

Las surgencias naturales de aguas subterráneas –manantiales y áreas de descarga no puntual– suelen dar lugar a parajes de gran interés, cuya pervivencia depende de modo directo de las condiciones y características de esta alimentación hídrica subterránea.

Entre los ejemplos españoles más notorios cabe citar el Coto de Doñana, las Tablas de Daimiel, el lago de Bañolas o las lagunas de Fuentedepiedra, Ruidera y Gallocanta, que no son sino una muestra –aunque muy significativa– de las numerosas zonas húmedas del territorio español directamente relacionadas con las aguas subterráneas.

En estas áreas la suma de factores geológicos y biológicos conduce con frecuencia a entornos de alta calidad ambiental, tipológicamente muy variados. Por ello la reducción o modificación sustancial de las aportaciones hídricas a estas zonas, incluyendo las variaciones de posición del nivel piezométrico, determina casi siempre una grave alteración de esos parajes, al ser el agua el factor que induce básicamente su estabilidad.

Un conocimiento profundo de la hidrogeología de cada uno de estos espacios, que es la base para definir correctamente su funcionamiento hídrico, resulta imprescindible para tomar decisiones que permitan su mejora y garanticen la conservación de los numerosos ecosistemas asociados. En la mayoría de los espacios protegidos estas investigaciones aún no ha sido abordadas y los estudios específicos y los planes de gestión de los espacios naturales, exigidos por la Ley 4/1989 de 27 de marzo, de Conservación de los Espacios Naturales y de la Flora y Fauna Silvestres, en pocos casos han puesto el énfasis necesario en la investigación hidrogeológica, dando lugar a problemas de conservación y a algunos errores en los programas de regeneración.

5.1 ZONAS HUMEDAS

Las zonas húmedas, o humedales, son el resultado de la interacción de múltiples factores –geológicos, climáticos e, incluso, antrópicos– que dan lugar a zonas de concentración de escorrentías, más o menos desarrolladas y evidentes, cuya alimentación –superficial, subterránea o la combinación de ambas, que es lo más frecuente– permite el mantenimiento de una cierta lámina de agua. La delimitación y protección de estos espacios naturales está contemplada en la legislación española, tanto en la Ley de Aguas y en el Reglamento del Dominio Público Hidráulico, como en la Ley 4/1989 anteriormente citada.

Para el análisis de los humedales españoles se dispone del *Estudio de las zonas húmedas de la España peninsular. Inventario y tipificación*, realizado por la Dirección General de Obras Hidráulicas en 1990, que incluye las características de un total de 1.544 zonas húmedas; de ellas, unas son formaciones costeras (el Mar Menor y las marismas del Guadalquivir, por ejemplo), otras corresponden a lagos y lagunas (Sanabria, Bañolas y los ibones pirenaicos, entre otros) y las restantes son auténticas zonas húmedas en su sentido más estricto. Por lo que se refiere a las islas Baleares, la Junta de Aguas del Gobierno autonómico ha identificado en su territorio otros 24 humedales importantes. En Canarias las zonas húmedas han desaparecido en la práctica (de La Laguna de Tenerife sólo queda el nombre) y en la actualidad se limitan a pequeñas concentraciones de humedad en ámbitos generalmente costeros.

Del total inventariado, un grupo significativo –más del 50%– corresponde a humedales relacionados con acuíferos, que, por tanto, dependen en mayor o menor medida de las modifica-



Carrizales en las Tablas de Daimiel.

ciones o alteraciones que puedan producirse en la circulación y las características de las aguas subterráneas.

Ahora bien, los numerosos factores que intervienen en la formación de estos humedales conducen a una casuística enormemente compleja; por ello cada zona húmeda requiere un análisis específico, que permita establecer con exactitud las relaciones de dependencia respecto de los acuíferos alimentadores. Sin descender a ese grado de detalle, a partir de los datos disponibles caben, sin embargo, algunas consideraciones de índole general que permiten valorar la situación actual de los humedales españoles alimentados por aguas subterráneas.

