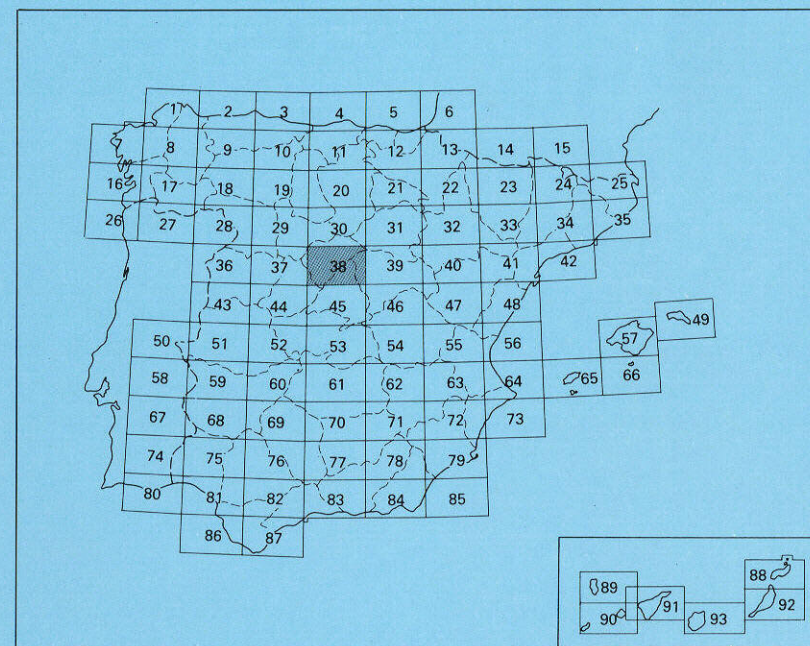




MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA Escala 1:200.000

Primera edición



SEGOVIA

33750

MAPA HIDROGEOLOGICO DE ESPAÑA

Escala 1:200.000

SEGOVIA

Primera edición

INDICE

1. PRESENTACIÓN	5
2. MARCO GEOLOGICO	7
2.1. ESTRATIGRAFIA	7
2.1.1. Complejo Igneo-metamórfico	7
2.1.2. Paleozoico	7
2.1.3. Mesozoico	7
2.1.3.1. <i>Trias</i>	7
2.1.3.2. <i>Cretácico</i>	8
2.1.4. Terciario	9
2.1.4.1. <i>Terciario de la Cuenca del Tajo</i>	9
2.1.4.2. <i>Terciario de la Cuenca del Duero</i>	9
2.1.5. Cuaternario	10
2.2. TECTÓNICA	10
3. HIDROGEOLOGIA	11
3.1. ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA	11
3.2. SISTEMA Nº 17	13
3.3. SISTEMA Nº 14	13
3.4. SISTEMA Nº 8	14
3.5. SISTEMA Nº 11	14
4. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS	19
5. BIBLIOGRAFIA	21

1. PRESENTACIÓN

Una de las misiones del Instituto Tecnológico GeoMinero 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 topográfica 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 hidrológicos. 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. MARCO GEOLOGICO

La Hoja de SEGOVIA incluye en su área la Cordillera Central, que se extiende de S.O. a N.E., y recibe en este sector los nombres de Sierra de Guadarrama y Somosierra. Dicha cordillera, constituye la divisoria hidrológica entre las cuencas del Duero y Tajo.

En la Hoja se encuentra representados, además de los materiales de la Cordillera Central, los afloramientos cretácicos de borde y los terciarios continentales de ambas cuencas.

2.1. ESTRATIGRAFIA

Se redacta a partir de los estudios geológicos existentes y de las hojas geológicas 1:50.000 y 1:200.000 del ITGE. Unicamente se recogen los aspectos más importantes que pueden tener incidencia en la Hidrogeología de la Hoja.

2.1.1. Complejo ígneo-metamórfico

Las rocas ácidas y metamórficas, que constituyen las últimas manifestaciones orientales del Complejo Cristalino de la España Central, ocupan una considerable superficie en la Hoja, extendiéndose en una amplia banda de SO a NE. Aunque se han representado unidas, por sus similares características hidrogeológicas, se pueden diferenciar:

Rocas ácidas. Las rocas que constituyen las áreas graníticas son fundamentalmente granitos, adamellitas y granodioritas.

Rocas metamórficas. Entre ellas se encuentran las rocas cuarzo-feldespáticas, denominadas gneis, que son las de más extenso desarrollo. Los tipos de gneis más frecuentes son las variedades glandulares, aunque aparecen también variedades migmatíticas.

Otros tipos de rocas existentes son las micacitas, pobres en feldespatos y con foliación muy marcada, y rocas de silicatos cálcicos que se encuentran incluidos en la formación metamórfica.

Rocas filonianas. Son comunes a las formaciones granito-granodiorita y metamórfica. Se pueden distinguir: los diques profídicos, muy frecuentes y con potencias y extensión considerable, los diques de pegmatitas y aplitas, y los diques de cuarzo.

