

3.1 PERSPECTIVA HISTORICA

Las primeras obras en las que se puede reconocer el aprovechamiento de las aguas subterráneas en España son, probablemente, las galerías de Gata y El Argar y el acueducto de Los Millares. Las tres se sitúan en Almería y corresponden a otros tantos asentamientos de la Edad del Bronce, que descubrió y reconoció Luis Siret a finales del siglo XIX (CHAPMAN, R.W., 1978). Los romanos dejaron ya numerosos testimonios de obras de ingeniería hidráulica, con las que utilizaron las surgencias de fuentes y manantiales y también los propios ríos; conocieron y usaron las técnicas de perforación y achique de aguas del terreno, que aplicaron básicamente con fines mineros.

Fueron, sin embargo, los árabes los que introdujeron en España el aprovechamiento del agua del subsuelo a mayor escala, mediante procedimientos nacidos en el Medio Oriente. Hace unos tres mil años se extendió por Armenia, Persia y Mesopotamia la utilización de galerías casi horizontales –qanats–, excavadas en terrenos blandos, a través de las cuales se drenaba y aprovechaba el agua subterránea; a ellas se accedía –para su construcción y mantenimiento– desde las laderas de los valles y desde pozos abiertos en el terreno a lo largo de la traza de la obra. Se conservan galerías árabes de este tipo en Alcalá de Henares, Ocaña, Crevillente, Puebla de Montalbán y Madrid, entre otros lugares del territorio español. El propio nombre de Madrid, fundado por los árabes, es atribuido etimológicamente a la abundancia de estas captaciones, que sucesivamente aumentadas y alargadas, suministraron agua potable a la ciudad hasta 1858 (OLIVER ASIN, J., 1959).

La zona con mayor número conocido de canales de este tipo es Mallorca, donde se ubicaron en los valles transversales de la Sierra Tramontana y en la de Levante, pero también debieron ser numerosos los construidos en Almería, en los aluviales de los ríos Andarax y Almanzora.

Otra contribución de los árabes fue la elevación del agua de los pozos mediante norias, cuyo uso ha perdurado hasta nuestros días. En su descripción geográfica del reino de Valencia, Cavanilles relata la existencia de gran número de zúas o cenias –norias– en Benicarló, Vinaroz y Carcagente (CAVANILLES, A.J., 1797).

Entrado el siglo XIX llegan a España la teoría y la práctica de los pozos artesianos, que habían dado grandes resultados en la cuenca del Sena. Comienzan en Madrid en 1837 y a partir de esa fecha se abrieron pozos de centenares de metros en muchas ciudades de España, con los que se buscaba el artesanismo del agua para evitar las fatigosas o imposibles labores de elevación hasta la superficie. Los resultados obtenidos fueron muy desiguales, con fracasos como el de Vitoria en 1881, tras haber alcanzado la extraordinaria profundidad de 1.021 metros, y éxitos como el de Alhaurín el Grande (Málaga), con caudales de decenas de litros por segundo (CORTAZAR, D., 1906).

En el último cuarto del siglo XIX, que coincide con un período de expansión económica, las bombas, movidas primero por el vapor y el gas, y más tarde por motores de explosión, permiten elevar el agua de pozos excavados en los valles aluviales. Los construidos en el Besós, y después en el Llobregat, resuelven entonces el problema del abastecimiento de agua a Barcelona (VOLTES BOV, P. 1966). En la Plana de Castellón, en Alcira o en Carcagente surgen a partir de 1890 grandes propietarios y sociedades por

acciones, cuyos capitales facilitan las inversiones necesarias para el alumbramiento de aguas subterráneas con caudales hasta entonces desconocidos. La comercialización de la naranja posibilita económicamente estas empresas; la del plátano induce por la misma época en Canarias una rápida proliferación de captaciones en pozos y galerías, construidas con explosivos. La comarca de Villena, muy rica en aguas subterráneas, se constituye en exportadora del recurso para el abastecimiento de Alicante y el riego de su huerta. En Mallorca fue la patata el motor económico; en la última década del XIX había en la isla más de 4.000 norias, que fueron a principios del siglo XX sustituidas por molinos de viento, de los que en el término de La Puebla había 340 en 1911 (MAPA, 1991).

