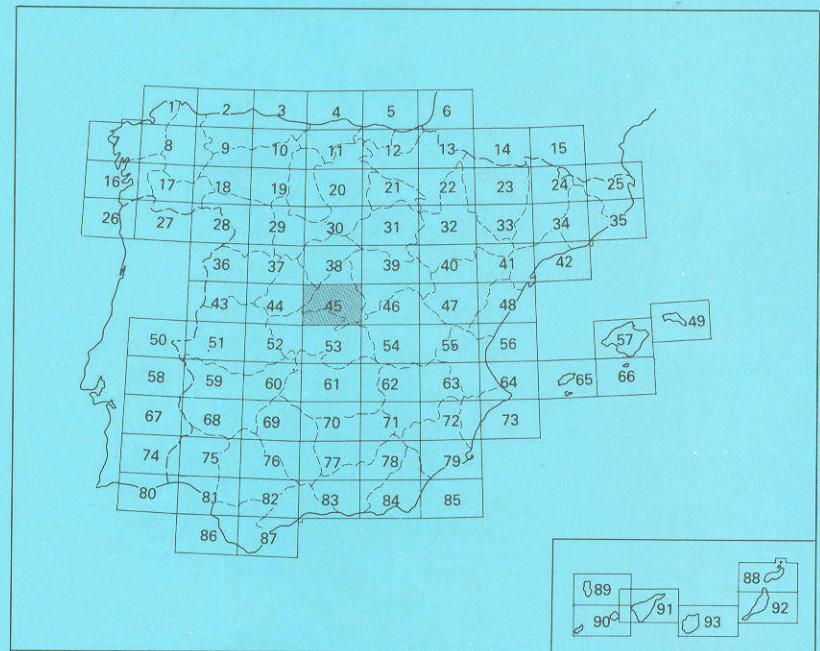




MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

Segunda edición



MADRID



Instituto Tecnológico
GeoMinero de España

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA
Escala 1:200.000

MADRID

Segunda edición

ÍNDICE

1. INTRODUCCIÓN	5
2. ENCUADRE GEOGRÁFICO	7
3. GEOLOGÍA	9
3.1. LITOESTRATIGRAFÍA.....	9
3.1.1. Complejo ígneo-metamórfico.....	9
3.1.2. Cretácico.....	9
3.1.3. Paleógeno.....	10
3.1.4. Neógeno.....	10
3.1.4.1. <i>Materiales de la facies detrítica</i>	10
3.1.4.2. <i>Materiales de la facies de transición</i>	11
3.1.4.3. <i>Materiales de las facies centrales</i>	11
3.1.5. Cuaternario	12
3.1. TECTÓNICA	13
4. HIDROGEOLOGÍA	15
4.1. FORMACIONES POROSAS NORMALMENTE SIN CONSOLIDAR	15
4.2. FORMACIONES FISURADAS Y KARSTIFICADAS	17
4.3. FORMACIONES POROSAS Y FISURADAS, OCASIONALMENTE CON ACUÍFEROS AISLADOS DE INTERÉS LOCAL	18
5. REDES DE CONTROL ACTUALMENTE ESTABLECIDAS	21
5.1. RED PIEZOMÉTRICA.....	21
5.2. RED DE CALIDAD	21
5.3. REDES DE AFORO	21
6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA.....	23
7. VULNERABILIDAD. FOCOS DE CONTAMINACIÓN	25
8. UTILIZACIÓN DEL AGUA	27
8.1. CONSUMOS URBANOS.....	27
8.2. CONSUMOS INDUSTRIALES.....	28
8.3. CONSUMOS AGRÍCOLAS	28
BIBLIOGRAFÍA	29

© INSTITUTO TECNOLOGICO GEOMINERO DE ESPAÑA
Ríos Rosas, 23. 28003 MADRID

Depósito legal: M-35274-1997

ISBN: 84-7840-312-4

NIPO: 241-97-011-X

Primera edición: 1991

Segunda edición: 1997

Fotocomposición: Geotem, S.L.

Impresión: Master's Gráfico, S.A.

1. INTRODUCCIÓN

Una de las misiones específicas del Instituto Tecnológico y Minero de España (ITGE) 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 ITGE 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 hidrodinámicas, la calidad y 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 los estudios se vienen publicando por el ITGE 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 oficial, en aquellas regiones en las que la información es más completa y abundante.

El objetivo 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 sobre mapas hidrogeológicos. Los mapas son por lo tanto cotejables 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 en forma que el mapa pueda entenderse como una sucinta memoria explicativa. Con objeto de facilitar la labor de todo aquél que se interese en una información más detallada sobre la región cubierta por la hoja, se incluye una lista de referencias bibliográficas, que comprende 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 ITGE.

2. ENCUADRE GEOGRÁFICO

La hoja hidrogeológica de Madrid a escala 1:200.000 queda incluida prácticamente en su totalidad en la cuenca hidrográfica del Tajo, y únicamente unos 170 km², del ángulo noroeste pertenecen a la cuenca del Duero.

Morfológicamente pueden diferenciarse tres paisajes distintos; el primero situado al NW es el típico relieve de rocas ígneas y metamórficas del Sistema Central, donde las cotas varían entre unos 500 y algo más de 1.600 m sobre el nivel de mar, resultando una pendiente media superior al 3%. El segundo relieve es el típico de llanuras castellanas, con lomas suaves y valles, entre los que destacan los de los ríos Alberche, Guadarrama, Manzanares, Jarama, Henares y Tajo. Este segundo paisaje es el que predomina dentro de la hoja extendiéndose según una franja central de dirección SW-NE, quedando las cotas más bajas al SW entre 400 y 500 m y las más altas al NE que llegan hasta los 800 m. Finalmente el tercer paisaje típico que aparece en esta hoja es el de los «páramos» que se sitúan en el ángulo SE formando mesetas más o menos planas a altitudes próximas a 800 m s.n.m. y con una ligera inclinación hacia el SW. Estos páramos se encuentran surcados por algunos cauces importantes entre los que se encuentran el Tajo y el Tajuña, que han excavado profundos valles en este área que llegan a individualizar unos páramos de otros.

Las aguas superficiales se drenan a los ríos ya citados, a los que se pueden añadir otros como el Perales, afluente del Alberche, el Aulencia, afluente del Guadarrama, y el Guadalix que lo es del Jarama.

Administrativamente esta hoja comprende parte de las provincias de Madrid, Toledo, Guadalajara, Ávila y Segovia. Desde el punto de vista demográfico es una de las más pobladas, debido sobre todo a Madrid capital y a su área de influencia, donde existen una serie de núcleos urbanos con notable número de habitantes como Leganés, Móstoles, Alcorcón, Alcalá de Henares, Getafe, Fuenlabrada, Torrejón de Ardoz, Alcobendas, Parla y Coslada, entre otros, que en total junto con la capital llegan a concentrar más de 4,5 millones de habitantes.