2.1.2. Paleozoico

Aparecen en el sudoeste y sobre todo en la parte oriental de la Hoja. En ella se representa como un conjunto indiferenciado incluyendo desde el Cámbrico al Carbonífero. El espesor de las formaciones paleozoicas supera los 1.500 m. y sus principales componentes litológicos los constituyen pizarras y cuarcitas.

2.1.3. Mesozoico

2.1.3.1. Trias

Aflora únicamente, con escasa representación, en la esquina N.E. de la Hoja. Se presenta en

facies germánica con las areniscas típicas del Bunt y las facies de margas abigarradas del Keuper. Carece de interés hidrogeológico.

2.1.3.2. *Cretácico*

En los bordes N. y S. de la Sierra de Guadarrama y en el borde S de los afloramientos graníticos de Santa María la Real de Nieva, aparecen los materiales del Cretácico. En él, se han diferenciado los siguientes tramos de muro a techo en función de la litología:

- a) **Facies Utrillas.** Constituida por una alternancia de arcillas y arenas con frecuentes cambios laterales. Las arenas son de cuarzo, de colores blanco a ocre, muy herométricas, y en ocasiones ligeramente cohesionadas. Los niveles arcillosos se presentan con colores variados: blanco, rojizo violeta, amarillo. El conjunto tiene una potencia variable entre 20 y 70 metros. Hidrogeológicamente pueden considerarse de escaso interés debido a su baja permeabilidad, dada la heterometría de las arenas y los contenidos de arcilla.
- b) **Tramo arenoso-calizo-dolomítico.** Sobre el tramo anterior se encuentran unas margas de colores marrones y verdosos, con algunos niveles de calizas margosas intercalados, terminando en un techo calizo-dolomítico. Sobre ellas aparece una formación detrítica constituida por materiales arenosos, con gravillas de color pardo.

Los espesores varían según la zona. En la cuenca del Duero, en la zona Norte (Prádena, Sepúlveda) la formación arenosa tiene de 3 a 5 metros de potencia, mientras que en la zona de Madrona las areniscas pueden alcanzar los 20 a 30 metros. Con la formación margo-calizo-dolomítica sucede al revés teniendo mayores espesores hacia el Norte (30 a 40 metros).

En la Cuenca del Tajo, esta formación se ha representado incluida con la siguiente formación.

El comportamiento hidrogeológico de este tramo es bastante irregular dependiendo de los espesores de las areniscas y de los tramos calizos-dolomíticos.

- c) **Tramo dolomítico.** Concordante con el anterior aparece una serie de dolomías en bancos potentes (30 a 40 cm.) muy homogéneas y suficientemente karstificadas. En el río Ríza, la serie, que tiene alguna intercalación margosa, alcanza espesores de 150 metros hasta el recubrimiento por el Terciario. Hacia el Sur los espesores son menores, llegando a tener 40 a 50 m. en Madrona.

En la Cuenca del Tajo, el conjunto de las formaciones b y c aumenta su espesor hacia el Este, variando de los 40 a 150 m.

Hidrogeológicamente es una formación muy interesante, cuando está saturada.

- d) **Tramo margo-dolomítico.** Concordante con el tramo anterior aparece un conjunto de calizas blanquecinas y dolomías margosas y bancos de margas amarillentas compactas

más o menos arcillosas. El tramo tiene una potencia aproximada de unos 50 m. y localmente los niveles margodolomíticos contienen yesos. Unicamente se presentan en la zona Norte y esquina Nororiental de la Hoja.

Dado el carácter poco permeable de la formación no presenta interés desde el punto de vista hidrogeológico, a pesar de que ocasionalmente da lugar a manantiales que resuelven problemas locales.

2.1.4. *Terciario*

2.1.4.1. *Terciario de la Cuenca del Tajo*

Paleogeno. Serie depositada en ambiente continental árido, con régimen torrencial de gran capacidad de erosión y transporte. Existe una transición gradual con cambios de facies tanto lateralmente como en profundidad. Lo constituyen cantos, gravas, conglomerados, arenas arcillosas y margas en distintas proporciones y mezclas según sea la distancia al área madre, y régimen de deposición.

De acuerdo con diversas tesis doctorales (ver bibliografía) se han diferenciado varias facies de borde que se extienden hacia el Sur fuera de los límites de la Hoja:

- Formación Madrid: Arenas arcóscas en una matriz arcillo limosa.
- Formación Tosco: Subyacente a la anterior y formada por arcillas arenosas, arenas, arcillas y limos.
- Formación Guadalajara: Arenas con matriz arcillosa muy abundante y cantos.

Rañas. Depósitos de gravas cuarcíticas con matriz arcillo-arenosa y potencias máximas de unos 3 ó 4 m, que se encuentran coronando las zonas elevadas del Mioceno. No tienen relación con la red hidrográfica actual y dada su litología y espesor no tienen apenas interés hidrogeológico.

