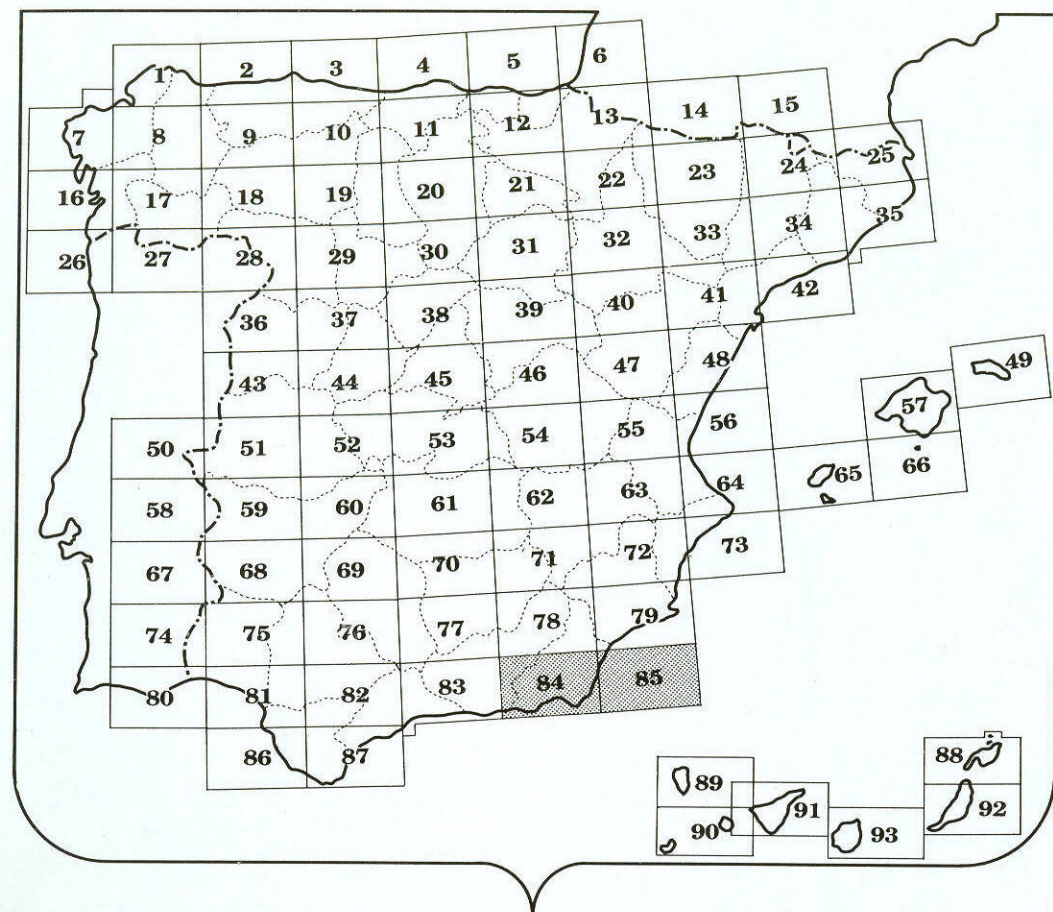




INSTITUTO GEOLOGICO
Y MINERO DE ESPAÑA
RIOS ROSAS, 23 - 28003-MADRID



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA



**Mapa
Hidrogeológico
de España**
E. 1/200.000



ALMERIA-
GARRUCHA 30636



INSTITUTO GEOLOGICO Y MINERO DE ESPAÑA

Mapa Hidrogeológico de España

E. 1/200.000

ALMERIA · GARRUCHA

CENTRO DE PUBLICACIONES
MINISTERIO DE INDUSTRIA Y ENERGIA

Mapa Hidrogeológico de España

E. 1/200.000

INDICE

1. PRESENTACION	5
2. MARCO GEOLOGICO	7
3. PRINCIPALES UNIDADES HIDROGEOLOGICAS	13
4. BIBLIOGRAFIA	39

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

Fotocomposición: Geotem, S.A.

Imprime: Hispagraphis, S.A.

Depósito legal: M-16.999-1988

NIPO: 232-88-009-9

1. PRESENTACION

Una de las misiones del Instituto Geológico y Minero de 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 febrero.

Desde 1970 el IGME viene realizando el estudio sistemático de las características hidrogeológicas de todas las cuencas españolas, determinando la ubicación, funcionamiento, etc. de los acuíferos, evaluando su grado de explotación, la calidad natural y eventual contaminación de las aguas subterráneas y estableciendo los valores de sus recursos y reservas, recomendando los esquemas más idóneos para su explotación y protección y sentando las bases para la integración de los recursos hidráulicos subterráneos en el marco de la planificación hidrológica global.

Los resultados de estos trabajos se vienen publicando como informes de síntesis, a los que acompaña 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 hidrogeológica 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 principales acuíferos existentes y, por otra, ofrecer una información que permita la realización de estudios de mayor detalle, en el ámbito de cada hoja.

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 U.N.E.S.C.O. y versión revisada (IAH, IAHS, U.N.E.S.C.O 1983) sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por 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 sea prácticamente autosuficiente; no obstante, se acompaña una memoria explicativa que completa la información gráfica.

2. MARCO GEOLOGICO

El área comprendida en la Hoja corresponde al dominio Interno o Zona Bética (s.s.), en el sentido de Fallot 1948. Están bien representados los dominios Nevado-Filábrides y Alpujárrides (incluyendo al Ballabona-Cucharón); el Complejo Maláguide se reduce a pequeños retazos (no representado a la escala del plano).

Además de los materiales de la zona Bética, están muy bien representados los materiales correspondientes a las Depresiones Interiores (de Almería, Sorbas, Vera, Ugíjar, Guadix y otras de menores dimensiones), haciendo mención al grupo de afloramientos de rocas ígneas que encajan en los materiales neógenos y más antiguos en algún caso.

En síntesis y antes de pasar a la descripción litológica de los diferentes dominios, los materiales aflorantes en la Hoja se agrupan en dos grandes conjuntos:

- Los de edad triásica y más antigua pertenecientes a los complejos Alpujárrides y Nevado Filábride o de Sierra Nevada, caracterizados por estar intensamente afectados por la orogenia alpina.
- Los de edad neógena y cuaternaria, de carácter postorogénico, y el cortejo de rocas volcánicas.

Nevado Filábride

Es el dominio en posición estructural más inferior de la zona Bética.

Los afloramientos del Nevado Filábride están localizados en el conjunto de Sierra Nevada, Sierra de Filabres y en las Sierras de Alhamilla, Cabrera y Almagrera.

En general, corresponden a series bastante monótonas de micasquistos de diferente composición mineralógica, gneises, cuarcitas, rocas carbonatadas, etc., con potencias del orden de 3.000 a 5.000 metros y abarcando edades desde el Precámbrico hasta el Trías. Si localmente pueden tener cierta permeabilidad o funcionar como acuitados, en conjunto son impermeables.

El tramo superior de mármoles, con permeabilidad por fisuración, se atribuye al Trías Medio Superior y alcanza espesores que pueden llegar a 100 metros. Son ejemplos de esta formación: Macael, Sierra Lisbona, Sierra de Bédar-Alcornia, Los Baños de Sierra Alhamilla y Beires, así como Alquife y Charches en la provincia de Granada. En apariencia, la continuidad lateral de estos mármoles —desde el punto de vista hidrogeológico— no presenta un desarrollo importante.

Tanto Sierra Nevada como Sierra de Filabres, que comprenden casi la mitad de los afloramientos de la Hoja, constituyen una estructura anticlinorio de gran radio, de dirección N70-80E, diferenciándose en ellas varias unidades tectónicas. Están limitadas en sus bordes por alineaciones de fracturas, a veces con gran componente horizontal, acompañadas a su vez de deslizamientos gravitatorios. Estos rasgos estructurales confieren al paisaje su actual fisonomía.

Alpujarride

Se encuentra corrido sobre el Nevado Filábride, ocupando una posición estructural intermedia dentro de la Zona Bética.

Se presenta estructurado en diversos mantos de corrimiento de orden mayor, así como en otra serie de láminas tectónicas de menor envergadura. A efectos prácticos, se agrupa en dos mantos fundamentales: 1) Manto Inferior o de Gádor-Lujar, aflorante en Sierra de Gádor, Sierra de Beires y borde Norte de Sierra de Filabres; 2) Manto Superior o de Murtas-Félix, etc., que rodea a los núcleos nevado-filábrides de Sierra Alhamilla y Cabrera, y al macizo de Sierra de Gádor.

El Alpujarride en general está compuesto por terrenos del Paleozoico (micasquistos con grafito y cuarcitas), Permotrias (filitas grises azuladas y/o violáceas, cuarcitas y rocas carbonatadas) y Trías Medio-

Superior: serie carbonatada distribuida en tres tramos: a) tramo inferior de calcoesquistos y calizas de 150-200 m de espesor, b) tramo calizo-dolomítico de 500-600 m de espesor y c) tramo superior de calizas, dolomías e intercalaciones de calcoesquistos de 200-300 m de espesor. Las rocas carbonatadas presentan una permeabilidad por fisuración; las restantes, salvo excepciones locales de baja permeabilidad o funcionamiento como acuitados, representan conjuntos impermeables.

