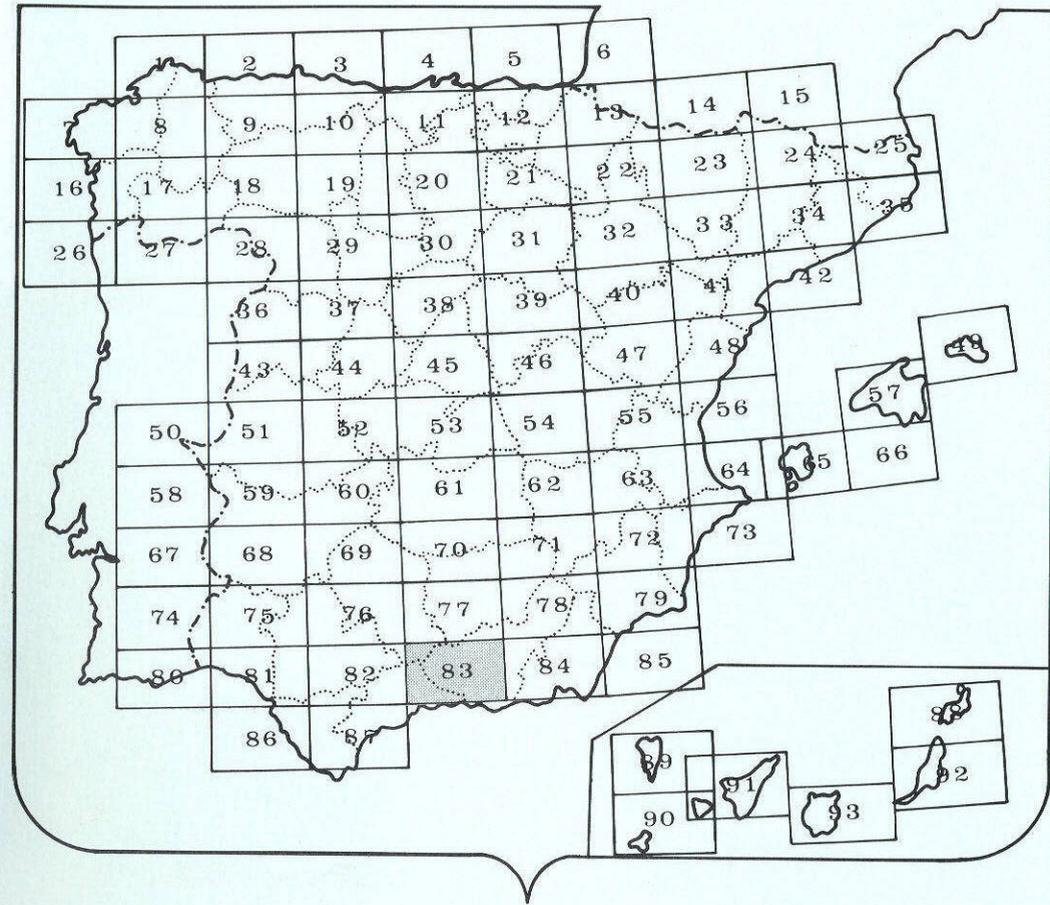




INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 - MADRID-3



Mapa
Hidrogeológico
de España

E. 1/200.000

83



SERVICIO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

30647
GRANADA - MALAGA



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

**Mapa
Hidrogeológico
de España**

E. 1/200.000

GRANADA·MALAGA

CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

INDICE

1. PRESENTACION	5
2. MARCO GEOLOGICO	7
3. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS Y SISTEMAS ACUIFEROS REPRESENTADOS	13
4. CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	31
5. BIBLIOGRAFIA	35

Centro de Publicaciones - Ministerio de Industria y Energía - Doctor Fleming, 7 - 28036 Madrid

Fotocomposición: Geotem, S.A.

Imprime: P. Montalvo, S.A.

Depósito legal: M-39.055-1988

NIPO: 232-88-009-9

1. PRESENTACION

Unas de las misiones del Instituto Geológico y Minerode España (I.G.M.E.) es la realización y publicación de la cartografía hidrogeológica nacional, de acuerdo con lo establecido en el Real Decreto 450/1979 de 20 de febero.

Desde 1970 el I.G.M.E. viene realizando el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, determinando la ubicación de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, sus características hidroquímicas, la calidad y contaminación de las aguas subterráneas y estableciendo los valores de sus recursosy reservas, recomendando los esquemas más idoneos para su explotación y protección y sentando las bases para la integración de los recursos hidráulicos subeterráneos en el marco de la planificación hidrológica global.

Los resultados de los estudios se vienen publicando por el I.G.M.E. como informes de síntesis a los que acomapaña una cartografía específica de las áreas cubiertas por el estudio correspondiente. La documentación completa que ha permitido la preparación de dichos documentos de síntesis, se reúne y publica en reducido número de ejemplares destinados a los Organismos oficiales.

En base a los datos disponibles, se ha considerado el gran interés que presenta la publicación de mapas de síntesis hidrogeológicas a escala 1:200.000 en forma de hojas de la cuadrícula topográfica oficial, en aquellas regiones en las que la información es más completa y abundante.

El objeto del Mapa Hidrogeológico a escala 1:200.000 es, por una parte, mostrar en síntesis las características hidrogeológicas y de explotación de los acuíferos, y por otra, ofrecer la información que permita la realización de estudios de mayor detalle.

La cartografía se realiza de acuerdo con las normas establecidas en 1974 por el Grupo de Trabajo de Aguas Subterráneas del Instituto de Hidrología, basadas en las normas UNESCO (1970) y en versión revisada (1983, IAH, IAHS, UNESCO) sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables y comparables a escala internacional con los producidos en el resto del mundo, y especialmente en los países de la Comunidad Económica Europea.

Los criterios de representación se han orientado de forma que el mapa pueda publicarse sin acompañamiento de memoria explicativa. No obstante, se adjunta una breve reseña hidrogeológica y, con objeto de facilitar la labor de todo aquel que se interese en una información más detallada sobre la región cubierta por la hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas, que comprenden no sólo los libros o informes publicados, sino todos aquellos documentos editados en reducido número de ejemplares y disponibles para su consulta en el Centro de Documentación del I.G.M.E.

2. MARCO GEOLOGICO

El área que comprende la Hoja de Granada-Málaga se encuentra enclavada en el ámbito de las Cordilleras Béticas. En ella afloran materiales de las zonas Bética y Subbética y diversos elementos de atribución dudosa que pudieran representar la continuación hacia el E de las Unidades del Campo de Gibraltar, así como materiales neógenos y cuaternarios que alcanzan su mayor desarrollo en las depresiones postorogénicas.

Zona Bética

Presenta una tectónica muy acusada y se estructura en tres grandes unidades correspondientes a sendos complejos de mantos de corrimiento que, de abajo arriba, son los siguientes:

Complejo Nevado-Filábride

Está constituido por materiales de edad paleozoica y triásica afectados por el metamorfismo regional alpídico.

Se trata de la unidad más profunda y se caracteriza por la presencia de materiales metamórficos, generalmente impermeables, micaesquistos grafitosos, cuarcitas, anfibolitas, mármoles, gneises, serpentinas y metavulcanitas ácidas, que constituyen varios mantos de cabalgamiento superpuestos y afectados, más tarde, por fenómenos de desplome y deslizamientos gravitatorios.

Complejo Alpujárride

Comprende varios mantos superpuestos que cabalgan sobre los del Complejo Nevado-Filábride. En los diversos mantos de este complejo se diferencia un conjunto basal paleozoico o permotriásico, generalmente impermeable —micaesquistos, cuarcitas y filitas—, y otro superior compuesto por facies carbonatadas y permeables de edad triásica —calizas y dolomías.