El número de habitantes de las otras provincias es en total de unos 100.000.

La ocupación del suelo además de la urbana, sobre todo en la zona de influencia de Madrid, puede destacarse las extensiones forestales compuestas fundamentalmente por pinares, robles y encinas que se localizan en el área de la Sierra. Asimismo, en el resto de las zonas de pueden destacar los cultivos de secano de cereales, viña, olivares y plantas aromáticas, reduciéndose los actuales regadíos a estrechas franjas adosadas a los principales cauces, en donde también son frecuentes chopos, sauces, olmos y juncos como vegetación natural.

En general, la productividad agrícola de esta región es de baja a media.

La ganadería es de cierta importancia en el área de la Sierra, fundamentalmente ganado vacuno, mientras que se presenta bastante escasa en el resto.

El sector industrial es ciertamente importante y se localiza principalmente dentro del área metropolitana de Madrid, concentrándose en una serie de polígonos industriales.

El clima de esta zona guarda una íntima relación con la morfología, sobre todo con la de la Sierra de Guadarrama, y el resto correspondiente a la depresión del Tajo. Así en el sector NW, en la Sierra, las temperaturas medias anuales son de unos 8° C con valores de 0° C en el mes de Enero y de alrededor de 18° C en Julio; y las precipitaciones anuales medias varían entre superiores a 1.000 mm en el extremo NW de la hoja a unos 600 mm

en la zona del borde de la Sierra de los que una parte considerable se registran en forma de nieve, quedando regulados parcialmente de forma natural algunos ríos de la Sierra. En la depresión las temperaturas son superiores y tomando las de la capital como representativas, se tiene una media anual de 14° C, que oscila entre los 5° C de Enero y los 24° C de Julio. asimismo las precipitaciones son mucho más homogéneas que en el sector de la Siera, quedando comprendidas las medias anuales entre los 600 del borde de la Sierra y algo menos de 400 mm que se registran en la zona centro meridional de la hoja.

3. GEOLOGÍA

A grandes rasgos se pueden diferenciar dos dominios claramente distintos de una parte el complejo ígneo-metamórfico, y de otra, con mayor interés hidrogeológico, el conjunto de formaciones sedimentarias mesozoicas y sobre todo cenozoicas que llenan la denominada cubeta o fosa del Tajo.

3.1. LITOESTRATIGRAFÍA

En esta hoja los materiales terciarios y cuaternarios ocupan aproximadamente las 3/4 partes del total, mientras que el cuarto restante corresponde al complejo ígneo-metamórfico. El mesozoico se encuentra escasamente representado en una estrecha franja situada en el borde de la Sierra en el término municipal de Valdemorillo, cuya superficie total de afloramiento inferior es 0,5 km².

3.1.1. Complejo ígneo-metamórfico

Está constituido por granitos (s.l.), gneises y rocas filonianas pertenecientes al Sistema Central. El contacto de éstos con los materiales más modernos suele ser por contacto mecánico y en su mayoría por falla inversa, siendo la traza bastante rectilínea y de dirección NE-SW.

Los granitos tienen una composición frecuentemente granodiorítica y ricos en biotita, feldespatos, con tamaño de grano medio, y ocasionalmente de grano grueso.

Los gneises son, en general glandulares con grandes feldespatos nodulares; afloran principalmente al SE, en una franja paralela al borde de la Sierra, de unos 15 km de longitud, en las inmediaciones del río Aulencia y más al W formando una ancha franja de dirección sensiblemente N-S que se extiende desde Guadarrama y Peguerinos a Villa del Prado, y presenta una anchura media de 5-6 km. Se les atribuye una edad Preordovícica.

El conjunto se encuentra bastante fracturado siendo los principales sistemas de fallas los distensivos NE-SW y los de desgarre de la misma dirección. En estas fracturas son frecuentes la presencia de diques de pórfito granítico, aplitas, diques básicos de cuarzo, de baritina, inyectados en diferentes fases sucesivas.

Independientemente se han desarrollado en ciertas zonas acumulaciones de lehm granítico como consecuencia de la alteración superficial de estas rocas cristalinas que a veces llegan a tener varios metros de espesor.

3.1.2. Cretácico

El Mesozoico existente en esta hoja se encuentra representado únicamente por una estrecha franja de Cretácico de unos ocho km de longitud que se sitúa en el término municipal de Valdemorillo. Estos afloramientos yacen adosados sobre los materiales del complejo ígneo-metamórfico y fundamentalmente sobre gneises glandulares.

Dentro del Cretácico pueden distinguirse dos unidades diferentes. La inferior, de características similares a la formación Utrillas, constituida por arenas gruesas, gravas de cuarzo y abundante matriz caolinítica. Tiene un espesor variable entre 4 y 7 m, resultando a veces impreciso el contacto entre estas arenas y los gneises debido a la alteración de éstos.

La unidad superior está formada de muro a techo por arenas calcáreas, calizas y dolomías a veces sueltas y algo arcillosas, que pueden también faltar por erosión post-cretácica. La potencia de este conjunto superior varía entre 15 y 25 m.

3.1.3. Paleógeno

Sus afloramientos se sitúan bien adosados a los materiales cretácicos o bien cabalgados por los granitos y gneises del Sistema Central, ocupando una estrecha banda discontinua en el borde NW de la cubeta del Tajo.

Se distinguen dos formaciones paleógenas. La inferior, casi siempre muy cubierta, está constituida por una alternancia de paleocanales de arenas y gravas, principalmente cuarzosas, con niveles de fango arcilloso de tonos abigarrados. Sobre esta base existe un nivel continuo de 3 a 8 m de espesor compuesto por areniscas y conglomerados finos con cemento silíceo (calcedonia fina) y a techo un potente paquete arcilloso. El espesor total de esta formación inferior es del orden de 130 m.

La unidad superior la forman arcosas distribuidas según extensos paleocanales en cuyas bases suelen contener gravas angulosas de cuarzo, o de aplitas, granitos y gneises. Estos niveles tienen espesores de hasta 10 m y entre ellos se intercalan niveles decimétricos de arenas fangosas y arcillas, que llegan a ser mucho más potentes en la zona de Quijorna.

La potencia total del Paleógeno excede los 600 m en los afloramientos, aunque puede ser considerablemente mayor bajo el recubrimiento neógeno que reposa discordantemente.

3.1.4. Neógeno

Estos materiales son los de mayor importancia en cuanto a extensión y potencia dentro de la hoja.

Se trata de sedimentos de origen continental dentro de las cuales se han diferenciado en cartografía seis grupos de unidades atendiendo a sus distintas facies y características hidrogeológicas. Desde el punto de vista sedimentario pueden agruparse estos en 3 conjuntos diferentes:

3.1.4.1. Materiales de la facies detrítica

Son los de mayor interés hidrogeológico, sobre todo aquellos que se han agrupado en cartografía formando una extensa aureola más o menos paralela al borde NW de la cuenca sedimentaria. Desde el punto de vista litológico están presentes varios tipos de formaciones detríticas que tradicionalmente se han denominado «Madrid», «Guadalajara» y «Tosco». Por otro lado, y con un interés hidrogeológico mucho menor se ha cartografiado otra formación detrítica que corresponde con la denominada «Alcalá», presente en el extremo NE de esta hoja.