Dentro de la Hoja, la Sierra de Gádor constituye el afloramiento del Manto Inferior mejor representado. Consiste en un gran anticlinorio de dirección Este-Oeste, cuyo flanco meridional se continua hacia el Sur, bajo el Neógeno del Campo de Dalías; hacia el Norte, el flanco se levanta hacia Sierra Nevada. La estructura del Manto Superior es mucho más discontinua, especialmente en lo que se refiere al tramo carbonatado.

Terrenos de fosa o cobertera

Ocupan principalmente todas las áreas deprimidas. Los depósitos fundamentalmente abarcan desde el Mioceno Medio hasta el Cuaternario.

Mioceno Medio

Como componentes principales pueden citarse, por una parte, las facies conglomeráticas continentales, fuertemente heterométricas y poligénicas, de matriz arcillosa y potencias de hasta 500 metros, o las marinas de conglomerados calcáreos, de 10-15 metros de espesor. Por otra, hay que destacar un grueso tramo de margas, con intercalaciones de areniscas turbidíticas y silexitas, que alcanza espesores de hasta 1.200 m. Salvo excepciones locales más permeables, como algunas intercalaciones conglomeráticas o areniscosas del mioceno marino, estos conjuntos resultan ser semipermeables a impermeables.

Mioceno Superior

Cabe destacar, por un lado, el complejo arrecifal, desarrollado solamente en algunas áreas dentro de esta Hoja. En general constituye un tramo acuífero muy permeable en los bordes de cuenca, usual-

mente asociado a dolomías alpujárrides o calcarenitas pliocenas. Consta de calizas arrecifales, calcarenitas, areniscas y microconglomerados. Por otro lado se encuentra una formación de margas yesíferas y yesos masivos, desarrollados principalmente en la cuenca de Tabernas-Sorbas. Su potencia es variable desde 10 a 50 metros. Constituye un acuífero cárstico de mala calidad.

Plioceno

Al Plioceno corresponde la formación marina margosolimosa con arenas verdes y ostreidos («margas con lepra») que, con espesores de hasta 500 metros, constituyen buena parte del relleno reciente de las cuencas de Almería, Campo de Dalías, etc. Salvo intercalaciones areniscosas o conglomeráticas litorales más permeables, este conjunto resulta ser prácticamente impermeable. Por el contrario, las facies pliocenas de calcarenitas bioclásticas, arenas y conglomerados, con espesores de 100-150 metros, forman acuíferos porosos de gran interés.

Pliocuaternario

Constituye una serie de depósitos de ámbito fundamentalmente continental, a veces deltaico, formados por conglomerados, arenas, arcillas y limos de tonos grises y pardo rojizos. Su espesor es variable, pudiendo superar los 300 metros. Da lugar a acuíferos de gran interés, aunque con características hidráulicas muy variables, según sea la presencia del componente arcilloso-limoso, situación relativa al nivel de erosión local, etcétera.

Cuaternario

Al Pleistoceno corresponden las diversas secuencias de abanicos aluviales, glaciares, etc., y al Holoceno corresponden los depósitos de carácter típicamente fluvial. En general presentan de mediana a buena permeabilidad.

Rocas volcánicas

Representadas principalmente por el complejo volcánico de Sierra de Gata y La Serrata, de carácter calcoalcalino, correspondiente a series andesíticas y dacíticas. Son frecuentes tanto la facies «masiva»

como la «aglomerática». Otros afloramientos de rocas volcánicas, de carácter potásico, están formados por «veritas». A ambas familias se le atribuye una edad neógena. Salvo excepciones locales, en general se consideran poco permeables a impermeables.

3. PRINCIPALES UNIDADES HIDROGEOLOGICAS

Se han definido un total de 26 unidades hidrogeológicas en la Hoja de Almería, agrupándose en dos tipos, según que la permeabilidad sea por fisuración (yesos neógenos, calizas y dolomías alpujárrides y mármoles nevadofilábrides) o bien por porosidad (conglomerados, arenas, areniscas, calcarenitas, etc., del Neógeno y Cuaternario). Fuera de estas unidades sólo existen acuíferos de importancia muy limitada, dentro de un ámbito impermeable o muy poco permeable.

Las principales características de los acuíferos vienen reflejadas en el cuadro que se expone en la Hoja II del Mapa, y cuyo desarrollo resumido se expone a continuación. Por razones técnicas esta memoria se redacta después de entrar en imprenta la maqueta del Mapa. Dado el carácter variable con el tiempo de algunos de los datos característicos de los acuíferos (como su piezometría, por ejemplo) se ha optado por reflejar aquí aquellos que se consideran de mayor interés, haciendo referencia especial a su fecha de validez cuando ésta es posterior a las referencias gráficas.

Unidades Alcóntar y Serón-Bacares (n.º 1 y 2 en Mapa)

Estos dos grupos de unidades carbonatadas, muy compartimentadas, están constituidos por un paquete de 30-80 m de calizas mármoreas y mármoles, pertenecientes al complejo Nevado-Filábride, y un conjunto de calizas y brechas de 250 m de espesor máximo, correspondiente al complejo Alpujárride. La superficie total alcanza 150 km², de los que 50 corresponden a afloramientos carbonatados.

La infiltración directa en condiciones medias se estima del orden de $2 \text{ hm}^3/\text{a}$, pudiendo llegar en año húmedo a $4,5 \text{ hm}^3$. La escorrentía superficial y subálvea que pasa por los cauces que atraviesan el acuífero se estima en una media de $6 \text{ hm}^3/\text{a}$, de la que se infiltra una parte difícilmente cuantificable.

La aportación del conjunto de manantiales que drenan el acuífero se estima en unos $2-3 \text{ hm}^3/\text{a}$, de los que sólo en Fuente Liar (principal descarga del conjunto) surge más de $1 \text{ hm}^3/\text{a}$, con un caudal inferior a 40 l/s (en años anteriores su caudal era de hasta 80 l/s). Por otra parte, aguas abajo del acuífero, se produce una descarga incuantificable por los aluviales de los cauces que lo atraviesan.

Este conjunto carece de sondeos instalados, por lo que mantiene prácticamente en la actualidad un régimen natural, cuya capacidad de regulación puede ser mejorable.

La compleja disposición tectónica de los materiales, con escaso desarrollo en profundidad de las series carbonatadas, condiciona la escasa magnitud de reservas, cifradas en unos 10 hm^3 .

Respecto a la calidad química, se trata de aguas con bajo contenido salino (unos 400 mg/l de residuo seco) y facies bicarbonatada cálcica.

Unidades Lijar-Macael-Cóbdar-Lubrín (n.º 3 y 4 en Mapa)

Los materiales acuíferos son mármoles del complejo Nevado Filábride, que ocupan tres bandas aparentemente desconectadas entre sí y, a su vez, compartimentadas hidráulicamente. La superficie de estas unidades es de 67 km^2 , de los que sólo 10 km^2 corresponden a los mármoles.

La recarga directa media sobre el acuífero se estima inferior a $0,5 \text{ hm}^3/\text{a}$, con valores extremos de $1 \text{ hm}^3/\text{a}$ en año húmedo y nula en año seco. La alimentación más importante de la unidad procede de la infiltración de parte de la escorrentía superficial aportada por los ríos Laroya, Chercos y Albánchez, así como de sus respectivos aluviales, al atravesar el acuífero. Dicha escorrentía se estima en un valor medio de 4 a $5 \text{ hm}^3/\text{a}$ (en años húmedos puede alcanzar $14/\text{hm}^3/\text{a}$).

La banda de mármoles superiores, de 8 km^2 de superficie y es-

pesor máximo de 150 m , está drenada esencialmente por tres manantiales con un caudal de 19 l/s , de los cuales el más importante es la fuente de los Cañares (12 l/s); la aportación de esta zona del acuífero será regulada próximamente con un sondeo realizado en sus inmediaciones. Los mármoles intermedios tienen una superficie de $0,7 \text{ km}^2$ y un espesor entre 20 y 50 m . La aportación del manantial más importante (Fuente Maestra) antiguo abastecimiento a Macael, está siendo actualmente regulada con un sondeo. La banda de mármoles inferiores, de unos 2 km^2 de superficie y espesor medio de 75 metros, tiene un carácter aparentemente colgado y es drenada por una serie de galerías en Cóbdar, con un caudal conjunto estimado en 10 l/s .

Aunque la capacidad de almacenamiento de la unidad es reducida, se puede mejorar el uso del acuífero, favoreciendo la infiltración de las escorrentías que alcanzan su afloramiento y regulando las aportaciones mediante sondeos.

En lo que respecta a las características químicas, se trata de aguas de escaso contenido salino — 500 mg/l — y facies bicarbonatada cálcica.