Otra zona en la que se produjo un sorprendente crecimiento de las explotaciones de aguas subterráneas fue el área de Ciudad Real, en la llanura manchega. En 1918 existían unas 19.000 norias en la provincia, con las que se aprovechaban aguas someras y se regaban 26.500 ha en la capital, Manzanares, Daimiel, Alcázar de San Juan y otras localidades (JESSEN, O., 1946).

Entre 1928 y 1936 el IGME abastece con aguas subterráneas numerosos pueblos de Andalucía de más de 2.000 habitantes, realizándose sondeos en Almería que superan los 1.000 metros de profundidad.

Pero el tirón fuerte sobre las aguas subterráneas se produce a finales de los años cincuenta, con notorio retraso respecto a lo acaecido en Estados Unidos y en otros países europeos. Unas tres décadas antes se habían perfeccionado las diversas técnicas de perforación de sondeos y se había introducido la bomba de turbina para la extracción de caudales importantes. Cuando se crea en 1954 el Instituto Nacional de Colonización (INC) se le dota de un gran parque de maquinaria de sondeos; poco después empiezan a comercializarse los grupos motobombas sumergibles. El INC ejecutó proyectos de regadío basados en aguas subterráneas en Alicante, Murcia, Almería, Huelva, Albacete, Ciudad Real, Valladolid, León y otras provincias.

La constatación de los resultados obtenidos y el abaratamiento de los costes, que empieza a producirse por entonces, anima a los particula-

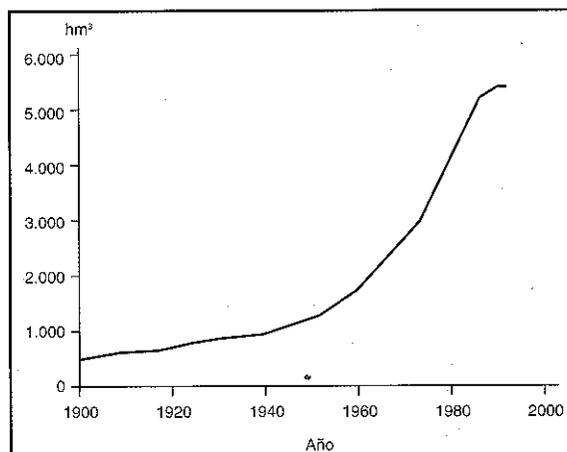
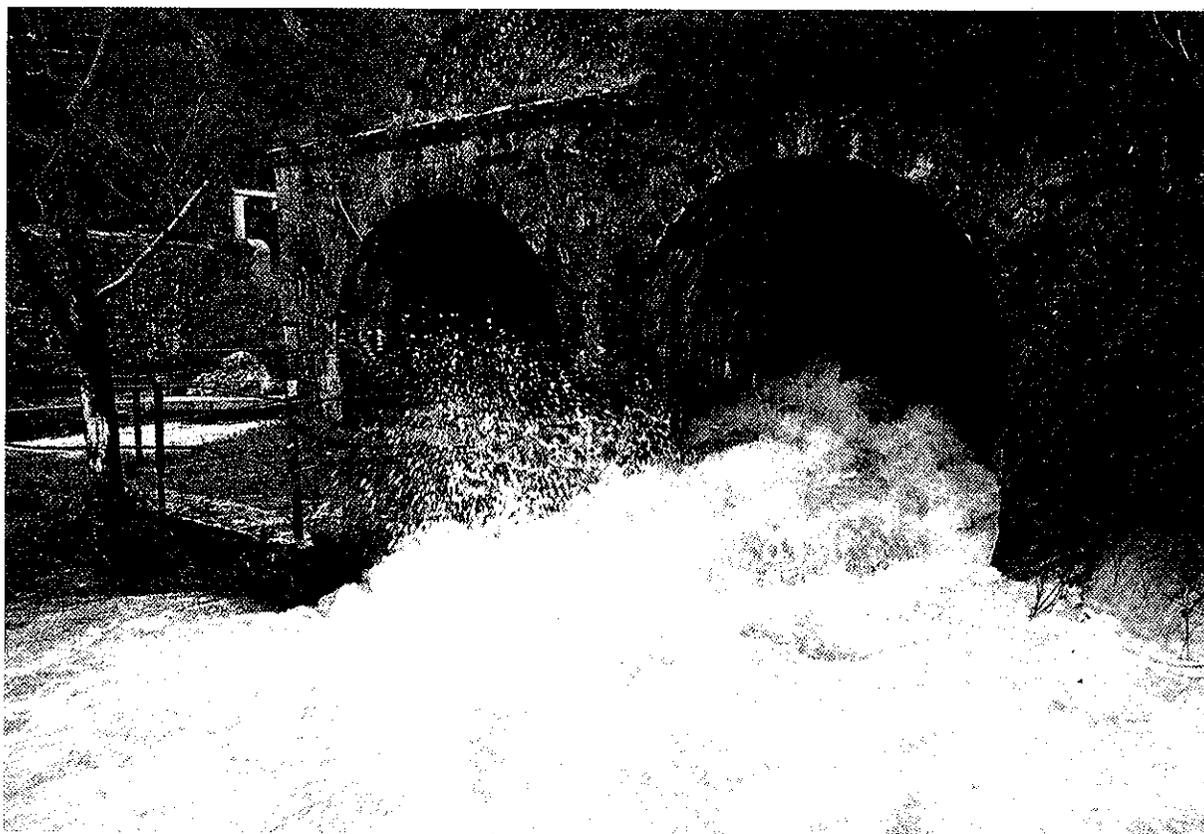