Las tres primeras están constituidas por arenas arcósicas, gravas finas, limos y arcillas en proporción variable según la formación y con frecuentes cambios laterales de facies. Así, mientras que en la F. Madrid el tamaño de grano es más grueso, éste decrece en la F. Tosco y en la F. Guadalajara, y asimismo ocurre con la proporción arena-arcilla en la matriz que envuelve a los lentejones más groseros.

La otra facies detrítica (F. Alcalá) está constituida por bancos arcillosos con niveles margosos y arenosos bien estratificados. Debido a este aumento en materiales detríticos finos con respecto a las tres anteriores, ha sido cartografiada aparte como consecuencia de incidir tales características en su comportamiento hidrogeológico.

El contacto entre unas formaciones y otras es gradual y arbitrario. De esta forma se han considerado a la Tosco y a la Alcalá infrayacentes a la Madrid y a la Guadalajara, respectivamente, y el cambio lateral entre las dos superiores (Madrid y Guadalajara) y las dos inferiores (Tosco y Alcalá) se puede situar aproximadamente en el trazado del Jarama.

3.1.4.2. Materiales de la facies de transición

Serían aquellos con caracteres mixtos entre las facies detríticas o de borde y las centrales o químicas. En la cartografía ocupan una posición bastante centrada en la hoja, situándose sus afloramientos según unas franjas irregulares E-W y SW-NE que normalmente separan los materiales detríticos, hacia el lado de la Sierra, de los de origen químico que se localizan en el SE, es decir hacia las zonas más centrales de la cuenca.

Dentro de estas facies se suelen distinguir litológicamente y por su posición estratigráfica dos formaciones: «Anchuelo», inferior y «Peñuela», superior. Aunque en este caso se han englobado juntas en la cartografía. La primera está constituida fundamentalmente por niveles métricos de arcillas rojas que alternan con otros de margas verdes, pudiendo aparecer también algunos horizontes intercalados de arenas finas, arcillas biotíticas, o arcillas negras con algunos metros de espesor. Estratigráficamente, la formación Anchuelo pone de manifiesto el tránsito entre las formaciones Tosco y Alcalá con la F. Vallecás de la facies central.

La F. Peñuela está constituida por margas verdes y azuladas, margocalizas, calizas, silex, sepiolitas, etc. Tiene carácter expansivo y frecuentemente se indenta en la facies detríticas. Desde el punto de vista hidrogeológico únicamente la F. Peñuelas puede presentar cierto interés al encontrarse karstificados algunos afloramientos calizos, aunque siempre de forma bastante local y aislada.

3.1.4.3. Materiales de las facies centrales

Dentro de estas facies se distinguen tres formaciones las cuales de muro a techo son las siguientes: «Vallecás», «Villarejo» y «Páramos».

En la cartografía se han separado también tres unidades, con la particularidad de que una de ellas engloba la F. Villarejo y la parte basal detrítica de las F. de los Páramos, mientras que otra se corresponde con la F. Vallecás y la tercera con las calizas lacustres del páramo.

La F. Vallecás está constituida principalmente por yesos de color gris verdoso que se disponen en bancos masivos o en niveles finamente estratificados que alternan con paquetes de margas yesíferas. La potencia visible de esta formación es de 80-100 m en los escarpes de los valles del Jarama y Tajuña, aunque la real es considerablemente mayor como lo demuestran algunos sondeos profundos existentes.

Los yesos son normalmente especulares o masivos con frecuentes cambios laterales. Las diaclasas, asimismo, pueden estar llenas de yesos especulares en placas, o de yesos fibrosos blancos de neoformación. Eventualmente son frecuentes las intercalaciones de otras sales magnésicas como glauberita, thenardita, mirabilita, etc. e incluso de sal común.

Cuanto mayor es el porcentaje de sales de los afloramientos mayor grado de karstificación alcanzan, provocándose también hundimientos y dando lugar a algunos manantiales salinos. Según datos de sondeos profundos esta formación evoluciona hacia el NW,

constituyendo el substrato de las facies de transición hasta ponerse en contacto con las facies detríticas; así al W de Getafe y bajo el casco urbano de Madrid, estos yesos continúan de manera irregular bajo las formaciones arcósicas hasta desaparecer al W de Fuenlabrada. Hacia el E y SE esta formación yesífera constituye siempre la base de todas las demás pertenecientes a las facies centrales.

La F. Villarejo puede considerarse como la continuación de la F. Peñuela de las facies de transición hacia el centro de la cuenca. Litológicamente está integrada por un tramo basal margo-yesífero y otro superior calcáreo que a veces queda coronado, como al E de Chinchón, por un nivel muy constante de grandes nódulos de silex de hasta 1 m³, intercalados entre yesos pardos microcristalinos. La potencia total de esta formación puede oscilar entre 40 y 90 m.

La F. de los Páramos se encuentra claramente discordante sobre la anterior y está constituida por un conjunto de materiales detrítico-calizos, de origen fluvio-lacustre, en el que se distinguen litológicamente una serie detrítica-basal y un paquete calizo superior (calizas del Páramo).

La serie detrítica basal englobada cartográficamente con la F. Villarejo está formada por gravas, arenas, limos y arcillas con una distribución y espesores muy variables. Los cantos pueden llegar a tamaños considerables, de hasta 20 cm, y la matriz microconglomerática, arenosa o arcillosa, siempre feldespática y el cemento calizo. El techo de este tramo basal suele estar formado por arcillas micáceas rojizas que pasan a margas arenosas rojizas con nódulos calcáreos y a calizas a veces tobáceas. La potencia oscila entre 7 y 35 m.

Las calizas del Páramo dan lugar a las mesas típicas de La Alcarria que ocupan una gran extensión en la cubeta del Tajo. Estratigráficamente se presentan en continuidad con la serie detrítica basal y ellas mismas presentan intercalaciones terrígenas arenosas o arcillosas, casi siempre rojizas. Litológicamente suelen clasificarse como micritas, biomicritas o biomicrorruditas, de color gris o beige, compactas y yaciendo en bancos de 0,30 a 1 m o bien masivas, tobáceas, o arenó-arcillosas sobre todo hacia la base. La potencia es variable y oscila entre 40 y 80 m yaciendo con suaves pliegues que bajo la superficie de erosión del páramo aparecen decapitados por la misma.

Finalmente, cabe señalar que, sobre las calizas suavemente deformadas y erosionadas, se desarrolla un proceso de karstificación con relleno de «terra rossa» que en algunas depresiones pueden alcanzar hasta 6 m de espesor en la zona norte y bastante más en la zona sur, donde además de terra rossa aparecen depósitos de origen fluvial discordantes sobre los páramos (zona de Chinchón) que en total pueden llegar a alcanzar 25 m de potencia y cuya edad se atribuye al Plioceno.