2.1.4.2. *Terciario de la Cuenca del Duero*

Paleogeno. Discordante sobre las formaciones cretácicas o metamórficas se extiende una facies terciaria, considerada como Oligoceno. Se trata de un conjunto de sedimentos detríticos constituidos por conglomerados o brechas poligénicas con cemento calcáreo. La naturaleza de los cantos (calizas, pizarras, gneis, etc) depende del origen de los materiales de aporte. La potencia aproximada que llegan a tener estos sedimentos es del orden de los 30 m.

Mioceno. Constituido por potentes paquetes arcillo-arenosos con niveles de arenas y conglomerados. También existen niveles poco potentes de margas y calizas margosas de génesis lagunar.

La potencia del Terciario varía según las zonas de acuerdo con la disposición del zócalo. En el sistema acuífero nº 11 existen sondeos en los que la potencia supera los 400 m, mientras que

en algunas zonas de borde o en áreas en las que el zócalo está próximo a la superficie las potencias apenas alcanzan los 60 m.

Los niveles de arenas, que constituyen las formaciones más permeables, están dispuestos, por lo general, en forma de lentejones de dimensiones variables, tanto horizontal como verticalmente. Constituye el acuífero más importante a nivel regional.

Rañas. Formadas litológicamente por cantos y bolos casi exclusivamente de cuarcitas con matriz arcillo-arenosa rojiza, se apoyan sobre el Mioceno y constituyen un acuífero libre de escaso interés hidrogeológico.

2.1.5. Cuaternario

Arenales. En la parte Nor-occidental de la Hoja se encuentran unos extensos depósitos de arenas que recubren las formaciones arcillo-arenosas del Mioceno.

Estos arenales constituyen un acuífero libre heterogéneo de gran extensión, aunque de pequeño espesor. La potencia oscila entre los 3 y 20 metros. El acuífero, a parte de su utilización con pequeños pozos, tiene una gran importancia hidrogeológica a nivel regional, ya que a partir de él, se realiza la recarga del Mioceno subyacente.

Terrazas y aluviales. Constituídas por gravas con matriz arenosa que alternan con arcillas, limos y arenas. Los depósitos de mayor extensión, e interés hidrogeológico, se encuentran a lo largo del río Jarama.

2.2. TECTÓNICA

Dentro de la compleja historia geológica que ha dado origen a la Cordillera Central actual, desde su formación en la época herciniana hasta las últimas dislocaciones alpinas, se destacan aquellos elementos tectónicos importantes desde el punto de vista hidrogeológico.

- Grandes fracturas longitudinales, paralelas a la dirección de la Cordillera, que establecen el brusco contraste entre las formaciones antiguas de la Sierra y los depósitos terciarios modernos de las depresiones castellanas.
- Fallas de dirección normal a las anteriores que orientan la red hidrográfica actual.
- Alineación de afloramientos graníticos, paleozoicos y cretácicos de Sta. María la Real de Nieva-Fuentidueña, que discurre paralelamente, en dirección NE-SO, al borde septentrional de la Sierra de Guadarrama, a una distancia de 15 a 25 km. Esta alineación constituye un umbral que aísla una prefosa miocena de la gran fosa terciaria de la Meseta Norte. El cretácico queda adosado al borde del zócalo, amoldándose al movimiento. Los materiales que se encuentran en la citada fosa aislada constituyen el sistema acuífero nº 11 y la alineación citada lo separa del sistema nº 8 que incluye la mayor parte de la Cubeta del Duero.

3. HIDROGEOLOGIA

3.1. ENCUADRE GENERAL DE LA HOJA

La Hoja se encuentra situada entre las cuencas hidrográficas de los ríos Duero y Tajo, separadas por la Cordillera Central, que se extiende de S a NE de la misma Hoja, ocupando gran parte de ella. Dicha Cordillera está constituida fundamentalmente por los materiales más profundos del zócalo: el granito y las aureolas cristalinas que le rodean, formadas en gran parte por gneis. Gneis y granitos se localizan principalmente en la Sierra de Guadarrama y los materiales menos metamorfizados en su sector oriental, en Somosierra. Todos estos materiales se consideran impermeables a efectos prácticos, por lo que no constituyen acuíferos y forman una barrera hidrogeológica que separa las formaciones acuíferas de las Cuencas del Tajo y Duero.

Adosados a los bordes de los materiales anteriores, se encuentran, a ambos lados de la Cordillera, los sedimentos Cretácicos, de los que las formaciones calizo-dolomíticas forman acuíferos muy transmisivos aunque, debido a su pequeña extensión y gran compartimentación, su importancia a nivel regional es relativa.

En su parte suroriental de la Hoja se extiende el Terciario de la Fosa del Tajo y hacia el O y NO el Terciario detrítico del Duero, que incluye la fosa tectónica existente entre el Sistema Central y la alineación Sta. María de Nieva-Fuentidueña.

En la Hoja se incluyen los siguientes sistemas acuíferos diferenciados por el ITGE.

Cuenca del Tajo

- | | |
|----------------|---|
| Sistema nº 17. | Reborde mesozoico del Guadarrama. |
| Sistema nº 14. | Terciario detrítico de Madrid-Toledo-Cáceres. Sub-unidad Madrid-Toledo. |

Cuenca del Duero

- | | |
|----------------|--|
| Sistema nº 8 | Terciario detrítico del Duero. |
| Sistema nº 11. | Terciario y Cretácico de la fosa de Segovia. |

En realidad solamente los sistemas nºs 11 y 17 se encuentran casi en su totalidad dentro de la Hoja; de los otros dos, cuya extensión superficial es muy grande, únicamente aparecen zonas marginales de los mismos.