Complejo Maláguide

Se encuentra muy escasamente afectado por el metamorfismo alpídic y cabalga sobre los dos complejos anteriormente mencionados. Los materiales pertenecientes a este Complejo se extienden desde el Paleozoico Inferior hasta el Oligoceno, y en él se integran una gran variedad de litologías diferentes como las calizas, cuarcitas, grauwas y filitas del Cámbrico y del Carbonífero, los conglomerados cuarcíticos y las areniscas del Permotriás, las calizas y dolomías jurásicas y las brechas areniscosas, margocalizas, calizas y areniscas del Paleógeno.

Zona Subbética

La zona Subbética constituye el sector meridional de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas.

Sus materiales afloran extensamente en los sectores septentrional y noroccidental de esta Hoja, representados por rocas sedimentarias que abarcan edades del Triás al Mioceno inferior depositadas en régimen geosinclinal y plegadas durante la orogenia alpina.

Este conjunto, cuyas características más notables son el predominio de litofacies carbonatadas y margosas, la variabilidad de facies y potencias debido a una subsidencia diferencial marcada, la falta total de afloramientos del Paleozoico y la presencia de rocas volcánicas básicas junto a los límites de las zonas isópicas se puede subdividir, a su vez, en varios dominios por criterios estratigráficos que responden, a groso modo, con otros tectónicos.

Los términos más significativos que cabría distinguir, de forma sintetizada y con carácter hidrogeológico, son los siguientes:

Triás

Muy desarrollado en toda la zona y representado por la facies «germano-andalíza» de margas abigarradas, con niveles intercalados de evaporitas y carbonatos, carniolas y ofitas. Normalmente constituye el sustrato impermeable de gran número de unidades hidrogeológicas y el nivel de despegue de los primeros mantos de cabalgamiento subbéticos.

Lías inferior-Infralías

Con predominio calizo-dolomítico (calizas blancas y dolomitizadas, dolomías y algunas margocalizas), presenta espesores importantes (de varios centenares de metros en algunos casos) y constituye las formaciones acuíferas de mayor interés dentro del ámbito Subbético.

Lias medio-superior

Normalmente se presenta como facies carbonatada formando un acuífero conjunto con el constituido por el Lias inferior. En ocasiones, adquiere escaso desarrollo o incluso llega a faltar, o a presentarse desconectado, por la presencia de facies margosas e impermeables sobre él.

Dogger-malm

Presenta facies y potencias variables, según las zonas. Si se trata de facies carbonatadas suelen tener relación hidrogeológica con el conjunto liásico aunque, por lo general, presenta facies predominante de margocalizas y calizas nodulosas con silex, de escasa potencia o, incluso, margas y arcillas con radiolaritas. En estos últimos casos adquiere un carácter de semipermeable y su interés hidrogeológico disminuye.

Cretácico

Suele presentar facies de tipo margoso o margocalizo, cuyo conjunto puede considerarse como impermeable o de baja permeabilidad.

Terciario preorogénico

Representado por facies muy variadas, aunque predominantemente «flyschoides» (margas con niveles de calizas organógenas, margas silíceas rojas, areniscas, etc.), todas ellas de baja permeabilidad. Estos materiales corresponderían a edades comprendidas entre el Numulítico y el Tortoniense Medio.

Aparte de estos materiales sedimentarios existen algunas rocas intrusivas, que en general corresponden a rocas volcánicas o subvolcánicas básicas, como las que afloran junto a Sierra Elvira, en la Sierra de Camarolos.

Materiales postorogénicos

Se trata de materiales neógeno-cuaternarios.

Entre los neógenos se pueden distinguir dos tipos de afloramientos: los correspondientes a sectores con importante subsidencia durante este período, las depresiones postectónicas (Depresiones de Granada, Guadix-Baza, etc.), y los constituidos por afloramientos aislados dentro de las zonas Bética y Subbética (Montefrío, Zagra, Iznajar, Orgiva, etc.).

Los del primer grupo están básicamente formados por materiales del Mioceno marino-margas y limos con niveles de calizas y arenas, areniscas, conglomerados maciños —y del Mio-Plioceno lacustre-calizas lacustres, limos, yesos y conglomerados muy heterométricos—; los del segundo son litológicamente muy similares a los anteriores y aparecen siempre discordantes sobre materiales de cualquier edad.

Por su parte, el Cuaternario presenta una especial importancia dentro de esta Hoja, al constituir la base primordial de importantes acuíferos: Vega de Granada, Vega de Guadix, Zafarraya y acuíferos costeros.

En la Depresión de Granada los depósitos del Cuaternario Antiguo afloran en los alrededores de la misma ciudad de la Alhambra-Formación Alhambra, mientras que en la Depresión de Guadix, estos materiales constituyen el nivel de colmatación de la misma. En estas depresiones los bordes están constituidos por depósitos de pie de mon-

te, mientras que en los bordes de Sierra Nevada adquieren gran desarrollo depósitos de conos de deyección.

Finalmente, los travertinos y tobas aparecen ligados a: depósitos aluviales —Embalse de Cubillas—, fuentes de surgencia karstica —Fuente Chica, Fuente Grande, Alfacar, etc.— o de forma aislada, como en el Polje de Zafarraya.

3. UNIDADES HIDROGEOLOGICAS Y SISTEMAS ACUIFEROS REPRESENTADOS

Hasta la fecha se han definido un total de 42 unidades hidrogeológicas en la Hoja de Granada-Málaga, pertenecientes a ocho de los grandes sistemas acuíferos que figuran en el Mapa Hidrogeológico Nacional, que pueden agruparse en dos tipos según que la permeabilidad sea por porosidad intergranular o por fisuración. A excepción de las unidades incluidas en las Vegas de Granada y Guadix y la mayor parte de los acuíferos costeros, las demás corresponden a acuíferos carbonatados, cuya permeabilidad es por fisuración, con amplio predominio en la Hoja.

Las principales características de las unidades hidrogeológicas vienen reflejadas en el cuadro que se adjunta.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.n.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
1	Sierra Gorda	260	Calizas y dolomías	>500	Lias	500	100-110	3	Este acuífero alimenta en condiciones normales el Cárbonado de Sierra Gorda.
2	Cuaternario del Pojío de Zafarraya	40	Arenas y gravas	100	Cuaternario	885-900			
3	Hecho de Loja	9	Dolomías y calizas	600	Lias inferior y medio	500-645	2-3	0.5	Las salidas naturales de la unidad superan los 10 Hm ³ /año debiendo existir una conexión con otras unidades, aun no demostrada.
4	Unidad del Torcal	35	Calizas y dolomías	>500	Jurásico	585	15.5	6-7	Abastecimiento a Antequera Gran parte fuera de la Hoja.
5	Las Cabras-Camarillos-S. Jorge	63	Calizas y dolomías	1.000	Jurásico	730-840	20	<1	Posible compartimentación del acuífero en varias subunidades.
6	Unidad de Alfanate	19	Calizas y dolomías	600	Jurásico	600-710	8-10	—	Acuífero compartimentado en varias subunidades.
7	Unidad de Cibalto	10,5	Calizas y dolomías	>200	Jurásico	760-800	4-5	—	Acuífero compartimentado en varias subunidades.
8	Sierra Tejada	90	Mármoles dolomíticos	1.500	Triás	420-1.020	26.5	—	Crias de descarga muy dispares en sus bordes septentrional y meridional.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA (Continuación)