3.1.5. Cuaternario

Está constituido principalmente por depósitos ligados a redes fluviales donde podrían distinguirse las terrazas bajas, las altas, las llanuras de inundación, aluviales de fondo de valle, aunque también pertenecen a esta edad algunos coluviones, conos de deyección, depósitos aluviales, loess y travertinos.

En general se trata de materiales detríticos más o menos gruesos y clasificados y con mayor o menor proporción de matriz limo-arcillosa.

atendiendo a su comportamiento hidrogeológico puede decirse que, «a priori», la permeabilidad primaria es bastante aceptable y por tanto constituyen acuíferos con porosidad intergranular.

Se han diferenciado en cartografía por un lado los conectados con los cauces superficiales, y por otro aquellos materiales cuaternarios que aparecen colgados sobre los niveles de los ríos circundantes si bien pueden estar en conexión con acuíferos terciarios infrayacentes.

Las potencias son muy variables pudiendo llegar a un máximo de 50 m en algunas zonas de la vega del río Tajo.

3.2. TECTONICA

En principio cabe diferenciar tres dominios estructurales diferentes: el zócalo granítico-gneúsico, las unidades cretácico-paleógenas plegadas y el Neógeno tabular o suavemente plegado.

El zócalo, que aflora en el sector noroccidental y forma la base de la cubeta del Tajo, ha influido enormemente sobre la sedimentología, morfología y tectónica de los materiales que llenan dicha fosa.

El límite de separación entre el zócalo cristalino y los otros dos dominios viene dado por un accidente morfogenético de tipo falla inversa de medio ángulo y dirección NE-SW con una importante componente de desgarre sinistral. El buzamiento del plano de falla oscila entre 40 y 70 grados hacia el NW. Este accidente a su vez se ve afectado por fallas de desgarre de dirección ENE-WSW.

El complejo ígneo-metamórfico, a causa de sucesivos fenómenos tectónicos, se encuentra compartimentado en una serie de bloques levantados y hundidos, tanto en los afloramientos como en el basamento de la cuenca.

En investigaciones llevadas a cabo en los últimos tiempos, mediante técnicas geofísicas y sondeos profundos, para conocer la geometría del zócalo por debajo de la cubierta sedimentaria se han detectado una serie de accidentes morfoestructurales que han contribuido al mejor conocimiento de la geometría de los acuíferos terciarios en profundidad. De estos accidentes se pueden destacar los siguientes:

- Basculamiento general del zócalo hacia el SW.
- Existencia de depresiones importantes, como son: al NE de El Pardo con profundidad máxima de 3.000 m; en Brunete con profundidad del basamento a 2.500 m; en San Martín de la Vega con profundidad de 2.000 m.
- Existencia de umbrales que separan zonas más deprimidas, como el que se extiende desde Esquivias hasta Guadalajara, con el zócalo a una profundidad de Este umbral parece coincidir 500 m con la separación de las facies detríticas y las centrales del Neógeno de la Fosa del Tajo.
- Existencia de alineaciones en el zócalo oculto, como son: las NE-SW muy abundantes y subparalelas al límite del afloramiento del zócalo; fracturas N-S entre Madrid y Alcalá de Henares; una lineación NW-SE desde San Lorenzo de El Escorial a Tielmes, y otra, E-W que pasa por Móstoles y por Arganda.

Las unidades cretácico-paleógenas se encuentran plegadas según pliegues de orientación ENE-WSW y casi E-W en el Cretácico, vergentes hacia el S y con ejes fuertemente inclinados (30-40 grados) hacia el E. Al N de Quijorna se ven afectados por desgarres sinistrales E-W y ENE-WSW que posteriormente han sido reactivados como fallas normales.

Las unidades neógenas se presentan suavemente inclinadas en las zonas de borde cercanas al Sistema Central con buzamientos medios de 10-15 grados hacia el centro de la cuenca, mientras que en el resto aparece de manera subhorizontal, aunque con algunos basculamientos, fisuras y pliegues de gran radio, como consecuencia de fenómenos dia-généticos o por reajuste de algunos movimientos de bloques en el zócalo profundo.

En resumen, puede decirse que tanto las deformaciones locales como las regionales, de amplio radio, y la orientación selectiva de la red fluvial en general, parece responder a una única causa principal; la tectónica de horst-grabben del basamento.

4. HIDROGEOLOGÍA

En el espacio que cubre esta hoja se han separado tres grandes grupos de unidades hidrogeológicas.

- I) Formaciones porosas normalmente sin consolidar.
- II) Formaciones fisuradas y karstificadas.
- III) Formaciones porosas y fisuradas, ocasionalmente con acuíferos aislados de interés local.

4.1. FORMACIONES POROSAS NORMALMENTE SIN CONSOLIDAR

Dentro de este grupo se han incluido los cuaternarios más importantes y los materiales más permeables de la facies detrítica del Mioceno y del Paleógeno.

Todo el conjunto forma un sistema acuífero fuertemente heterogéneo y anisótropo. En la nomenclatura del ITGE se denomina «Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres» y se corresponde con el número 14. Este sistema se divide en dos subunidades, la Madrid-Toledo y la Cáceres. El sector del acuífero incluido en esta hoja 1:200.000 corresponde a parte de la primera.

Los límites de la subunidad Madrid-Toledo son el borde meridional del Sistema Central, el borde septentrional de los Montes de Toledo, y por el E y SE las formaciones intermedias y sobre todo centrales de la fosa del Tajo. Si bien todo el sistema acuífero constituye una unidad, por su comportamiento pueden separarse los cuaternarios de los terciarios.

Los primeros incluyen los aluviales y las terrazas bajas en conexión con las aguas superficiales. Pueden considerarse acuíferos libres que se recargan a partir de la infiltración de la lluvia y de la percolación del Terciario infrayacente, y se descargan en los ríos.

Mediante captaciones podría llegar a invertirse el sentido de circulación de agua subterránea, de modo que con explotaciones convenientes pudiera tomarse indirectamente agua del río.

A partir de algunos pozos que explotan exclusivamente el acuífero cuaternario se han podido calcular algunos parámetros hidrogeológicos. Así han resultado valores medios de porosidad comprendidos entre 10^{-1} y 2×10^{-1} , y de transmisividades entre 200 y 1.000 m²/día. Por otro lado, la explotación de éstos se situaría entre escasa y media, a pesar de las numerosas captaciones existentes, sobre todo pozos de poca profundidad.

La calidad química de las aguas subterráneas que albergan presenta valores de residuo seco comprendido entre 250 y 400 mg/l en los aluviales de los ríos Alberche, Guadarrama y zona alta del Jarama; mientras que se pueden alcanzar más de 3.500 mg/l en el resto (Manzanares, Tajo, zona baja del Jarama).