Las formaciones de rañas, con mayor representación en el sistema nº 14, tienen una escasa importancia hidrogeológica debido a que se trata de depósitos colgados de pequeño espesor y dado el carácter semipermeable de sus materiales.

Los depósitos de arenas de los sistemas nºs 8 y 11 constituyen un acuífero libre cuya importancia se debe más a su conexión hidráulica con el Terciario subyacente que a su explotación.

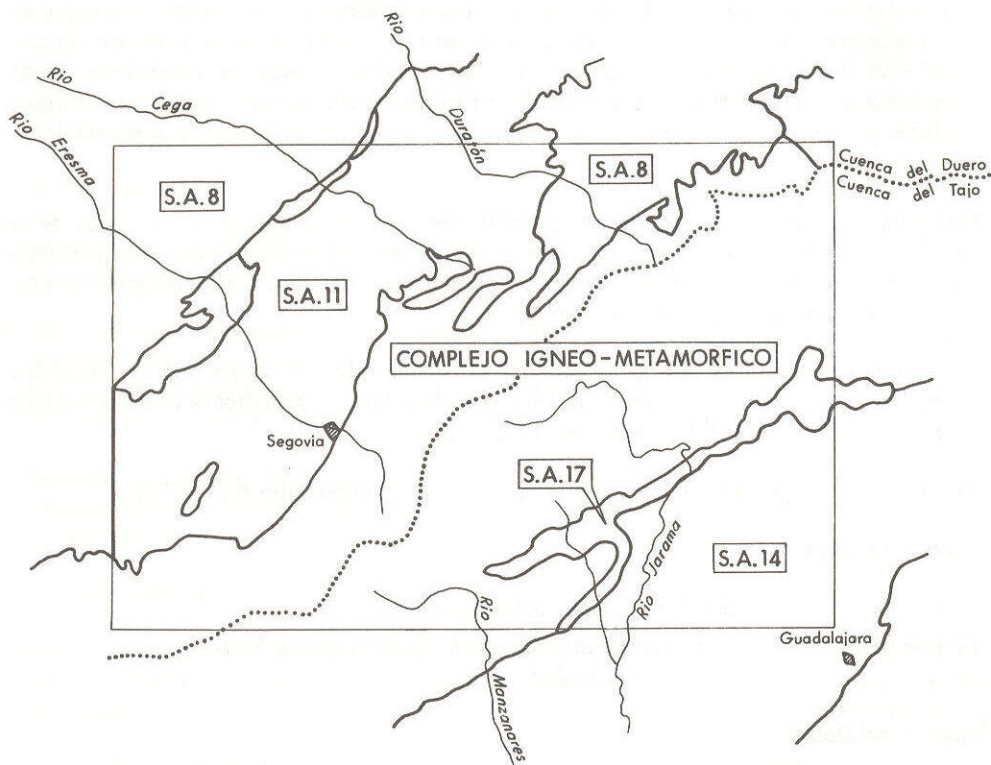


Fig. 1.- Complejo Igneo-Metamórfico.

Los únicos depósitos fluviales recientes de relativo interés son los originados por el río Jarama.

CUENCA DEL TAJO

3.2. SISTEMA N° 17. REBORDE MESOZOICO DEL GUADARRAMA

Se sitúa entre el Paleozoico del Sistema Central y el Terciario de la Fosa del Tajo. Los afloramientos cretácicos se extienden hacia el Este, fuera de los límites de la Hoja, aunque la mayor parte del sistema acuífero está incluido en ella.

El conjunto calizo-dolomítico constituye un acuífero que se encuentra libre en sus afloramientos y confinado a semiconfinado cuando se encuentra por debajo de los materiales terciarios de la cubeta de Madrid, que están incluidos en el sistema n° 14.

La extensión horizontal del cretácico bajo los sedimentos más modernos, está limitada hacia el Sur por una gran falla, que discurre paralela a los afloramientos, con un salto mayor de 1000 m. El área total ocupada por el Cretácico (afloramientos más extensión sumergida) puede considerarse comprendida entre 190 y 230 km².

La transmisividad del acuífero calizo-dolomítico es muy variable por zonas, dependiendo de su grado de karstificación. En la zona de la central eléctrica de Torrelaguna se tienen valores comprendidos entre 10 y 50 m²/día, mientras que en el área de la confluencia de los ríos Jarama y Lozoya se llega a valores entre 800 y más de 1000 m²/día.

La recarga o entradas de agua en el acuífero se producen a partir de la infiltración del agua de lluvia y de la infiltración de aguas superficiales cuando los cauces que atraviesan los afloramientos tienen mayor cota que el nivel piezométrico en el acuífero. En total, en la situación actual de no explotación de los acuíferos cretácicos, las entradas se estiman en unos 20-25 hm³/año. La descarga se realiza prácticamente siempre a través de manantiales y ríos cuando son efluentes. Una parte poco importante puede pasar como agua subterránea al Terciario. Las reservas subterráneas del sistema 17 se han estimado en unos 100 hm³.

