

PRESENTACIÓN

Uno de los rasgos más característicos de un sistema hidráulico bien constituido es, sin ningún género de dudas, la utilización de todas las fuentes posibles de recursos, procurando su empleo en aquellos usos para los que existen evidentes ventajas comparativas.

La inclusión de las aguas subterráneas en el dominio público hidráulico, que toma carta de naturaleza en la Ley de Aguas de 1985 constituye, en este sentido, un paso importante en la línea de una utilización racional y efectiva de las mismas, reforzando el papel que deben jugar dentro de la política de recursos hídricos españoles.

También los debates producidos a lo largo de los trabajos de planificación hidrológica han ido poniendo de manifiesto no sólo la importancia que los recursos hídricos subterráneos tienen dentro del sistema general de recursos, sino su gran valor estratégico, que cobra especial relevancia en rachas de sequía como la que padecemos desde hace varios años.

Los recursos hidrogeológicos constituyen, por otra parte, un elemento de primera magnitud configurador del medio ambiente: la descarga de los acuíferos alimenta gran parte de nuestras lagunas, zonas húmedas y humedales, áreas todas ellas con ecosistemas específicos que es necesario preservar y proteger.

Sin embargo, nos encontramos ante un recurso frágil tanto en sus aspectos de calidad como de cantidad. De un lado, la explotación de nuestros acuíferos por encima de sus posibilidades efectivas está abocando a algunos hacia situaciones no sostenibles de desarrollo; en otros casos, nos encontramos con zonas húmedas en proceso de regresión por afección al flujo que las alimentaba; a su vez, la contaminación, localizada o difusa, conlleva una pérdida de la capacidad de los acuíferos para atender determinados usos, por lo que exige actuaciones urgentes para prevenirla y corregirla.

Este tipo de situaciones no afecta sólo a España, sino que es compartido por el conjunto de países de nuestro entorno, si bien presenta particularidades derivadas de los niveles de desarrollo y de la distribución de los recursos hídricos naturales.

La protección y la conservación de las aguas subterráneas han sido objeto de atención preferente en estos últimos tiempos, destacando al respecto el quinto programa sobre política y acción en relación con el medio ambiente y el desarrollo sostenible de la Unión Europea, y la Declaración de Dublín sobre el agua y el desarrollo sostenible.

En la reunión interministerial de La Haya de 1991 se redactó un documento en donde se señalaban los problemas relacionados con la viabilidad del uso de las aguas subterráneas, identificando diversos tipos de actuaciones que los países comunitarios debían emprender antes del año 2000 encaminadas a la protección del recurso.

Como consecuencia de dicho mandato, se ha redactado por parte de ambos Departamentos Ministeriales el presente Libro Blanco de las Aguas Subterráneas, que pretende ser el marco en donde se concretan los programas de actuación para su protección y utilización; estos programas quedan enmarcados, asimismo, dentro de los objetivos y medidas del Plan Hidrológico Nacional y los Planes Hidrológicos de Cuenca, y definen las líneas de actuación del sector público en esta materia.

Es de señalar que en la propia Ley de Aguas y las disposiciones que la desarrollan se encuentra contenida la normativa que permite la aplicación de las diferentes medidas que se proponen en los programas; lo que se pretende con ellos es avanzar en la aplicación efectiva de esta normativa.

En el Libro Blanco se realiza un análisis de la situación actual de la utilización del agua subterránea en España, señalando tanto los problemas que se presentan como las posibilidades de desarrollo; como fruto de este análisis se presentan una serie de programas de actuación que, resumidamente, pueden quedar englobados en cuatro grandes acciones, referidas a la información y control de los acuíferos, la ordenación de las extracciones, las medidas de protección y el aprovechamiento y desarrollo de los recursos.

Con la definición de estos programas se pretende, en primer lugar, dar una respuesta social a la necesidad de mejorar, garantizar y ampliar las disponibilidades de recursos hídricos; pero también tiene otro efecto no menos desdeñable, como es el ordenar la demanda potencial del sector, posibilitando un adecuado dimensionamiento de las empresas y la mejora de su capacidad tecnológica.