Fig. 5. Evolución del aprovechamiento de las aguas subterráneas (indicativa).

res. La gran demanda de productos hortofrutícolas, el turismo y el incremento de la población y de la renta, originan una rápida expansión del empleo de agua subterránea, particularmente en la costa mediterránea y en Canarias. Este proceso continúa a menor ritmo en la década de los setenta, durante la cual se soluciona el abastecimiento de una multitud de pequeños y medianos núcleos de población en todo el país. Todavía en los primeros años de la década de los ochenta habían de surgir impulsos importantes con el establecimiento de regadíos en ambas submesetas; el déficit crónico en la producción de cereales-grano y una coyuntura desfavorable para su importación, por la fuerte apreciación del dólar, propiciaron la implantación de nuevos riegos en La Mancha y en la cuenca del Duero.

A partir de 1986 se produce un cambio institucional con la entrada en vigor de la nueva Ley de Aguas, que, por primera vez en la legislación española, considera públicas las aguas subterráneas, lo que obliga, para los nuevos aprovechamientos, a una concesión administrativa previa a la utilización del recurso. Desde 1988 se aprecia una estabilización en los aprovechamientos para riego como consecuencia de la falta de estímulos económicos.

En la figura 5 se ha pretendido reproducir, a título meramente indicativo, la evolución de la explotación de las aguas subterráneas durante el presente siglo.



Crecida del manantial de Arteta, captado para el abastecimiento de Pamplona. (Las aguas subterráneas en Navarra. Diputación foral. 1982.)

3.2 UTILIZACION DIRECTA

Se entiende por utilización directa la que se realiza con aguas artificialmente alumbradas mediante pozos, sondeos o galerías, si bien este último procedimiento se aplica casi exclusivamente en Canarias, en razón de las peculiaridades orográficas y geológicas del archipiélago.

Son numerosas las demandas atendidas en España por aplicación directa de las aguas subterráneas, sea por medio de pozos o galerías, sea por el aprovechamiento de las surgencias en fuentes y manantiales; en los epígrafes siguientes se pasa revista a estos usos y se cuantifican en la medida de lo posible, a partir de la información disponible en la actualidad.

Usos urbanos

A partir de la información recogida por el Instituto Tecnológico Geominero de España entre 1990 y 1992 (ITGE, 1992), puede estimarse que, en el conjunto del territorio nacional, el volumen suministrado para usos urbanos, de origen exclusivamente subterráneo, es de unos 1.000 hm³/año, con el que se abastecen del orden de 12 millones de habitantes, lo que supone más del 30% de la población nacional. En estos usos se han considerado los volúmenes destinados a cubrir o complementar las demandas de carácter doméstico y las de las industrias y otras instalaciones conectadas a las redes de distribución urbana.