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.n.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
9	Las Fuentes	7,5	Mármoles dolomíticos	>200	Triás	1.000	2.5	—	
10	El Charcón	2,5	Mármoles dolomíticos	>100	Triás	—	0,5	—	Probable drenaje a la Depresión de Granada y conexión con otras unidades.
11	Los Rodaderos	8	Mármoles dolomíticos	>400	Triás	1.000	2	—	Su drenaje vierte al Pojío de Zafarraya.
12	Canillas de Albaída	4	Mármoles dolomíticos	—	Triás	—	1	—	Unidad muy compartimentada y probable conexión con la de las Alberquillas.
13	Las Alberquillas	60	Mármoles dolomíticos	>200	Triás	10-120	14	2-3	Recibe alimentación de las U. Almjara-Las Guájaras y descarga parte al mar.
14	U. Almjara-Las Guájaras	370	Mármoles dolomíticos	>400	Triás	420-800	90	—	Funcionamiento complejo y compartimentación en varias subunidades.
15	Sierra de Albuñuelas	175	Mármoles dolomíticos	>300	Triás	740-750	40	—	Existe descarga subterránea a la depresión de Granada y Valle de Lecrín.
16	Sierra de Padul	87	Dolomías y mármoles	Hasta 1.000	Triás	740-770	21	—	Alimenta a las depresiones de Padul y Granada.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA (Continuación)

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.r.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
17	Depresión de Padul	50	Calcarenitas y detríticos	200	Mioceno-Cuaternario	720-740	25,6	—	Recibe el drenaje de las unidades alpujarrices circundantes.
18	Escalate	18	Calizas y dolomías	Hasta 400	Triás	100	6,5	—	Comunicación con el aluvial del Guadaífeo y probable con otras unidades carbonatadas hacia el W.
19	Sierra de Lujar	125	Calizas y dolomías	1.300	Triás	150-320	66	—	Probable compartimentación en varias subunidades.
20	Albuñol	18	Calizas y dolomías	1.000	Triás	300	23,5	—	Al parecer recibe alimentación subterránea de la U. de Lujar. Sus salidas se cifran en 23 hm ³ /año.
21	Otras unidades del Sistema Alpujarr-Lujar	75	Calizas y dolomías	Variable	Triás	Variable	15	—	Son diversas unidades de pequeñas dimensiones no definidas en detalle.
22	Campo Agro	19	Maciños	>50	Mioceno	590-650	2,6	2	
23	U. de Cuevas de S. Marcos	6	Calizas Maciños	150-200 >50	Lías inf. - Medio Mioceno	430-480	0,65	0,30	Otros 4 km ² de Maciños inocenos descargan al embalse de Lujar.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA (Continuación)

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.r.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
24	Sierres de Chanzas-Ojete-Lujar	13	Dolomías y cal. Maciños	300-350 70	Lías inf. Medio Mioceno	440-650	2,6	0,6	Diversas unidades desconocidas entre sí. Superficie piezométrica cotas variables.
25	Sierres de Parapanda Maciño-Obeljar	26,5	Calizas y dolomías	>650	Jurásico	750-1100	7,2	0,45	Compartimentación en bloques que causa saltos del nivel piezométrico.
26	Sierra Elvira	9	Dolomías y calizas	>200	Lías	570-660	2	1	Descarga oculta al acuífero de la Vega de Granada. Probable conexión profunda con otros acuíferos carbonatados.
17	Sierra Arana-Despeñadero - Cafamaya	147	Dolomías y calizas	350	Jurásico	700-1000	47,5	1	Gran parte fuera de la Hoja 1.200.000 Granada-Málaga. Existen otras sugerencias a cotas variables de 1.000 a 1.500 m.s.n.m.
28	Calizas Béticas del borde de Sierra Nevada	300	Dolomías, calizas y mármoles	1.000-1.250	Triás medio superior	1.000-1.150	90-100	1	Existe descarga subterránea hacia el acuífero de la Vega de Granada.
29	Vega de Granada	200	Arenas y gravas	Hasta 300	Cuaternario	540-670	232	32	Recibe alimentación de escorrentía superficial y de los acuíferos carbonatados de sus bordes.

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA (Continuación)

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.n.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
30	Vega de Guadix	250	Arenas y gravas	Hasta 300	Pliocuaternario	860-1.070	47-49	20	Gran parte fuera de la Hoja 1.200.000 Granada-Málaga.
31	Mio-plioceno de la Depresión de Granada	250	Conglomerado y arenas	Hasta 50	Mioceno-Cuaternario	-	-	-	Niveles detríticos dispersos en el seno de materiales semiimpermeables
32	Derritico de Málaga	680	Gravas y arenas Niv. de gravas	Hasta 80 10-20	Cuaternario Plioceno	0-40	64	<50	Gran parte fuera de la Hoja 1.200.000 Granada-Málaga. Existe una estrecha relación con el río Guadalhorce
33	Sierra de Arcas	6,6	Calizas y dolomías	200-350	Lías	530-550	2,5	1,5	Ligeramente sobreexplotado.
34	Sierra del Pedroso	4	Calizas y dolomías	200-350	Lías	-	1	-	Probable conexión hidráulica con la Sierra de Arcas. Sin drenaje visible
35	Sierra de Archidona	5,8	Calizas y dolomías	200-350	Lías	700	1,2	1,5	Ligeramente sobreexplotado.
36	Cuaternario de Archidona	34	Arenas y gravas	20	Cuaternario	-	5	1	En conexión hidráulica con el río Guadalhorce, que lo dreña.
37	Cuaternario del Guadalfeo o Moriri-Salobreña	42	Gravas y arenas	60-200	Cuaternario	0-40	55-69	28	Importantes salidas al mar

PRINCIPALES CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLOGICAS DE LA HOJA DE GRANADA-MALAGA (Continuación)

Núm.	Sistema acuífero o unidad	Superf. (km ²)	Litología	Potencia (m)	Edad	Superficie piezométrica (m.s.n.m.)	Alimentación (hm ³ /año)	Explotación por bombeo (hm ³ /año)	Observaciones
38	Almúñecar	5	Gravas y arenas	20-80	Cuaternario	0-50	11-17	7-10	Puede existir intrusión marina en años secos.
39	Aluvial del Vélez	20	Gravas y arenas	20-50	Cuaternario	0-40	18	15	
40	La Herradura	1	Gravas y arenas	20	Cuaternario	0-10	1	1-1,5	Intrusión en años secos
41	Carchuna	5	Gravas y arenas	<20	Cuaternario	0-10	0,5-1	-	Deficiente calidad del agua
42	Castell de Ferro	4	Gravas y arenas	10-70	Cuaternario	0-20	6	3-3,5	Intrusión marina en años secos

No obstante, a continuación se incluye un breve resumen de los rasgos más característicos de los sistemas a los que pertenecen. El único sistema acuífero situado íntegramente en el dominio de la Hoja es el de Calizas y Dolomías Triásicas de la Sierra de Almijara-Sierra de Lújar. Parcialmente representados, en mayor o menor grado, se encuentran los siguientes:

- Mesozóico calizo-dolomítico de Sierra del Torcal-Sierra Gorda.
- Mesozóico calizo-dolomítico del Prebético y Subbético del Alto Guadalquivir.
- Calizas Béticas de Sierra Nevada y Sierra de Baza.
- Vegas de Granada, Guadix y Baza.

Se encuentran, por último, pequeños retazos del Detrítico de Málaga y de la Cuenca Detrítica de Antequera en el borde occidental de la Hoja, y varios acuíferos costeros entre los que destacan el de Motril-Salobreña y el Aluvial del Velez.

Mesozóico calizo-dolomítico de Sierras del Torcal-Sierra Gorda

Comprende dos subsistemas o partes bien diferenciadas, la occidental y la oriental, constituidas por la cadena de los Torcales y Sierra Gorda, respectivamente, individualizadas hidrogeológicamente.