En los cuadros números 18 y 19 se reflejan algunas de las principales magnitudes del conjunto de las zonas húmedas peninsulares. En el primero de ellos los humedales se han ordenado según seis categorías –las adoptadas por el inventario–, con indicación del número y de la superficie de las zonas pertenecientes a cada grupo; en el segundo figuran desagregados en

función del área que ocupan. En ambos casos se indican las superficies actuales –es decir, las existentes en el momento de realizarse el inventario, con algunas modificaciones tomadas de estudios más recientes– y las máximas, que corresponden a las mayores capacidades de retención –conocidas o estimadas– de las respectivas cubetas. (Para la formación de estos cuadros se ha prescindido del gran humedal que forman las marismas del Guadalquivir, el mayor de España, ya que sus importantes dimensiones –máxima de 1.633 km² y actual de 410 km²– distorsionan los datos referentes al conjunto de las restantes zonas.)

Como se observa en estos cuadros, la superficie total de las zonas húmedas inventariadas, sin considerar las marismas del Guadalquivir, ha disminuido en unos 440 km², lo que supone el 35% de la superficie total máxima. Esta reducción de superficie tiene orígenes muy diversos. Hasta fechas recientes se han desecado bastantes lagunas, marjales, trampales y tremedales por motivos sanitarios –lucha contra el palu-

CUADRO Nº 18
DISTRIBUCION DE HUMEDALES SEGUN TIPOS*

IMPORTANCIA	Nº	%	SUPERFICIE			
			ACTUAL		MAXIMA	
			km ²	%	km ²	%
INTERNACIONAL	234	15	495,9	62	731,6	59
NACIONAL	754	49	266,5	33	345,8	28
REGIONAL	339	22	25,7	3	33,4	3
LOCAL	101	7	4,4	1	5,5	0
SIN DEFINIR	89	6	7,8	1	83,2	6
HISTORICA	16	1	2,1	< 1	44,1	4
TOTAL	1.533	100	802,4	100	1.243,6	100

Fuente: DGOH

* No se incluyen otras 10 zonas húmedas que figuran en el inventario con datos incompletos.

CUADRO Nº 19
DISTRIBUCION DE HUMEDALES SEGUN TAMAÑOS

TAMAÑO (ha)	SITUACION ACTUAL				SITUACION MAXIMA			
	Nº	%	S (km ²)	%	Nº	%	S (km ²)	%
> 10.000	1	1	134,6	17	2	2	273,2	22
1.000-10.000	17	1	428,9	53	23	2	656,7	53
100-1.000	47	3	131,1	16	65	4	182,2	14
10-100	288	19	77,5	10	350	23	98,6	8
1-10	798	52	28,7	4	852	55	31,3	4
0-1	242	16	1,6	<1	241	16	1,6	<1
0*	140	9	—	—	—	—	—	—
TOTAL	1.533	100	802,4	100	1.533	100	1.243,6	100

** Situación actual nula.

dismo- y para ganar nuevas tierras de pasto o cultivo. Este hecho se vio favorecido a lo largo de este siglo por la Ley de 24 de julio de 1918 sobre desecación de lagunas, marismas y terrenos pantanosos -derogada por la Ley de Aguas de 1985-, que fomentaba este tipo de labores. La desecación de la laguna de la Janda en Cádiz, con cerca de 40 km² de superficie natural, y la de la Nava en Palencia, con 22 km², son, quizá, las actuaciones más significativas derivadas de la Ley de 1918.

Otras pérdidas importantes de superficie en los humedales españoles tienen su origen en las extracciones de agua subterránea; de hecho, en las últimas décadas las alteraciones más evidentes se están produciendo en las zonas húmedas relacionadas con acuíferos. Los ejemplos más

representativos corresponden a la cuenca del Guadiana -Tablas de Daimiel, Ojos del Guadiana, etc.-, donde la extracción excesiva de aguas subterráneas sin una planificación adecuada ha conducido a la desaparición de numerosos humedales. No es, sin embargo, la única cuenca donde estos problemas se han presentado.

De las 1.544 zonas húmedas inventariadas en la Península, sólo 440 superan las diez hectáreas de superficie máxima o natural. En la mayoría de estos humedales existe una componente de alimentación subterránea, pero sólo 126 están claramente relacionados con alguna unidad hidrogeológica; son los que figuran en el Apéndice 4.