Sistema Detrítico de Guadix - Mármoles de Alquife - La Calahorra (n.º 7 y 6 en Mapa)

El acuífero lo constituyen depósitos detríticos pliocuaternarios (Formación de Guadix) que rellenan una depresión ubicada entre Sierra Nevada al Sur y Sierra de Baza al Norte, con una potencia media de 200 metros, junto con el aluvial del río Verde, cuyo espesor es de unos 20 m , y su naturaleza litológica (arenas, gravas y limos), similar a la del pliocuaternario, aunque éste presenta mayor contenido en limos. La extensión superficial del conjunto es de 250 km^2 . Hacia el Este presenta continuidad hidráulica con el acuífero de la misma formación en la cuenca del río Nacimiento, ya en la provincia de Almería.

Estos depósitos se asientan sobre rocas metamórficas de muy escasa permeabilidad a impermeables, que constituyen su sustrato, a excepción de contados lugares donde lo hacen sobre mármoles nevadofilábrides (Alquife-La Calahorra), o dolomías alpujárrides, que presentan una continuidad hidráulica con los terrenos permeables superiores.

Las entradas al acuífero se producen por infiltración directa de la

precipitación y a partir de la escorrentía superficial y subterránea que, desde los relieves marginales, especialmente Sierra Nevada, alcanza su dominio. Es drenado por una veintena de galerías, a lo largo del cauce del río Verde, con volúmenes de descarga superiores a $0,5 \text{ hm}^3/\text{a}$, y por unos 40 pozos de los que una decena extraen puntualmente más de $1 \text{ hm}^3/\text{a}$. El espesor medio saturado es superior a 100 m y la profundidad hasta el agua varía entre 10 y 110 m.

Para el año 1985, los bombeos en esta unidad alcanzaron el valor de 20 hm^3 , de los que unos 7 corresponden al desagüe de la mina. Para el conjunto de salidas se supone un volumen medio anual del orden de $48\text{-}50 \text{ hm}^3/\text{a}$, superior al de entradas al sistema, lo cual se compensa con una cierta aportación de la reserva.

La calidad del agua subterránea es excelente, con un total de sales disueltas inferior a 500 mg/l ; los cloruros y sulfatos presentan valores inferiores a 100 mg/l .

Detrítico del río Nacimiento (n.º 8 en Mapa)

Lo forma un depósito continental pliocuaternario en el que alternan niveles de gravas, arenas y limos o arcillas, con frecuentes cambios laterales de facies. Su espesor oscila entre los 50 y 200 metros y presenta continuidad litoestratigráfica e hidráulica con la formación que al Oeste rellena la depresión de Guadix. Hacia el Este de Abila, esta formación desaparece, quedando sólo el aluvial del río que se considera parte integrante de la unidad.

Las entradas se producen por infiltración directa de la precipitación sobre unos 130 km^2 de afloramiento, y a partir de la escorrentía que en forma superficial o subálvea y procedente de los 480 km^2 de cuenca vertiente al acuífero llegan al ámbito del mismo. Incluyendo retornos alcanzan un valor de $17\text{-}19 \text{ hm}^3/\text{a}$, de los que $11\text{-}12$ se captan con galerías y sondeos y el resto son drenados por el río hacia el bajo Andarax. Las reservas se estiman por encima de los 50 hm^3 .

Las facies químicas predominantes en las aguas subterráneas de este acuífero son las sulfatadas cálcicas, con residuos secos que oscilan entre $0,5$ y 1 g/l , perfectamente aceptables para riego y abastecimiento urbano.

Detrítico de Tabernas-Gérgal (n.º 9 en Mapa)

Los pequeños acuíferos del Campo de Tabernas y de Gérgal se sitúan en la depresión existente entre las sierras Alhamilla y de Fila-

bres. Destacan por su importancia relativa los depósitos cuaternarios (aluviales y coluviales) aunque, en el caso de Tabernas, cabe citar alguna representación de las calizas arrecifales, calcarenitas y yesos miocenos, bien desarrollados en el sector oriental del Campo, pero ya en la cuenca del Aguas. Los depósitos de gravas, arenas y arcillas del Cuaternario tienen potencias comprendidas entre 20 y 50 metros y un espesor saturado en 0 y 30 m, según las zonas.

En el Campo de Tabernas la superficie delimitada de esta unidad es de unos 90 km^2 , no llegando a 30 en la zona de Gérgal. Pero estos acuíferos reciben aportaciones de escorrentías provenientes de las cuencas vertientes a los mismos, además de su recarga directa, alcanzándose unas entradas totales de $2,5\text{-}3,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ para la parte de Tabernas y de unos $0,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ para la de Gérgal.

Las salidas totales se cifran en $2,5\text{-}3,5 \text{ hm}^3/\text{a}$; de las que $1 \text{ hm}^3/\text{a}$ corresponden a bombeos, $1\text{-}1,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ a descargas dispersas por manantiales y $0,5\text{-}1 \text{ hm}^3/\text{a}$ a salidas subterráneas hacia el bajo Andarax y el alto Aguas, cifras que sólo tienen un valor orientativo. El desfase entre entradas y salidas es cubierto con la extracción de reservas.

La calidad de las aguas subterráneas varía según el acuífero de que se trate. El acuífero cuaternario presenta facies predominantemente sulfatadas cálcico-magnésicas con conductividades comprendidas entre 800 y $2.000 \text{ }\mu\text{mhos/cm}$. Mejor calidad presentan las aguas de las calcarenitas y calizas arrecifales. En cambio, las aguas procedentes de los niveles detríticos basales y de los yesos del Mioceno, presentan también facies sulfatadas y conductividades más elevadas (superiores a $3.000 \text{ }\mu\text{mhos/cm}$).

Unidades Neógenas de la Cuenca del Aguas (n.º 10 en Mapa)

Estas unidades ocupan una superficie total del orden de 370 km^2 , de los que sólo unos 45 km^2 corresponden a materiales permeables con mayor interés. Forman parte de la depresión existente entre las Sierras de Filabres al Norte y las de Alhamilla y Cabrera al Sur. Los niveles detríticos basales en general carecen de interés, debido a su escasa permeabilidad y mediocre a mala calidad del agua.

El muro impermeable del conjunto acuífero está constituido en general por las margas miocenas con niveles turbidíticos intercalados; las filitas alpujárrides (borde meridional) y los esquistos nevado-filábri-des (borde septentrional) pueden actuar asimismo como sustrato im-

permeable. Sobre estas formaciones se disponen los terrenos acuíferos que, de más antiguo a más moderno, son los siguientes:

- Conglomerados, gravas y arenas, que a techo pasan a calcarenitas y calizas arrecifales de edad andaluciense y un espesor de 50 metros.
- Yesos mesinienses, cuyo mayor afloramiento se sitúa en la zona media de la cuenca, donde alcanzan 120 m de espesor; están intensamente carstificados.
- Calcarenitas, conglomerados, areniscas y limos arenosos del Mioceno-Plioceno Superior, que afloran en el tercio meridional y entorno de Sorbas.
- Conglomerados, arenas, limos y arcillas rojas, que ocupan la parte central de la depresión. Representan al Pliocuatnario.
- Aluvial y piedemonte.

Todas estas formaciones constituyen un sistema acuífero, cuya salida natural más ostensible es el manantial del Molino de Río Aguas, con un caudal medio de unos 35 l/s, aunque se conocen resultados de afloramientos de más de 100 l/s.

Las entradas medias (3-3,5 hm³/a) se producen por infiltración directa en afloramientos permeables y también por infiltración de parte de la escorrentía de la cuenca vertiente a los mismos, además de algunas aportaciones laterales subterráneas desde la cuenca de la Rambla de Tabernas.

Las salidas se cifran en 3-4 hm³/a. Se producen por bombeo (2,7 hm³/a en 1984-85), especialmente en el sector El Alpargatero-Los Rubiales, y por manantiales y galerías. El balance medio establecido entre entradas y salidas se desequilibra notablemente en épocas de sequía. El resultado del desequilibrio se aprecia especialmente en el descenso de niveles del área del Alpargatero (1 a 14 m en cinco años) y la disminución paulatina de caudal últimamente observada en el Molino de Río Aguas.

Las características fisicoquímicas de las aguas son muy variables de unos puntos a otros: las aguas de menor contenido salino son las ligadas a las calizas arrecifales (400 a 900 mg/l de residuo seco), mientras que las relacionadas con los yesos o con algunos niveles arenosos del tramo basal superan los 2.000 mg/l.

Unidades de Sierra de Bédar (n.º 11 en Mapa)

Los materiales que constituyen estas unidades pertenecen al Triás del complejo Nevado Filábride y al Mioceno. Los primeros están integrados por una potente sucesión de calizas y mármoles que llegan a superar los 300 m de potencia y yacen sobre esquistos paleozoicos. En el borde suroriental, los materiales carbonatados se encuentran recubiertos por calizas arrecifales miocenas que pueden alcanzar hasta 50 m de espesor. Los materiales permeables aflorantes ocupan una superficie de 14 km², con una cuenca vertiente de 25 km² lo que supone un total de 39 km².