En los cuadros números 4 y 5 se detalla esta información por cuencas hidrográficas y demarcaciones autonómicas. Las cifras que figuran en esos cuadros se han obtenido en algunos casos

CUADRO Nº 4
UTILIZACION DEL AGUA SUBTERRANEA EN ABASTECIMIENTOS URBANOS (1990)
 (Por cuencas hidrográficas)

CUENCAS HIDROGRAFICAS	POBLACION PERMANENTE			VOLUMENES SUMINISTRADOS CON AGUAS SUBTERRANEAS (hm ³ /año)*
	TOTAL (hab.)	ABASTECIDA CON AGUAS SUBTERRANEAS HABITANTES	(%)	
NORTE Y GALICIA COSTA	4.842.508	990.940	20	90
DUERO	2.364.694	828.710	35	48
TAJO	6.350.155	460.390	7	36
GUADIANA	1.727.956	628.860	36	59
GUADALQUIVIR	4.928.772	1.621.150	33	123
SUR	2.088.079	1.201.410	58	115
SEGURA	1.375.686	72.475	5	7
JUCAR	4.199.261	2.210.005	53	256
EBRO	2.897.159	722.195	25	80
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	5.790.659	1.294.660	22	74
BALEARES	702.770	667.650	95	95
CANARIAS	1.463.890	1.463.890	100**	97
TOTAL	38.734.589	12.162.335	31	1.080

Fuente: ITGE.

* Incluye el abastecimiento de la población estacional (turismo).

** No incluye los volúmenes producidos por las desaladoras.

de datos sobre consumos reales y en otros por estimación a partir de dotaciones teóricas.

De estos datos se desprende que hay cuencas con una fuerte dependencia de las aguas subterráneas para abastecimientos, como las del Júcar y el Sur, en las que la población abastecida con aguas de este origen se sitúa en torno al 50%. En los archipiélagos se tiende a cubrir la práctica totalidad del consumo con aguas subterráneas, que se completa con instalaciones desaladoras.

Por provincias son importantes los volúmenes consumidos en Barcelona, Jaén, Alicante y Valencia; entre las cuatro superan el 20% del total abastecido con aguas subterráneas. Entre los municipios destaca el de Castellón, con todo el suministro urbano cubierto por aguas subterráneas; a continuación se sitúa Almería, donde el 80% del abastecimiento proviene de acuíferos.

En la figura 6 se resumen los principales datos del abastecimiento urbano con aguas subterráneas, por Comunidades Autónomas.

Uso agrícola

Las estadísticas oficiales sobre superficies en regadío, que elabora el Ministerio de Agricultura, Pesca y Alimentación por términos municipales, no diferencian esas superficies según el origen –superficial o subterráneo– del agua empleada. Se carece por tanto de información básica fiable que permita determinar la situación y extensión de las zonas regadas con aguas subterráneas.

La Dirección General de Obras Hidráulicas ha intentado identificar dichas zonas a partir de un trabajo de clasificación de usos del suelo realizado recientemente por el Instituto Geográfico Nacional; este trabajo consistió en la interpretación de las imágenes del satélite LANDSAT tomadas en agosto–septiembre de 1987. La información digitalizada de todas las ocupaciones de suelo correspondientes a cultivos regados fue facilitada a los Organismos de cuenca intercomunitarios y a la Junta de Aguas de Cataluña para su diferenciación en zonas según el

CUADRO Nº 5
ABASTECIMIENTOS URBANOS CON AGUAS SUBTERRANEAS (AÑO 1990)
 (Por demarcaciones autonómicas)