Madrid, octubre 1994

MINISTRO
DE INDUSTRIA Y ENERGIA

MINISTRO DE OBRAS PUBLICAS,
TRANSPORTES Y MEDIO AMBIENTE

	<i>Págs.</i>
1. INTRODUCCION	9
1.1. CONCEPTOS Y TERMINOS	9
1.2. EL AGUA SUBTERRANEA COMO RECURSO	10
2. LOS ACUIFEROS EN ESPAÑA	13
2.1. DISTRIBUCION DE LAS FORMACIONES PERMEABLES	13
2.2. SISTEMATIZACION DE LOS ACUIFEROS DEL TERRITORIO ESPAÑOL	15
2.3. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	18
3. UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA	21
3.1. PERSPECTIVA HISTORICA	21
3.2. UTILIZACION DIRECTA	23
3.3. UTILIZACION DE LAS DESCARGAS NATURALES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	28
4. PROBLEMAS ACTUALES Y POTENCIALES	31
4.1. SOBREEXPLOTACION DE ACUIFEROS	31
4.2. AFECCIONES A CURSOS FLUVIALES	32
4.3. INTRUSION SALINA	37
4.3.1. Intrusión marina	38
4.4. PROBLEMAS DE CONTAMINACION	39
4.4.1. Contaminación por actividades agropecuarias	41
4.4.2. Contaminación por actividades urbanas	44
4.4.3. Contaminación por actividades industriales	47
5. LAS AGUAS SUBTERRANEAS Y EL MEDIO AMBIENTE	49
5.1. ZONAS HUMEDAS	49
5.2. PARAJES ASOCIADOS A MANANTIALES	53
5.3. FENOMENOS DE SUBSIDENCIA Y HUNDIMIENTO	54
6. LEGISLACION	57
6.1. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS Y ACUIFEROS	57
6.2. UTILIZACION Y APROVECHAMIENTO DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	57
6.3. PROTECCION DE LOS ACUIFEROS Y DE LA CALIDAD DE LAS AGUAS	59
6.4. PROTECCION Y CONSERVACION DE LAS ZONAS HUMEDAS	60
6.5. INVESTIGACION DEL AGUA SUBTERRANEA	61

7. HACIA UNA UTILIZACION ORDENADA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	63
7.1. OBJETIVOS	63
7.2. PRINCIPIOS Y POLITICAS	63
7.3. MARCO DE LA ORDENACION	65
8. MEDIDAS DE ORDENACION Y PROGRAMAS DE ACCION	67
8.1. PROGRAMA 1: ACTUALIZACION DEL INVENTARIO DE RECURSOS NATURALES DE AGUA SUBTERRANEA	68
8.2. PROGRAMA 2: RED OFICIAL DE CONTROL	69
8.3. PROGRAMA 3: CENSO DE APROVECHAMIENTOS	70
8.4. PROGRAMA 4: ACUIFEROS CON PROBLEMAS DE SOBREEXPLOTACION O SALINIZACION	71
8.5. PROGRAMA 5: NORMAS PARA OTORGAMIENTO DE NUEVAS EXPLOTACIONES. ASIGNACION DE RECURSOS	72
8.6. PROGRAMA 6: DIRECTRICES PARA LA ORDENACION DE LOS VERTIDOS POTENCIALMENTE CONTAMINANTES	72
8.7. PROGRAMA 7: PERIMETROS DE PROTECCION PARA CAPTACIONES DE AGUA POTABLE	74
8.8. PROGRAMA 8: PROTECCION DE ZONAS HUMEDAS Y OTROS ESPACIOS NATURALES RELACIONADOS CON LAS AGUAS SUBTERRANEAS	75
8.9. PROGRAMA 9: EMPLAZAMIENTOS DE RESIDUOS SOLIDOS URBANOS	76
8.10. PROGRAMA 10: PREVENCION Y CORRECCION DE LA CONTAMINACION POR ACTIVIDADES INDUSTRIALES	77
8.11. PROGRAMA 11: CONTROL Y CORRECCION DE LA CONTAMINACION PRODUCIDA POR NITRATOS	78
8.12. PROGRAMA 12: CONTROL Y CORRECCION DE LA CONTAMINACION PRODUCIDA POR PESTICIDAS	79
8.13. PROGRAMA 13: INFRAESTRUCTURAS PARA CAPTACION EN PERIODOS DE SEQUIA	80
8.14. PROGRAMA 14: ABASTECIMIENTO A NUCLEOS URBANOS	80
8.15. PROGRAMA 15: RECARGA ARTIFICIAL DE ACUIFEROS	81
8.16. PROGRAMA 16: INTEGRACION DE LAS UNIDADES HIDROGEOLOGICAS EN LOS SISTEMAS DE EXPLOTACION	82
8.17. RESUMEN	83
9. BIBLIOGRAFIA CONSULTADA	87
9.1. REFERENCIAS	87
9.2. BIBLIOGRAFIA BASICA CONSULTADA	88
APENDICE 1. RELACION DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS SEGUN AMBITOS DE PLANIFICACION	91
APENDICE 2. CALIDAD ACTUAL DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	105
APENDICE 3. CONTAMINACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS PRODUCIDA POR ACTIVIDADES INDUSTRIALES	113
APENDICE 4. ZONAS HUMEDAS PENINSULARES CONECTADAS CON UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	123
APENDICE 5. NORMATIVA SOBRE AGUAS SUBTERRANEAS	129