Si de esta relación se suprimen las zonas húmedas que han perdido superficies significa-

tivas por relleno (Albufera de Valencia, Turberas de Padul) o han sido desecadas artificialmente (Laguna de la Nava, en Palencia, Laguna de Duero, en Valladolid, o diversas lagunas y navas en La Mancha), se obtiene una relación de 101 humedales de más de diez hectáreas de superficie máxima o natural, cuya estabilidad depende en la actualidad de la alimentación subterránea; algunos de ellos se han reducido claramente en épocas recientes.

En los cuadros números 20 y 21 se reflejan las variaciones superficiales de estas zonas húme-

das, agrupadas por cuencas hidrográficas y comunidades autónomas, respectivamente. En conjunto, estos 101 humedales determinan una superficie máxima de 211 km² frente a la actual de 144 km², lo que representa una pérdida de 67 km², es decir, el 32% de la superficie total máxima. Esta disminución superficial se ha producido principalmente en la cuenca del Guadiana y en Castilla-La Mancha (64 km² en ambos casos), que es donde mayores procesos de sobreexplotación de acuíferos han tenido lugar durante las últimas décadas.

CUADRO Nº 20
ZONAS HUMEDAS CONECTADAS CON UNIDADES HIDROGEOLOGICAS
POR CUENCAS HIDROGRAFICAS (Superficie máxima ≥ 10 ha)

CUENCA	NUMERO	SUPERFICIE (ha)		DISMINUCION SUPERFICIAL	
		ACTUAL	NATURAL O MAXIMA	(ha)	(%)
NORTE	4	77,27	77,27	0,00	0
DUERO	16	574,22	679,89	105,67	16
TAJO	2	24,33	24,33	0,00	0
GUADIANA	35	2.068,36	8.458,40	6.390,04	76
GUADALQUIVIR	6	124,85	124,85	0,00	0
SUR	7	1.922,76	1.922,76	0,00	0
SEGURA	1	10,27	10,27	0,00	0
JUCAR	11	2.457,83	2.657,83	200,00	8
EBRO	12	6.744,72	6.744,72	0,00	0
INTERNAS CATALUÑA	7	369,70	369,70	00,00	0
TOTAL	101	14.374,31	21.070,02	6.695,71	32

CUADRO Nº 21
ZONAS HUMEDAS CONECTADAS CON UNIDADES HIDROGEOLOGICAS
POR COMUNIDADES AUTONOMAS (Superficie máxima ≥ 10 ha)

COMUNIDAD AUTONOMA	NUMERO	SUPERFICIE (ha)		DISMINUCION SUPERFICIAL	
		ACTUAL	NATURAL O MAXIMA	(ha)	(%)
ANDALUCIA	17	2.174,48	2.194,81	20,33	1
ARAGON	3	1.509,51	1.509,51	0,00	0
ASTURIAS	3	39,58	39,58	0,00	0
CASTILLA-LEON	17	611,91	717,58	105,67	15
CASTILLA-LA MANCHA	37	2.077,91	8.447,62	6.369,71	75
CATALUÑA	15	5.591,98	5.591,98	0,00	0
COMUNIDAD VALENCIANA	9	2.368,94	2.568,94	200,00	8
TOTAL	101	14.374,31	21.070,02	6.695,71	32

5.2 PARAJES ASOCIADOS A MANANTIALES

El agua que mana en las fuentes facilita la formación de espacios amenos y casi siempre muy gratos para el hombre. Tienen un atractivo especial en las zonas más áridas del territorio español; donde destacan, por su color y humedad, en el reseco paisaje circundante.

Los manantiales permiten atender el suministro de agua potable de gran número de poblaciones y contribuyen al regadío de muchas zonas. Ligadas a estas surgencias se localizan áreas de esparcimiento y recreo; en algunas de ellas, cuyas aguas presentan un carácter termal o minero-medicinal, se ubican lugares de descanso con fines terapéuticos, que disponen de instalaciones balnearias.