En la actualidad existen prácticamente sólo 9 obras de captación, de rendimientos variables: los caudales de bombeo oscilan entre 10 y 100 l/s; el espesor medio saturado varía entre 10 y 100 m. Las extracciones totales alcanzaron en 1984-85, los 3,6 hm³/a. El volumen tan considerable de bombeos, ha provocado un descenso pronunciado de los niveles, que localmente supera los 25 m durante el período 1977-1984. La sobreexplotación es evidente.

Los recursos estimados por infiltración de lluvia útil sobre el acuífero y su cuenca vertiente alcanzan unos valores medios del orden de 1,5-2 hm³/a, cantidad inferior a la explotación. Para el año seco la alimentación sería prácticamente nula, mientras que en año húmedo se alcanzarían los 3 hm³. Por tanto, el balance resulta negativo y es compensado mediante aportación de reservas del acuífero, hecho que se pone de manifiesto comprobando los descensos de niveles piezométricos que se producen en el mismo (en 1984-85 descendieron entre 3,5 y 6 m).

Las aguas tienen un contenido salino inferior, en general, a 2.000 mg/l, salvo en el sector de Los Gallardos, en donde presentan facies cloruradas sódicas con valores hasta de 1.400 mg/l de ión cloruro. Este aporte salino tendría su origen principal en la disolución de sales evaporíticas existentes en los depósitos miocenos.

Cubeta de la Ballabona (n.º 12 en Mapa)

Pertenece a la cuenca del río Antas, y toma su nombre de la rambla de La Ballabona. El relleno permeable de la cubeta corresponde mayoritariamente a una formación detrítica pliocuatnaria compuesta por conglomerados de matriz arcillosa, y arenas con niveles de arcillas arenosas, con una potencia máxima de 150 metros. También

existen materiales aluviales cuaternarios de espesor reducido, constituyendo un acuífero colgado respecto al acuífero principal pliocuaternario. El sustrato de éste lo forman las margas miocenas y las filitas triásicas que constituyen, a su vez, los límites impermeables hacia el Suroeste y Noroeste respectivamente. Es importante destacar que la Cubeta, hacia el Suroeste, presenta una continuidad hidráulica al reposar su relleno directamente en los materiales carbonatados (mármoles permotriásicos de Sierra Lisbona). Así se puede considerar un solo sistema hidráulico en régimen libre, en general, aunque con características hidrogeológicas diferentes. La extensión de los afloramientos permeables del conjunto acuífero es de 45 km², de los que 8 km² corresponden a los materiales carbonatados nevado-filábrides.

El bombeo en esta unidad durante el año 1984-85, a través de 22 sondeos, alcanzó un volumen de 6,1 hm³/a. Esta explotación, que comenzó a principios de los sesenta, se incrementó apreciablemente en la siguiente década. Como consecuencia, los niveles han acusado una tendencia acentuada a los descensos, (en el sector central del acuífero pliocuaternario el ritmo de descensos se aproxima a 5 m/a, mientras que hacia los bordes desciende hasta valores de 1 m/a).

Los recursos del acuífero pueden acotarse, de manera orientativa entre 0,7 y 2,6 hm³/a, para las situaciones respectivas de drástica sequía y anormal humedad. Cifras próximas a los 1,6-1,9 hm³/a pueden retenerse como más representativas de una situación hidrometeorológica «media», lo que implica un claro desequilibrio entre entradas y salidas al sistema, que como media puede estimarse del orden de 4 hm³/a, que viene siendo compensado mediante aportación de reservas por el acuífero. No se tienen datos precisos relativos al volumen disponible de reservas; estableciendo un espesor medio saturado en la actualidad de 20 m, resultan unas reservas útiles de 30-40 hm³.

La calidad química de las aguas del acuífero carbonatado es aceptable tanto para consumo humano como para riego. La mayor concentración iónica corresponde a los sulfatos (valores del orden de 450 mg/l), los contenidos en cloruros son próximos a 100 mg/l. En el Pliocuaternario las aguas son de calidad sensiblemente inferior, arrojando una salinidad total superior a 4 gr/l. En análisis recientes se observa un empeoramiento de la calidad, situación que se relaciona con el progreso de la explotación.

La Cubeta se halla en el área de influencia del Plan Coordinado de

riegos del Almanzora para el que se prevén aportaciones del canal Lorca-Almanzora, y de otras cuencas.

Bajo Almanzora (n.º 13 en Mapa)

El acuífero del Bajo Almanzora se encuentra situado al Suroeste de la Sierra de Almagro, definiéndose como tal a partir de unos 2 km al Norte del núcleo urbano de Cuevas de Almanzora. Está formado por materiales fluviales y fluviodeltáicos cuaternarios, permeables, que ocupan una franja alargada cuya longitud es del orden de 13 km y su anchura oscila entre 1 y 2 km. Estos materiales están descansando sobre un potente conjunto margoso del Mioceno y Plioceno que constituye el sustrato impermeable de dicho acuífero.

La extensión del acuífero es del orden de 20 km², siendo su espesor variable, como máximo algo superior a los 100 m; el espesor saturado medio es de 30 m, aunque existen zonas totalmente desaturadas.

La existencia (desde 1977) de una «corta» (pantalla impermeable en la sección del cauce) situada aguas arriba de la presa del embalse de Cuevas de Almanzora, hace que el flujo subterráneo a través del borde norte pueda considerarse prácticamente nulo en la actualidad. El volumen extraído en 1984-85 por 17 puntos controlados ha sido sólo de 1,7 hm³ (en 1982-83 fue de 4,1 hm³), debido sin duda al empeoramiento de la calidad del agua. El resto de la descarga se produce hacia el mar.

Los recursos medios del acuífero se han estimado en unos 3 hm³/a (infiltración directa y de parte de la escorrentía superficial que le atraviesa, y retornos de riegos), aunque oscilan entre márgenes amplios 1,4 hm³/a (año seco) y 9 hm³/a (año húmedo).

En condiciones medias el acuífero se encuentra con un déficit cifrado en 1-1,5 hm³/a, con la consiguiente explotación de reservas (en años secos puede alcanzar 2,5 hm³). Ello explica los descensos de nivel de 0,5-1 m/a. Esta situación favorece la penetración de la interfase salobre localizada bajo los sectores de mayor intensidad de bombeo.

La calidad química del acuífero está sometida a variaciones estacionales y espaciales, destacándose los incrementos de la salinidad

en la zona costera, en donde el residuo seco se aproxima a los 9 gr/l y los cloruros pasan de 3 gr/l lo que puede deberse a un proceso de progresiva penetración de agua salada tierra adentro. También se registran indicios de nitritos y amoníaco, con incrementos del contenido en boro.

Es de esperar que en un futuro inmediato este acuífero se vea beneficiado por la entrada en servicio del embalse del Almanzora.

Unidades carbonatadas de Sierra Alhamilla y Cabrera (n.º 14 en Mapa)

Están constituidas por una serie de afloramientos carbonatados (mármoles nevado-filábrides y dolomías alpujárrides) en bloques aislados, que se distribuyen de una manera irregular a lo largo de las direcciones tectónicas de Sierra Alhamilla y Sierra Cabrera. Son pequeñas unidades de escasos recursos que, cuando han sido sometidas a bombeo, han proporcionado altos caudales, habiéndose practicado en ellas una sobreexplotación que originó ya o está originando el agotamiento de sus reservas. Destacan, entre todas ellas, las existentes en el entorno de Níjar, y las de la ladera suroeste de Sierra Alhamilla, ya dentro del ámbito del bajo Andarax, donde existen en la actualidad dos puntos en explotación con extracciones de 0,36 y 0,2 hm³/a respectivamente, las cuales provocan descensos de nivel mensuales que superan el medio metro.

Cabe hacer especial mención al manantial de Los Baños de Sierra Alhamilla, surgencia a través de los mármoles nevado filábrides con un caudal de 9 l/s y 52° C de temperatura.

La calidad de las aguas de estas unidades carbonatadas presenta facies bicarbonatadas con contenidos anormales en sulfatos (386 mg/l) y conductividades del orden de 1.500 µmhos/cm. Los cloruros presentan valores del orden de 200 mg/l.

Campo de Níjar (n.º 15 en Mapa)

El sistema acuífero del Campo de Níjar está situado en la depresión existente entre la Sierra Alhamilla y la alineación volcánica de la Serrata, la cual es drenada por la rambla de Artal. La superficie total del sistema es de unos 157 km².

El principal acuífero de este sistema es el constituido por los niveles detríticos pliocenos (calcarenitas, arenas, limos y localmente conglomerados, sector central del Campo) y por calizas arrecifales mioceno-pliocenas presentes en las áreas de borde.

Según las áreas, forman el soporte impermeable del sistema el grueso paquete de margas miocenas y el sustrato bético, que aflora en Sierra Alhamilla y está constituido por materiales de los Complejos Nevado-Filábride y Alpujárride. Las rocas volcánicas neógenas, que constituyen también parte del sustrato de las formaciones acuíferas del Campo, afloran especialmente en todo su borde meridional.

El espesor medio del Plioceno calcarenítico saturado es de 40 m, variando entre 0 y más de 100 m. Por su parte, el de las calizas arrecifales es de unos 25 m.