3.3. SISTEMA N° 14. TERCIARIO DETRITICO DE MADRID—TOLEDO—CÁCERES. SUBUNIDAD MADRID—TOLEDO.

Una pequeña parte de este sistema aparece en la esquina Sur-oriental de la Hoja. Dentro del Terciario pueden diferenciarse un Paleógeno adosado a los materiales cretácicos y un Mioceno que ocupa prácticamente toda la subunidad.

Dentro del Paleógeno, su formación de base, constituida por margas y arcillas con potentes lentejones en yesos, puede constituir, en ocasiones y dentro de los yesos, acuíferos kársticos individualizados cuya única importancia es la de posible influencia negativa en la calidad del agua de los acuíferos cretácicos subyacentes. Las arenas y conglomerados del techo del Paleógeno se encuentran situados en cotas topográficas altas, colgados sobre los materiales anteriores y con un fácil drenaje; esto unido a su aspecto poco permeable, debido a su

intensa cementación y existencia de pequeñas intercalaciones de margas y arcillas, impide que constituyan acuíferos importantes.

El Mioceno de la Hoja, originado como resultado de la deposición de abanicos aluviales múltiples, está compuesto por las formaciones Madrid, Tosco y Guadalajara, ya descritas. El acuífero lo constituyen las intercalaciones permeables de canales rellenos de arenas y gravas que están englobadas en arcillas y arcillas arenosas de naturaleza semipermeable. El conjunto es un acuífero semiconfinado con unas transmisividades muy variables, que aumentan de N a S y de E a O. En la Hoja predomina la formación Guadalajara, situada en la margen izquierda del Jarama bajo los depósitos de rañas, que es la menos permeable, con transmisividades inferiores a los 5 m²/día.

Las características hidrogeológicas del acuífero de las facies detríticas, en esta zona norte del sistema, no parecen adecuadas para el establecimiento de bombeos importantes a nivel regional. En la actualidad su explotación es escasa.

CUENCA DEL DUERO

3.4. SISTEMA Nº 8. TERCIARIO DETRITICO DEL DUERO

Del complejo y extenso sistema nº 8, aparece en la Hoja en su parte O y N-NO, una pequeña zona, la más oriental, del subsistema Sur del Duero o Región de los Arenales.

Los materiales del acuífero lo constituyen las formaciones lenticulares de arenas y gravas englobadas en una matriz arcillo-limosa. Su funcionamiento se describe en la Hoja nº 29 (Valladolid). La recarga del acuífero se realiza casi exclusivamente a partir de la infiltración del agua de lluvia, bien directamente o a través de los depósitos de arenas sobre el Terciario. El flujo es tridimensional y tiene una componente general SE-NO, hacia el río Duero.

Los arenales que se sitúan en la parte N y NO de la Hoja forman parte de una unidad mayor que se extiende fuera de los límites de la Hoja. Recubren parcialmente las formaciones arcillo-arenosas del Terciario y constituyen un acuífero libre intimamente relacionado con ellas. Su espesor varía entre los 2 y 20 m., siendo 8 m. el valor medio. En la actualidad su explotación es escasa, ya que en etapas anteriores se sobreexplotó el acuífero con pozos de pequeña profundidad. El agua de lluvia infiltrada en el terreno es retenida temporalmente por el acuífero libre, del cual parte es drenada por los ríos y el resto la cede lentamente por goteo al acuífero Terciario.

3.5. SISTEMA Nº 11. TERCIARIO Y CRETÁCICO DE LA FOSA SEGOVIA.

Constituido por los materiales mesozoicos, terciarios y cuaternarios que rellenan la fosa tectónica situada entre las Sierras de Guadarrama y Somosierra y la alineación de afloramientos graníticos de Sta. María la Real de Nieva-Zarzuela del Pinar-Hontabilla-Pradales, y que se extiende con la anchura aproximada de 30 km. en dirección SO-NE.

Acuífero Mesozoico

Sobre el zócalo apoyan los materiales cretácicos que afloran a lo largo de los bordes de la cubeta y a veces incluso en el centro de la misma. Los tramos permeables arenoso-calizodolomítico y el dolomítico suprayacente constituyen un acuífero con unas características hidrogeológicas por lo general muy buenas. En la zona de Madrona se obtienen transmisividades comprendidas entre los 250 y 2000 m²/día con caudales de 50 a 100 l/s. Sin embargo, las variaciones son abundantes ya que existen variaciones litológicas y de espesor en las formaciones, y los resultados de los sondeos dependen de los tramos y espesores permeables y saturados atravesados, por lo que para que la ubicación de las captaciones sea la adecuada se precisa una geología detallada de campo.

