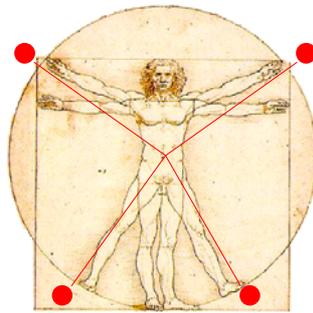


# TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

*Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente*

VOLUMEN II. AÑO 2004

SEPARATA



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE BORDE ENTRE  
EL MACIZO CRISTALINO Y EL TERCIARIO DETRÍTICO EN  
TORRELODONES (MADRID)

Manuel García Rodríguez, José Ignacio Gallego, A. Enrique Fdez Escalante.



UNIVERSIDAD ALFONSO X EL SABIO  
Escuela Politécnica Superior  
Villanueva de la Cañada (Madrid)

© Del texto: Manuel García Rodríguez, José Ignacio Gallego y A. Enrique Fernández Escalante.  
Marzo, 2004.

[http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD04\\_001.pdf](http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECMAD04_001.pdf)

© De la edición: *Revista Tecnol@ y desarrollo*

Escuela Politécnica Superior.

Universidad Alfonso X el Sabio.

28691, Villanueva de la Cañada (Madrid).

ISSN: 1696-8085

Editor: Julio Merino García [tecnologia@uax.es](mailto:tecnologia@uax.es)

No está permitida la reproducción total o parcial de este artículo, ni su almacenamiento o transmisión ya sea electrónico, químico, mecánico, por fotocopia u otros métodos, sin permiso previo por escrito de la revista.

*Tecnol@ y desarrollo. ISSN 1696-8085. Vol.2. 2004.*

# **CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DE LA ZONA DE BORDE ENTRE EL MACIZO CRISTALINO Y EL TERCIARIO DETRÍTICO EN TORRELODONES (MADRID)**

**Manuel García Rodríguez<sup>(1)</sup>, José Ignacio Gallego<sup>(2)</sup>, A. Enrique Fernández Escalante<sup>(3)</sup>**

(1) Dr. CC. Geológicas, Departamento de Tecnología Industrial, Escuela Politécnica Superior, Universidad Alfonso X el Sabio, Avda. de la Universidad nº 1, Villanueva de la Cañada, 28691 Madrid, Tf: 918109118, e-mail: manugaro@uax.es

(2) Ldo. CC. Geológicas. Gerente de INGENIERÍA GEOTÉCNICA Y MEDIOAMBIENTE S.L., Marqués de Lema nº 13, 2803 Madrid, e-mail: ingemat@wanadoo.es

(3) Ldo. CC. Geológicas. Doctorando en el Departamento de Geodinámica de la Universidad Complutense de Madrid. Tf: 913963782. Fax: 913963410

## **RESUMEN:**

El municipio de Torrelodones (Madrid) se localiza en la zona de borde entre el macizo cristalino de la Sierra de Guadarrama, formado por granitos y gneises, y materiales detríticos terciarios de relleno de la fosa del Tajo. El comportamiento hidrogeológico de este borde está directamente relacionado con dichos materiales geológicos. En contra de lo que en principio cabría esperar, los materiales graníticos constituyen el acuífero más importante y más utilizado. En este artículo se presenta un estudio hidrogeológico detallado de dicha zona.

**PALABRAS CLAVE:** Hidrogeología Torrelodones, hidrogeología en rocas duras, acuífero terciario de Madrid.

## **ABSTRACT:**

Torrelodones is a village located on the south border of the Guadarrama mountains (granitic and gneis rocks), and tertiary detrital sediments. Hydrogeological properties of this border are directly related with the different types of rocks. In this area, hard rocks are most important aquifer. In this article we present an hydrogeological study, regarding an special attention on the hard rocks hydrogeological function.

**KEY-WORDS:** *Hydrogeology of Torrelodones, hard rock hydrogeology, tertiary aquifer of Madrid.*

**SUMARIO:** 1. Introducción 2. Medio físico 3. Hidrogeología 4. Resumen y conclusiones 5. Bibliografía

## **1. Introducción**

El trabajo que se presenta tiene por objeto realizar un estudio hidrogeológico detallado del término municipal de Torrelodones y de su entorno más próximo. Este trabajo comprende la zona de borde del macizo cristalino y los materiales terciarios detríticos en las facies de borde o de transición.

En concreto, el área de trabajo se localiza entre las coordenadas de la cuadrícula Lambert; de longitud 575 este y 583 oeste, y latitud 667 norte y 660 sur ocupando una superficie aproximada de unos 50 km<sup>2</sup>. Los rasgos generales de localización así como las características geológicas e hidrogeológicas generales pueden verse en la Figura 1.1.

El estudio incluye tres zonas urbanizadas del término municipal de Torrelodones, dos de ellas localizadas íntegramente sobre los materiales graníticos (La Colonia y El Pueblo), y una tercera ubicada justamente en el borde entre los granitos y los sedimentos detríticos, y mayormente sobre estos últimos materiales.

La mayor parte del trabajo se centra en la hidrogeología del macizo rocoso por dos razones; la primera por tratarse de una zona muy poco estudiada desde el punto de vista hidrogeológico, haciéndola más interesante, y la segunda por ser el substrato geológico de la mayor parte de la superficie urbanizada del municipio de Torrelodones y por tanto de mayor interés social.

Durante la elaboración de este estudio se ha seguido el siguiente esquema de trabajo:

- a) Estudio de la geología y geomorfología.
- b) Interpretación del flujo de las aguas subterráneas.
- c) Estimación de los recursos hídricos subterráneos disponibles.