En la zona existen 687 puntos de agua inventariados, de los que sólo 220 poseen instalación de bombeo en uso. El nivel de agua se encuentra a profundidades comprendidas entre 20 y 140 m. En el año hidrológico 1984-85 el volumen total extraído del acuífero, mediante el bombeo de los 93 puntos controlados, ascendió a 19,27 hm³/a. Las salidas laterales subterráneas hacia el Barranquete, en disminución, se estimaron en 1985 entre 1,5 y 2,25.

La superficie piezométrica, en abril de 1981, presentaba cotas entre 30 y 100 m.s.n.m., con un flujo de Noreste a Suroeste, y su evolución temporal permite diferenciar varias zonas dentro del sistema con un comportamiento diferente y peculiar; pero hay que destacar, como hecho más significativo, que en abril de 1986 la superficie piezométrica ya presenta una extensa zona central más deprimida —que coincide naturalmente con la de mayor concentración de bombeos— en las que los flujos convergen. Esta nueva situación pone de manifiesto la pérdida de la anterior concurrencia generalizada de flujos hacia un eje continuo de descarga del sistema, El Barranquete, como también evidencia que se están extrayendo reservas para compensar el desequilibrio del balance entradas/salidas.

Las entradas medias se estiman en 15-18 hm³/a, mientras que las salidas medias son de 21-22 hm³/a. Por tanto, el déficit resultante —que se traduce en consumo neto de reservas— es del orden de 3 a 7 hm³/a. En un año seco las entradas se reducirán a unos 10-14 hm³/a, mientras que en año húmedo podrían alcanzar los 20-24 hm³/a.

La evolución del sistema, según se indicó anteriormene, muestra

la tendencia general al descenso, más acusado en los sectores en donde se concentran las extracciones (San Isidro-Campohermoso) con pérdidas de nivel entre 0,5-1 m/a, aunque en algún caso se observan recuperaciones locales (áreas de abandono de extracciones).

El volumen de reservas del acuífero se ha estimado en unas cifras entre 700 a 950 hm³, sin llegar a definir cuáles son prácticamente explotables.

Las aguas subterráneas de este sistema presentan mayoritariamente facies químicas cloruradas sódico-magnésicas con un fuerte componente sulfatado. El residuo seco varía entre 1 y 2 g/l, aumentando las concentraciones hasta 5 g/l en el sentido del flujo y en la zona de La Serrata. Los cloruros varían desde 250-400 mg/l en el centro del sistema y Jabonero, hasta 1 g/l en las proximidades de La Serrata. En algunos sondeos se detecta la presencia de boro.

El Hornillo - Cabo de Gata (n.º 16 en Mapa)

Entre las estructuras volcánicas de La Serrata y de la Sierra de Gata se encuentran una serie de depresiones del sustrato, rellenos de depósitos neógenos y cuaternarios, desde la localidad de Fernán Pérez hasta la zona costera del Cabo de Gata. La superficie total alcanza 157 km².

En estos materiales de relleno se puede diferenciar una formación inferior de calizas, calcarenitas bioclásticas y conglomerados basales, atribuida al Mioceno Superior-Plioceno, que puede alcanzar hasta más de 170 metros de espesor; conglomerados y calcarenitas del Plioceno Superior, con un espesor variable (hasta 50-70 metros), culminando la serie con arcillas y limos rojos con cantos del Pliocuaternario. La morfología de los acuíferos se caracteriza por la presencia de pequeñas depresiones o surcos, casi individualizados, separados por los correspondientes horsts.

En la zona del Hornillo, incluido Fernán Pérez, para 1981 el bombeo era de 1,5 hm³/a en un total de 21 puntos, mientras que en el área del Cabo de Gata la extracción alcanzaba casi 7 hm³/a a través de 77 puntos. Los recursos medios se estimaron para la primera en una cifra próxima a 3 hm³/a y para la segunda en unos 4,5-6 hm³/a. Si las descargas laterales del conjunto se evaluaron en 2,5-5 hm³/a (hacia el mar y laguna de las salinas y hacia el Campo de Níjar, desde

Fernán Pérez) para equilibrar el balance, es necesario una aportación de reservas en torno a los 4 hm³/a. (Este balance hídrico tiene un valor únicamente preliminar, debido a la poca precisión de los datos utilizados.)

La evolución de la piezometría muestra descensos continuados sobre todo en las zonas de El Barranquete y del Hornillo, claramente condicionados por los intensos bombeos (hasta más de 10 m entre 1981 y 1986, en la primera de ellas, que ya ha alcanzado la cota cero), mientras que en áreas más próximas a la costa la evolución está mucho menos influenciada. Existe una descarga lateral subterránea del acuífero del Campo de Níjar hacia el área del Cabo de Gata, por El Barranquete, aunque cada vez más reducida por efecto de la explotación en aquella zona.

En la zona del Hornillo-Fernán Pérez la calidad química del agua es notablemente variable, con residuo seco entre 1,5 y 6 g/l, predominando las facies clorurada sódica. En la parte alta del área del Cabo de Gata el residuo seco está casi siempre comprendido entre 1,5 y 3,5 g/l y en la zona más próxima a la costa entre 5 y 7,5 g/l. En el mismo sentido de la circulación subterránea aumenta también el contenido en cloruros (0,7-3 g/l).

La Palmerosa (n.º 17 en Mapa)

Esta pequeña unidad hidrogeológica se sitúa inmediatamente al Este del Extremo Nororiental del sistema acuífero del Campo de Níjar, y se centra sobre la rambla de La Palmerosa. La superficie delimitada alcanza 17,8 km². En este entorno, sobre el sustrato volcánico se encuentra una serie neógena de margas blancas, con niveles de lignito y yesos en la base, de carácter impermeable, sobre la que descansa una formación de calizas bioclásticas y calcarenitas arenosas con niveles de conglomerados, atribuida al Plioceno, la cual alcanza un espesor máximo de 100 metros y constituye el acuífero principal de esta unidad. Su espesor saturado puede estimarse en unos 30 metros (valor medio). Los aluviales del río Alias y de la rambla de La Palmerosa, poco desarrollados, están conectados a esta formación pliocena.

La extracción por bombeo fue evaluada en 1980-81 en 1,5 hm³/a concentrándose en 5 puntos. La evolución de la superficie piezométrica muestra la formación de un acusado cono de depresión, provoca-

do por los bombeos, que origina una circulación hacia el interior, flujo inverso al primitivo de descarga hacia la rambla de Carboneras, cuando esta pequeña unidad funcionaba en régimen natural. Lógicamente, se acusa un descenso generalizado de la superficie libre del acuífero próximo a 1 m/a.

El balance hídrico calculado (período 1979-81), se estableció en base a una infiltración de lluvia útil de $0,3 \text{ hm}^3/\text{a}$, el bombeo de $1,5 \text{ hm}^3/\text{a}$, y el consumo de reservas entre 1 y $1,4 \text{ hm}^3/\text{a}$. Con unas entradas medias de $0,5 \text{ hm}^3/\text{a}$, si se mantiene la extracción de $1,5 \text{ hm}^3/\text{a}$ se fija el déficit en $1 \text{ hm}^3/\text{a}$. Las reservas movilizables del sistema deben de estar comprendidas entre 31 y 42 hm^3 , de las que sólo una parte (un 30 %) serán explotables.

Las aguas de este acuífero presentan en general conductividades superiores a $2.500 \text{ } \mu\text{mhos/cm}$ y claro predominio de los iones cloruro, sulfato y sodio.

Detrítico Bajo Andarax (n.º 18 en Mapa)*

Las unidades detríticas del Bajo Andarax se encuentran ubicadas en la depresión neógena situada entre las Sierras de Gádor y Alhambra, al Norte de la ciudad de Almería, coincidiendo con el valle del propio río y delta del mismo.

El sustrato está constituido por formaciones béticas (filitas, calizas y dolomías alpujárrides) y, hacia el centro de la cuenca, existe un potente paquete margoso de hasta 500 metros, de edad miocena, que puede constituir en algunas áreas el sustrato relativo del acuífero.

* En el cuadro de sistemas de la Hoja II del Mapa, en la unidad n.º 18 figura Bajo Almanzora por error. Debe decir Bajo Andarax.

Los materiales más o menos permeables que rellenan la depresión presentan una gran heterogeneidad litológica y un considerable espesor en el sector costero del delta, e incluyen niveles desde el Mioceno Superior hasta el Cuaternario Actual. Esquemáticamente, en estos materiales se pueden distinguir tres acuíferos más o menos interrelacionados:

- El acuífero mioceno, constituido por conglomerados, calcarenitas, calizas detrítico-organógenas, yesos y areniscas, con espesores máximos de 80 metros, emplazados en los bordes de

las Sierras y con distinto grado de desarrollo, en la zona central de la depresión.