La cadena de los Torcales comprende las Sierras del Valle de Abdalagis (fuera ya de la Hoja), Torcal de Antequera, Cabras, Camarolos, San Jorge, Gibalto y Gallo Vilo. Estos macizos presentan el típico relieve de las calizas, con práctica ausencia de cursos superficiales y numerosas manifestaciones de modelado Kárstico, con su mayor desarrollo en la Sierra del Torcal, que es sin duda, uno de los parajes Kársticos más importantes y espectaculares de España.

El acuífero está constituido esencialmente por calizas y calizas dolomíticas liásicas que descansan generalmente sobre un substrato impermeable de Trías y de flysch Eo-Oligoceno. Los distintos elementos estructurales que lo constituyen totalizan unos 160 km² de extensión de materiales carbonatados permeables (de los que unos 30 km² quedarían fuera de la Hoja) y comprenden varias unidades hidrogeológicas independientes.

Los recursos subterráneos totales de la cadena de Los Torcales se han calculado comprendidos entre 50 y 55 hm³/año, que en su ma-

yor parte son drenados por manantiales. Sus reservas útiles se estiman en unos 210 hm³.

El sector oriental del sistema incluye el macizo carbonatado de Sierra Gorda, el Hacho de Loja y un área deprimida situada al sur de éstos, el polje de Zafarraya. Se localiza sobre el extremo SW de la provincia de Granada y al NE de la de Málaga, con una superficie algo superior a 300 km² que presenta una topografía accidentada (cotas entre 500 y 1.600 m.s.n.m.) y una morfología caracterizada asimismo por la presencia de numerosas y espectaculares manifestaciones Kársticas.

El acuífero de mayor interés lo constituyen las calizas y dolomías liásicas, que alcanzan potencias superiores a 800 m y se supone que se apoyan sobre el Trías. En la parte meridional, en el polje de Zafarraya, sobre un substrato de calizas liásicas se halla una formación margoarenosa terciaria y un aluvial cuaternario, que albergan un acuífero superficial en conexión hidráulica con el acuífero Kárstico. Esta zona constituye una cuenca endorréica que recibe las aportaciones pluviométricas de una cuenca vertiente de casi 150 km².

En el acuífero Kárstico la distribución de permeabilidades no es homogénea, existiendo vías preferenciales de circulación y un cambio de los parámetros hidráulicos en profundidad. Así, de forma aproximada puede indicarse que en la zona superficial del acuífero Kárstico la transmisividad es variable entre 1.500 m²/día (valores medios) y 14.000 m²/día (grandes fisuras) y el coeficiente de almacenamiento del orden del 1 % o superior, mientras que en zonas profundas la transmisividad podría alcanzar los 100 m²/día y el coeficiente de almacenamiento sería del orden de 10⁻⁴.

La alimentación del acuífero se estima en unos 100-110 hm³/año, procedente en su mayor parte de la lluvia y en menor proporción de la infiltración del Arroyo de la Madre en el Polje.

La descarga se produce preferentemente a través de los manantiales del borde N (sector de Loja) y sólo un 10 % de los recursos drenan hacia el sur (manantiales de Guaro).

La explotación por bombeo es escasa y se concentra en su mayor parte en el polje, donde unos 400 pozos y sondeos extraen en conjunto algo más de 3 hm³/año.

Calizas y dolomías triásicas de la Sierra de Almijara-Sierra de Lújar

El sistema ocupa fundamentalmente el borde sur de la provincia de Granada y el extremo suroriental de la de Málaga y se extiende sobre una superficie próxima a 1.050 km², incluido íntegramente en la presente Hoja Hidrogeológica. Se trata de un área montañosa, continuación suroccidental de Sierra Nevada hasta la costa mediterránea, que separa la Depresión de Granada de dicha zona costera y define la divisoria atlántico-mediterránea (cuencas del Guadalquivir y del Sur).

El acuífero se asienta sobre las formaciones carbonatadas triásicas del Complejo Alpujárride (mármoles, calizas y dolomías), cuya estructura en mantos de corrimiento ocasiona una compartimentación en numerosas unidades hidrogeológicas de complejas interrelaciones y geometría. En el mapa se diferencian 14 unidades incluidas en el sistema (unidades 8 a 21, ambas inclusive), que a su vez podrían subdividirse en otras de menor rango.

La recarga del acuífero se efectúa esencialmente a partir de la infiltración directa del agua de lluvia, y ha sido estimada en un mínimo de 300 hm³/año.

En el borde noroccidental la descarga se produce por varios manantiales (La Fajara y otros) hacia la cuenca del Río Velez o Guaro, a cotas próximas a 740 m.s.m.n.

En el borde nororiental el nivel de base se sitúa a unos 840 m.s.n.m. correspondiente a los grandes manantiales de la Depresión del Padul y Cuenca Sur. La zonas central y suroriental descargan principalmente hacia los manantiales de Maro y otros situados a mayor altitud, entre los Arroyos de Chíllar y el Higuero, así como muy probablemente directamente al mar, en el sector comprendido entre Nerja y La Herradura.

La explotación por bombeo es escasa y se concentra en el sector próximo al litoral, estimada en un mínimo de 2-3 hm³/año.

Mesozóico calizo-dolomítico del Prebético y Subbético del Alto Guadalquivir

Se trata de un vasto sistema acuífero, con unos 1.260 km² de extensión de materiales permeables, en el que se han podido diferen-

ciar hasta la fecha 38 unidades hidrogeológicas aunque sólo 6 de ellas están representadas en la Hoja de Granada-Málaga, en su borde septentrional (unidades 22 a 27 del cuadro y esquema adjuntos), situadas al Norte de la Depresión de Granada.

Abarca un conjunto muy heterogéneo de afloramientos aislados del Mesozóico y, en menor grado, del Terciario, que desde el punto de vista geológico pertenecen a los dominios Prebético y Subbético.

Los acuíferos de mayor interés los constituyen según los casos calizas y dolomías del Lías Inferior y Medio, calizas y margocalizas del Lías Medio y Superior y del Dogger-Malm y, por último, calcarenitas del Mioceno. Los materiales mesozóicos presentan transmisividades muy variables comprendidas entre 500 y más de 20.000 m²/día, con una porosidad eficaz del 2 al 4 %. Las calcarenitas miocenas suelen presentar transmisividades inferiores (de 100 a 2.000 m²/día) y su porosidad eficaz es más variable, comprendida entre el 3 y 10 %.

Los recursos globales del sistema (que en más de un 80 % queda fuera de la presente Hoja) son muy próximos a los 265 hm³/año, de los que unos 238 provienen de infiltración directa del agua de lluvia y el resto de aportes laterales subterráneos y percolación de escorrentía superficial.

Su descarga a través de surgencias y ríos (a cotas muy diversas por su fragmentación en unidades), totaliza unos 208 hm³/año, frente a una explotación por bombeo inferior a 25 hm³/año, existiendo un drenaje subterráneo lateral hacia otros sistemas evaluado en unos 33 hm³/año. De las emergencias naturales se estima que se utilizan actualmente unos 115 hm³/año, en un 80 % para agricultura y el resto para abastecimiento urbano e industrial.

Las reservas mínimas del sistema, para un espesor saturado de 100 m, deben superar probablemente los 500 hm³.

Calizas béticas de Sierra Nevada y Sierra de Baza

Este sistema acuífero se extiende sobre una superficie de unos 630 km², de los que alrededor de 300 km² se sitúan dentro de los límites de la Hoja Granada-Málaga, en el borde noroccidental de Sierra Nevada, correspondiendo el resto a la Sierra de Baza.

El acuífero lo constituyen las dolomías, calizas y mármoles del Triás Medio y Superior, pertenecientes al Complejo Alpujárride, que pueden llegar a alcanzar potencias de 1.000-1.250 m.

Comprende un conjunto heterogéneo de unidades hidrogeológicas, de funcionamiento poco conocido en detalle hasta la fecha, condicionado por la abundancia de accidentes tectónicos y la existencia de niveles impermeables.