COMUNIDADES AUTÓNOMAS	NUCLEOS	MUNICIPIOS	POBLACION ABASTECIDA		VOLUMENES SUMINISTRADOS (hm ³ /año)
			HABITANTES	%	
ANDALUCIA	967	546	3.000.136	43	261
ARAGON	817	525	268.414	22	39
ASTURIAS	332	73	114.236	10	9
BALEARES	103	56	667.650	95	95
CANARIAS	—	74	1.463.890	100	97
CÁNTABRIA	224	89	51.959	10	5
CASTILLA-LEON	3.818	1.843	845.115	32	48
CASTILLA-LA MANCHA	582	496	594.053	35	45
CATALUÑA	697	382	1.443.862	24	80
COMUNIDAD VALENCIANA	606	469	2.013.973	52	243
EXTREMADURA	369	310	358.855	33	29
GALICIA	1.149	223	346.940	12	39
MADRID	154	135	143.520	3	13
MURCIA	37	11	43.150	4	5
NAVARRA	201	136	232.826	44	30
PAIS VASCO	190	108	478.092	22	38
LA RIOJA	79	72	75.611	28	4
TOTAL	10.325	5.548	12.142.282	31	1.080

Fuente: ITGE.

origen del agua utilizada: superficial, subterráneo o mixto. Los resultados obtenidos se resumen en el mapa 2.

La superficie total de los riegos identificados en el plano es de 2.914.000 ha, inferior en unas 200.000 ha a la ofrecida en las estadísticas del IAPFA para 1987, lo cual se debe a dos razones principales (SANCHEZ GONZALEZ, A. y ALVAREZ ARGÜELES, J. J., 1994):

- El plano no tiene en cuenta las praderas situadas en zonas húmedas (Galicia, cornisa cántabra y Pirineo) donde la aplicación de agua para riego es muy poco relevante.
- Los riegos de cereal (cebada y trigo) no fueron detectados; al ser las imágenes de satélite interpretadas posteriores a la cosecha de estos cultivos. En consecuencia, el plano no refleja algunas superficies, como la muy extensa de la región de Los Arenales, en la cuenca del Duero, o la de determinadas áreas de la llanura manchega, en la de Guadiana.

La cuantificación resultante del plano se expone por cuencas hidrográficas en el cuadro número 6, que recoge además los datos ofrecidos por la Junta de Canarias y los modificados para la cuenca del Duero según un estudio realizado en 1985 por la Junta de Castilla y León.

Resulta una superficie atendida exclusivamente con aguas subterráneas de casi 700.000 hectáreas, y otras 300.000 ha de riegos mixtos. Sobre las dotaciones medias empleadas en los riegos con aguas subterráneas que figuran en el cuadro existe información bibliográfica relativamente abundante.

El volumen anual aplicado a los riegos que utilizan solamente aguas subterráneas puede evaluarse por tanto en unos 3.500 hm³; el correspondiente a los riegos mixtos es variable según la disponibilidad de aguas superficiales de cada año hidrológico, con un máximo para los años secos en todas las cuencas que puede estimarse en unos 1.160 hm³.