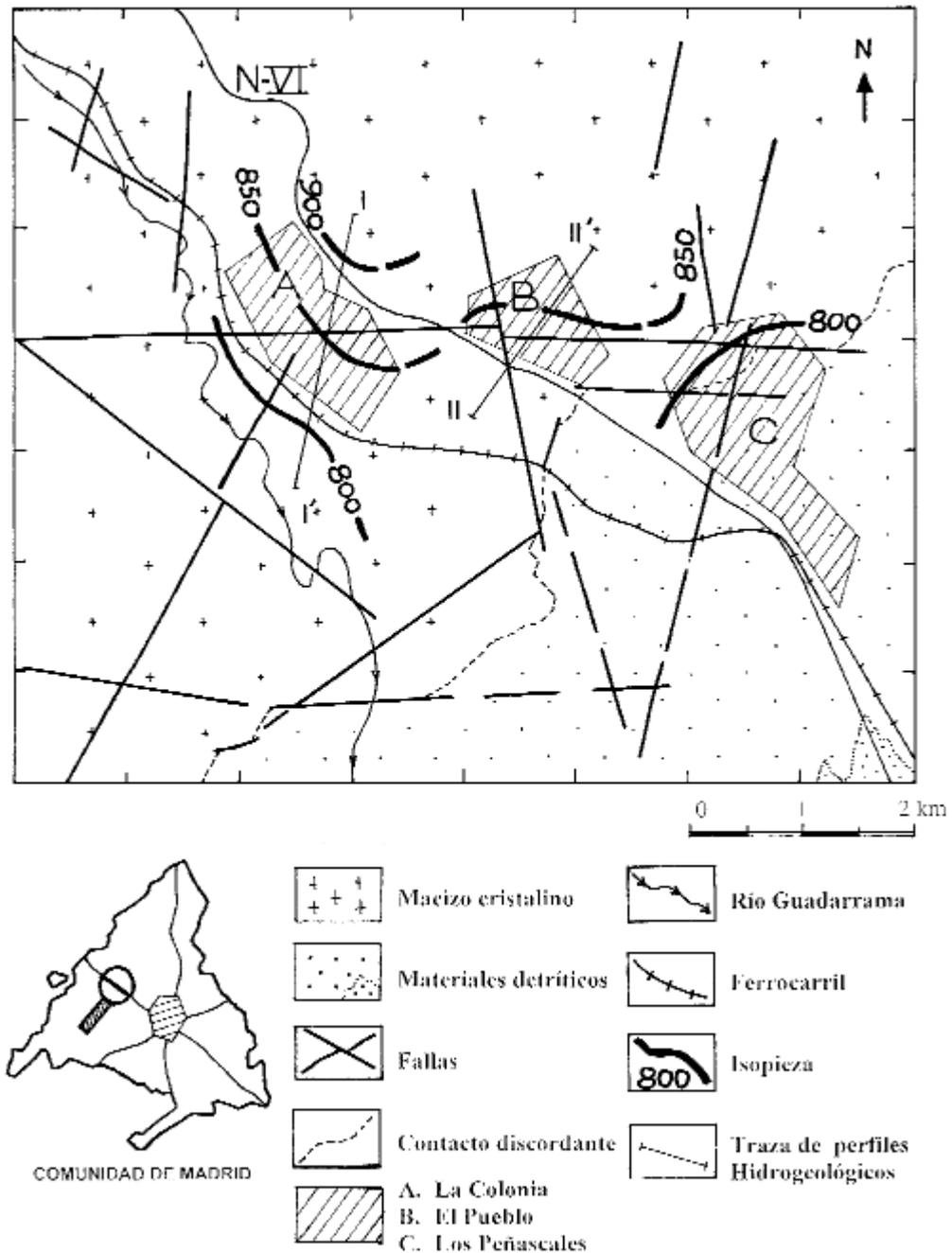


Figura 1.1. Localización y esquemas geológico e hidrogeológico del área de estudio.

## **2. Medio físico**

### ***2.1. Características generales***

La zona de trabajo se ubica en el borde o zona de contacto entre el macizo rocoso que define el ámbito serrano de la provincia de Madrid constituida principalmente por rocas metamórficas e ígneas pertenecientes a diferentes episodios evolutivos y los materiales de la cuenca terciaria detrítica en la facies de borde.

Los materiales metamórficos que se encuentran en toda la sierra de Madrid se formaron bajo diferentes condiciones de presión y temperatura. Así, a mayores presiones y temperaturas se formaron las rocas de tipo gneis, gneis glandular, esquistos y mármoles. De grado más bajo son principalmente las pizarras y las cuarcitas. La separación de ambos conjuntos metamórficos viene determinada por la zona de fractura de la Berzosa. De este segundo conjunto de materiales no se ha encontrado representación en la zona estudiada.

Las rocas ígneas que constituyen el substrato rocoso de la zona de estudio son de tipo plutónico y fueron intruidas en las últimas etapas de la Orogenia Hercínica. Las variedades de rocas plutónicas que encontramos en la zona son adamellitas biotíticas porfídicas de grano medio (y su variedad con cordierita) granitos biotíticos de grano medio a grueso (y su variedad con cordierita) y leucogranitos de grano fino-medio.

Ambas litologías, metamórficas y plutónicas, están atravesadas por diques de diferente textura y composición que suponen un doble juego en la circulación del agua del subsuelo: por un lado suponen planos de debilidad por donde puede circular el agua, y por otro pueden actuar como barreras impermeables que acoten los acuíferos existentes. Los principales diques en la zona tienen una dirección N-S y el papel que juegan en cada dominio acuífero es difícil de conocer.

Posteriormente, como consecuencia de los esfuerzos tectónicos de la Orogenia Alpina se produjeron fallas que dieron lugar al levantamiento de la sierra en distintos bloques, y al hundimiento de la cuenca del Tajo. Una de estas fallas es la conocida como falla de Torrelodones, que atraviesa el término municipal.

Como consecuencia de la desnivelación tectónica entre la sierra y la cuenca terciaria, en el área de estudio se encuentran unos materiales de transición constituidos por bloques y cantos de granitos y gneises, envueltos en una matriz arenosa – arcillosa, denominada como facies de grandes bloques. Estos materiales se localizan ocupando todo el borde sureste del área de estudio, en contacto discordante sobre los granitos (Figura 1.1).

## 2.2. *Litología*

La descripción de los materiales que se hace está basada en el trabajo del ITGE (1996), así como en las observaciones efectuadas durante el trabajo de campo realizado expresamente para este estudio.

### 2.2.1. *Macizo cristalino.*

En la zona de estudio, el borde plutónico está formado por diferentes variedades de granitos, cuya composición poco va a determinar el funcionamiento hidrogeológico. Las rocas identificadas en el la zona son:

Adamellitas biotíticas: Se localizan en el borde NE de la zona de estudio, al norte, del área residencial de Los Peñascales. Estos materiales presentan frecuentes cristales de feldespato potásico de forma rectangular y tamaños entre 1 y 3 centímetros, inmersos en una matriz de grano medio. El contenido en biotita oscila entre 10-13%. Encontramos un afloramiento de adamellitas porfídicas a un kilómetro al NE de Torrelodones Pueblo, en la zona del embalse de los Peñascales, ocupando una extensión aproximada de 1,5 km<sup>2</sup>.