En los sondeos que captan el acuífero (algo menos de una decena, situados próximos a sus bordes) se han obtenido valores de transmisividad comprendidos entre 50 y 400 m²/día.

La alimentación del acuífero tiene lugar por infiltración directa del agua de lluvia y en parte, por infiltración de la escorrentía procedente de Sierra Nevada, que se estiman conjuntamente en unos 90-100 hm³/año para el sector comprendido en la Hoja.

Su descarga se produce por numerosos manantiales ubicados en sus bordes septentrional y meridional, próximos al contacto con materiales neógenos, y por drenaje de los ríos (Monachil, Fardes y Darro esencialmente) a cotas en general comprendidas entre 1.000 y 1.500 m.s.n.m. Así mismo tiene lugar una descarga subterránea hacia el acuífero detrítico de la Vega de Granada.

La explotación por bombeo es actualmente poco significativa (del orden o inferior a 1 hm³/año), destinada al abastecimiento de algunos núcleos urbanos.

Vegas de Granada, Guadix y Baza

El sistema incluye los acuíferos detríticos de las Vegas de Granada, Guadix y Baza, de las que sólo la de Granada y una pequeña porción de la de Guadix se encuentran dentro de los límites de la Hoja.

El acuífero de la Vega de Granada constituye una gran cubeta de unos 200 km² de extensión rellena por materiales detríticos cuaternarios, de origen fluvial y escasamente consolidados que se extienden a ambos márgenes del río Genil y reposan sobre margas impermeables del Mioceno Medio-Superior.

El espesor de estos materiales (gravas, arenas y limos) sobrepasa los 100 m y llega en algunas zonas a los 300 m.

La permeabilidad del horizonte acuífero es en general moderada-alta, con valores de transmisividad que suelen superar los 850 m²/día y una porosidad eficaz comprendida entre el 5 y el 20 %.

La superficie piezométrica se sitúa a cotas comprendidas entre 540 y 670 m.s.n.m. con una dirección preferencial del flujo subterráneo de SE a NW y con un gradiente hidráulico medio del 0,5 % que en los bordes se aproxima al 1,5 %. La profundidad del agua oscila desde cero a unos pocos metros en las zonas media y baja de la Vega hasta 100-120 m. en las inmediaciones de La Zubia. Se observan notables variaciones estacionales e interanuales del nivel piezométrico, con fluctuaciones del orden de 3-6 m en el sector central del acuífero y de unos 2 m en los bordes.

La recarga del acuífero proviene de la percolación de aguas superficiales en los cauces de los ríos, del retorno de aguas de regadío y, en menor medida, de infiltración directa del agua de lluvia y flujos laterales de los acuíferos limítrofes. Globalmente ha sido evaluada en unos 232 hm³/año.

Su descarga principal se produce por drenaje al curso bajo del Genil y al río Cubillas, por numerosos manantiales situados sobre todo en la zona baja de la Vega, y, por último, a través de una importante explotación por bombeo, próxima a 32 hm³/año, que realizan más de 500 pozos y sondeos para abastecimiento agrícola, urbano e industrial.

Alrededor del acuífero de la Vega de Granada, especialmente en su sector noroccidental, aparece una formación detrítica de más de 250 km² de extensión, de materiales de relleno de la Depresión de Granada. Esta formación alberga niveles de arenas y conglomerados miocenos y conglomerados y tobas del Plioceno-Cuaternario, más o menos permeables, en el seno de un conjunto semipermeable.

Los niveles acuíferos pueden alcanzar los 50 m de espesor y en general están desconectados entre sí, aunque pueden tener interés local.

El acuífero de la Vega de Guadix se extiende sobre unos 250 km² de los que tan sólo 40-50 km² entran dentro del ámbito de esta Hoja. El acuífero lo constituyen arenas y conglomerados del Plioceno y depósitos aluviales recientes, relacionados en algunos sectores con mármoles del Complejo Nevado-Filábride y calizas y dolomías del Triás Alpujárride.

Estos materiales detríticos, pertenecientes a la Formación Guadix, llegan a alcanzar los 300 m de espesor, aunque en el ámbito de esta Hoja no superan los 40-50 m.

Los valores de transmisividad en el sector central son del orden de 850 m²/día y disminuyen hacia los bordes.

La alimentación del acuífero, que tiene lugar en su mayor parte por infiltración de la escorrentía superficial procedente de Sierra Nevada y en menor grado por infiltración directa de la lluvia, se estima en 47-49 hm³/año para todo el acuífero, existiendo una explotación por bombeo de unos 20 hm³/año (en buena parte para el drenaje de las Minas de Alquife) y correspondiendo el resto a la descarga a través de manantiales, numerosas galerías para riego y al drenaje del río Verde.

Detrítico de Málaga (Bajo Guadalhorce)

El detrítico de Málaga, con una extensión de unos 680 km², ocupa la cuenca baja del río Guadalhorce, de la que sólo un pequeño sector queda en el ámbito de la presente Hoja, en su extremo suroccidental.

El sistema incluye tres acuíferos de interés:

- Cuaternario: coincidente con el aluvial del río Guadalhorce, está constituido por gravas, arenas y limos, con potencia de 10-15 m en la zona alta y de 30 a 80 m cerca de la desembocadura.
- Plioceno: ocupa una zona intermedia de lomas suaves alrededor del aluvial, y aparece en profundidad bajo el Cuaternario, constituido por niveles de gravas en el seno de un conjunto esencialmente margoso.
- Mioceno: de potencia variable y constituido por molasas, calcarenitas, arenas y conglomerados, de menor interés que los anteriores y escasamente representado en el ámbito de esta Hoja.

Estas formaciones se apoyan sobre materiales paleozóicos impermeables y se hallan en relación hidráulica con los acuíferos carbonatados de Sierra Mijas y Sierra de Cártama.

La recarga del sistema se realiza por alimentación de los ríos (existe una estrecha conexión del aluvial con el río Guadalhorce), infiltración directa de la lluvia, retorno de regadíos y por entradas laterales de los acuíferos carbonatados colindantes. Sus recursos, de difícil evaluación, se han estimado en unos 64 hm³/año, de los que algo menos de la mitad provendrían de la infiltración directa.

Las extracciones por bombeo ascendían en 1974 a unos 50 hm³/año, que han debido disminuir sensiblemente al entrar en servicio el embalse de Guadalhorce-Guadalteba. El resto de los recursos descargarían directamente al mar, de forma no visible, suponiendo en dicha fecha un mínimo de 14 hm³/año, que posteriormente se habría incrementado, lógicamente, por las mismas razones expuestas.

Cuenca detrítica de Antequera (Alto Guadalhorce)

Bajo esta denominación se incluye una amplia zona, muy heterogénea desde el punto de vista hidrogeológico, que ocupa la cuenca alta del río Guadalhorce.

El Trías es el substrato impermeable general de los tres acuíferos que comprende en esencia el sistema: Cuaternario, Mioceno y Jurásico.

El Cuaternario, de origen aluvial, está constituido por gravas, arenas y limos, de potencia variable que llega a un máximo de 120 m. Es el de mayor interés, por su estrecha relación con los cursos superficiales, y ocupa los llanos de Antequera, en su mayor parte fuera ya de esta Hoja. Dentro de ella se circunscribe sólo el área de Archidona, con un espesor máximo de 20 m, cuyos recursos son de unos 5 hm³/año y que soporta una explotación por bombeo de 1 hm³/año.

El acuífero Mioceno, constituido por calcarenitas, arenas y conglomerados con potencias variables y siempre inferiores a 200 metros, alcanza su mayor desarrollo, así mismo, fuera del ámbito de esta Hoja, en el sector de Fuente Piedra y Mollina.