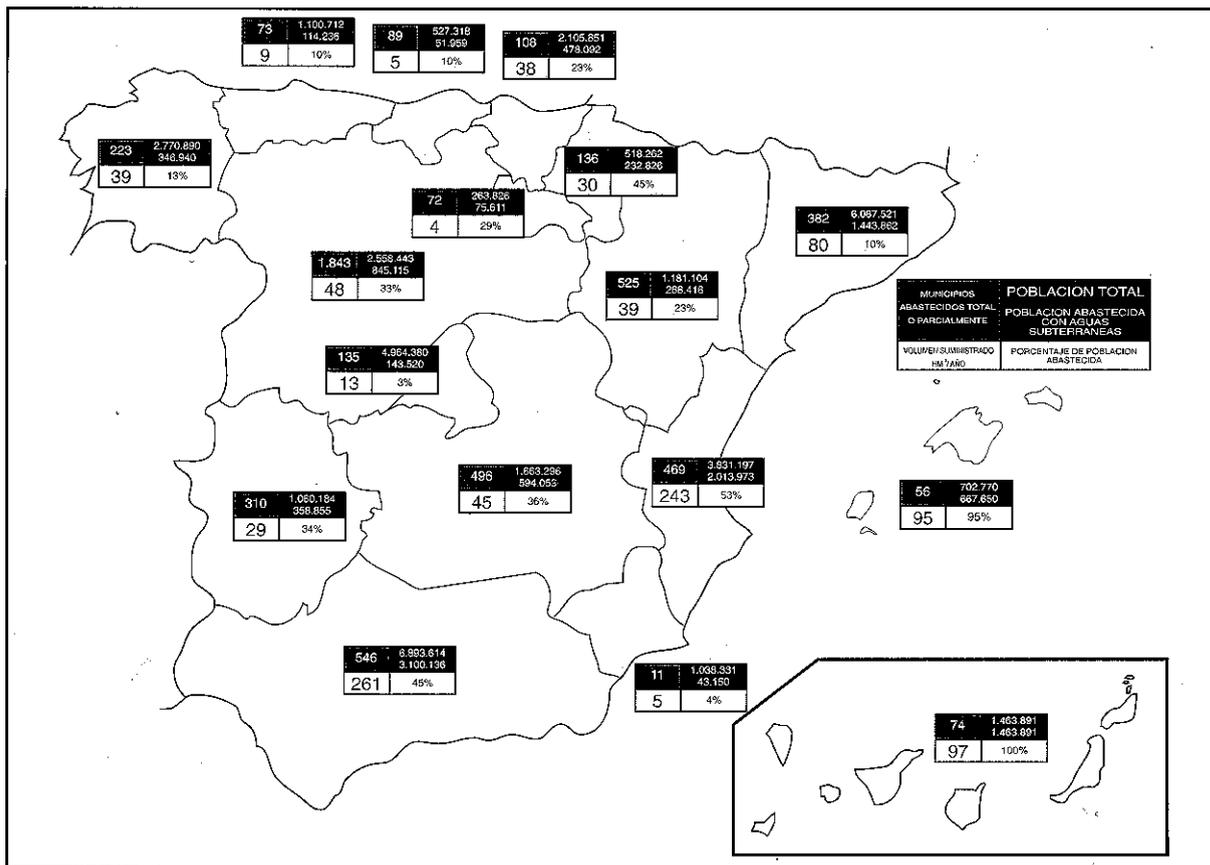


Fig. 6. Población y volúmenes de abastecimiento con agua subterránea.

CUADRO Nº 6
UTILIZACION DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS EN REGADIOS

CUENCA HIDROGRAFICA	SUPERFICIES EN RIEGO (ha)			RIEGOS CON AGUAS SUBTERRANEAS		
	CON AGUA SUPERFICIAL	CON AGUA SUBTERRANEA	RIEGOS MIXTOS	EXCLUSIVOS		MIXTOS
				DOTACIONES (m ³ /ha/año)	VOLUMENES (hm ³ /año)	VOLUMENES MAXIMOS (hm ³ /año)
378.838	38.092	51.597	37000	264	184	
174.351	12.205	7372	33500	7	71	
145.804	18.962	11.810	57200	619	49	
368.792	27.820	49.952	57200	127	208	
137.745	52.510	40.995	47000	255	154	
90.522	42.769	49.420	40000	571	158	
158.021	27.806	37.273	37100	899	182	
380.735	16.780	20.531	25000	42	41	
41090	35.979	32.820	30000	287	223	
39.600	22.560	20.007	7900	175		
	32.507		7800	236		
2.049.210	689.089	306.361	5.100	3.504	1.160	

- DUERO
- TAGO
- GUADIANA
- GUADALQUIVIR
- SUR
- SEGURA
- JUCAR
- EBRO
- GUENCA SIN
- DESA ALUN
- BALEARES
- CANARIAS
- TOTAL

iguales depuradas.

Con aguas res
Fuente: ICGO.

CUADRO Nº 7

USO INDUSTRIAL

(Aprovechamientos no conectados a redes urbanas)

CUENCAS	USO INDUSTRIAL (hm ³ /año)
NORTE	20
DUERO	10
TAJO	45
GUADIANA	2
GUADALQUIVIR	20
SUR	6
SEGURA	7
JUCAR	75
EBRO	65
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	100
BALEARES	4
CANARIAS	6
TOTAL	360

Fuente: ITGE

Uso industrial

La evaluación del volumen de agua subterránea utilizado para uso industrial y no sumi-

nistrado a través de redes de distribución urbana presenta una gran dificultad, debido a la inexistencia de estadísticas o evaluaciones fiables.