Granitos biotíticos de grano medio a grueso: En la zona de estudio aparecen como una ancha banda de dirección NE – SW, en el borde más oriental del municipio. Los hay de dos tipos; tipo El Pendolero y tipo Peguerinos. El más abundante en la zona de estudio es el de tipo Pendolero, que se encuentra rodeando a las adamellitas de Los Peñascales y Torrelodones Pueblo. Los minerales principales son cuarzo, plagioclasa y feldespato potásico, con biotita y moscovita en cantidades menores. Son de color blanquecino a rosáceo o crema, debido a procesos de enrojamiento secundario de los feldespatos potásicos y a la oxidación de la biotita.

Granitos con cordierita porfíricos de grano grueso: Aparecen representados en la zona norte. Constituyen los relieves más pronunciados del término municipal y forman buena parte de la Sierra de Hoyo de Manzanares. Son rocas ricas en cristales de pequeño tamaño de feldespato y cristales globulosos de cuarzo, que a veces cuesta reconocer dado al elevado tamaño del grano de la matriz. Los minerales principales son: cuarzo, plagioclasas, feldespato potásico y en menor proporción biotita, cordierita y moscovita.

Adamellitas con cordierita de grano medio: Este afloramiento granítico es el más representativo del municipio de Torrelodones. El afloramiento tiene una morfología

subredondeada, con unos ejes máximos de 3 x 4 km y una extensión total de 8 km<sup>2</sup> (ITGE, 1996). Este afloramiento puede clasificarse como una adamellita biotítica, con un contenido en biotita del orden del 12 %. Mineralógicamente los componentes fundamentales son: cuarzo, plagioclasa, feldespato potásico y biotita. Los minerales tienen un tamaño medio que oscila entre 1 y 3 mm. Ocasionalmente los granos de cuarzo pueden alcanzar los 5 y 6 mm.

Leucogranitos de grano medio a fino: No están muy representados en el término municipal. Aparecen en dos afloramientos dispersos; uno en la zona central y otro en la zona NE. En cuanto a sus características texturales son generalmente de grano fino y fino-medio. El tamaño de los granos suele ser bastante regular y de aspecto sacaroideo. Composicionalmente son en la mayoría de las ocasiones leucogranitos biotíticos o biotíticos-moscovíticos.

En el presente trabajo se hace referencia a estos materiales como a una única unidad, a la que denominaremos genéricamente como macizo cristalino.

#### *2.2.2. Materiales sedimentarios*

Se trata de sedimentos neógenos que se apoyan discordantes sobre el macizo cristalino antes descrito y que en la zona estudiada podemos encontrar a lo largo de todo el contacto geológico.

En el Mapa Geológico de España (ITGE, 1996), se denomina a estos materiales como unidad de “Bloques y cantos de granitos y gneises”. Ocupan el tercio suroriental de la zona estudiada, y comprende la mayor parte del área residencial de Los Peñascales (Figura 1.1). Se trata de sedimentos depositados en canales fluviales de 1 a 3 m de anchura, entrelazados y superpuestos, pudiendo alcanzar en esta disposición espesores de hasta 30 m. Los bloques que constituyen estos depósitos superan en ocasiones los 3 m de diámetro, y suelen estar envueltos en una matriz predominantemente arcillosa que confiere a estos depósitos una baja permeabilidad.

Por debajo de esta unidad, y por medio de un cambio lateral de facies hacia el sureste, aparecen las arenas arcósicas (Figura 1.1). Se trata de arenas cuya granulometría varía de gruesa a fina, en cuerpos que presentan estratificación cruzada con intercalaciones de limos arenosos. El espesor de esta unidad puede sobrepasar los 80 m. Se localiza en la esquina sureste de la zona de estudio y apenas tiene afloramiento en superficie dentro del área de trabajo.

### **2.3. Tectónica**

Todo el ámbito serrano está surcado por alineaciones de fracturas y fisuras que presentan direcciones preferentes pertenecientes a la explicación evolutiva del Sistema Central. Estos elementos tectónicos tienen su origen en dos orogénias: la Orogenia Hercínica y la Alpina. La Hercínica de mayor intensidad, marca las principales direcciones estructurales de todo el conjunto rocoso. En esta orogenia tienen lugar cuatro fases de deformación compresiva, finalizando con otra de tipo distensivo en la que se intruyen los cuerpos graníticos que componen el relieve inicial de la Sierra. Son las fracturas distensivas las que permiten la circulación y almacenamiento de agua.

En el periodo comprendido entre ambas, tiene lugar una intensa fracturación que reactiva antiguas fracturas de las etapas hercínicas. Es precisamente esta Orogenia Alpina la que configura el relieve actual y que hoy vemos en los municipios de este borde del macizo cristalino de la Sierra.

Las principales direcciones de estas fracturas son:

- Fracturas de dirección NW-SE escasas y de poco significado geológico.
- Fracturas NNW escasas y de corta longitud que siempre han permanecido cerradas.
- Grandes fracturas de distensión N-S, que facilitaron el relleno de los diques que actualmente recorren la sierra.
- Fracturas NW-SE, de gran desarrollo y que dan lugar a grandes alineaciones morfológicas. La principal de ellas delimita las rocas plutónicas y metamórficas de los materiales sedimentarios; es decir, separa la sierra de la cuenca del Tajo. A esta familia de grandes fracturas pertenece la conocida falla de Torrelodones.
- Fracturas WNW- ESE, de menor categoría que las anteriores pero también de gran recorrido.

La mayor o menor representación de estas fracturas, densidad, desarrollo, interferencia entre diferentes familias, reflejo en superficie, etc., estará directamente relacionado con la posibilidad de encontrar más o menos agua en estas “rocas duras”.