La recarga del acuífero se realiza generalmente por la infiltración del agua de lluvia y la descarga por bombeos, salidas laterales al Terciario y drenaje de ríos y manantiales. Sin embargo la relación río-acuífero, varía en diferentes épocas del año, como se ha comprobado en aforos directos diferenciales; el río Duratón siempre drena al acuífero, mientras que en Río San Juan sucede lo contrario. Los principales manantiales en cuanto a caudal (algunos con más de 100 l/s) se sitúan en la zona Norte y vierten sus aguas al río Duratón.

Acuífero Terciario

Constituido por los materiales terciarios que rellenan la cubeta, incluye los conglomerados de borde y los materiales arcillo-arenosos del Mioceno. Su potencia varía según las zonas de acuerdo con la disposición del zócalo. En algunos sondeos supera los 400 m. de potencia mientras que en otros apenas alcanza los 50 m.. En conjunto tiene unas transmisividades bajas 10-20 m²/día aunque localmente las variaciones son importantes debido a su heterogeneidad. Los caudales medios son del orden de 10-15 l/s.

Acuífero libre

Constituido por los depósitos de arenas, situados al Norte, que recubren los materiales terciarios. Tiene espesores de 2 a 20 m. y apenas se explota.

Funcionamiento hidráulico del sistema y balance hídrico

Al estudiar el funcionamiento del sistema, en primer lugar, hay que tener en cuenta las siguientes características del mismo:

- El Terciario detrítico está constituido por una serie de lentejones de materiales permeables (arenas, gravillas) de mayor o menor extensión, que están incluidos dentro de una matriz areno-limo-arcillosa, de naturaleza semipermeable, a través de la cual están relacionados hidráulicamente. A nivel regional, el conjunto funciona como un acuífero único muy heterogéneo y anisótropo.
- Los espesores del acuífero son variables dependiendo de la geometría del zócalo.

- El acuífero Terciario está conectado hidráulicamente con el Mesozoico.

La recarga del acuífero Terciario se realiza a partir de la infiltración del agua de lluvia, por recarga lateral a partir del acuífero mesozoico y por los retornos de riegos con aguas superficiales.

En el área situada más al Sur, Cuenca del Voltoya, al Oeste del río Moros, el agua sigue una trayectoria descendente en la parte Sur y después de un recorrido horizontal más o menos largo, en dirección Norte, se inicia una trayectoria ascendente al llegar a los afloramientos graníticos de Santa María de Nieva, donde existen sondeos surgentes.

En la Cuenca del Eresma se observa que los ríos constituyen zonas de drenaje del acuífero, mientras que las áreas de recarga se sitúan en los interfluvios. Existe además un flujo procedente de las formaciones mesozoicas situadas en el borde oriental. En líneas generales, el flujo del agua, de carácter tridimensional, tiene una dirección Sureste-Noroeste, dirigiéndose hacia el borde granítico de Santa María la Real de Nieva-Carbonero el Mayor. Las salidas naturales del agua se producen por el río Eresma.

Coincidiendo aproximadamente con la divisoria hidrográfica entre el río Eresma y el río Pirón, se observa una divisoria de aguas subterráneas que se extiende desde Carbonero el Mayor hacia el Sureste.

Al Norte de esta divisoria, en la zona que constituye aproximadamente la cuenca del río Pirón, se observa que la recarga se origina principalmente en el límite Suroriental. El flujo tiene una dirección principal Sureste-Noroeste saliendo del Sistema a través de los cauces fluviales. Se observa que entre los ríos Malucas y Pirón pueden existir unas salidas de agua subterránea a través del terciario del Sistema 11 al Sistema 8.

En la zona Norte, donde se encuentran las formaciones de arenales, el agua infiltrada en el terreno es retenida por el acuífero superficial libre que la cede lentamente por goteo al acuífero Terciario subyacente. El acuífero libre es además drenado por el río Cega.

En la zona Norte al E. de Turégano se ha observado que el acuífero terciario está cediendo agua al Mesozoico subyacente.

Para mejorar el nivel de conocimientos sobre el funcionamiento del Sistema 11, se realizaron, en el año 1986, dos modelos matemáticos, uno de simulación tridimensional del flujo de agua subterránea y un segundo de gestión conjunta de aguas superficiales y subterráneas.

El primero se extendió a todo el Sistema 11 y se refleja en los mapas auxiliares de la Hoja II, en la que, además, se incluye el balance obtenido del modelo.

El balance hídrico considerando valores netos de bombeo (bombeo-retornos de riegos) y de drenajes por ríos es el siguiente:

ENTRADAS

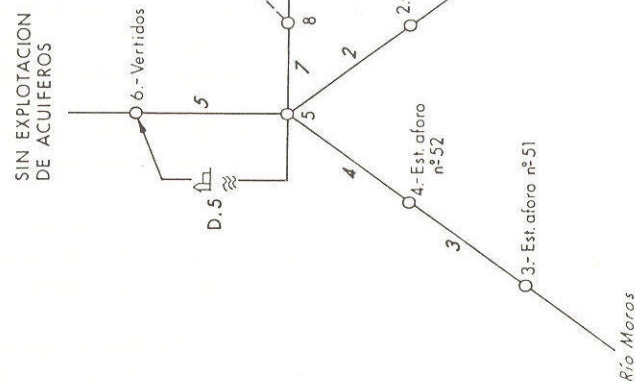
• Infiltración de lluvia	203 dm ³ /día
• Recarga lateral desde Mesozoico	35 dm ³ /día
	238 dm ³ /día