Son numerosos los ejemplos que cabría citar. En algunas grandes fuentes kársticas, que drenan acuíferos carbonatados, está el origen de muchos ríos. Es el caso del Pisuerga, que surge, ya formado, de la cueva del Coble, en el sector palentino de la Cordillera Cantábrica; o el del Sil que inicia su andadura en la gran fuente de la Cueta, no lejos del puerto de Somiedo. El nacimiento del brazo más occidental del Garona en el caudaloso manantial del Güell del Jueu es la surgencia de un importante trasvase subterráneo que tiene su origen en la cabecera del Esera, es decir en la cuenca del Ebro; allí las aguas del macizo del Aneto se pierden en el Forao de Aygualluts y se interiorizan en un acuífero de amplio desarrollo, abierto en una banda de calizas devónicas que corre al Norte de los Montes Malditos, conectando la cuenca del Esera con la del Garona. Es también el resultado de otro trasvase subterráneo la fuente de Vozmediano, donde nace el Queiles, afluente derecho del Ebro, que recoge aguas infiltradas al sur del Moncayo, en la cuenca del Duero. El Guadiana es bien conocido por la peculiaridad de sus varios «nacimientos» y pérdidas, hoy muy disminuidos por las extracciones que se hacen en los acuíferos de La Mancha.

Muchas fuentes a las que la percepción popular atribuye un cierto sentido milagroso se han puesto bajo la advocación de algún santo. Son numerosas, por ejemplo, en el área de Valencia: Grutas de San José en La Vall D'Uixó, San Pedro en Cenia, San Vicente en Liria, San Luis en Buñol, Los Santos en Alcudia de Crespins y San Cristóbal en innumerables peñas de las que brota el agua.

Estos y otros muchos ejemplos que cabría traer a colación no hacen sino subrayar que el valor de los parajes asociados a manantiales suele ser mayor que el puramente paisajístico o ambiental, que en cualquier caso existe siempre. Las lagunas de Ruidera y el Monasterio de Piedra son lugares harto conocidos, pero muchos otros lo son también, y dejarían de serlo, probablemente, sin la surgencia del agua subterránea: Calar del Mundo, Ayna, fuentes del Taibilla y del Segura, cañón de Riolobos, Albufera de Anna, Ull de Ter, manantiales de Riopar, Montejaque y Beñaoján, nacimientos del Cuervo y del Jiloca, fuentes de Marbella y del Algar y otra larga serie de parajes que se extienden por la geografía española.

Cada uno de estos lugares suele poseer, además, gran significación para los habitantes de las respectivas comarcas, que sitúan en ellos romerías y fiestas patronales o, más sencillamente, los aprovechan como lugar de esparcimiento al que se acude para disfrutar de un paseo o una comida campestre. Pero muchos pueblos han tenido que renunciar al disfrute natural de sus fuentes, buscando el aprovechamiento de sus caudales; en otros casos ha sido preciso regular la disponibilidad natural del agua con pozos que explotan el acuífero hasta secar el manantial. Para el abastecimiento de agua potable a muchos núcleos de población se ha recurrido a este tipo de soluciones, que son casi siempre las de menor coste; en otros casos el interés no ha sido tan general, aunque se hayan aplicado criterios similares. Es lo que ha ocurrido en Almería, en los archipiélagos y en muchas comarcas de Murcia o Alicante.

Las extracciones de este tipo, aunque afecten al caudal de los manantiales y las áreas de descarga natural, en un contexto geográfico más amplio podrán resultar beneficiosas siempre que estén debidamente planificadas, porque de este modo se logrará la necesaria adecuación entre disponibilidad del recurso, requerimientos ambientales y variaciones estacionales de la demanda. Es en estos casos cuando el concepto de regulación adquiere pleno sentido, ya que los beneficios de todo tipo que se derivan de una correcta explotación de los sectores limítrofes a los manantiales pueden ser la base del desarrollo futuro de estas áreas.

Como es lógico, esta planificación dependerá de las circunstancias de cada caso y de los efectos que puedan derivarse. Los de carácter negativo hasta ahora han surgido casi siempre por deficiencias en el conocimiento, la planificación y la gestión del recurso. En la actualidad



Nacimiento del río Algar (Alicante).

se dispone, en general, de información y medios que permiten analizar todos los factores implicados y adoptar decisiones coherentes con ellos.

5.3 FENOMENOS DE SUBSIDENCIA Y HUNDIMIENTO

Cuando se extrae agua intensamente de un acuífero cubierto por una formación detrítica con una fracción limo-arcillosa compresible pueden presentarse fenómenos de subsidencia o hundimiento, es decir, descensos lentos o súbitos, respectivamente, de la superficie del terreno. El bombeo reduce la presión intersticial del agua en el acuífero y en la formación superior; como consecuencia de ello aumenta la presión efectiva sobre el esqueleto sólido de los limos y arcillas y se origina un proceso de consolidación del terreno que puede producir hundimientos o subsidencias, así como asentamientos diferenciales.