## 2.4. Formaciones superficiales

En la hidrogeología de las “rocas duras”, tan importante o más como la presencia de fracturas es la existencia de un manto de alteración superficial denominado alterita, regolito o lehm. Esta zona superficial meteorizada frecuentemente tapiza de forma discontinua gran parte de las planicies serranas. El origen de este manto de alteración es por meteorización física y química, y su presencia puede ser tanto autóctona como alóctona. Javier de Pedraza (Pedraza, 1978) explica la presencia de este recubrimiento en las planicies serranas partir de una gran penillanura inicial, en la que los procesos tectónicos verticales estructuran esa penillanura en una serie de peldaños o superficies que constituyen la superficie de cumbres y las superficies de piedemonte, que a modo de rampas desniveladas enlazan con la depresión del Tajo (Figura 2.1).

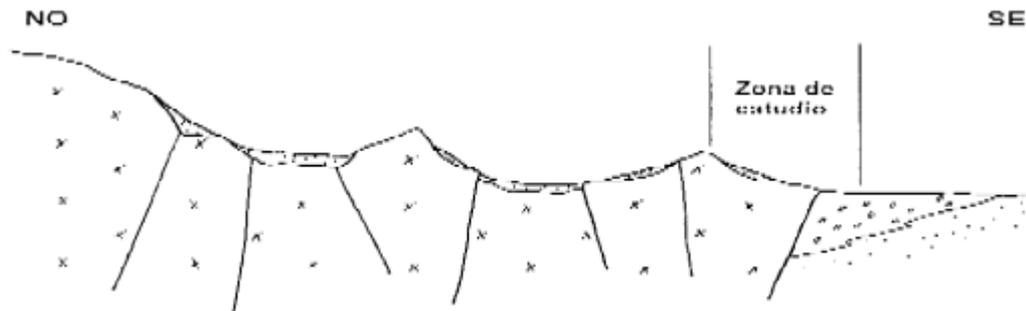


Figura 2.1. Esquema del proceso de lavado y acumulación de sedimentos meteorizados.

La alteración y disgregación de los minerales que componen las rocas plutónicas dan origen a una acumulación de partículas sueltas, constituyendo formaciones muy porosas, muy permeables y potencialmente capaces de acumular agua. Tan ventajosas circunstancias se ven disminuidas por los escasos espesores y poca extensión de los mantos de alteración.

## 3. Hidrogeología

### 3.1. Toma de datos

La obtención de datos en estudios hidrogeológicos consiste en la realización de un inventario de puntos de agua, cuyo objetivo es conseguir toda la información posible de las captaciones de agua, que proporcione material para interpretar el funcionamiento hidrogeológico. Para este estudio se han inventariado un total de 38 captaciones de agua que incluyen; manantiales, pozos y sondeos. El inventario que se ofrece en este trabajo representa una actualización de datos del inventario realizado por INGEOMAT S.L en el

Características hidrogeológicas de la zona de borde entre el macizo cristalino y el terciario detrítico en Torrelodones (Madrid). 11

año 1998 (García et al, 1998). En la Tabla 3.1 se presenta un resumen de las características más importantes de dicho inventario.

Nº Invent.	Coord X U.T.M.	Coord Y U.T.M.	Coord Z	Tipo captación	Prof. Agua (m)	Cota del agua (m)	Prof. Captación	Fecha
1	419600	4493800	894	Sondeo	Descon.	Descon.	110	6/2003
2	419365	4493505	865	Pozo	2,70	863	10	6/2003
3	419320	4493450	860	Pozo	1,02	859	10	6/2003
4	419275	4493425	857	Pozo	1,90	855,1	7	6/2003
5	419445	4493455	862	Pozo	2,78	859,9	8	6/2003
6	419280	4493453	855	Pozo aljibe +	2,3	852,6	7	6/2003
7	419341	4493380	859	Pozo	2,23	857,4	Descon.	6/2003
8	419165	4493180	849	Pozo	2,35	847,6	8,5	5/2003
9	419125	4493075	846	Pozo galería +	1,70	844,3	9	6/2003
10	419040	4492800	836	Pozo	4,3	832,6	15	6/2003
11	419105	4492985	844	Pozo	2,65	833,0	12	6/2003
12	419305	4493065	850	Pozo galería +	2,85	847,8	13	6/2003
13	419200	4492910	846	Pozo	3,72	842,7	9	5/2003
14	419215	4492820	843	Pozo	5,45	838,3	11	6/2003
15	419450	4493250	854	Pozo	2,27	851,9	8	6/2003
16	419590	4493210	860	Pozo	4,45	856,6	11,5	6/2003
17	419360	4492800	840	Pozo	390	836,8	9	6/2003
18	419465	4492525	837	Pozo	3,73	834,1	8	6/2003
19	419745	4493210	870	Pozo	4,43	866,5	Descon.	5/2003
20	420017	4493417	903	Manantial	0	902,3	1	5/2003
21	421084	4492576	854	Pozo	2,40	852,3	6	5/2003
22	421045	4492765	862	Manantial	0	862	0	5/2003
23	421040	4492780	863	Pozo	2,33	861,4	3	6/2003
24	419443	4492451	825	Pozo	3,74	822,16	11	6/2003
25	419483	4491978	828	Pozo	4,32	824,5	10	6/2003
26	419515	4492455	837	Pozo	4,53	833,1	9,30	6/2003
27	419990	4492220	844	Sondeo	1,30	842,7	51	6/2003
28	419432	4491755	825	Pozo	2,47	823,2	9	6/2003
29	419155	4492160	825	Pozo + 3 galerías	3,9	821,1	9	5/2003
30	421525	4492240	845	Pozo	3,40	842,4	5,4	6/2003
31	420785	4492125	873	Pozo	1,42	871,58	6	6/2003
32	420150	4491190	813	Pozo	2,35	811,2	10	6/2003
33	422156	4492633	856	Pozo	2,42	854,2	6	6/2003
34	423232	4492765	825	Pozo	2,84	833,6	12	6/2003
35	423565	4492710	807	Pozo	1,5	805,5	25	6/2003
36	425065	4492867	804	Manantial	0	804	0	6/2003
37	422190	4492152	832	Manantial	0	832	0	6/2003
38	423920	4491393	749	Pozo	4,70	744,3	9	6/2003

Tabla 3.1. Inventario de puntos de agua.