En cuanto al Terciario, todos los materiales de las facies detrítica y los paleógenos se pueden considerar como un único acuífero complejo, fuertemente anisótropo y heterogéneo, cuya potencia media, puede estimarse del orden de los 1.500 m.

Los niveles más permeables están constituidos por lentejones de arenas y gravas que se intercalan entre otros menos permeables compuestos por arcillas, limos y arenas arcillosas. Regionalmente, se ha apreciado otra heterogeneidad que es la variación de la permeabilidad en relación con la distancia a las áreas madres. Debido a esto se pueden distinguir varias subfacies: proximal, media y distal. La media coincide con el máximo de per-

meabilidad como consecuencia de la mejor granoclasiación, mientras que la proximal comprende materiales mezclados de muy diferentes granulometrías, y la distal está constituida fundamentalmente por materiales finos.

A escala regional, este acuífero complejo se recarga principalmente en las zonas de interfluvio, a partir de la infiltración directa de aguas de lluvia, y la descarga se lleva a cabo por las zonas más bajas o valles que lo atraviesan, casi siempre ocupados por materiales permeables del Cuaternario.

El funcionamiento tridimensional queda establecido mediante una circulación con una componente descendente en las zonas de interfluvio a través de los materiales semipermeables, una circulación con una componente ascendente en las zonas del valle, y otra subhorizontal en los niveles más permeables, desde los interfluvios hacia los valles.

Como consecuencia de este funcionamiento la piezometría va a depender en gran medida de la situación de los piezómetros dentro del acuífero y de la profundidad que se considere. Así la piezometría aumentará con la profundidad en las zonas de valle, mientras que disminuirá con ésta en las zonas de interfluvio.

Con el fin de reproducir, el funcionamiento hidrológico del acuífero, el ITGE, ha realizado un modelo digital tridimensional. Para ello, se ha supuesto el acuífero dividido en tres capas, cada una con una potencia de 200 m y la discretización superficial se ha hecho en malla de celdillas de 4.000 x 4.000 metros. Se han obtenido mediante el modelo las piezometrías correspondientes a cada una de las capas, resultando que la de la primera capa (de 0 a 200 m) coincide prácticamente con la obtenida con las medidas reales de la red piezométrica, hecho lógico si se tiene en cuenta que la mayoría de los piezómetros se localizan en los primeros 200 m.

La piezometría resultante para la segunda capa (de 200 a 400 m) del modelo se parece a grandes rasgos a la de la primera, aunque se nota ya una tendencia a no poner tan claramente su similitud con la topografía del terreno.

Finalmente, la piezometría obtenida mediante el modelo para la capa profunda, no guarda ninguna semejanza con la de las capas superiores y, como puede verse en las direcciones preferenciales de flujo subterráneo representadas en el plano, estas obedecen a un sentido NE-SW generalizado, es decir dirigidos hacia el Alberche y Tajo desde zonas centrales del acuífero sin observarse la incidencia de cauces intermedios como los del Manzanares y Guadarrama.

En resumen, la piezometría de la primera capa del modelo y la obtenida a partir de la red piezométrica son prácticamente idénticas. Las cotas del agua subterránea más elevadas se sitúan alrededor de los 700 m s.n.mar, en el extremo NE del acuífero, y las más bajas a menos de 420 m s.n.mar en la zona próxima al valle del río Alberche en el extremo SW de la hoja. Los valores intermedios entre los dos extremos citados tienen una distribución que se adapta de manera general paralelamente a la topografía, alcanzando cotas elevadas en los interfluvios y bajas en los valles, dirigiéndose hacia estos los flujos subterráneos procedentes de aquellos. Esto daría lugar en los valles a numerosas zonas de artesianismo en épocas pasadas, de las que en la actualidad sólo quedan reliquias al haberse deprimido los niveles de agua subterránea como consecuencia de las extracciones. Dentro de la hoja se han marcado cuatro zonas con artesianismo: una en el borde N, en

el Arroyo Torote, dos en el Guadarrama, y otra en la esquina SW, entre el río Alberche y la carretera N-V.

Otras de las conclusiones aportadas por el modelo matemático fueron que por la primera capa (0-200 m) circula el 72% del total del acuífero, por la segunda (200-400 m) el 20%, y sólo un 8% tendría lugar en la capa profunda (400-600 m); que los conos de depresión creados por los bombeos son profundos y de poca extensión superficial; y que el acuífero presenta una gran inercia, no afectando los bombeos en el transcurso de un año a zonas situadas a más de cuatro kilómetros de distancia.

Finalmente, y dentro del contexto del modelo matemático se han distribuido según celdillas los caudales extraídos en m³/año como puede verse en el plano correspondiente a escala 1:400.000. La zona con mayores extracciones se sitúa al SW de Madrid, donde aparecen cuatro celdillas con caudales extraídos superiores a 1.000.000 m³/año, siendo en dos de ellas de 1.500.000 m³/año, en un área próxima a Móstoles.

En cuanto a parámetros hidrogeológicos, las transmisividades más frecuentes oscilan entre 5 y 50 m²/día, siendo las máximas superiores a 200 m²/día.

La calidad química de las aguas subterráneas presenta variaciones tanto en superficie como en profundidad, aunque normalmente suele ser buena y apta para los diferentes usos. En general, son aguas de dureza media (entre 12 y 35° F), con conductividades comprendidas entre 200 y 500 µmhos/cm que aumentan hacia el S y el W. El total de sólidos disueltos de estas aguas está comprendido entre 250 y 500 ppm, y el contenido en cloruros entre 10 y 100 ppm aumentando en general hacia el SW. Finalmente, por su contenido iónico se clasifican como bicarbonatadas cálcicas o sódicas.

En lo que se refiere a la calidad química de las aguas subterráneas albergadas en las formaciones paleógenas, ésta es peor, de manera que un 75% resultan ser cloruradas, y de éstas el 50% alcalinas y el resto calcoalcalinas. Aparte, también se dan tipos bicarbonatadas cálcicas y cloruradas bicarbonatadas calcoalcalinas.

4.2. FORMACIONES FISURADAS Y KARSTIFICADAS

En este grupo se han incluido las calizas lacustres de los Páramos, que en su totalidad constituyen el denominado sistema acuífero n.º 15 que se localiza íntegramente en la cuenca hidrográfica del Tajo. En esta hoja únicamente está presente el sector más suroccidental de dicho sistema acuífero.

Estas calizas reposan sobre la serie detrítica basal de los páramos y funcionan como un acuífero kárstico libre y colgado, al haber excavado los ríos que lo limitan y atraviesan profundos valles que han cortado a dicha formación y a los impermeables infrayacentes de las facies centrales.

La recarga de los acuíferos se produce exclusivamente por la infiltración de las precipitaciones que tienen lugar sobre los afloramientos, y la descarga natural a través de los manantiales que bordean los páramos, yendo a parar estas aguas a los correspondientes ríos que actúan como ejes de drenaje del sistema. En este sentido la circulación subterránea se dirige hacia los bordes de los páramos y principalmente es el río Tajuña el que actúa como colector fundamental de la descarga del acuífero.

