demasiado extensas. España es un país suficientemente grande como para que sea difícil tomar decisiones acertadas desde Madrid en relación con problemas que afectan a regiones relativamente lejanas. Además, la actual transferencia de las competencias en temas de Ordenación del Territorio, de Agricultura y de Medio Ambiente a los Gobiernos Autonómicos hace que unas decisiones tomadas primordialmente desde Madrid no sólo sean inviables sino que originen innecesarias crispaciones entre las regiones españolas. ■

Referencias Bibliográficas

ALBERO, V. Y LLAMAS, M.R. (1993), "Cara y Cruz del Plan Hidrológico", Entrevista en la revista Ecosistemas, Abril-Junio, nº 5, pp. 41-43.

ARENILLAS, M. (1993), "El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas" Revista de Obras Públicas, Mayo, pp. 65-72.

ATIENZA, L.M. (1992), "Los Regadíos en España", en Política Hidráulica, Dirección General de Obras Hidráulicas, MOPT, Madrid, pp. 315-327.

BENET, J. (1992 a), "Sequía y Crisis", El País - Opinión, pág. 11, 31.V.92 y contestación a Custodio (cuatro líneas) en El País 19.IV.93).

BENTABOL, H. (1900), "Las Aguas de España y Portugal", Boletín de la Comisión del Mapa Geológico de España, T. 5, pp. 1-347.

CALIFORNIA WATER RESOURCES DEPARTMENT (1991), "California's Continuing Drought 1987-1991. A Summary of Impacts and Conditions in December, 1991", 51p.

CARIDE, C. (1992), "Evolución Histórica de la Política Hidráulica Española respecto a las Aguas Subterráneas" en Política Hidráulica, Dirección General de Obras Hidráulicas, MOPT, pp. 147-158.

CUSTODIO, E. (1992 a), "Replica a J. Benet", El País - Opinión, pág. 14, 15.VI.93.

CUSTODIO, E. (1992 b), "Groundwater Pollution in Spain: General Aspects", Journal of the Institute of Water and Environmental Management, vol. 6, nº 4, pp. 452-458.

CUSTODIO, E. (1992 c), "Hydrological and Hydrochemical Aspects of Aquifer Overexploitation", en Selected Papers on Overexploitation, Hydrogeology Selected Papers, Heisse-Hanover, vol. 3, pp. 3-28.

CUSTODIO, E. (1993 a), "Comentario al Artículo de M. Arenillas: El Plan Hidrológico Nacional y las Aguas Subterráneas", Revista de Obras Públicas, Noviembre, pp. 101-104.

CUSTODIO, E. (1993 b), "Aquifer Intensive Exploitation and Overexploitation with respect to Sustainable Development", Environmental Pollution, Environmental Centre for Pollution Research-2, pp. 509-516.

HOWITT, R.E. (1993), "Resolving Conflicting Water Demands: a Market Approach", Simposio La Economía del Agua, Sociedad General de Aguas de Barcelona, pp. 131-164.

DIRECCIÓN GENERAL DE OBRAS HIDRÁULICAS (DGOH) (1981) "El Agua en España" 58 p.

ELLIGSEN, K. and BANKS, D. (1993), "An Introduction to Groundwater in Norway", Proceed. of the 24th Congress of the International Association of Hydrogeologists, Oslo, June 1993, pp. 1031-41.

INTERNATIONAL WATER SUPPLY ASSOCIATION (IWSA) (1988), "International Water Statistics 1970-1986", Swis Gas and Water Industry Association, 159 p.

LLAMAS, M.R. (1966), "Los Embalses Subterráneos en la Planificación Hidráulica", Revista de Obras Públicas, Agosto, pp. 95-107.