SALIDAS

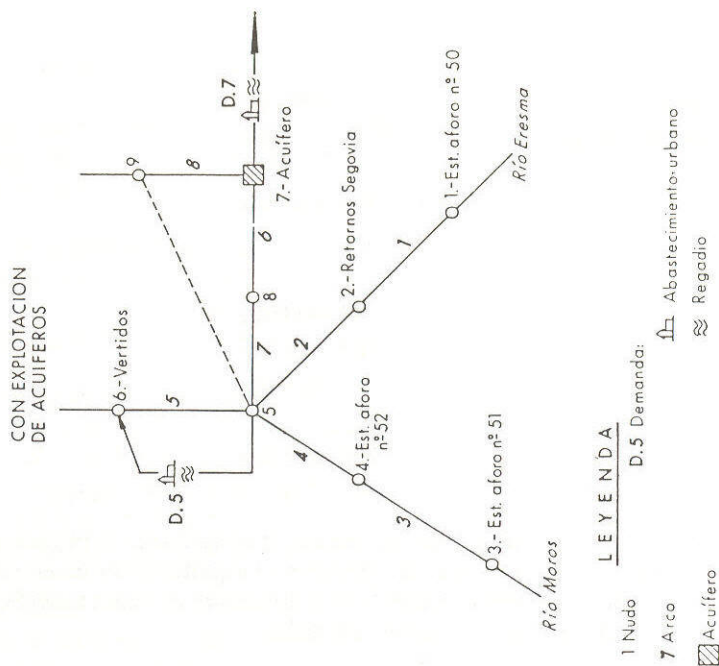
• Bombeos netos	23 dm ³ /día
• Drenaje de ríos (neto)	202 dm ³ /día
• Otras salidas	13 dm ³ /día
	238 dm ³ /día

El modelo de gestión se aplicó a la cuenca del río Eresma de acuerdo con el esquema del gráfico adjunto. Este modelo permite, para diversas hipótesis de explotación de aguas subterráneas en épocas de estiaje principalmente, intensificar la utilización de aguas superficiales y por tanto incrementar los recursos hídricos totales utilizados.

SIN EXPLOTACION
DE ACUIFEROS



CON EXPLOTACION
DE ACUIFEROS



LEYENDA

1 Nudo

7 Arco

Acuífero

D.5 Demanda:

Abastecimiento-urbano

Regadio

Fig. 2.- Esquema de explotación conjunta del río Eresma y los Acuíferos del Sistema 11.

4. CALIDAD DE LAS AGUAS SUBTERRANEAS

La calidad natural de las aguas subterráneas del terciario detrítico del Sistema 8, que afloran en el ángulo NO, correspondiente al tipo de aguas bicarbonatadas cálcicas, con un contenido salino moderado, que se traduce en conductividades del orden de $700-800 \mu S/cm$ y concentraciones iónicas reducidas.

El terciario del Sistema 11 se caracteriza por sus aguas bicarbonatadas, cálcico-magnésicas, aunque en algunos puntos pueden ser bicarbonatadas sódicas y en algún caso más aislado aparezcan sulfatadas magnésicas. La conductividad se encuentra en torno a $450 \mu S/cm$ y las concentraciones de aniones y cationes están en general por debajo de los caracteres tolerables marcados por La Reglamentación Técnico-Sanitaria (R.T.S.).

El mesozoico del Sistema 11 presenta características muy similares a las de los acuíferos detríticos en cuanto a caracterización de las aguas, concentraciones iónicas y conductividades.

En general, puede decirse que las aguas subterráneas del Sistema 11 son tolerables para consumo humano y perfectamente aptas para su utilización en regadío

Los afloramientos del terciario detrítico del SE de la hoja, corresponden al Sistema 14 y se encuentran en la Cuenca del Tajo. El agua subterránea del acuífero que aflora en la Hoja de Segovia es de mineralización ligera (conductividad del orden de $300 \mu S/cm$) y de naturaleza predominantemente bicarbonatada cálcica o cálcico-magnésica. El total de sólidos disueltos es generalmente inferior a 500 p.p.m. y las concentraciones de iones cloruro (Cl^-) y sulfato ($SO_4^{=}$) suelen ser inferiores a 25 mg/l. Los cationes se encuentran, en general, en concentraciones normales en este tipo de acuíferos. En alguna zona se ha detectado cierta contaminación de origen orgánico, superando el contenido de nitritos el máximo admitido por la Reglamentación Técnico-Sanitaria para el abastecimiento y control de calidad de las aguas potables de consumo humano (R.T.S.).