Además, se ha realizado una consulta a la base de datos “Aguas” del Instituto Tecnológico y Geominero de España (ITGE), solicitando todas las captaciones de agua existentes en los octantes 4 y 8 de la hoja 18-21 (1/50.000). Dicha zona comprende íntegramente la zona de estudio y gran parte del acuífero terciario de Madrid hacia zonas más centrales de la cuenca. La consulta realizada dio un resultado de unos doscientos puntos, de los que ninguno de ellos pertenece ni al macizo cristalino ni al terciario detrítico en la facie de Bolos de granitos y gneises, en la zona de borde. La mayoría de las captaciones de dicho inventario corresponden a sondeos profundos en las arenas arcósicas, en los términos municipales de las Matas y de las Rozas hacia el sureste. La falta de puntos de agua en la base de datos del ITGE dentro del municipio del área de estudio, confirma la poca importancia como acuífero, en particular de los depósitos detríticos.

### **3.2. Tipos de captaciones encontradas**

Durante el inventario de puntos de agua se han localizado captaciones de agua que corresponden a los siguientes tipos; pozos excavados, pozos con galería, aljibes y perforaciones profundas.

Los *pozos excavados* son las captaciones más frecuentes en toda la zona y en general en todas las comarcas con este tipo de litologías “duras”. Son excavaciones de poca profundidad (de unos 3 a 10 m) que aprovechan el agua almacenada en el manto alterado, de ahí que sean poco profundos. Frecuentemente están excavados atravesando también parte de roca fresca, intentando cortar el mayor número de fracturas con agua, hecho que justifica el gran diámetro de estas captaciones (de 1 a 4 m generalmente). La recarga en este tipo de captaciones se produce por infiltración directa del agua de lluvia en el entorno próximo del pozo. Su capacidad de regulación es pequeña, es decir, en las épocas de estiaje a medida que se utiliza, la recuperación de los niveles es cada vez más lenta, hasta que a mediados de verano se suelen secar. La profundidad que se alcanza es indicativa de la profundidad a la que suele encontrarse la roca más fresca y compacta, o en ocasiones, la profundidad a la que dejan de encontrarse fracturas abiertas que cedan agua al pozo. Suele ser representativo del espesor de regolito o zona de alteración. En los pozos inventariados no se superan los 10 m de profundidad siendo lo más frecuente entre 7-8 m.

Los *pozos con galería* se caracterizan por tener galerías horizontales que parten generalmente de la base del pozo en la zona más profunda. Un mismo pozo puede tener varias galerías con una distribución radial. Estas captaciones tienen mayor superficie para captar agua y mayor capacidad de almacenamiento.

Los *aljibes* son depósitos subterráneos que almacenan agua procedente de la escorrentía superficial o traída de forma artificial desde los pozos, aunque dependiendo de su profundidad con respecto al nivel freático, pueden parcialmente actuar como pozos y recibir cierto aporte de agua subterránea. Son muy frecuentes en la zona de La Colonia.

Las *perforaciones profundas*, también llamados “sondeos”, en las rocas duras se hacen por el método de rotoperusión. Con esta técnica la realización del pozo es bastante rápida, pero tiene el inconveniente de limitar el diámetro entre unos 150 y 180 mm, aunque se pueden alcanzar diámetros mayores. La profundidad en este tipo de formaciones no suele pasar de los 50 m de profundidad. Los rendimientos de estos sondeos dependen del número de fracturas atravesada y de su porosidad eficaz. En la práctica es muy difícil prever su rendimiento, siendo muy frecuente encontrar sondeos separados pocos metros, en los que uno de ellos pueda ser totalmente estéril y el otro proporcionar un caudal que pueden oscilar entre 0 y 0,5 l/s (Villarroya y Rebollo, 1986).

El inventario realizado ha puesto de manifiesto que aunque en algunas zonas los puntos de agua pueden ser poco frecuentes, en otras pueden llegar a ser excepcionalmente numerosos. La presencia o ausencia de captaciones y su naturaleza, dan idea, además de las condiciones hídricas del terreno, de los rasgos socioeconómicos del municipio tanto en tiempos pasados como en la actualidad.

Como dijera Casiano de Prado, ya en el siglo pasado, “En la Sierra no son tantos los pozos porque hay muchas fuentes, torrentes y regueros, y porque son más difíciles de abrir, y en algunos pueblos no los hay por eso”. Tal parece ser el caso del núcleo rural que rodea el actual Ayuntamiento y el barrio de la estación (zonas del pueblo y colonia respectivamente). Antiguamente la presencia de fuentes comunales servía de abastecimiento a la población próxima sin verse pues necesitados de abrir sus propios pozos.

Donde se sitúan las mayores viviendas con amplias extensiones ajardinadas, es frecuente encontrar varios pozos dotados de galerías y aljibes, señal de que sus propietarios podían costear este tipo de obras. Igualmente las viviendas alejadas del núcleo rural donde se encontraban las fuentes de abastecimiento tenían la necesidad de construir su propio pozo.

### 3.3 Tipos de acuíferos identificados

Desde un punto de vista hidrogeológico, en la zona de estudio se encuentran tres tipos de litologías de morfogénesis muy diferente que van a condicionar el funcionamiento hidrogeológico:

- Rocas plutónicas de baja porosidad inicial pero afectadas por fracturas.
- Manto de alteración de origen alóctono o autóctono, de alta porosidad y dimensiones variables.
- Bloques y cantos con matriz predominantemente arcillosa, que constituyen los materiales de transición entre los dos ámbitos principales de la provincia (sierra y cuenca).

Asociados a estas litologías, respectivamente podemos encontrar tres tipos de acuíferos distintos (Figura 3.2):

- Acuíferos poco permeables por fisuración o fracturación.
- Acuíferos libres en zonas de alteración generalizada.
- Acuíferos libres en sedimentos detríticos terciarios de baja permeabilidad.

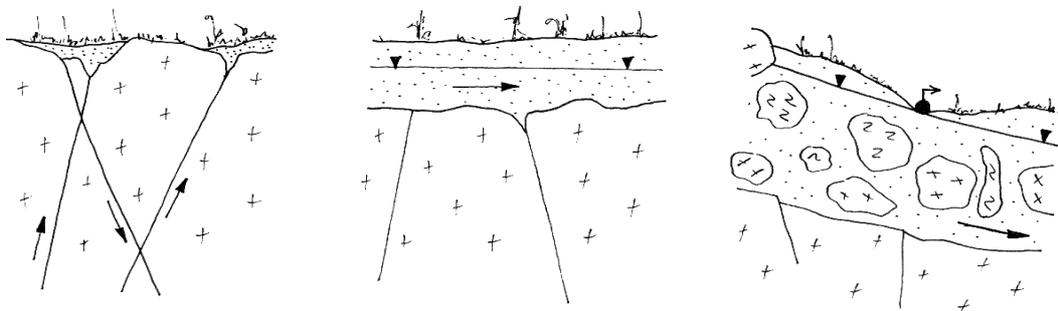


Figura 3.2. Esquemas de los principales tipos de acuíferos identificados.