- LLAMAS, M.R.** (1968), "Los Estudios Regionales de Recursos Hidráulicos Totales", Boletín de Información del Ministerio de Obras Públicas, Madrid, núm. 123, pp. 17-23.
- LLAMAS, M.R.** (1969), "Combined Use of Surface and Ground Water for the Water Supply to Barcelona (Spain)", Bulletin of the International Association of Scientific Hydrology, XIV Année, num. 3, September 1969, pp. 119-136.
- LLAMAS, M.R.** (1974 a), "Motivaciones Extraeconómicas en la Utilización de Aguas Subterráneas: La Hidroesquizofrenia", Revista Agua, núm. 82, Barcelona, pp. 29-36.
- LLAMAS, M. R.** (1974 b), "Es Preciso Investigar más la Contaminación de las Aguas Subterráneas", Contaminación y Prevención, Vol. 3, núm. 12, pp. 29-33.
- LLAMAS, M.R.** (1981), "Aspectos Generales de la Contaminación de las Aguas Subterráneas. Situación en España", Actas de las Jornadas sobre Análisis y Evolución de la Contaminación de Aguas subterráneas en España, Conferencia Inaugural, Barcelona, Octubre, pp. 9-27. Publicado también en Estudios Territoriales, CEOTMA, MOPU, (1982) núm. 5, pp. 125-135.
- LLAMAS, M.R.** (1982), "Repercusión a Nivel Nacional de la Gestión del Agua en la Provincia de Madrid", Jornadas sobre la Protección de la calidad de las aguas de la provincia de Madrid. Diputación de Madrid, Monografía núm. 2, El Agua en la Región, pp. 189-199.
- LLAMAS, M.R.** (1983), "The Role of Groundwater in Spain's Water Resources Policy", Proceed. of the Fourteenth Biennial Conference on Ground Water, California Water Resources Center, Report núm. 56, pp. 18-36. Una versión en español de este artículo puede leerse en Tecnología del Agua, 1984, N° 15, pp. 71-82.
- LLAMAS, M.R.** (1984 a), "Política Hidráulica y Génesis de Mitos Hidráulicos en España", Simposio Nacional sobre las Bases para el Establecimiento de Políticas Hidráulicas (Santander, 12-16 noviembre 1984), pp. 83-96. Publicado también en CIMBRA, núm. 218, Diciembre 1984, pp. 16-25, y en ALQUIBIA (Asociación Española de Limnología), núm. 7, 1985, pp. 10-18.
- LLAMAS, M.R.** (1984 b), "Consideraciones sobre la Nueva-Vieja Política Hidráulica del Ministerio de Obras Públicas" I Congreso Español de Geología, T. 4, pp. 203-213.
- LLAMAS, M.R.** (1988), "Evolución del Aprovechamiento y del Conocimiento de las Aguas Subterráneas en España", Jornadas sobre la Aplicación de la Nueva Ley de Aguas en la Gestión de las Aguas subterráneas, Zaragoza, 6-8 Julio 1988, Grupo Español de la Asociación Internacional de Hidrogeólogos, pp. 3-32.
- LLAMAS, M.R.** (1989 a), "Consideraciones sobre la Aplicación de la Ley de Aguas de 1985 a la Gestión de las Aguas Subterráneas", Jornadas Jurídico-Técnicas sobre las Aguas subterráneas en la Nueva Legislación de Aguas, Vol. 1, 2ª ponencia, 40 p. Fundación Universidad Empresa. Madrid.
- LLAMAS, M.R.** (1989 b), "Comentarios sobre la Aplicación de la Nueva Legislación a la Gestión de las Aguas Subterráneas", España y el Agua, Revista O.P., Colegio de Ingenieros de Caminos de Barcelona, Vol. 13, pp. 78-85.
- LLAMAS, M.R.** (1991 a), "The Future of Groundwater: a Forecast of its Exploitation and Quality Compared with Past Exploitation", Conference invitée en XXI Journées de l'Hydraulique (Sophia-Antipolis, 29-31 Janvier, 1991), Les Eaux Souterraines et la Gestion des Eaux, Question IV, pp. IV.2.1.-8.
- LLAMAS, M.R.** (1991 b), "Evolución y Tendencias de la Hidrogeología en España", en Curso Internacional de Hidrología Subterránea: Hidrogeología Estado actual y Proyectiva (edit. Anguita, Aparicio, Candela y Zurbano), Centro Internacional de Métodos Numéricos en Ingeniería, Barcelona, pp. 371-379.
- LLAMAS, M.R.** (1991 c), "Consideraciones Iniciales sobre el Pasado, Presente y Futuro de las Aguas Subterráneas en España", Revista de Obras Públicas, Diciembre, pp. 7-12.
- LLAMAS, M. R.** (1992 a), "La Sobreexplotación de Aguas Subterráneas: ¿Bendición, Maldición o Entelequia?", Riegos y Drenajes, núm. 61, pp. 17-33.
- LLAMAS, M.R.** (1992 b), "A água - escassez ou mau uso?". Coloquio/Ciencias. Revista de Cultura Científica. Fundação Calouste Gulbenkian - Lisboa, Vol. 4, núm. 12, pp. 52-68.
- LLAMAS, M.R.** (1992 c), "La Crisis del Agua", en Aprender para el Futuro: Educación Ambiental, Fundación Santillana, Madrid, pp. 83-86, Depósito Legal M-23323-1993.
- LLAMAS, M.R.** (1992 d), "Wetlands: an Important Issue in Hydrogeology" Selected Papers in Aquifer Overexploitation, Selected Papers on Hydrogeology, Heisse-Hanover, Vol. 3, pp. 69-86.
- LLAMAS, M.R.** (1993 a), "Manipulación de la Sequía", Ecosistemas, Octubre-Diciembre 1993, núm. 7, pp. 7-8.
- LLAMAS, M. R.** (1993 b), "Comentario al Artículo 'Evolución y Tendencia de la Política Hidráulica' por J. R. de la Rúa" en Revista de Obras Públicas, Núm. 3324, p. 85.
- LLAMAS, M. R.** (1993 c), "Comentario sobre el Artículo 'El Aprovechamiento del Agua en las Zonas Regables Españolas' de García Cantón y Wolfgang Krinner" en Revista de Obras Públicas, Núm. 3324, p. 84.
- LLAMAS, M. R.** (1993 d), "Comentario al artículo 'El Plan Hidrológico Nacional. Presentación' de A. Baltanás" Revista de Obras Públicas, Noviembre, pp. 84-86.
- LLAMAS, M.R.** (1993 e), "Explotación de Aguas Subterráneas y Conservación de Ecosistemas", Las Aguas Subterráneas: Importancia y Perspectivas, Instituto Tec-