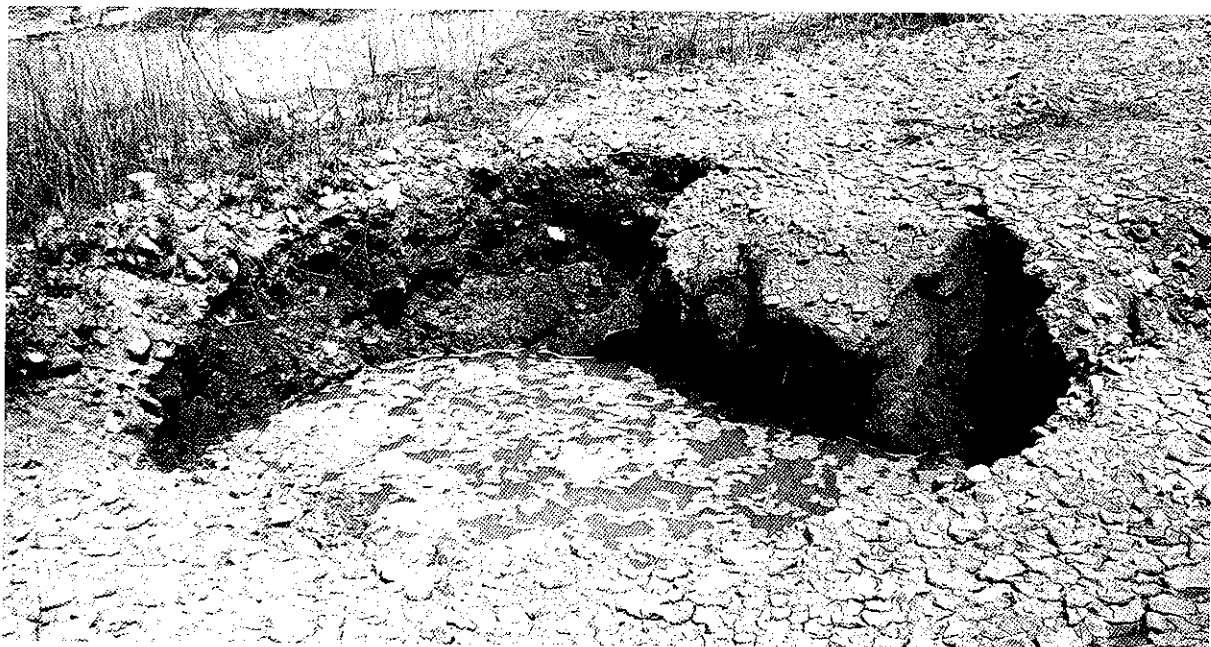
Casos espectaculares de subsidencia son los de la ciudad de Méjico—donde el nivel del terreno ha descendido entre ocho y nueve metros desde el siglo pasado—, el del valle de San Joa-

quín y otras zonas costeras de California, y el hundimiento progresivo de Venecia. En Bangkok el nivel del suelo está descendiendo hasta diez centímetros por año como consecuencia del millón de metros cúbicos diarios que se extraen de acuíferos profundos.

En España no se conocen casos de subsidencia regional de este tipo. El fenómeno requiere la conjunción de zonas llanas cubiertas por espesores relativamente importantes de materiales muy finos no consolidados, niveles piezométricos muy próximos a la superficie y explotación intensiva de acuíferos, circunstancias que no se dan simultáneamente en nuestro territorio. De hecho, descensos piezométricos de varios metros o decenas de metros, como los acaecidos en el Valle del Guadalentín y el Campo de Cartagena (Murcia), cubetas de Níjar, Saltador, Pulpí (Almería), La Moraña (Ávila y Valladolid) y varias formaciones deltaicas en Cataluña, no han producido fenómenos de subsidencia.