#### 3.3.1. Acuíferos por fracturación

Su importancia está relacionada por la presencia, en mayor o menor medida, de diaclasas, fallas, o diques. Algunas de estas discontinuidades pueden permitir la circulación del agua a través suyo, siempre y cuando se trate de fracturas interconectadas y tengan una apertura mínima que permita la circulación de un cierto caudal. Como la recarga de agua en este tipo de acuíferos se realiza exclusivamente a través de las fracturas, en principio, esta será tanto mayor cuantas más fracturas afloren en superficie. La presencia de un manto de

alteración superficial recubriendo las fallas y diaclasas, con frecuencia puede favorecer la infiltración de los excedentes pluviométricos y contribuir en la recarga.

Suele ocurrir que las fracturas se vayan cerrando a medida que aumenta la profundidad, disminuyendo así la circulación de agua entre sus paredes, aunque no sea una norma. Por esta razón en las captaciones de gran profundidad (sondeos), no se suele encontrar una relación lineal entre profundidad y caudal, al margen de que se haya ubicado el sondeo en una zona estéril.

La obtención de parámetros hidráulicos en estas formaciones es una labor compleja y costosa. Según autores (Dieulin, 1980; 1981), la porosidad total en zonas de fractura a profundidades entre 5 y unos 50 metros, puede oscilar entre 0,02 y 0,08. La permeabilidad o conductividad hidráulica (expresada en m/s) puede también ser muy variable, entre  $3 \text{ y } 9 \cdot 10^{-4}$  o bien entre  $1 \text{ y } 100 \cdot 10^{-7}$  dependiendo las zonas.

### 3.3.2. *Acuíferos en zonas de alteración.*

La meteorización física y química disgrega y descompone los minerales que constituyen las rocas, dando origen a un manto de alteración de características hidrogeológicas muy variables, formado por arenas con granos de cuarzo, micas y feldespatos en menor porcentaje y una matriz arcillosa representada principalmente por caolinita, debido a la alteración de feldespatos. La abundancia de arcillas influye directamente sobre la permeabilidad del conjunto y está en relación con la composición original de la roca madre, grado de meteorización, lavado por escorrentía superficial y de los aportes de finos desde otras zonas. El conjunto de estos materiales puede permanecer “in situ” o ser transportada a otros lugares. En ambos casos la acumulación de estos materiales origina un acuífero somero por porosidad intergranular. Es decir, el agua se acumula en los poros que existen entre los granos.

Los parámetros hidráulicos en las zonas de alteración se encuentran entre los siguientes órdenes de magnitud: la porosidad total del granito alterado (Morris and Johnson, 1967) según autores, puede ser entre 0,34 y 0,57. La permeabilidad en las zonas de alteración dependerá de la mineralogía de la roca inalterada inicial y de su estado evolutivo, donde distintos autores (Daly, 1982; Morris et. al. 1967) han encontrado valores entre  $1,62 \cdot 10^{-5}$  m/s y  $(3,3 \text{ a } 52) \cdot 10^{-6}$  m/s.

El espesor de las acumulaciones de alterita es muy variable en función de las características de la roca origen y de los procesos que hayan actuado en la región. En

estos materiales con frecuencia se encuentran espesores variables de unos 0,5 a 2 m, generalmente seguidos en profundidad por un tramo de roca muy deleznable. En Torrelodones es frecuente que esta capa o manto de alteración no tenga mucha continuidad lateral, sino que se trate de pequeñas cuencas individualizadas, separadas por afloramientos de roca sin alterar. Esta circunstancia es la que determina que existan numerosos acuíferos locales, sin o con escasa conexión hidráulica entre ellos, de poco espesor y con rendimientos bajos en las captaciones existentes.

### *3.3.3. Acuífero por porosidad en rocas sedimentarias*

Estos acuíferos forman un grupo que debe tratarse independientemente de los dos anteriores, pues no están directamente relacionados con los materiales graníticos. Se localizan en la zona de transición entre los granitos serranos y la cuenca detrítica terciaria de Madrid. Están constituidos por acumulación de cantos y bloques envueltos por una matriz arcillosa – arenosa.

Son acuíferos por porosidad intergranular. Estos materiales en el término municipal de Torrelodones, se localizan en la zona de Los Peñascales, y no constituyen un buen acuífero debido al predominio de una matriz arcillosa poco permeable, y por la presencia de un relieve pronunciado. Estos materiales geográficamente se extienden hacia el sur, mejorando también su potencialidad como acuífero, alejados ya de la zona de estudio.

## **3.4. Flujo de agua subterránea**

A partir de la interpretación de los datos obtenidos en el inventario de puntos de agua y apoyados en la geología y relieve del municipio, se han diferenciado tres sectores, distribuidos en bandas subparalelas de dirección E-W, que a su vez comprenden zonas con diferente comportamiento: 1) Sector norte, 2) Sector central y 3) Sector sur.

### *3.4.1. Sector norte*

Está representado por una banda de dirección E-W que ocupa aproximadamente una tercera parte de la superficie total de la zona estudiada. Se trata de la zona topográficamente más elevada y rocosa, con numerosos escarpes debidos a los afloramientos graníticos. En esta zona desde el punto de vista hidrogeológico no se puede hablar de la existencia de acuíferos.

Los pozos y/o manantiales existentes se ubican aprovechando pequeñas zonas de relleno

localizadas entre bloques graníticos. El interés hidrogeológico de esta zona se debe a que constituye la zona de recarga de los acuíferos más meridionales. La precipitación directa que cae sobre esta zona tiene doble efecto: por una parte se traduce en escorrentía superficial, que parcialmente se infiltra aguas abajo recargando los acuíferos subsuperficiales, y por otra se infiltra por las fracturas profundas pudiendo conectarse con otros sectores localizados también más al sur.

### 3.4.2. Sector central

Forma una banda subparalela a la anterior y que recorre el término municipal en su eje mayor de dirección E-W. En esta banda se pueden diferenciar dos zonas con un comportamiento hidrogeológico muy diferente, que responde esencialmente a cambios litológicos. Las zonas occidental y central representadas por granitos, y otra zona oriental, representada mayormente por materiales detríticos terciarios de transición.