1.1 CONCEPTOS Y TERMINOS

El agua en la naturaleza se mueve según una secuencia de procesos –*evaporación, precipitación, escorrentía, infiltración*– que constituyen el ciclo hidrológico unitario del agua. La evaporación se produce básicamente en las superficies libres –mares, lagos y ríos– y, junto a la transpiración procedente de los seres vivos –muy en especial de las plantas–, determina la formación del vapor de agua atmosférico que, al condensarse bajo determinadas condiciones, retorna a la superficie terrestre en forma de lluvia, nieve, granizo, etc. El agua que cae sobre las áreas emergidas y escurre sobre la superficie terrestre, en parte se evapora y en parte se infiltra en el terreno; la fracción restante alcanza directamente los mares y los lagos, donde se completa la evaporación y se cierra el ciclo (figura 1).

El agua infiltrada en el subsuelo se acumula a favor de los poros, grietas y fisuras de los materiales que, por su naturaleza, tienen capacidad de almacenarla y transmitirla. Estas formaciones geológicas que contienen o han contenido agua y por las cuales el agua puede fluir son las que, con carácter general, se denominan *acuíferos*.

La parte superficial del suelo retiene cierta cantidad del agua de lluvia, variable según la época del año, que permite el sustento de las plantas y el desarrollo de la fauna asociada con ellas; es la denominada zona no saturada, desde donde puede darse aún la evaporación. A partir de cierta profundidad, variable de acuerdo con la naturaleza del terreno, todos los poros, grietas u oquedades del terreno están rellenos de agua: es la zona saturada; en ella el agua se desplaza en dirección básicamente horizontal, con una velocidad en general muy baja –que

puede ser de muy pocos metros al año– hasta alcanzar el exterior, sea por un manantial o por su incorporación directa a la red fluvial, a un pozo de bombeo, a los lagos o al propio mar. En términos generales se considera agua subterránea la que en algún momento se encuentra bajo la superficie del terreno.

La capacidad de los materiales del subsuelo para almacenar y transmitir el agua depende de su *porosidad y permeabilidad*, es decir, de las dimensiones de sus poros y fracturas y de la interconexión y continuidad entre ellos, o, en definitiva, de su textura y estructura; es, por tanto, muy variable. En los materiales con estructura granular (gravas, arenas y algunas areniscas) la capacidad de contener agua es función del porcentaje de huecos disponibles para el flujo entre sus partículas. En las formaciones carbonatadas (calizas, dolomías y algunas margas calcáreas) la permeabilidad está en relación directa con las redes de fracturas, que, a lo largo del tiempo, van ampliándose por disolución; en estas formaciones la velocidad de circulación del agua puede alcanzar valores importantes, muy superiores a los que se obtienen en los materiales granulares.

Los materiales arcillosos y limosos están constituidos por partículas de dimensiones muy pequeñas y resultan, en general, muy poco permeables; lo mismo ocurre con las pizarras y con las margas arcillosas. Todas estas formaciones presentan condiciones muy desfavorables para el desarrollo de acuíferos. Las rocas más competentes, como pueden ser los basaltes, los granitos o las cuarcitas, son también muy poco permeables, pero, cuando están muy fracturadas o meteorizadas, el agua puede ocupar con cierta facilidad los huecos originados por las fracturas o la alteración y dar lugar, en determinados casos, a acuíferos de cierta importancia.