El Jurásico alberga acuíferos aislados de escasa extensión poco enraizados y desconectados entre sí (como las sierras de Arcos, Pedroso y Archidona), constituidos por calizas y dolomías liásicas, de potencia variable entre 150 y 300 m (unidades 33 a 35 del mapa y cuadro adjuntos).

Sistemas acuíferos costeros

Se incluyen en este grupo una serie de acuíferos detríticos ligados a los aluviales de diversos ríos situados en el litoral y en contacto con el mar (unidades 37 y 42 y otras de menor entidad no del todo definidas), entre los que destacan por su extensión y por la cuantía de sus recursos el de Motril-Salobreña, el Aluvial del Velez y el de Almúñecar.

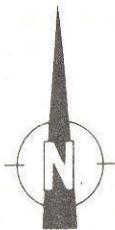
El acuífero de Motril-Salobreña o del Cuaternario del Guadalfeo, que por sus recursos y disposición geométrica es francamente excepcional en el contexto de la Cuenca Sur, se sitúa al Sur de la provincia de Granada, coincidiendo con la Vega de Motril-Salobreña, sobre una extensión de 42 km².

El horizonte acuífero (gravas, arenas y limos), corresponde a formaciones aluviales del río Guadalfeo, con espesores de 60 a 80 m en el eje del río que llegan a superar los 200 m en la desembocadura. Estos materiales están rodeados de filitas y esquistos alpujárrides impermeables, excepto en el sector septentrional donde descansan sobre el acuífero carbonatado de la Sierra de Escalate.

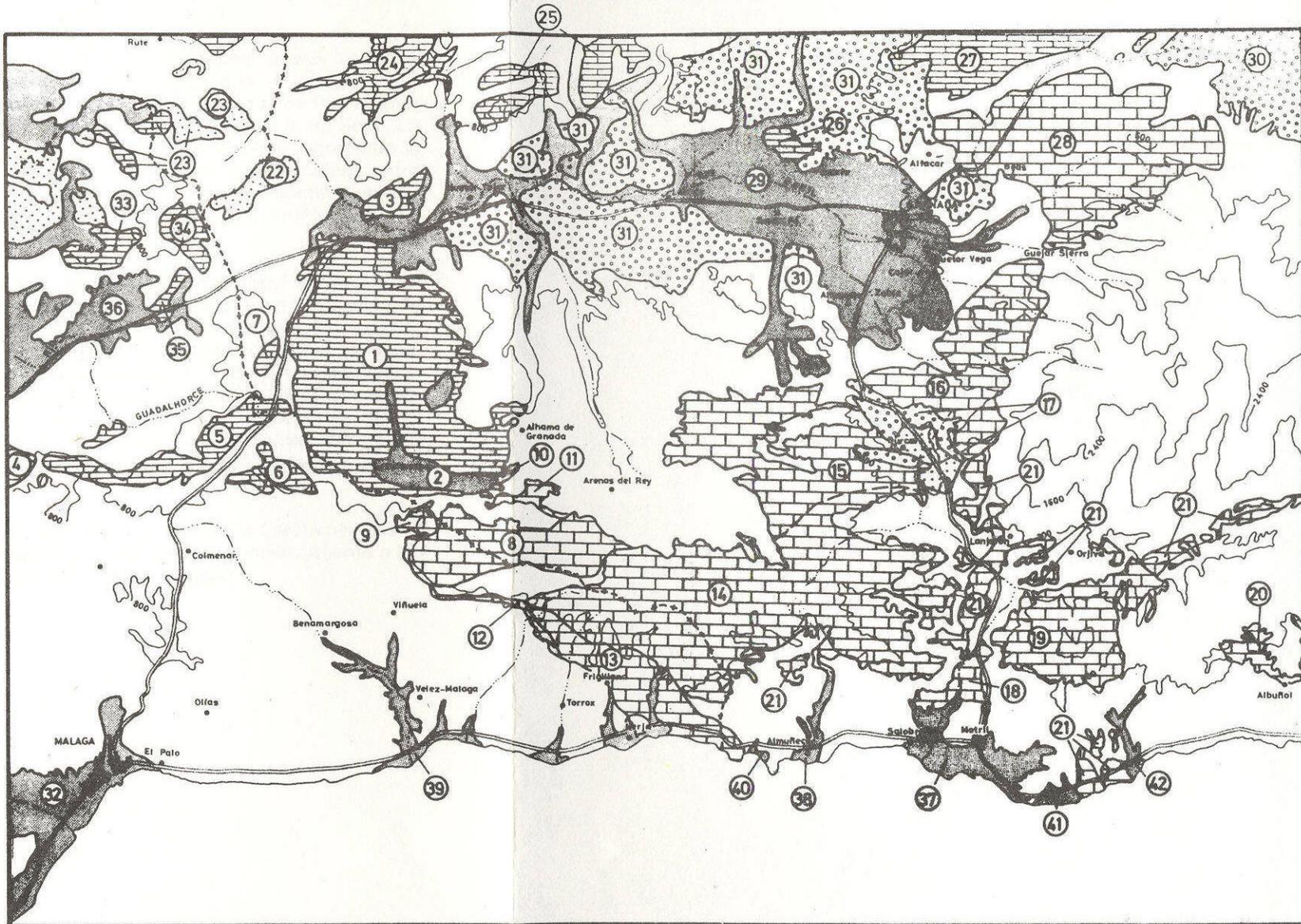
El sistema se comporta como un acuífero libre recargado por infiltración directa de lluvia, infiltración del río Guadalfeo y aportes laterales del acuífero de Escalate. Sus recursos, se cuantifican en unos 55-69 hm³/año, de los que la mitad proceden de la infiltración del Guadalfeo, se utilizan para el riego de cultivos subtropicales típicos de la zona (extracción por bombeo de 28 hm³/año), existiendo una descarga submarina de unos 23-29 hm³/año. Sus reservas útiles, supuesta una porosidad eficaz del 3 %, se estiman en 100 hm³.

El Aluvial del Velez se sitúa al Este de Málaga con una extensión de 20 km². El acuífero, constituido por gravas, arenas y limos, presenta una potencia media de 20 m, que llega a superar los 50 m en el sector litoral y reposa sobre materiales alpujárrides impermeables o sobre tramos detríticos semipermeables del Plioceno de Velez Málaga, en conexión con él. Sus recursos, por infiltración a partir de cursos superficiales y directa de la lluvia, ascienden a 18 hm³/año, de los que 15 hm³/año se explotan por bombeo para abastecimientos urbanos (6 hm³/año) y agricultura. El resto de la descarga tiene lugar de forma no visible hacia el mar. Las reservas del acuífero estarían comprendidas entre 22,5 y 45 hm³/año, como orden de magnitud, en función del valor de porosidad eficaz que se considere (5 al 10 %).

ESQUEMA DE UNIDADES HIDROGEOLOGICAS



0 1 2 3 4 5 10 15 20
Escala 1:400.000



-  CUATERNARIO RECIENTE
-  PLIOCUATERNARIO
-  MIOCENO

UNIDADES PERMEABLES POR POROSIDAD

 JURASICO

 PERMO-TRIAS Y PALEOZOICO

UNIDADES PERMEABLES POR FISURACION

El acuífero de Almúñecar se aloja en los depósitos aluviales (gravas, arenas y limos) de los ríos Verde y Seco, que se apoyan sobre un substrato Paleozóico impermeable, con espesores de hasta 80 m en el sector costero del río Verde y de unos 20 m, en el río Seco. La escorrentía de ambos cauces se infiltra en el acuífero, aportando la mayor parte de sus recursos. Estos se estiman comprendidos entre 11 y 17 hm³/año, cuya descarga se produce por flujo subterráneo hacia el mar (unos 4-6 hm³/año), y por bombeos (7 a 10 hm³/año en función de la climatología del año).