Zona de materiales graníticos: Corresponde a las concentraciones urbanas más importantes del municipio como son La Colonia y El Pueblo representados en la Figura 1.1 como zonas A y B respectivamente. Se localizan íntegramente sobre materiales graníticos y ocupan la zona topográficamente más suave de todo término municipal. Se trata de la zona más importante desde el punto de vista hidrogeológico.

El flujo de agua subterránea en La Colonia tiene una dirección N-S o NE-SW, con sentido hacia el S-SW. La recarga de agua subterránea en esta zona procede de infiltración directa del agua de lluvia, así como de la escorrentía subsuperficial procedente de la zona de sierra al norte. La descarga de agua subterránea tiene lugar de modo natural por manantiales y por el río Guadarrama, y artificialmente por bombeos desde pozos.

Los gradientes hidráulicos varían mucho de un lado a otro de la N-VI, estando condicionados tanto por la topografía como por la mayor o menor permeabilidad del substrato. El gradiente máximo se localiza al norte de la N-VI (del orden del 20 %), y el mínimo en la zona sur, entre un 2 y 4 % . En principio, zonas con pequeños gradientes de agua subterránea indican zonas más permeables, favorables por lo tanto para la ubicación de captaciones.

Más hacia el sur del área tratada (Figura 1.1), entre la línea de ferrocarril y el río Guadarrama (isopieza 800 m), el macizo pierde interés como acuífero. Se trata de una zona más rocosa, menos alterada superficialmente, y constituye un borde de descarga de agua subterránea hacia el río Guadarrama. En esta zona sur los principales pozos se localizan en la zona de El Gasco, aprovechando el agua que queda retenida en los rellenos detríticos

entre zonas rocosas, no pudiéndose por tanto hablar de acuífero como tal.

El flujo subterráneo en la zona del Pueblo (zona B en la Figura 1.1) tiene una componente general N-S, radial hacia el valle del arroyo del Piojo. Esta porción de acuífero se recarga de la precipitación de la zona norte más elevada topográficamente. Hacia el sur queda limitado por una barrera impermeable natural (macizo granítico) donde la zona de alteración pierde la continuidad y por tanto importancia como acuífero. La descarga natural de este acuífero se debe producir a favor de la gran fractura que pasa por el arroyo del Piojo, drenando por zonas topográficamente más bajas, hacia el río Guadarrama. La gran superficie pavimentada y la existencia de alcantarillado en la zona, disminuyen sin lugar a dudas, la recarga potencial del acuífero.

Zona de borde entre materiales graníticos y materiales de transición detríticos: Se trata de la zona que queda comprendida entre Torrelodones Pueblo y el este del área de trabajo (zona comprendida entre B y C de la Figura 1.1). Geológicamente incluye la zona de tránsito entre los granitos y depósitos terciarios, bien por contactos mecánicos o en discordancia estratigráfica. El interés hidrogeológico de esta zona es reducido, teniendo mayor importancia en las proximidades del Pueblo, y al norte, en una banda paralela a la carretera de El Pardo entre las isopiezas 850 m y 800 m (ver Figura 1.1). Las principales captaciones se localizan en la mitad occidental de dicho borde. En particular, la zona que ocupa la urbanización Montealegre, representa una barrera impermeable natural que interrumpe la continuidad como acuífero en este sector norte.

En términos generales el flujo subterráneo tiene un sentido NW-SE. La descarga se realiza a través de barrancos donde aparecen manantiales. Es un acuífero “pobre” que no presenta continuidad en la dirección N-S. Las principales barreras naturales se deben a cambios litológicos y a la red de fracturación.

Dentro de los materiales detríticos representados en la zona C de la Figura 1.1, hacia el este de la isopieza 800 m (en Los Peñascales) no puede hablarse de acuíferos con continuidad espacial. A pesar de su escaso interés hidrogeológico, es posible encontrar captaciones (muy localmente) que aprovechan el agua acumulada en zonas de relleno entre bolos graníticos (bien del macizo cristalino, bien del relleno terciario).

Las zonas preferentes para la captación de agua del área de trabajo y en particular del sector central definido, se localizan en las zonas de La Colonia y El Pueblo. En las Figuras 3.3 y 3.4 se presentan los perfiles hidrogeológicos de ambas zonas.

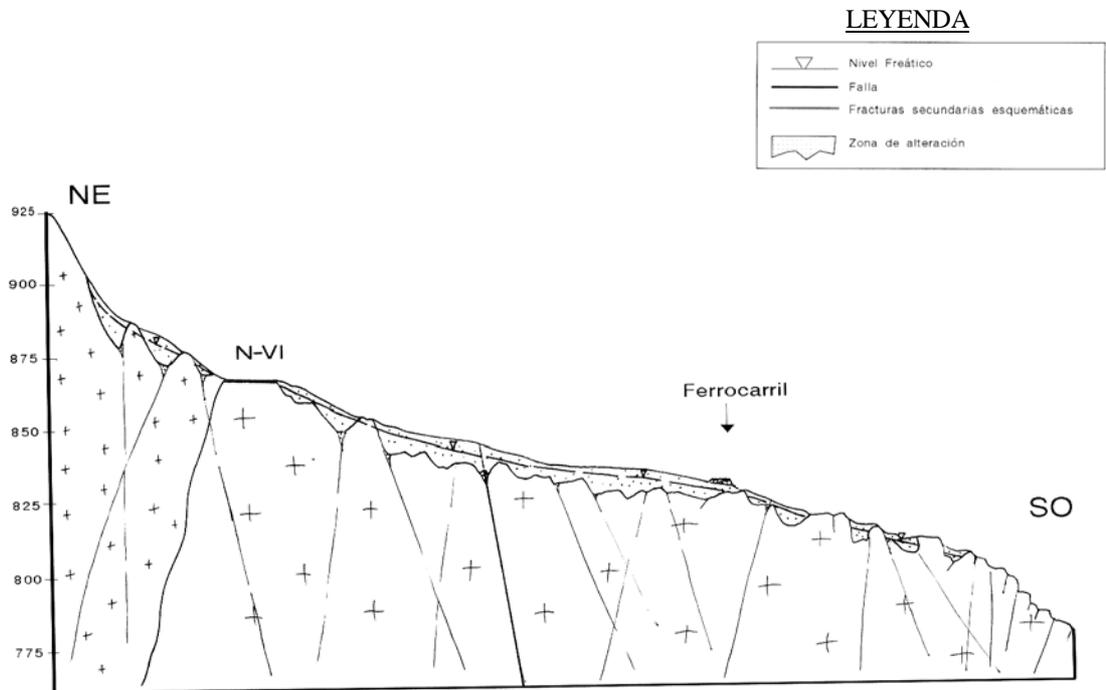


Figura 3.3. Perfil hidrogeológico I-I' en La Colonia (ver localización en Figura 1.1).