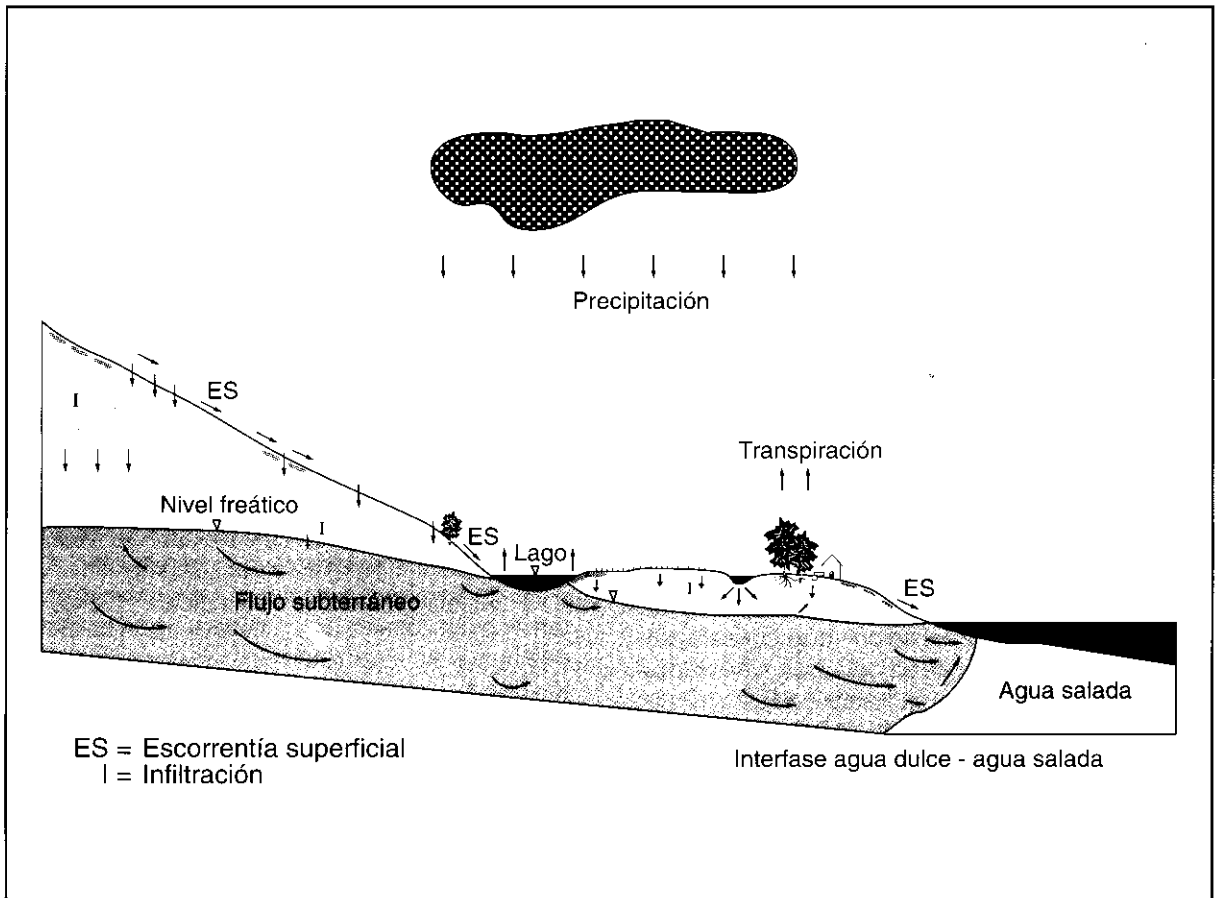


Fig. 1. Esquema del ciclo hidrológico.

El tiempo de renovación natural del agua en los acuíferos es muy variable, desde unos años hasta siglos, circunstancia esta última normal en grandes cuencas detríticas, como la del Duero. Esta dilatada permanencia en el terreno posibilita que el agua de recarga original cambie significativamente de composición química como consecuencia de su interacción con los componentes minerales del acuífero e implica que se produzcan variaciones sensibles de composición del agua subterránea entre diferentes zonas del acuífero (zonas de recarga o descarga por ejemplo), así como entre las partes más superficiales o profundas del mismo.

1.2 EL AGUA SUBTERRANEA COMO RECURSO

La distribución generalizada del agua en el interior de los acuíferos, la sencillez de su alumbramiento y la ausencia, en general, de particu-

las en suspensión, confieren a las aguas subterráneas características muy estimables como recurso hídrico.

El aprovechamiento de tales recursos exige la ejecución de captaciones artificiales (pozos, sondeos, galerías, etc.), en los que la profundidad del agua es un factor condicionante de su coste de explotación. La profundidad determina la energía necesaria para el bombeo y las dimensiones de las obras e instalaciones a realizar en las captaciones. Otro factor intrínseco decisivo para el rendimiento económico de la explotación es la permeabilidad, o mejor aún la *transmisividad*, producto de la anterior por el espesor saturado del acuífero.