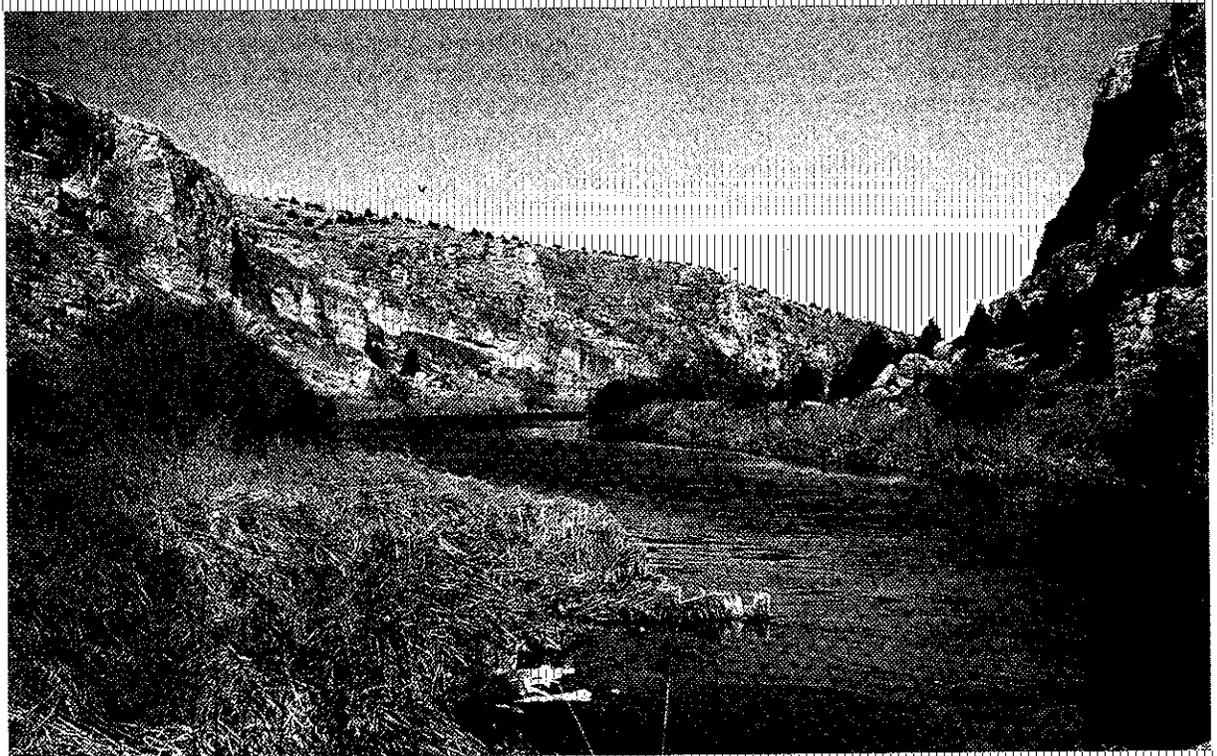
No obstante, la estimación realizada por el Instituto Tecnológico Geominero de España sobre el volumen empleado para estos usos conduce a una cifra de unos 360 hm³/año, según se detalla por cuencas hidrográficas en el cuadro nº 7.

De estas cifras se desprende que la mayor utilización del agua subterránea en la industria no conectada a redes urbanas corresponde a las cuencas del Júcar, Ebro e Internas de Cataluña.

Total usos consuntivos

En resumen, y según la información a la que se ha hecho referencia en los apartados anteriores, se puede estimar que en la actualidad el

agua subterránea aplicada a usos consuntivos alcanza unos volúmenes anuales que oscilan entre 5.000 y algo más de 6.000 hm³, con una distribución por cuencas que es la reflejada en el cuadro nº 8.



El Duero en Gormaz, donde recibe 4.000 l/s procedentes de descargas de aguas subterráneas que se utilizan aguas abajo para muy diversos usos.