- El Plioceno y Pliocuaternalio, en los que se distinguen dos conjuntos, cuya separación en el plano es muy esquemática. El primero adquiere su mayor desarrollo en la parte baja de la cuenca; constituye un depósito marino con facies areniscosas y limo arenosas, que hacia el centro de la cuenca pasan a margas y margas arenosas; su espesor varía de unos pocos metros en los bordes a varios centenares. El segundo consta predominantemente de niveles deltaicos, con una litología muy variada (conglomerados, arenas y limos) cuya potencia puede superar los 300 metros, estando más desarrollados entre las transversales de Pechina y Alhabia.
- El acuífero cuaternario, formado por el aluvial y delta del río Andarax, constituido por gravas y arenas con intercalaciones de arcillas y limos, con espesores de hasta 40 metros en el Valle y de hasta 120 metros en el delta.

El conjunto los materiales néogeno-cuaternalios considerados como permeables ocupan una superficie aproximada de 200 km^2 . El plioceno-pliocuaternalio de «facies continental» es, con el cuaternario, el acuífero de mayor interés del área. En la zona de Santa Fe puede superar los 200 metros de espesor saturado. El cuaternario aluvial y deltaico constituye como el anterior, un acuífero de entidad en el Bajo Andarax.

En los acuíferos pliocenos y cuaternarios el número de captaciones inventariadas supera el millar; sin embargo, pozos o sondeos en explotación no superan el 50 % de ellos. En el cuaternario existen 250 puntos, no llegando a 200 en el resto de los acuíferos. Para 1985 la suma de explotaciones por bombeo alcanzó la cifra de $13,2 \text{ hm}^3/\text{a}$, considerándose despreciable la aportación de las galerías.

La evolución piezométrica en los acuíferos plioceno y cuaternario del Valle, durante los últimos años, presenta una generalizada tendencia al descenso (entre 0,2 y 1,0 m/a). En el sector del delta, por el contrario, se observa una marcada estabilidad.

El balance medio para el conjunto de acuíferos neógenos y cuaternarios del Bajo Andarax se estima en este orden de valores: $7-8 \text{ hm}^3/\text{a}$ de infiltración directa de la precipitación y retornos de riego y uso urbano, $5-6 \text{ hm}^3/\text{a}$ de infiltración del potencial de escorrentía ge-

nerada fuera de los acuíferos (15-19 hm³/a) y que llega a ellos en forma superficial o subálvea. Los bombeos en los acuíferos detríticos son de 13-14 hm³/a (1984-85) de los que un 75 % corresponden al acuífero cuaternario; las pérdidas al mar se han evaluado en 1-2 hm³/a para la descarga subterránea actual. Con ello, la aportación de reserva estimada es de aproximadamente 1-3 hm³/a. Si se tiene en cuenta que la demanda del bajo Andarax es de unos 35 hm³/a (sin contar la demanda urbana de la capital) y que la atención a la misma procede de 13-14 hm³/a bombeados en el detrítico, unos 5-6 hm³/a en el sustrato y algún aprovechamiento ocasional, por ocurrencia de escorrentías superficiales, puede verse la baja garantía de suministro que existe en la zona.

Referente a la calidad química de los acuíferos neógenos-cuaternarios, las aguas subterráneas presentan facies químicas predominantemente de tipo sulfato-cálcico-magnésico, con una componente clorurada sódica creciente hacia el Sur. El residuo seco varía entre 1 g/l en las zonas más altas, hasta más de 3 g/l en el sector del delta. Es de destacar la presencia generalizada de boro en todos los análisis. La mejor calidad corresponde al plioceno-pliocuaternario de facies «continental», con 1.500 µmhos/cm de conductividad; la peor, al aluvial y delta, con valores de hasta más de 7.000 µmhos/cm.

Unidades Sector Este de Sierra de Gádor (n.º 19 en Mapa)

La Sierra de Gádor, conjunto perteneciente al complejo Alpujarride, desde el punto de vista estratigráfico está constituida por un grueso paquete de calizas y dolomías de potencias muy variables según los sectores elegidos, cuyo sustrato lo compone una formación también triásica o permotriásica cuarzo-filítica.

El sector más oriental de la sierra, entre Almería y Alhama, corresponde a una zona de marcada actividad tectónica que originó una serie de bloques carbonatados de escasas reservas hidráulicas, por estar muy alta su base de filitas; comprende una superficie de 70 km².

En este sector existen 38 puntos de agua, de los que prácticamente ya sólo se explotaban 13-14 en 1982-83 con un volumen de extracción de 5,6 hm³/a, y sólo 10 puntos en 1984-85, incluyendo también aquellos que captan el acuífero triásico bajo las margas pliocenas (Viator).

Los recursos medios calculados son del orden de 3-4 hm³/a fren-

te a unas salidas de 5-6 hm³/a, lo que supone un desfase de unos 2 hm³/a en detrimento de las reservas. Esto se pone de manifiesto en los controles piezométricos con descensos en la zona entre 3 y 40 m en un período de 7 años.

Las concentraciones en residuo seco de las guas subterráneas en los bloques de borde, presentan unos valores inferiores a 1,5 g/l, aumentando dichas concentraciones hasta duplicarse en el acuífero del sustrato profundo bajo la cobertera miocena. Hay que destacar la presencia en éste de concentraciones de 4-6 mg/l de boro.

Unidades Alto Andarax - Sector Borde Norte de Sierra de Gádor (n.º 20 en Mapa)

El Borde Norte comprende el sector entre los núcleos de Alhama y Laujar, incluida Sierra de Beires, con una extensión de 260 km², y una potencia de acuífero saturado superior a 200-300 m, no conociéndose la profundidad a la que se encuentra la base impermeable. Las frecuentes fracturas y tramos menos permeables dan lugar a un comportamiento hidráulico bastante heterogéneo, lo que origina compartimentaciones frecuentes del acuífero, no bien conocidas por falta de referencias piezométricas.

La explotación por bombeo en el sector entre Alhama y Laujar se realiza a través de 24-25 sondeos, de gran caudal, con una extracción total de 11 hm³/a. Las descargas naturales controladas, por galerías y manantiales, pueden llegar a un valor medio de 9 hm³/a, y se estima que, de manera incontrolada, se produce una descarga lateral subterránea de unos 8 hm³/a hacia la propia cuenca del Andarax, y de unos 8-16 hm³/a hacia el Acuífero Inferior Noreste del Campo de Dalías. Con todo, se suponen unas salidas totales del orden de 36-44 hm³/a.

La recarga media del conjunto resultaría comprendida entre 33 y 42 hm³/a, cifra en la que los retornos de riego son sólo testimoniales. Por sectores resultan excedentarias las áreas de la Sierra de Beires y de la Sierra de Gádor entre Padules y Laujar, siendo deficitario el sector Alhama-Canjáyar, afectado por fuertes descensos locales (de hasta 45 m en 7 años), pudiéndose admitir una aportación de reservas de 1-2 hm³/a.

Para una porosidad eficaz del 2 %, y 100 metros de espesor sa-

turado, se han estimado unas reservas del orden de 150 hm^3 para el Valle del Alto Andarax.

El agua del acuífero dolomítico de este borde muestra buena calidad, tanto para abastecimiento como para riego. El residuo seco es inferior a 1 g/l y el carácter químico del agua es bicarbonatado cálcico-magnésico.

Unidades sector Oeste de Sierra de Gádor - Unidad de Fuente Marbella (n.º 21 y 22 en Mapa)

Se distinguen, como unidades principales, las formadas por calizas y dolomías alpujárrides del manto inferior o de Gádor y de una serie de mantos superiores. El primero de ellos forma el sustrato de la parte central e inferior de la cuenca del Adra; aflora en su vertiente oriental (Sierra de Gádor y Ventana de Peñarrodada), así como en la Occidental, bajo las unidades superiores en la Ventana de Turón. La potencia del paquete carbonatado pueden alcanzar los 1.300 metros y presenta excelentes características hidráulicas; el sustrato sigue siendo la formación filítica. Tiene una superficie de afloramiento total de 155 km^2 , destacándose los tres sectores siguientes que también están más o menos compartimentados:

- La vertiente occidental de Sierra de Gádor (57 km^2) cuyas salidas naturales representan un volumen de $5\text{-}6 \text{ hm}^3/\text{a}$ (1984-85); el bombeo en 3 sondeos existentes en este sector se acerca a $1 \text{ hm}^3/\text{a}$, con lo que se alcanzan unas descargas controladas de unos $6\text{-}7 \text{ hm}^3/\text{a}$. Existen otras descargas subterráneas no controladas, que se producen lateralmente hacia unidades más occidentales, con menor carga.
- Las ventanas de Peñarrodada y Turón, o «Unidad de Fuente Marbella», de 38 km^2 de superficie de afloramiento, se consideran conectadas a Sierra de Gádor, pero mediante una relación en cascada, siendo en este sentido una continuación hidráulica del bloque anterior. La explotación por bombeo se realiza a través de 10 sondeos, con un total de $1,9\text{-}2 \text{ hm}^3/\text{a}$. La emergencia natural de estas ventanas, Fuente Marbella, no sólo es drenaje de la propia unidad, sino de la parte que se infiltra en la misma a partir de la escorrentía superficial del río Adra. De los $19\text{-}23 \text{ hm}^3/\text{a}$ que descarga este manantial, unos 13 son procedentes del río y entre 6 y 10 corresponden a los recursos de esta unidad, en parte transferidos por la unidad anterior.