Las transmisividades de este acuífero varían desde 1 ó 2 m²/día.

Las exploraciones subterráneas se realizan mediante sondeos con profundidades comprendidas entre 50 y 100 m, y con rendimientos inferiores normalmente a 10 m³/h, y excepcionalmente superiores a 40 m³/h.

Los problemas que presentan las captaciones de aguas subterráneas se centran, además de la heterogeneidad del acuífero, en el carácter colgado del mismo y en el escaso espesor saturado que presenta, lo que da lugar en la mayoría de los casos a la imposibilidad de poder realizar grandes depresiones en el nivel dinámico de las explotaciones. Por otro lado, hay que tener en cuenta que las reservas subterráneas utilizables se ven disminuidas al encontrarse el sistema bastante fragmentado por la erosión dando lugar a varias subunidades o acuíferos independientes.

La piezometría existente pone de manifiesto una circulación abierta del agua desde las zonas centrales y elevadas de los páramos hacia los bordes, con un gradiente generalizado de NE a SW que coincide con la inclinación que experimentan estas formaciones hacia el centro de la cuenca. Las cotas absolutas del agua varían entre los 860 m s.n.mar en la zona NE a los 700 m s.n.mar en la SW.

Químicamente estas aguas son de dureza media aunque en el páramo de Chinchón se superan los 65° F. El total de sólidos disueltos varía entre 500 y 1.000 ppm, siendo este último valor más abundante. Los cloruros son próximos a 25 ppm. La mineralización es notable así como las conductividades aumentando ambas hacia los páramos más meridionales. La naturaleza química predominante es bicarbonatada cálcica, aunque en algún punto del páramo de Chinchón se han detectado aguas un tanto sulfatadas con carácter primario. Las relaciones iónicas indican lógicamente equilibrios con materiales calizos, litología predominante de los acuíferos aunque en algunos casos las relaciones $r\text{SO}_4^{2-}/r\text{CA}^{++}$ y $r\text{CL}^{-}/r\text{Na}^{+}$, como ocurre en la zona más meridional, ponen de manifiesto la influencia de los materiales evaporíticos situados hacia el muro del acuífero. Esto último puede deberse a que algunos sondeos alcanzan el substrato de naturaleza evaporítica, o bien que algunos manantiales drenen aguas que hayan estado en contacto con el mismo.

La calidad general de las aguas es químicamente aceptable, si bien ésta se ha visto degradada en un alto porcentaje por los altos contenidos de NO_3^- y NO_2^- que presentan prácticamente la mitad de los puntos muestreados, algunos de ellos actuales abastecimientos a núcleos urbanos. Esto se debe, a parte de las prácticas agrícolas, a la posible influencia de los vertidos residuales urbanos que se realizan sobre los páramos de manera incontrolada.

4.3. FORMACIONES POROSAS Y FISURADAS, OCASIONALMENTE CON ACUÍFEROS AISLADOS DE INTERÉS LOCAL

Se agrupan aquí el resto de las formaciones cartografiadas, no descritas hasta ahora, que por uno u otro motivo presentan un interés hidrogeológico menor. Estas son las siguientes: materiales cuaternarios con escaso interés hidrogeológico, materiales poco permeables de la facies detrítica (F. Alcalá), formaciones infrayacentes a las calizas del Páramo (serie detrítica basal y F. Villarejo), materiales de las facies intermedias (F. Peñuela y F.

Anchuelo), materiales yesíferos y, margoyesíferos de las facies centrales (F. Vallecás), materiales cretácicos y, finalmente, materiales del complejo ígneo-metamórfico del Sistema Central.

Entre los cuaternarios podrían citarse los constituidos por terrazas altas desconectadas, depósitos de pie de monte, glacis, loess, etc., que aunque no deben considerarse acuíferos propiamente dichos, a veces debido a su permeabilidad, favorecen la recarga de acuíferos infrayacentes como el Terciario detrítico.

En este grupo también se incluyen aquellas formaciones terciarias de baja permeabilidad en general, como son las denominadas F. Alcalá, los materiales de la facies intermedia, las formaciones infrayacentes a las calizas del Páramo. No obstante pueden albergar en ocasiones algunos niveles más permeables con un interés muy localizado y que dan lugar a alguna surgencia poco importante.

También dentro de este grupo se encuentran los materiales yesíferos y margo-yesíferos de las facies centrales que en general tienen poco interés desde el punto de vista hidrogeológico, aunque a veces los yesos están karstificados proporcionando caudales aceptables pero de mala calidad química.

Por otro lado los materiales cretácicos, debido a la escasa extensión que presentan en la hoja no se pueden considerar acuíferos a escala regional, aunque localmente sí al estar constituidos principalmente por calizas y dolomías karstificadas.

Finalmente, los materiales del complejo ígneo-metamórfico, incluidos en este grupo, pueden considerarse como acuífugos, sin embargo puede encontrarse agua subterránea localmente en algunas fracturas abiertas, en los «lehm» graníticos, y en pequeños aluviales que dan lugar a manantiales o explotaciones de reducido caudal. La calidad química de estas aguas es excelente con valores de total de sólidos disueltos normalmente inferiores a 250 ppm, predominando las bicarbonatadas cálcicas y cálcico-magnésicas. Debido al contacto por falla inversa con las formaciones sedimentarias se puede dar a través de las fracturas una conexión hídrica subterránea con dichos materiales sedimentarios.

5. REDES DE CONTROL ACTUALMENTE ESTABLECIDAS

En el momento actual existen en esta hoja tres redes de control; piezométrica, de calidad y de aforos. Estas aportan una serie de datos específicos para la investigación de los sistemas acuíferos núms. 14 y 15 ubicados en esta hoja.

5.1. RED PIEZOMÉTRICA

El ITGE, desde 1977, viene controlando de forma periódica la evolución de niveles piezométricos en el sistema acuífero n.º 14 y desde 1980 para el sistema acuífero n.º 15.

En la hoja de Madrid se localizan actualmente 76 piezómetros, 67 que corresponden al sistema acuífero n.º 15. En general en estas redes se realizan campañas bimensuales de medición de niveles.

La evolución última de niveles respecto a períodos anteriores resulta más o menos estabilizada en la mayoría de los casos en el sistema 14 como en el 15.

En cuanto a la correlación existente entre las precipitaciones y la evolución de niveles piezométricos se observa una cierta correspondencia en las zonas más permeables del sistema cuífero n.º 14, aunque dentro de éstas pueden existir algunas discrepancias localizadas donde se deje notar el efecto de los bombeos. Por el contrario, en el sistema acuífero n.º 15 no se ha observado en ningún caso esta correspondencia entre los niveles piezométricos y las precipitaciones, hecho que puede deberse a la mayor transmisividad de este acuífero que produce que la infiltración de las aguas de lluvia se amortigua en un periodo muy corto en el acuífero saturado.