nológico y Minero de España y Real Academia de Ciencias, pp. 193-209.

LLAMAS, M.R. (1993 f), "Sequía, Elevación de Tarifas de Agua y Uso de Aguas Subterráneas en la Comunidad de Madrid", Equipamientos y Servicios Municipales, Septiembre-Octubre, pp. 23-34.

LLAMAS, M.R. y COLETO, I. (1984), "Nuevas Consideraciones sobre la Estadística Española de Usos de Agua", I Congreso Español de Geología, T. 4, pp. 215-224.

LLAMAS Y CUSTODIO (1985), "El Proyecto de Ley de Aguas. Informe Científico-Técnico", Instituto de Estudios Económicos, 82 p.

LLAMAS, M.R., BACK, W. and MARGAT, J. (1992), "Groundwater Use: Equilibrium between Social Benefits and Potential Environmental Costs", Applied Hydrogeology, Heise Verlag. Vol. 1, núm. 2, pp. 3-14.

MARIÑO, M. A. (1993), "Water in Agriculture: Options and Proposal for Better Use" Simposio sobre la Economía del Agua, 26-28 Mayo, Barcelona, Sociedad General de Aguas de Barcelona, pp. 107-132.

MARTÍN MENDILUCE, J.M. (1976), "Las Disponibilidades de Recursos Hidráulicos en España y el Papel Real de las Aguas Subterráneas", Hidrología, Centro de Estudios Hidrográficos, nº 20/21, pp. 1-229.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1993 a), "Plan hidrológico Nacional. Memoria", Abril 1993, 253 p. y un anexo sobre aguas subterráneas.

MINISTERIO DE OBRAS PÚBLICAS Y TRANSPORTES (1993 b), "Anteproyecto de Ley del Plan Hidrológico

Nacional" Abril 1993, 95 p. y 7 anexos.

MOORE, M.A. (1991), "The Bureau of Reclamation's New Mandate for Irrigation Water Conservation: Purposes and Policy Alternatives", Water Resources Research, Vol. 27, nº 2, pp. 145-155.

SAHUQUILLO, A. (1991), "Agua y Medio Ambiente", en El Agua en España, Instituto de la Ingeniería de España, Madrid, pp. 159-175.

SAHUQUILLO, A. (1994), "El Tratamiento de las Aguas Subterráneas en el Plan Hidrológico Nacional" (enviado a Revista de Obras Públicas) (Enero, pp 41-54.).

SEOPAN, Asociación de Empresas Constructoras de Ámbito Nacional (1987), "La Infraestructuras Hidráulicas en España. Una Propuesta de Actuación a Medio Plazo", 57 p.

SILGADO, A. (1993), "Coloquio acerca de la Sobreexplotación de Acuíferos", en Las Aguas Subterráneas: Importancia y Perspectivas, Instituto Tecnológico Geomínero de España y Real Academia de Ciencias, Madrid, p. 229-231.

SIMON, J. (1992), "Population Matters", Transaction Publishers, 620 p.

SUDMAN, R.S. (1993), "California Water Issues and Public Education", Simposio La Economía del Agua, Sociedad General de Aguas de Barcelona, S.A., pp. 163-178.

SUSO, J. and LLAMAS, M.R. (1993), "Influence of Groundwater Development on the Doñana National Park Ecosystems (Spain)", Journal of Hydrology, Vol. 141, pp. 239-269.