Las reservas del acuífero oscilan ente 20-25 hm³ en época de aguas altas y 10-15 hm³ en estiaje, con una importante fluctuación de niveles piezométricos entre ambas épocas. En el estiaje de los últimos años secos el nivel piezométrico de la zona costera se ha llegado a situar bajo el nivel del mar, con un grave riesgo de salinización del acuífero por intrusión marina, que de hecho se ha producido localmente en determinadas zonas. No obstante, el cese de las extracciones posterior a la llegada de las fuertes lluvias otoñales parece producir una rápida respuesta del acuífero y el restablecimiento casi total del equilibrio.

Los restantes acuíferos costeros (La Herradura Carchuna, Castell de Ferro, etc.) son de similares características y funcionamiento a los descritos, aunque de menor extensión y entidad.

4. CALIDAD QUIMICA DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

Mesozóico calizo-dolomítico de Sierras del Torcal-Sierra Gorda

Las aguas subterráneas de estos acuíferos son, en general, de excelente calidad, con un residuo seco entre 150 y 600 mg/l y facies bicarbonatadas cálcicas o magnésico-cálcicas. Localmente se han detectado casos de contaminación bacteriológica (acuífero superficial del Polje de Zafarraya) o salinidades y facies anómalas (sulfatadas o cloruradas con R.S. de 1 a 2 g/l), estas últimas por influencia de materiales evaporíticos del Trías especialmente en las sierras del Torcal.

Calizas y dolomías triásicas de la Sierra de Almirajara-Sierra de Lújar

Las aguas de las unidades incluidas en este sistema son predominantemente de facies bicarbonatadas cálcicas, cálcico-magnésicas o magnésicas, con salinidad total inferior a 500 mg/l. De forma preponderante en la unidad de Albuñol y puntualmente en otras unidades, aparecen facies sulfatadas cálcico-magnésicas, con salinidades incluso superiores a 2.500 mg/l y en ocasiones termales (hasta 27° C), relacionadas con esquemas de circulación profunda, disolución de yesos y procesos de termalismo.

Mesozoico calizo-dolomítico del Prebético y Subbético del Alto Guadalquivir

Las aguas de estas unidades carbonatadas son, esencialmente, de facies bicarbonatada cálcica y/o magnésica, con mineralizaciones bajas y residuo seco comprendido entre 300 y 1.000 mg/l. Sólomente en los casos que existe una circulación a través de materiales margo-yesíferos triásicos las aguas presentan facies sulfatada cálcica y/o magnésica y salinidad superior a 1.000 mg/l (superiores a 1.500 en Sierra Elvira y Campo Agro).

Calizas béticas de Sierra Nevada y Sierra de Baza

Las aguas de este acuífero están relativamente poco estudiadas, aunque en general presentan una naturaleza predominante bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica, mineralización ligera y un residuo seco inferior a 400 mg/l, que en ocasiones llega a 800 mg/l.

Vega de Granada, Guadix y Baza

En la Vega de Granada el sector central presenta facies bicarbonatadas cálcico-magnésicas y los sectores de borde aguas sulfatadas cálcico-magnésicas y mayor salinidad, aunque en general se trata de aguas duras con mineralización notable. Local o zonalmente se detectan, además, contaminaciones de compuestos nitrogenados, hierro o plomo y, en determinadas áreas, una elevada salinidad total.

En la Vega de Guadix el agua es del tipo bicarbonatada cálcica y/o magnésica, con residuo seco casi siempre por debajo de 500 mg/l y en amplias zonas inferior a 300 mg/l.

Detrítico de Málaga (Bajo Guadalhorce)

El agua de este sistema es en general de calidad mediocre o mala, con facies predominantes cloruradas magnésico-cálcicas y localmente (zona de Churriana) bicarbonatadas magnésico-cálcicas o cloruradas sódicas (sector litoral). El residuo seco alcanza valores desde 250 mg/l a cerca de 4.000 mg/l, con valores inferiores en general cerca del río Guadalhorce y sus principales afluentes. En la desembocadura de éste y en el sector litoral se observan contaminaciones pro-

ducidas por las mareas y por intrusión marina y, en general, una fuerte concentración de nitratos en gran parte del acuífero.

Cuenca detrítica de Antequera (Alto Guadalhorce)

En estos acuíferos se detecta una gran diversidad de facies químicas; la peor calidad corresponde en general al acuífero cuaternario, que presenta facies sulfatadas o sulfato-cloruradas y un residuo seco inferior a 1.500 mg/l pero que puede llegar a 3.000 mg/l en los Llanos de Antequera, con exceso general de nitratos.

En el acuífero Mioceno la calidad es aceptable, con facies mixtas y salinidad media pero, así mismo, con exceso de nitratos.

Los acuíferos Jurásicos son los de mejor calidad, con residuo seco inferior a 400 mg/l y facies bicarbonatadas cálcicas.

Sistemas acuíferos costeros

Las aguas de estos acuíferos costeros presentan características diferentes dependiendo de su problemática particular (sobreexplotación, intrusión marina, etcétera).

El acuífero de Motril-Salobreña muestra facies bicarbonatadas cálcica, con residuo seco variable desde inferior a 500 mg/l en sus zonas altas a 500-1.000 mg/l en los alrededores de Motril y valores superiores (hasta 2.000 mg/l) en su sector litoral (Cabo Sacratif).

En el acuífero de Velez Málaga, y aguas arriba del propio pueblo las facies son bicarbonatadas o sulfatadas magnésicas, con salinidad comprendida entre 300 y 1.000 mg/l, mientras que en el sector litoral pasan a ser sulfatadas magnésicas y su residuo seco aumenta hasta 1.000-1.500 mg/l.

Es sin embargo, el acuífero de Almúñecar el que presenta una mayor problemática en el deterioro de sus aguas, por la existencia de contaminación por intrusión marina más o menos extendida y al menos temporalmente, en períodos de estiaje. Así, en el estiaje de 1983 este proceso llegó a afectar a puntos situados a más de 1,5 km de la costa y en algunas captaciones se sobrepasaron los 5,5 g/l de cloruros, lo que significa un aumento del 11.000 % respecto a igual período de

1981. No obstante, la respuesta del acuífero tras fuertes precipitaciones parece indicar un rápido retroceso de la interfase agua dulce agua salada.

Fenómenos similares, aunque con inferior alcance y repercusión socio-económica, se han detectado ya en otros acuíferos costeros de menor entidad.

5. BIBLIOGRAFIA

- ABRIL, H. (1982): «Estudio hidrogeológico de un sector del Subbético medio al Este del río Colomera (Granada)». Tesis Licenc. Univ. de Granada.
- ACUÑA, M. J. (1981): «Contaminación por plaguicidas organoclorados de la Vega de Granada». Tesis doctoral, Univ. de Granada.
- BENAVENTE, J. (1982): «Contribución al conocimiento hidrogeológico de los acuíferos costeros de la provincia de Granada». Tesis doctoral, Univ. de Granada.
- CALVACHE, A. (1981): «Estudio hidroquímico del acuífero de Motril-Salobreña (Provincia de Granada)». Tesis de licenc. Univ. de Granada.
- CAÑADA, P. (1984): «Estudio hidrogeológico preliminar y drenaje de las explotaciones a cielo abierto de lignito de Arenas del Rey y de turba de Padul». Tesis Licen. Univ. de Granada.
- CASARES, J. (1978): «Investigaciones hidrogeológicas en los macizos Kársticos de Parapanda y Hacho de Loja, (Granada)». Tesis de Licenciatura. Universidad de Granada.
- CASAS, D. (1975): «Hidrogeología del Valle de Lecrín (provincia de Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- CASTILLO, A. (1982): «Estudio hidroquímico de la Depresión de Padul (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- CASTILLO, A. (1985): «Estudio Hidroquímico del acuífero de la Vega de Granada». Tesis doctoral, Univ. de Granada.