5.2. RED DE CALIDAD

La calidad de las aguas subterráneas del sistema acuífero n.º 14 se empezó a controlar periódicamente desde 1980, mientras que la del sistema acuífero n.º 15 comenzó en el año 1981.

En cuanto a la variación en el tiempo de las características químicas ésta es prácticamente mínima con ligeras diferencias de carácter puntual.

5.1. REDES DE AFORO

En el área abarcada por esta hoja hidrogeológica, el ITGE realiza desde 1981 una serie de aforos escalonados localizados, siete en el río Guadarrama y sus afluentes, y uno en el Tajuña. Los aforos se realizan, normalmente, antes y después del estiaje y tienen por objetivo acotar las relaciones de los ríos con los acuíferos. En el mapa se presentan los valores medios obtenidos en la campaña de 1985.

El M.O.P.U. posee además dentro de esta hoja 20 estaciones de aforo que afectan tanto a los materiales del complejo ígneo-metamórfico como a los principales acuíferos presentes. Estos se han incluido en el mapa hidrogeológico, en donde se expresa el caudal medio en $hm^3/año$, el periodo de medición y el área abarcada en km^2 .

6. INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

El ITGE tiene inventariados en la hoja de Madrid a escala 1:200.000, más de 5.000 puntos de agua, de los que un 90% se localizan en el Terciario detrítico (sistema acuífero n.º 14) y cuaternarios más importantes, el 1% se encuentran en el complejo ígneo-metamórfico, el 3% en las calizas de los Páramos (sistema acuífero n.º 15) y el 6% restante se encuentran relacionados con otros acuíferos cuaternarios locales distribuidos de forma irregular por la superficie de la mitad oriental de la hoja.

La naturaleza de los puntos inventariados se distribuye de la siguiente forma: el 70% corresponde a pozos, algo menos del 20% a sondeos y el resto son en su mayoría manantiales.

En el sistema acuífero n.º 15 y en el complejo ígneo-metamórfico es donde más abundan los manantiales, mientras que los pozos y sondeos son muy numerosos en el Terciario y Cuaternario, cuyas profundidades han ido aumentando en el tiempo progresivamente a medida que los niveles piezométricos han descendido como consecuencia de la explotación de los acuíferos.

Actualmente la mitad de los pozos existentes tienen más de 15 m de profundidad y casi el 60% de los sondeos tienen profundidades comprendidas entre 50 y 150 m, superando los 200 m sólo algo más del 10% de los mismos.

El Exmo. Ayuntamiento de Madrid en un estudio realizado entre los años 1982 y 1984 ha inventariado en el municipio un total de 1.291 puntos de agua, que según su naturaleza se distribuyen de la siguiente forma:

- 63 manantiales.
 - 263 sondeos.
 - 327 pozos excavados.
 - 638 sondeos de reconocimiento.

En dicho estudio se indica que los sondeos de reconocimiento inventariados sólo representan una mínima parte de los existentes en la realidad, que los pozos excavados pueden ser realmente el doble y que los sondeos que figuran en dicho inventario corresponden sólo a un 70-80% de los existentes.

Los 1.291 puntos de agua se distribuyen según su localización de la siguiente forma:

- 61% en el Terciario de facies detrítica.
 - 28% en el Cuaternario.
 - 9% en el Terciario de facies de transición.
 - 2% en el Terciario de facies evaporíticas.

7. VULNERABILIDAD. FOCOS DE CONTAMINACIÓN

Se han distinguido tres zonas con diferente tipo de vulnerabilidad con respecto a la posible contaminación de las aguas subterráneas.

Las áreas de mayor vulnerabilidad corresponden a aquellas en las que afloran formaciones con permeabilidad alta, ya sean de tipo detritico (cuaternarios aluviales) o de tipo kárstico (calizas del Páramo y calizas y dolomías cretácicas). En cualquiera de estas áreas el impacto contaminante puede ser muy elevado y de difícil solución si llega a degradar la calidad de las aguas subterráneas.

En el siguiente grupo se han englobado como «zonas de vulnerables en principio» a los materiales detríticos del Terciarios (sistema acuífero n.º 14), en los que la fragilidad de los materiales ante cualquier contaminación de las aguas subterráneas, es función del contenido en arcillas; lógicamente, las facies más arenosas son las más contaminables. Debido a este carácter variable habrá que estudiar en cada caso particular la viabilidad o no de realizar cualquier tipo de vertido contaminante.

Finalmente, se ha agrupado como «zonas poco vulnerables», aquellas que por su escasa permeabilidad no constituyan un peligro inminente ante cualquier clase de vertido, aunque siempre habrá que proteger algunos manantiales o embalses de aguas superficiales que constituyan abastecimiento de poblaciones, mediante un perímetro de protección suficiente. En este grupo se han incluido los materiales del complejo ígneo-metamórfico y las facies detríticas menos permeables, las de transición y las centrales, salvo las calizas de los páramos del Terciario de la fosa del Tajo.

Los focos contaminantes pueden clasificarse en extensivos y puntuales. Los primeros se originan debido a las prácticas agrícolas (abonos, pesticidas, etc.), y los segundos por la concentración local de vertidos principalmente de origen urbano e industrial. No obstante, en el caso de Madrid, debido a la gran superficie ocupada, debe considerarse como foco de contaminación extensivo originado por las pérdidas que pueden existir en la red del alcantarillado.

8. UTILIZACIÓN DEL AGUA

En este capítulo se van a tratar los usos que directa o indirectamente suponen consumos o detacciones de agua. Estos se refieren principalmente a los urbanos industriales y agrícolas.

8.1. CONSUMOS URBANOS

Lógicamente los principales consumos urbanos de toda la hoja se centran en Madrid y su área metropolitana, englobados en el sistema de suministro del Canal de Isabel II, que viene funcionando de manera adecuada desde hace más de un siglo y actualmente abastece 4.300.000 usuarios, de los que 3,2 millones corresponden a la capital.

Los recursos hidráulicos que suministra y distribuye el Canal de Isabel II para Madrid y su entorno, son del orden de $485 \text{ hm}^3/\text{año}$, proceden en un 95% de una decena de embalses que regulan las aportaciones de los ríos Lozoya, Jarama, Guadarrax, Manzanares, Guadarrama-Aulencia y Alberche, y el 5% restante se obtiene a partir de aguas subterráneas.

Las grandes conducciones que suministran y distribuyen el agua hasta las zonas de consumo tienen una longitud total de 440 km. Asimismo existen en el sistema actualmente 14 depósitos con capacidad conjunta de $2,5 \text{ hm}^3$ y una serie de estaciones de elevación.

El segundo sistema por importancia en cuanto a número de habitantes abastecidos es el antiguo Consorcio para el Abastecimiento de Agua y Saneamiento a los Pueblos de la Sierra de Guadarrama (CASRAMA), actualmente incorporados al Canal de Isabel II, que abastece 300.000 habitantes en verano y unos 70.000 durante el resto del año, con aguas exclusivamente superficiales.