- El bloque Darrical-Alcolea (50 km^2) se drena principalmente por la fuente de las Hortichuelas, con un volumen de $2,3\text{-}2,4 \text{ hm}^3/\text{a}$. Sólo existe un sondeo con $0,2 \text{ hm}^3/\text{a}$ de extracción.

En la Depresión de Berja, el acuífero representado por calizas triásicas del manto superior y areniscas miocenas tiene un drenaje por galerías de $3,7 \text{ hm}^3/\text{a}$, y un bombeo (en tres sondeos) que suponen $0,2\text{-}0,3 \text{ hm}^3/\text{a}$.

Resumiendo, el total de salidas de los materiales triásicos de este sector de la sierra, hacia la cuenca media del Adra, alcanza un volumen de $20\text{-}26 \text{ hm}^3/\text{a}$. Todas estas unidades presentan un régimen de funcionamiento aún próximo al natural.

La puesta en operación del embalse de Beninar afectará al régimen del manantial de Fuente Marbella y del propio acuífero que, por sus características, puede representar un complemento de aquel dispositivo regulador.

La calidad del agua subterránea es variable, dependiendo del acuífero del que proceda. En las unidades de Sierra de Gádor las conductividades varían entre 400 y $700 \mu\text{mhos/cm}$, mientras que la del acuífero de Peñarrodada oscilan entre 900 y $1.900 \mu\text{mhos/cm}$; las primeras presentan una facies bicarbonatada sódica. Las aguas de Fuente Marbella muestran conductividades entre 1.700 y $2.100 \mu\text{mhos/cm}$, y son del tipo sulfatado-cálcico sódico.

Delta del Adra (n.º 23 en Mapa)

Esta unidad detrítica ocupa una superficie de 22 km^2 y está formada por depósitos litorales pliocenos, sedimentos deltaicos pliocenos y cuaternarios y depósitos aluviales. Se trata de calcarenitas, conglomerados, niveles arcilloso-margosos, arenas y gravas. Se atribuye a la formación pliocena (marina y deltaica) un espesor entre 50 y 150 m; para el aluvial del río Adra, se estima un espesor de 25 m, aunque puntualmente puede alcanzar 70 m.

Este conjunto de cobertera está encajado en formaciones béticas prácticamente impermeables (filitas y filitocuarцитas de los mantos de Félix y Gádor al Este, esquistos y filitas del manto de Adra al Oeste).

La extracción por bombeo se estima, en una primera aproxima-

ción, en unos 10-11 hm³/a, para un conjunto de 75 pozos, en su mayor parte correspondientes al aluvial.

Los recursos propios de esta unidad son del orden de 2,5 hm³/a y la aportación real del río Adra a su entrada en el Delta puede estimarse en una cifra del orden de 54-58 hm³/a. Los retornos de riego e infiltraciones desde acequias, etc., puede ser de 6-8 hm³/a.

El acuífero del Delta muestra actualmente un estado de equilibrio que será modificado con el cambio de régimen de aportaciones del río, al ser regulada próximamente esta cuenca, notablemente excedentaria, por el embalse de Beninar. El uso futuro de este acuífero, como el de los precedentes dentro de la misma, cabe ser considerado conjuntamente con la utilización de dicho embalse.

La calidad del agua ofrece diversas facies según las zonas. En el sector occidental es de carácter sulfatada-cálcica, con valores de conductividad de 1.000 µmhos/cm, mientras que en el sector oriental la facies es de tipo clorurado-sódico, y presenta valores de 3.000 µmhos/cm de conductividad.

Unidades Sector Sur: Sierra de Gádor - Campo de Dalías

Desde el punto de vista hidrogeológico, como Campo de Dalías puede considerarse al conjunto de acuíferos presentes en esta llanura y en el flanco meridional del relieve alpujárride de Sierra de Gádor vertiente a la misma. Visto así, constituye una parte del gran sistema hidrogeológico integrado por este macizo carbonatado y sus cuencas marginales, con mucho el principal dispositivo hidráulico de la provincia por el volumen de sus aportaciones subterráneas.

Dentro de este sector sur de Sierra de Gádor y de forma muy esquemática, se hace referencia a las unidades o acuíferos de mayor interés:

- Subsector Superior Central o Acuífero Superior Central (n.º 25 en Mapa).
- Subsector o Acuífero Inferior Occidental (n.º 26 en Mapa). En la parte occidental de este acuífero hay superpuesto un pequeño acuífero no reflejado en el plano (Acuífero de Balsa Nueva) con interés especial por su papel hidrogeológico.

— Subsector Noreste (n.º 24 en Mapa) del que se destacan tres acuíferos principales: Inferior, Intermedio y Superior Noroeste.

— *Acuífero Superior Central (A.S.C.).* Constituye un manto de carácter libre que ocupa la zona centro-sur del Campo, en una extensión de 225 km². Está formado por 100-150 m de calcarenitas y arenas, apoyadas en una formación impermeable de margas también pliocenas cuya potencia puede llegar hasta 600-1.000 m, las cuales integran buena parte del relleno de esta cuenca neógena marginal a Sierra de Gádor. Presenta cotas piezométricas desde el nivel del mar hasta 25-30 m. sobre el mismo. Por distinto grado de saturación y espesor de este acuífero poroso, la transmisividad, en general creciente de Sur a Norte, varía entre 0 y 20-30 m²/h, habiéndose estimado valores de porosidad eficaz del 10-20 %. Las entradas se producen por infiltración directa de la precipitación caída sobre el mismo y de la escorrentía superficial proveniente de la sierra, más allá de sus límites, así como por retornos de riegos y otros usos. Se descarga por bombeo y lateralmente hacia los acuíferos de Balsa Nueva, Inferior Occidental, Superior Noreste y hacia el mar. Para el período de calado del modelo matemático realizado de este acuífero (1982-84) las entradas se cifran en 28 hm³/a y las salidas en 24 hm³/a (de ellas, 13-16 por bombeo); se produce una restitución de reservas de unos 4 hm³/a, hecho imputable a un cierto abandono de captaciones por la calidad deficiente del acuífero y, especialmente, a los retornos de riego y urbanos. El acuífero se ha mantenido en situaciones próximas al equilibrio —en la actualidad es ligeramente excedentario— no existiendo problema de intrusión marina en el mismo.

Está en estudio la calidad química de las aguas de este acuífero. Como aproximación puede indicarse su empeoramiento, en general, en sentido Norte-Sur, con variaciones observadas de salinidad entre 1-1,5 g/l (borde norte) a 1,5-3 g/l (zona central) y hasta más de 4 g/l (borde sur). Las facies son cloruradas sódicas.

— *Acuífero Inferior Occidental (A.I.O.).* Se trata de un manto libre albergado en las dolomías alpujárrides de la unidad de Gádor (600-1.000 m de potencia) correspondientes a una parte del flanco suroeste de esta sierra y a su prolongación en hundimiento progresivo bajo el Campo, en donde pronto el acuífero queda confinado por materiales impermeables: margas pliocenas, margas miocenas, filitas triásicas, bajo el dominio del

A.S.C., o por filitas triásicas de la «Escama de Balsa Nueva», bajo el ámbito de ésta. A veces, a techo del acuífero existen unos 100 m de calcarenitas miocenas. En el Mapa se señalan los límites de este acuífero, indicando esquemáticamente la situación piezométrica en 1981. El sentido de los flujos subterráneos, en la situación actual, indica una convergencia de los mismos hacia las áreas centrales del acuífero, hecho que involucra al acuífero de la Escama de Balsa Nueva, antes vehículo de descarga del A.I.O. hacia el mar, ahora vía de penetración del agua de mar hacia el mismo. La extensión superficial del A.I.O., con la adopción de tales límites, alcanza unos 190 km², de los que 30 estarían sin saturar. La transmisividad del conjunto de materiales fisurados y detríticos se estima en 600-900 m²/h y la porosidad eficaz (zona libre) en un 5 % para las dolomías y un 12-13 % para las calcarenitas. En la zona cautiva el coeficiente de almacenamiento se cifra en $2,5 \times 10^{-4}$ a $1,5 \times 10^{-3}$.

Para el período 1982-84 de calado del modelo matemático realizado, se han obtenido unas entradas de 27 hm³/a por lluvia útil y retornos sobre la zona libre del acuífero y por aportaciones laterales desde acuíferos colindantes (A.I.N., A.S.C. y E.B.N.). Por ahora, aparte del señalado flujo de agua salina desde la escama, la entrada indirecta de agua de mar (drenancia) se considera despreciable. Actualmente, las únicas salidas son por bombeo. La buena calidad natural del agua de este acuífero y el alto rendimiento de sus captaciones, han originado un ritmo creciente de su explotación (la tercera parte del bombeo de todo el Campo) que hoy se sitúa alrededor de los 35 hm³/a.

La gran transmisividad de este acuífero se traduce en una superficie piezométrica muy plana que, debido al incremento continuo de explotaciones, pasó de cotas del orden de + 10 a + 11 m, en 1964-65, a cotas próximas a + 5 m, diez años más tarde, rebasando todo el acuífero la cota cero al comienzo de la década de los ochenta; en la actualidad se sitúa entre - 9 y - 11 m.