También en la Cuenca del Tajo se encuentra el Sistema acuífero nº 17, constituido fundamentalmente por materiales carbonatados, de tal forma que la red de control de la calidad está constreñida al acuífero calizo-dolomítico cretácico. Las aguas de este acuífero son de dureza variable, mineralización notable (conductividad entre 400 y $900 \mu S/cm$) y naturaleza, fundamentalmente, bicarbonatada cálcica y, en menor proporción, bicarbonatada-sulfatada cálcica. Los contenidos iónicos de cloruros (Cl^-) y sulfatos ($SO_4^{=}$) son bajos y los cationes suelen estar en concentraciones comprendidas en los caracteres orientadores de calidad que indica la RTS. Las especies nitrogenadas, nitratos (NO_3^-) y nitritos (NO_2^-), se han encontrado en ocasiones en cantidades elevadas, lo que puede ser evidencia de la vulnerabilidad de este acuífero. No obstante, sobre los materiales cretácicos aparece una serie continental compuesta por facies detrítico-evaporíticas y conglomerados intercalados en arcillas, margas y areniscas, que pueden dar lugar, en caso de no aislar convenientemente estos tramos, a aguas de mineralización notable (conductividad $2800 \mu S/cm$) y carácter sulfatado cálcico o cálcico-sódico, como probablemente sucede con la muestra cuyo diagrama de Stiff se representa en los mapas auxiliares de la Hoja II.

Entre las cuencas de los ríos Duero y Tago se extiende el Sistema Central, complejo ígneo-metamórfico, que regionalmente se puede considerar impermeable. Sin embargo, a nivel local, en zonas de alto grado de fracturación o alteración, se pueden obtener pequeños caudales de aguas muy débilmente mineralizadas.

5. BIBLIOGRAFIA

Confederación Hidrográfica del Duero.

- (1981) Estudio de la demanda para riego en la Cuenca del Duero
- (1981) Estudio pluviométrico de la Cuenca del Duero.

Confederación Hidrográfica del Tago

- (1980) Estudio pluviométrico de la Cuenca del Tago.

I.T.G.E.

- Mapa Geológico de España a escala 1:200.000 n°38 (Segovia).
- Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 n°510 (Marchamalo).
- (1977) Estudio básico sobre las hipótesis de funcionamiento hidrogeológico de los sistemas acuíferos n° 8 y 12. Terciario de la Cuenca del Duero.
- (1977) Hidrogeología regional de la Cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. Memoria del I.G.M.E. Tesis Doctoral de D. Fernando López Vera.
- (1979) Proyecto para la investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero. Sistema 8 y 12.

Capítulos:

- | | |
|------|---|
| II | Utilización actual del agua y estimación de las necesidades futuras. |
| III | Hidrología Superficial. |
| IV | Geología y geometría de los acuíferos. |
| V | Acuíferos superficiales |
| VI | Características hidráulicas de los acuíferos profundos |
| VII | Piezometría de los acuíferos profundos |
| VIII | Funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos profundos. Balance hídrico |
| IX | Calidad del agua |

- (1980) Proyecto de investigación hidrogeológica de la Cuenca del Duero con fines de ubicación de posibles captaciones para abastecimientos urbanos. Estudio de la calidad del agua del Terciario detrítico.
- (1980) Plan Hidrológico Nacional. Cuenca del Duero. Estudio de los recursos subterráneos.
- (1980, 1981, 1982) Plan Nacional de Gestión y Conservación de Acuíferos. Cuenca del Duero. Control piezométrico del acuífero terciario del Duero 1980
- (1981) Estudio hidrogeológico de la Cuenca del Tago.
- (1981, 1982) Calidad de las aguas subterráneas en los acuíferos terciarios detríticos de la Cuenca del Duero, Colección Informe
- (1982) Proyecto de investigación infraestructural hidrogeológica de los Sistemas Acuíferos n°s 9, 10, 11. Cuenca del Duero.

- (1981-1982-1983 y 1984) Plan Nacional de Abastecimiento Urbano. Informes de posibilidades e informes finales de los sondeos de abastecimiento a municipios en la Cuenca del Duero.
- (1982) Evolución piezométrica de los acuíferos en la Cuenca del Duero. Análisis del periodo 1972-1981. Colección Informe.
- (1983) Investigación hidrogeológica de la Cuenca del Tajo. Colección Informe.
- (1983) Proyecto para la Vigilancia y Control de Acuíferos en la Cuenca del Duero.
- (1984) Calidad química de las aguas subterráneas de la Cuenca del Tajo. Colección Informe.
- (1984) Evolución piezométrica de Los Sistemas Acuíferos n°s 14, 15 y 17 de la Cuenca del Tajo. Análisis del período 1977-1982. Colección Informe.
- (1984-1986) Proyecto de Vigilancia y Control de Acuíferos en las cuencas del Norte, País Vasco, Tajo, Alto Guadiana y Duero.
- (1986) Modelo matemático de flujo y planteamiento de alternativas de utilización conjunta en el Sistema Acuífero n° 11, Sur-Este Cuenca del Duero.

Servicio Geológico de Obras Públicas y Urbanismo

- (1974) Estudio hidrogeológico del Cretácico de los alrededores de Torrelaguna (Madrid y Guadalajara). Boletín n° 4. Tesis Doctoral de D. Francisco Corchón Rodríguez.