El tercer sistema en importancia, también con aguas superficiales, es la Mancomunidad de Aguas del Sorbe, que además de suministrar agua a Guadalajara y otros núcleos de su provincia también abastece a Alcalá de Henares (140.000 habitantes).

El cuarto sistema de abastecimiento, éste a partir de aguas subterráneas, es la Fundación Provincial para Abastecimiento de Agua Potable, organismo procedente de la Diputación Provincial que actualmente ha quedado incorporado al Canal de Isabel II; éste aporta unos $5 \text{ hm}^3/\text{año}$ a algunas poblaciones meridionales de la provincia de Madrid (San Martín de la Vega, Cienpozuelos, Valdemoro, Grinón, etc.). El consumo actual es de $4 \text{ hm}^3/\text{año}$. Este sistema lo viene regentando el Canal de Isabel II desde Diciembre de 1984.

Las restantes poblaciones no incluidas en los sistemas anteriores de abastecimiento resuelven el suministro de manera independiente con sus propios recursos hidráulicos próximos, casi siempre mediante captaciones de aguas subterráneas, aunque en algunos casos se han formado grupos como la Mancomunidad de la Sagra Baja al N de la provincia de Toledo que captan aguas subalveas del río Guadarrama de muy deficiente calidad bacteriológica. Dentro de este último grupo se encuentran los términos municipales de Cabañas, Villaluenga, Yuncler, Alameda de la Sagra, y otros situados más al S en la hoja de Toledo como Añover de Tajo, Magán, Villaseca y Mocejón.

Asimismo en la zona norte de la provincia de Toledo, la Mancomunidad de la Sagra Alta proporciona $1,82 \text{ hm}^3/\text{año}$ extraídos de pozos de más de 15 m de profundidad.

El consumo realizado por las restantes poblaciones no incluidas en los cuatro sistemas de abastecimiento principales, que suman globalmente unos 200.000 habitantes, puede cifrarse en unos $11 \text{ hm}^3/\text{año}$, estimando una dotación media de 150 litros/habitantes/día.

En resumen, dentro de esta hoja el consumo de agua destinado a abastecimiento, llega a ser de unos 500 hm³/año, pues de los 496 hm³/año que sumarían los consumos del Canal de Isabel II y de CASRAMA una parte de ellos se producen al N de esta hoja. De estos 500 hm³/año unos 30 son de agua subterránea y el resto superficial.

8.2. CONSUMOS INDUSTRIALES

El consumo de agua según datos de agua industrial procedente de recursos subterráneos no suministrados por el Canal, es de unos 30 hm³/año.

8.3. CONSUMOS AGRÍCOLAS

Actualmente se encuentran en funcionamiento los regadíos del Henares, Bajo Jarama, Tajo-Aranjuez y Alberche. Por otro lado se encuentran en fase de estudio o proyecto los siguientes planes de riego: Jarama Medio, ampliación del Henares, ampliación del Tajuña, La Sagra, Torrijos, ampliación del Alberche. Todos ellos se abastecen con aguas superficiales.

Además de estos planes de riego generales existen otros regadíos realizados por la iniciativa privada.

El Avance 80 del Plan Hidrológico del Tajo calculó por términos municipales el agua subterránea extraída para uso agrícola en toda la cuenca. De esta fuente de información se contabilizan para la hoja de Madrid 1:200.000 un total de unos 80 hm³/año de agua subterránea que se emplean para riego, siendo en su mayor parte procedentes del sistema acuífero n.º 14 (Subunidad Madrid-Toledo).

9. BIBLIOGRAFÍA

ITGE:

- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 Núm. 45 (Madrid).
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000. Núm. 37 (Salamanca).
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:200.000 Núm. 48 (Vinaroz).
- Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Madrid a escala 1:200.000.
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 535 (Algete).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 558 (Villaviciosa de Odón).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 560 (Alcalá de Henares).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 582 (Getafe).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 583 (Arganda).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 Núm. 606 (Chinchón).
- Mapa Hidrogeológico de España a escala 1:50.000 Núm. 558 (Villaviciosa de Odón).
- Mapa de Orientación al Vertido de Residuos Sólidos Urbanos a escala 1:50.000 (Villaviciosa de Odón).
- Estudio Hidrogeológico de la Cuenca Hidrográfica del Tajo.
- Tomo 0. Resumen y síntesis.
- Tomos IV-1, IV-2, IV-3 y IV-4. Sistema acuífero núm. 14.
- Tomos III-1 y III-2. Sistemas acuíferos núms. 15 y 20.
- Investigación Hidrogeológica de la cuenca del Tajo. Colección Informe.
- Calidad Química de las Aguas Subterráneas de la cuenca del Tajo. Primer Informe. Colección Informe.
- Síntesis Hidrogeológica de Castilla-La Mancha. Colección Informe.
- Evolución Piezométrica de los Sistemas Acuíferos núms. 14, 15 y 17 de la Cuenca del Tajo. Análisis del periodo 1977-1982. Colección Informe.
- Calidad de las Aguas Subterráneas de la Cuenca del Tajo (1984-85).
- Aforos directos escalonados realizados en la Cuenca del Tajo (1985).
- Informe final de evolución piezométrica de la cuenca del Tajo. Periodo Febrero de 1983 a Febrero de 1984.
- Hidrogeología de la Comunidad Autónoma de Madrid.
- Estudio Hidrogeológico de la zona Añover de Tajo-Camarenilla (Provincia de Toledo).
- Modelo hidrogeológico digital del Terciario Detritico.
- Modelo de simulación tridimensional del Terciario Detritico de la Cuenca del Tajo (sistema acuífero n.º 14).

OTROS AUTORES:

- Anuarios de aforos de la cuenca del Tajo. MOPU.
- Inventario de Recursos Hidráulicos. Aportaciones II. MOU.
- Inventario de Recursos Hidráulicos. Regulación III. MOPU.
- Estadística sobre embalses y producción de energía hidroeléctrica en 1977 y años anteriores y tracción eléctrica MOPU.
- Pueblos de España. Nomenclátor Comercial (1983).
- El agua en Madrid. Diputación de Madrid (1982).
- Plan Integral del Agua en Madrid. Comunidad de Madrid (1984).
- Estudio de la utilización actual de las aguas subterráneas del Terciario detrítico de Madrid (Provincias de Madrid, Toledo y Guadalajara) MOPU (1983).
- Hidrogeología de los materiales terciarios y cuaternarios de la cuenca del río Manzanares. (Las aguas subterráneas de Madrid.) Tesis doctoral de Martínez Alfaro (1977).
- Hidrogeología regional de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. Tesis doctoral de López Vera (1977).
- Estudio de las características del suelo y subsuelo del término municipal de Madrid. Área hidrogeología. Exmo. Ayuntamiento de Madrid (1984).