CUADRO Nº 8
**UTILIZACION DIRECTA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS
 EN USOS CONSUNTIVOS**

CUENCAS	ABASTECIMIENTO	USO	USO	TOTAL
	URBANO (hm ³ /año)	AGRICOLA (hm ³ /año)	INDUSTRIAL (hm ³ /año)	
NORTE Y GALICIA COSTA	90	—	20	110
DUERO	48	264-398	10	322-456
TAJO	36	9-20	45	90-101
GUADIANA	59	619-668	2	680-729
GUADALQUIVIR	123	147-355	20	290-498
SUR	115	255-409	6	376-530
SEGURA	7	571-729	7	585-743
JUCAR	256	899-1.081	75	1.230-1.412
EBRO	80	42-83	65	187-228
CUENCAS INTERNAS DE CATALUÑA	74	287-510	100	461-684
BALEARES	95	175	4	274
CANARIAS	97	236	6	339
TOTAL	1.080	3.504-4.664	360	4.944-6.104

3.3 UTILIZACION DE LAS DESCARGAS NATURALES DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Las descargas de los acuíferos —de carácter puntual en los manantiales, o difusas a lo largo de determinados tramos fluviales— aseguran una cierta continuidad en el caudal circulante por los ríos —incluso en épocas de estiaje— constituyendo el denominado *caudal de base*.

Hasta principios de siglo, en que apenas existían embalses, era el régimen de estas descargas subterráneas el que determinaba la parte principal de la regulación fluvial (del orden del 8% del total de los caudales circulantes), haciendo posible, mediante tomas en los ríos, el establecimiento de los riegos tradicionales de nuestro país.

En la actualidad hay en España más de mil embalses, que regulan, como media, unos 46.000 hm³/año de la aportación hídrica anual, lo que ha permitido alcanzar valores de regulación similares a los que se presentan de forma natural en otros países de nuestro entorno. El agua que va a nutrir los embalses proviene, en parte, de las descargas de los acuíferos, de lo que se deriva la importancia que tiene considerarlos en los estudios de los recursos de las dife-

rentes cuencas y, por lo tanto, en la planificación hidrológica.

Según una evaluación de carácter preliminar, además de la explotación directa de los acuíferos expuesta en los apartados anteriores, existen, adicionalmente, otros 14.000 hm³/año de descargas de los acuíferos a los ríos, que son objeto, parcialmente, de aprovechamiento posterior. La parte de estos recursos que pueda ser utilizada en el futuro de forma directa deberá determinarse mediante estudios de detalle.

La utilización conjunta de los recursos superficiales y subterráneos, al hacer intervenir de manera más efectiva la capacidad de regulación de los acuíferos, complementariamente a la de los embalses, permite mejorar el rendimiento integral en el aprovechamiento de los recursos hídricos totales. De esta manera se optimiza la regulación de las escorrentías superficiales y el grado de aprovechamiento de los recursos subterráneos. Para determinar con el suficiente rigor el incremento del volumen de agua subterránea que puede ser aprovechado con estos criterios, resulta imprescindible el desarrollo y puesta a punto de modelos adecuados.

El aprovechamiento de las descargas naturales es de gran importancia para el abasteci-

miento de poblaciones, el regadío y la producción de energía eléctrica. Existen numerosas ciudades y algunas comarcas cuyo abastecimiento depende en gran manera de las descargas de las aguas subterráneas a los ríos. Entre ellas destacan Oviedo y Santander, en la cuenca Norte; Burgos y Soria en la del Duero; Jaén, Granada y la bahía de Cádiz en la del Guadalquivir; la provincia de Murcia, en el Segura; Teruel, todos los núcleos importantes de Alicante y la zona metropolitana de Valencia, en la del Júcar; Vitoria, Bilbao, Pamplona y Huesca en la

del Ebro; y Barcelona y Gerona en las Cuencas Internas de Cataluña.

Como es evidente, las posibilidades de incrementar la utilización de las aguas subterráneas no pueden quedar limitadas a las salidas no aprovechadas. En muchos casos, será necesario aumentar los volúmenes de uso directo de las aguas subterráneas para atender futuros incrementos de demanda. Esta ampliación de los recursos explotables deberá tener en cuenta, además de los aspectos técnicos, los de tipo administrativo y de asignación actual de los recursos.