- CASTILLO, E. (1975): «Hidrogeología de la Vega de Motril-Salobreña y sus bordes (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- COMISION INTERMINISTERIAL DE PLANIFICACION HIDROLOGICA (1980): «Plan Hidrológico Nacional. Cuencas del Guadalquivir y Sur». Avance 80.
- CONFEDERACION HIDROGRAFICA DEL GUADALQUIVIR (1982): «Estudio de posibilidades de uso de aguas subterráneas y análisis de la gestión del agua en la Cuenca del Guadalquivir». Inédito.
- DELGADO, S. (1973): «Estudio hidrogeológico del Karst de Sierra Gorda (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- DIAZ, J. L. (1977): «Análisis hidrogeológico del alto-medio Darro (Granada)». Tesis licenc. Univ. de Granada.
- ELIAS CASTILLO, F.; BELTRAN RUIZ, J. (1977): «Agroclimatología de España». INIA. Cuaderno núm. 7.
- FAO-IGME (1970): «Estudio Hidrogeológico de la Cuenca del Guadalquivir».
- «Utlización de las aguas subterráneas para la mejora del regadío en la Vega de Granda».
- IGME (1976): «Evolución de niveles piezométricos en los sistemas acuíferos. Cuenca del Guadalquivir». Serv. Publ. del Ministerio de Industria y Energía.
- IGME (1977): «Síntesis hidrogeológica de Sierra Gorda». PIAS. Informe técnico.
- IGME (1977): Informes técnicos y especiales:
- «Informe hidrogeológico de la Depresión del Padul».
 - «Informe hidrogeológico sobre captaciones acogidas al convenio IRYDA-Cajas de Ahorros. Provincias de Granada y Jaén».
 - «Informe sobre las cuasas condicionantes de la acumulación de dióxido de carbono en el pozo Los Canteros». Santa Fe (Granada).
- IGME (1978): Informes técnicos y especiales:
- «Informe sobre la posibilidad de afectación al manatial de Sierra Elvira». Atarfe (Granada).
- IGME (1978): «Contaminación de las aguas subterráneas en la región andaluza. Aspectos generales».
- IGME (1979): «Estudio geotérmico preliminar de las depresiones de Granada, Guadix-Baza y Almería».

- IGME (1979): «Mapa hidrogeológico Nacional. Explicación de los mapas de lluvia útil, reconocimiento hidrogeológico y de síntesis de los sistemas acuíferos». Memoria IGME-Tomo 81. Madrid.
- IGME (1980): «Actualización de balances». PIAS.
- Informe técnico VII. Sistema acuífero núm. 40. Sierra Gorda.
 - Informe técnico IX. Sistema acuífero núm. 41. Tejada Almirajara.
- IGME (1980): «Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca del Sur de España». Programa Nacional de Gestión y Conservación de los Acuíferos. Colección Informe. Serv. de Publ. del Ministerio de Industria y Energía.
- IGME (1980): Informes técnicos y especiales:
- «Estudio hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de Armilla (Granada)».
 - «Informe hidrogeológico para la mejora del abastecimiento de Las Gabias (Granada)».
 - «Proyecto de sondeo para mejora del abastecimiento de Algarrinejo (Granada)».
- IGME (1980): Plan Hidrológico Nacional (Avance 1980). Aportación del IGME al grupo de trabajo de la cuenca Sur (inédito).
- IGME (1981): Informes técnicos y especiales:
- «Informe sobre la evolución y estado actual del acuífero aluvial de la Vega de Granada. Zona núm. 6 de explotación controlada».
- IGME (1981): «Investigación hidrogeológica en las cuencas del Sur de España (sector occidental)». Programa Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos. Colección Informe. Serv. de Publ. del Ministerio de Industria y Energía.
- IGME (1982): «Síntesis Hidrogeológica de la Cuenca del Guadalquivir». Colección Informe. Serv. de Publ. del Ministerio de Industria y Energía.
- IGME (1982): «Calidad de las aguas subterráneas en Andalucía: situación actual y focos potenciales de contaminación». Colección Informe. Serv. de Publ. del Ministerio de Industria y Energía.
- IGME (1982): «Proyecto para la realización de estudios Hidrogeológicos especiales en las provincias de Granada y Jaén». Informe interno.
- IGME (1982): «Evolución piezométrica y régimen de descarga de los acuíferos de la Cuenca Sur (Sector Occidental) hasta 1981. Informe inédito (nota técnica núm. 212-Málaga).

- IGME (1982): «Aportaciones del IGME al Plan Hidrológico Nacional Cuenca Sur. Sector Occidental». (Inédito.)
- IGME (1982): «Calidad de las aguas subterráneas en la Cuenca Sur. Sector Occidental. Segundo Informe correspondiente al período 1978-1981. (Nota Técnica núm. 216-Málaga).
- IGME (1983): «Investigación hidrogeológica de las Cuencas del Sur de España (sector Occidental). Plan Nacional de Investigación de Aguas Subterráneas (PIAS). Informe de recopilación y síntesis», doce informes técnicos.
- IGME (1983): «Proyecto para la realización de estudios hidrogeológicos locales en las cuencas del Guadalquivir y Baja del Guadiana». Informe interno.
- IGME (1983): «Modelo matemático de la Depresión de Guadix». Informe interno.
- IGME (1983): «Proyecto de optimización en el uso de los recursos hidráulicos de la Vega de Guadix mediante bombeo y recarga artificial del acuífero». Informe interno.
- IGME (1984): «Proyecto de investigación hidrogeológica para abastecimiento a poblaciones en las provincias de Sevilla, Huelva, Cádiz, Jaén, Granada, Córdoba, Cáceres y Badajoz». Informe interno.
- IRYDA (1985-86). «Estudio de investigación de recursos hidráulicos de la zona Alhama-Temple (Granada)». Informe interno.
- MEDINA, F. (1975): «Contribución al estudio hidrogeológico del Marquesado del Zenete (Granada)». Tesis de Licenciatura Univ. de Granada.
- MOPU (1983): «Propuesta de Planes Hidrológicos de la Cuenca del Guadalquivir».
- MORELL, I. (1976): «Estudio Hidrogeológico del curso medio del río Guadalfeo (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- NIETO, M. (1973): «Estudio hidrogeológico de la Rambla de Albuñol». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- PASCUAL, A. (1975): «Estudio hidrogeológico de las cuencas medias de los ríos Monachil y Dilar (Granada)». Tesis Licenc. Univ. de Granada.
- PORTERO, R. (1974). «Contribución al estudio hidrogeológico de las Vegas de Antequera y Bobadilla (Málaga)». Tesis Licenc. Univ. de Granada.

- ROMERO, A. (1977). «Estudio hidrogeológico de la cuenca del río de los Guajares (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- TERRON, M. E. (1983): «Estudio hidrogeológico e hidrogeoquímico de las ramblas Ancha y de Gualchos (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- UNIVERSIDAD DE GRANADA (1981): «Comunicaciones presentadas al I Simposio sobre el agua en Andalucía». Dos tomos, 832 pp. Grupo de Trabajo de Hidrogeología de la Universidad de Granada.
- UNIVERSIDAD DE GRANADA (1986): «Comunicaciones presentadas al II Simposio sobre el agua en Andalucía». Dos tomos, 1222 pp. Departamento de Hidrogeología de la Universidad de Granada.
- VELILLA, N. (1976). «Estudio hidrogeológico de la cuenca del río Aguas Blancas (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.
- YAGÜE, A. (1975): «Estudio hidrogeológico de la cabecera del río Genil (Granada)». Tesis de Licenc. Univ. de Granada.