El agua del Acuífero Inferior muestra un residuo seco en torno a los 500 mg/l, casi siempre inferior a 1 g/l, y su facies hidroquímica es bicarbonatada cálcico-magnésica; y los cloruros se mantienen inferiores a 300 mg/l.

Mientras las cotas piezométricas fueron positivas, la descarga hacia el mar —según se dijo antes— se producía por el pequeño acuífero poroso de cobertera neogenocuaternaria del

área de Balanegra, flujo que actualmente está invertido. Este último acuífero, notable por su papel amortiguador del proceso de intrusión en el A.I.O., se denominará como «Escama de Balsa Nueva» (A.E.B.N.), pequeña unidad de carácter libre integrada por calcarenitas, conglomerados y arenas, con una base impermeable de filitas permotriásicas de la escama (?) que le da nombre, que no llega a estar completamente independizado del A.S.C., del que recibe lateralmente una recarga subterránea, ni del A.I.O., al que antes sirvió de vehículo de descarga y ahora recarga lateralmente. Su «volumen» de negocio actual es muy reducido (unos 4 hm³/a): a las transferencias de flujos antes señaladas se suman pequeñas entradas por lluvia útil y retornos, una recarga de agua de mar de unos 2 hm³/a, así como un bombeo de unos 0,5 hm³/a y un pequeño consumo de sus reservas.

— *Acuíferos del Subsector Noreste (S.N.).* En este sector del Campo existen tres acuíferos principales, conocidos sólo parcialmente por la complejidad estructural y la falta de sondeos de investigación que permitan obtener información sobre su geometría, piezometría, etc., razón por la cual no se señalan límites de los mismos. La superposición de estas unidades se produce cuando existe entre ellas uno de los siguientes tramos impermeables: las metapelitas de un importante resto del «manto de Félix», que desde media ladera de la sierra (donde cobija una zona del «manto de Gádor») se hunden bajo la llanura, con una extensión y profundidad incontroladas, y/o las margas pliocenas. Estos acuíferos son:

a) *Acuífero Inferior Noreste (A.I.N.).* que es el más importante del Campo por la cantidad y calidad de sus recursos. Incluye la mayor parte del flanco dolomítico meridional de la sierra («manto de Gádor») y su prolongación hacia el Sur bajo el llano, donde enseguida queda confinado bajo alguno de los impermeables citados y se pierde su control. Localmente puede llevar a techo un tramo calcarenítico (s.l.) o arrecifal-mioceno. Sus características litológicas, hidráulicas, de calidad química, etc., son similares a las del A.I.O. Se recarga por infiltración de lluvia útil (¿35-40 hm³/a?) incluso más allá de esta vertiente de la sierra; los retornos son mínimos. Actualmente (1985-86) se bombean unos 31 hm³/a, salidas bien controladas a las que hay que añadir descargas laterales hacia el A.I.O. (desde el área del Aguila) y hacia los otros dos acuíferos de este sector noreste. Asimismo existe una descarga al mar de difícil evaluación.

Su aportación de reservas se estima en varios hm^3/a .

Por las mismas razones que en A.I.O. es muy codiciado, pero sólo presenta un acceso fácil en el área de Aguadulce y, en menor medida, en la del Aguila. En el resto, aunque sea en su zona libre, la topografía complica su explotación. Ello originó desde un principio la importante concentración de bombeos (un 25 % del total del Campo) en la citada área costera, que fue incrementándose con el tiempo. Este bombeo ha ido disminuyendo muy notablemente la descarga hacia el mar (ya hace años que desapareció la surgencia de Aguadulce) y también ha provocado una intrusión local en la zona. Desde esta localidad hacia el Este, el acuífero entra en contacto directo con el mar.

b) *Acuífero Intermedio Noreste (A.It.N.)*, constituido por el tramo dolomítico del «manto de Félix» (muy discontinuo por estar casi dismantelado) y, por una cobertura miocena muy heterogénea (volcanitas, conglomerados, calcarenitas, etc.) sólo existe dentro del ámbito de la llanura y, dentro de ésta, sólo cuando están presentes las metapelitas de Félix cobijando a las dolomías de Gádor. Debido a un sistema complejo de fallas de distintas direcciones, incluso con emisiones volcánicas en el caso de la causante del acantilado de Aguadulce, este acuífero pasa de una situación de afloramiento o subafloramiento en el área de «La Gangosa» (con carácter libre y fácil acceso) a estar confinado bajo el relleno de margas pliocenas en fosas con centenares de metros de profundidad. Sólo en la zona costera de Roquetas, después de una fosa intermedia, vuelve a ser localizado parcialmente («horst de Roquetas») de manera análoga al denominado «horst de Guardias Viejas», bajo la zona central del Campo, sin que con ello se infiera una relación entre ambas estructuras.

Las características hidráulicas de este acuífero son muy heterogéneas, aunque en general las captaciones en el mismo tienen de medianos a buenos rendimientos. Se recarga por infiltración de lluvia útil (directamente o de escorrentías superficiales que alcanzan su zona libre), por retornos y, especialmente por descarga lateral desde el A.I.N. La calidad del agua es muy variable, en general de mediocre a mala. Ha sido intensamente explotado, acusando por ello importantes descensos de nivel por los que muestra desde hace años zonas con cotas piezométricas negativas. Es

necesario profundizar en su investigación (mediante sondeos especialmente) tanto en lo que se refiere a la propia definición del acuífero como a las eventuales causas de su contaminación que, al menos en el horst de Roquetas, obedece a una intrusión marina. El volumen de bombeo conjunto de este acuífero y del superior del mismo sector noreste es en la actualidad de $26 \text{ hm}^3/\text{a}$, valor que supone un 25 % del total extraído del Campo.

c) *Acuífero Superior Noreste (A.S.N.)*, estudiado hasta ahora conjuntamente con el anterior por falta de datos para su individualización, constituye un manto albergado en los materiales detríticos pliocenos y cuaternarios (arenas, gravas, conglomerados y calcarenitas) que se encuentran, bien sobre las margas pliocenas que rellenan esta parte de la cuenca, o en cuñas, lentejones, etc., intercalados en zonas marginales de las mismas. Esto ocasiona que este acuífero se convierta localmente en multicapa, perdiendo el carácter libre de sus tramos más superficiales. Dependiendo de la presencia o no del A.It.N., unas veces se halla en conexión hidráulica lateral con él y otras con el A.I.N. En su límite occidental, cuando no es estanco, está conectado lateralmente con el A.S.C. del que geológicamente es una prolongación. Sus características hidráulicas son similares a las de éste, aunque con mayor heterogeneidad. Lo mismo sucede con su calidad química. Se recarga por lluvia útil, directamente o desde las escorrentías superficiales que alcanzan su dominio, por retornos y descargas laterales desde los acuíferos colindantes. Se descarga por bombeo, hacia el mar y, localmente, hacia el A.It.N., cuando en su relación con él presenta mayor carga hidráulica.

En áreas con transmisividad más elevada, su explotación es importante, como ocurre con el A.It.N., en ocasiones captado conjuntamente. Tal explotación ha creado conos de depresión piezométrica de hasta - 15 a - 20 m de cota (El Viso-La Gangosa). En las áreas más litorales de transmisividad pequeña, casi no se bombea. Gracias a esta circunstancia aún se conserva un débil umbral piezométrico entre la costa y las áreas deprimidas del interior, que en parte ha podido preservarlas de la intrusión marina; pero el hecho de existir capas inferiores, de este manto no controladas, o en algún caso salinizadas, obliga a considerarlas como posibles vías de contaminación, problema que habrá de ser investigado.

4. BIBLIOGRAFIA

- I.G.M.E.: «Estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería)». 1977.
- I.G.M.E.: «Estudio hidrogeológico del Campo de Dalías (Almería)». 1982.
- I.G.M.E.: «Estudio hidrogeotérmico de la Comarca de Níjar (Almería)». 1982.
- I.G.M.E.: «Prospección geotérmica en la Depresión de Almería (1983)».
- I.G.M.E.: «Calidad de las aguas subterráneas en las Cuencas del Sur de España, 1.º y 2.º informe». 1980-1984.
- I.G.M.E.: «Proyecto de optimización en el uso de los recursos hidráulicos de la Vega de Guadix mediante bombeos y recarga artificial del acuífero». 1983-1984.
- I.G.M.E.: «Síntesis hidrogeológica de la provincia de Almería». 1986 (en revisión).
- I.G.M.E.: «Mapa geológico de España». Escala 1/50.000. Hojas núms.: 1011 (Guadix), 1012 (Fiñana), 1013 (Macael), 1014 (Vera), 1015 (Garrucha), 1028 (Aldeire), 1029 (Gérga), 1030 (Tabernas), 1031 (Sorbás), 1032 (Mojácar), 1043 (Berja), 1044 (Alhama de Almería), 1045 (Almería), 1046 (Carboneras), 1057 (Adra), 1058 (Roquetas de Mar), 1059 (Cabo de Gata), 1060 (Pozo de los Frailes).