En los acuíferos kársticos cubiertos ocurren a veces hundimientos localizados, que se producen de forma súbita al final de estiajes inusuales, inmediatamente después de unas lluvias fuertes, o por el rebajamiento del nivel del agua subterránea como consecuencia de bombeos intensivos. Estos hundimientos se deben muy raramente a desplomes de los propios materiales karstificados; casi siempre se trata de fenómenos de inestabilidad en los depósitos detríticos que recubren el acuífero kárstico o que rellenan conductos o simas profundas. La inestabilidad se suele producir al arrastrar el agua las partículas finas que rellenan las oquedades kársticas o por disminución de la presión hidrostática estabilizadora de las fuerzas gravitacionales del macizo al rebajarse los niveles piezométricos.

El incidente de este tipo más conocido en España acaeció en Pedreguer (Alicante) en agosto de 1982, cuando se produjo a unos quinientos metros de la población una sima de 14 x 12 m. en planta, y 73 m. de profundidad, en cuyo fondo se formó un pequeño lago. Se supone que la inestabilidad se debió a la extracción intensiva del acuífero kárstico, puesto que en las proximidades del lugar el nivel del agua subterránea se situó en algunos pozos durante varios años a cincuenta metros de profundidad. Las intensas lluvias acaecidas en noviembre de 1985 hicieron subir el nivel del agua en el «agujero» hasta sólo 0,5 m. de la boca, lo que demostró las fuertes oscilaciones del nivel freático, posible causa adicional del suceso (GARAY MARTIN, P., 1983).



Hundimiento de los depósitos detríticos en la terraza inferior del río Jarama, provocado por la extracción de aguas subterráneas del acuífero kárstico subyacente. (Canal de Isabel II. 1994.)

El Calerizo de Cáceres es un acuífero kárstico de 14 km² de extensión que se explotó intensamente entre 1958 y 1972 para el abastecimiento de la ciudad. Se extrajeron hasta 3,8 hm³/año, produciéndose un descenso del agua subterránea de unos 30 m. respecto a la situación inicial. A partir de 1973 la extracción se redujo a 0,8 hm³/año, con lo que en el invierno de 1974 volvió a surgir el agua por el manantial de El Marco. Comenzaron entonces a aparecer algunos colapsos de uno a tres metros de diámetro y profundidades de 0,5 a 1,5 metros. En noviembre de 1985 se produjo un hundimiento de unos veinte metros de diámetro y varias decenas de profundidad, que tuvo que ser sellado con hormigón y relleno compactado (LUPIANI, E. et al, 1989).

Camargo es una localidad de Cantabria con un karst muy desarrollado, recubierto en las zonas más bajas y llanas por materiales no consolidados. Son relativamente abundantes pequeños hundimientos, que allí denominan «soplos». Entre 1988 y 1990 se observaron colapsos de dimensiones métricas producidos por el descenso del nivel freático de 3 a 5 metros en pozos próximos, que se explotaban con caudales de 15 a 30 litros por segundo. Se originaron grietas en un edificio, un socavón en la carretera y otro hundimiento en los jardines del Instituto de Formación Profesional, por lo que se recomendó suspender la explotación de los pozos (DGOH, 1992).

Fenómenos similares se han dado en Serrejón (Cáceres), inducidos por el bombeo de caudales muy modestos (2l/s) en una banda de calizas paleozoicas; los colapsos producidos son ovalados en planta (6 m x 3 m), de paredes verticales y profundidades de 0,30 a 1 m.

Se han producido también pequeños socavones en dos lugares del municipio de Llanes (Asturias), durante las pruebas de aforo en dos sondeos realizados en 1992. Muy recientemente han aparecido «soplos» al norte de la provincia de Madrid, presumiblemente debidos a la extracción intensiva realizada por el Canal de Isabel II en los pozos construidos sobre las calizas cretácicas de Torrelaguna.

La casuística de estas subsidencias de origen kárstico debe ser, sin duda, más numerosa. No obstante, las referencias bibliográficas sobre hundimientos derivados de la explotación de acuíferos son muy escasas, lo que en principio sorprende en un territorio con casi 100.000 km² de acuíferos carbonatados, de los que se extraen unos 3.000 hm³/año. Probablemente la explicación radica en que en tales acuíferos el agua subterránea se encuentra a profundidades importantes, por debajo de las zonas en las que podrían producirse inestabilidades, así como en el hecho de que tan sólo un porcentaje muy escaso de dicha superficie se corresponde con karsts cubiertos, que son los que representan el mayor riesgo de subsidencia.