Un acuífero es simultáneamente almacén de agua y vía de transporte de la misma. Las reservas del acuífero están constituidas por el volumen de agua que almacena, determinado por el nivel de saturación del terreno. Unas lluvias intensas elevan la posición de este nivel, se incrementan las reservas y se induce una intensificación de flujo subterráneo hacia el río o



Extracción de agua subterránea en Deifontes (Granada).

punto de drenaje natural. El valor medio a largo plazo de este flujo es un parámetro de gran interés hidrológico y económico, que se expresa en términos anuales, normalmente en millones de metros cúbicos por año ($\text{hm}^3/\text{año}$). Este caudal medio que recorre el acuífero y sale del mismo, procedente de la alimentación externa que recibe, es conocido como *recarga media anual*. El origen principal de la recarga suele ser la infiltración de la lluvia. Otros posibles aportes son la pérdida de caudal de un río o curso de agua que recorre la superficie del acuífero, la transferencia subterránea lateral de un acuífero contiguo, y la infiltración que produce la aplicación de agua para el riego.

Cuando se provoca un descenso del nivel del agua subterránea por la acción de una bomba en un sondeo, se genera una llamada continua de agua hacia ese punto, que produce una modificación del régimen natural del flujo. Si se multiplican los puntos de extracción y se prolongan los períodos de bombeo, disminuyen las reservas y se merman las salidas naturales.

En España, las precipitaciones suministran la mayor parte de las aportaciones a los ríos en épocas en las que suelen ser menos requeridas, al no coincidir, normalmente, con los perío-

dos en los que las demandas para riego alcanzan sus valores máximos. Surge, de este modo, la necesidad de almacenar el agua en las épocas húmedas para su utilización en los períodos de estiaje o de sequía. En este sentido los acuíferos pueden cubrir funciones en cierta medida similares a las de los embalses superficiales: el bombeo de las reservas subterráneas en épocas secas o con grandes demandas de agua es equiparable al agua tomada de un embalse, con la circunstancia favorable en muchos acuíferos de su gran capacidad y su inercia natural. En ambos casos, los volúmenes explotados serán restituidos por la recarga o la alimentación fluvial que se producen en épocas húmedas.

Conviene resaltar también que la velocidad, muy lenta en general, del agua que circula por las estructuras subterráneas, constituye un importante factor de regulación natural, al determinar permanencias prolongadas del agua en los acuíferos. La programación artificial de este fenómeno natural puede conducir a una mejor utilización del recurso, al aprovecharse esta importante función de almacenamiento de agua que tienen los acuíferos.

La calidad del agua en los acuíferos está condicionada en gran medida por las especia-

les características del flujo subterráneo. Así, por ejemplo, la capacidad de la zona no saturada para filtrar, retener y depurar los agentes contaminantes determina un cierto grado de protección frente a la contaminación externa, tanto natural como artificial. Como contrapartida, resulta muy difícil la eliminación de un agente contaminante incorporado al flujo, donde puede permanecer mucho tiempo dadas las bajas velocidades del agua subterránea.

La mayor o menor facilidad con que un acuífero puede ser contaminado determina su *vulnerabilidad*, que depende de factores intrínsecos de la zona no saturada. Cuanto más desarrollado esté el suelo, más fina sea la textura granular del subsuelo y más profunda se encuentre la zona de saturación, menos vulnerable resultará el acuífero a la contaminación por elementos absorbibles o no degradables. No obstante, en plazos más o menos largos, muchos de estos elementos, entre los que cabe destacar los metales pesados y los compuestos orgánicos

persistentes que se encuentran en algunos pesticidas, alcanzan finalmente la zona saturada y por tanto llegan a contaminar el acuífero. Los acuíferos carbonatados o kársticos, cuya permeabilidad es debida a fisuras y conductos relativamente amplios, son especialmente vulnerables a la contaminación; además, al ser cortos los tiempos de tránsito en la zona no saturada, estos efectos se producen con bastante rapidez; por las mismas razones, su regeneración es también más rápida.

A pesar de que el agua subterránea se considera fundamentalmente un recurso susceptible de aprovechamiento económico, no debe olvidarse que posee un importante valor ecológico, particularmente en las zonas de descarga natural, y en las que se sitúa próxima a la superficie, donde contribuye de manera insustituible al mantenimiento de ecosistemas de notable diversidad: márgenes de algunos ríos, zonas húmedas, lagunas, etc., que suelen ser buenos ejemplos de diversidad floral y faunística.