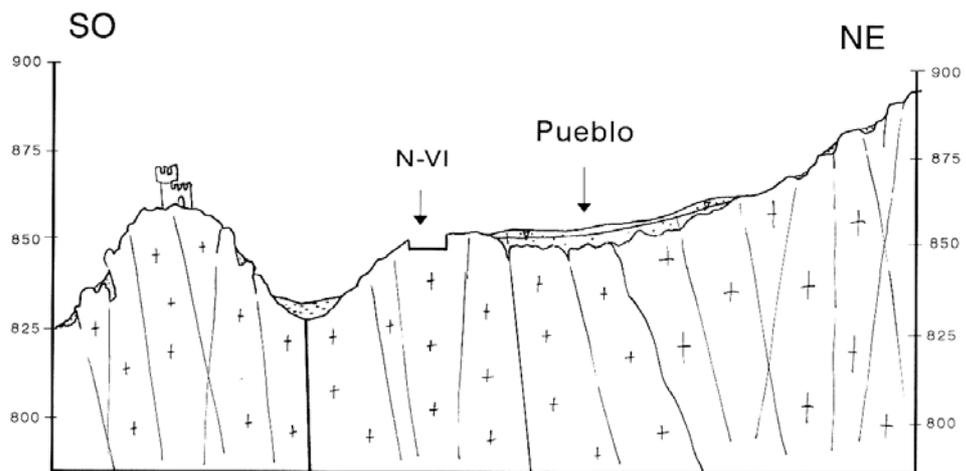


Figura 3.4. Perfil hidrogeológico II-II' en El Pueblo (ver localización en Figura 1.1).

### *3.4.3. Sector sur*

Está representada por los escarpes rocosos del río Guadarrama. No constituye ningún acuífero.

### **3.5. Balance hídrico**

El balance hídrico del suelo que se hace está basado en los datos del Instituto Nacional de Meteorología elaborados por Almarza (1984). Debido a que el Instituto Nacional de Meteorología no cuenta con una estación Meteorológica completa en Torreldones, se han recopilado las fichas hídricas de las tres estaciones completas más próximas a Torreldones: Collado Villalba, Madrid Retiro y Guadalix de la Sierra. El balance hídrico de la zona se ha realizado a partir de los datos de la estación de Villalba, que es la que se localiza más próxima.

En la estación de Collado Villalba (3-270) las temperaturas mensuales medias más bajas se presentan en los meses de diciembre y enero, con unos valores de 4,6 °C y 4,1 °C respectivamente. Las temperaturas mensuales medias más elevadas se registran en julio con 23,9 °C y en agosto con 23,3 °C. La temperatura anual media para el periodo 1941-1970 (representativo de años medios), para el observatorio de Villalba es de 13,2 °C, la precipitación media anual, para el mismo periodo es de 708 mm y la evapotranspiración potencial 748 mm.

La evapotranspiración real en tres hipótesis de reserva de agua utilizable en el suelo, para 75 , 100 y 150 mm, es respectivamente de 447, 472 y 522 mm (Tablas 3.2, 3.3 y 3.4). Si analizamos el supuesto para una reserva de suelo de 100 mm, la reserva empieza a formarse a principio de octubre; a principio de diciembre se alcanza la reserva de saturación, y comienza a disminuir a principios de mayo. A principios de julio se produce el agotamiento de la reserva de agua en el suelo. En resumen estas cifras nos dicen lo que ya es bien sabido por los agricultores, que en general, son las lluvias de invierno y primavera las que alimentan los ríos y los acuíferos. Obviamente esta descripción corresponde a una situación media que puede variar ligeramente de un año para otro.

Tabla 3.2. Ficha hídrica para una reserva de saturación de 75mm.

<i>MES</i>	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total
<b>T °C</b>	19,5	13,8	8,2	4,6	4,1	5,4	8,7	11,7	15,5	20,2	23,9	23,3	13,2
<b>EVT</b>	91	52	21	9	8	12	29	48	80	116	148	134	748
<b>ΔR</b>	0	25	50	0	0	0	0	0	-19	-56	0	0	
<b>R</b>	0	25	75	75	75	75	75	75	56	0	0	0	
<b>ER</b>	53	52	21	9	8	12	29	48	80	103	11	21	447
<b>D</b>	38	0	0	0	0	0	0	0	0	13	137	113	301
<b>EX</b>	0	0	19	68	43	50	54	27	0	0	0	0	261
<b>ES</b>	1	1	10	39	41	45	50	38	19	10	5	2	261

T = Temperatura; EVT = Evapotranspiración potencial; ΔR = Variación en la reserva; R = Reserva de agua en el suelo; ER = Evapotranspiración real; D = Deficit de agua en el suelo; EX = Excedente; ES = Escorrentía (superficial y subterránea).

Tabla 3.3. Ficha hídrica para una reserva de saturación de 100 mm.

<i>MES</i>	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total
<b>T °C</b>	19,5	13,8	8,2	4,6	4,1	5,4	8,7	11,7	15,5	20,2	23,9	23,3	13,2
<b>EVT</b>	91	52	21	9	8	12	29	48	80	116	148	134	748
<b>ΔR</b>	0	25	69	6	0	0	0	0	-19	-69	-12	0	
<b>R</b>	0	25	94	100	100	100	100	100	81	12	0	0	
<b>ER</b>	53	52	21	9	8	12	29	48	80	116	23	21	472
<b>D</b>	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	125	113	276
<b>EX</b>	0	0	0	62	43	50	54	27	0	0	0	0	236
<b>ES</b>	1	1	0	31	37	44	49	38	19	9	5	2	236

Tabla 3.4. Ficha hídrica para una reserva de saturación de 150 mm.

<i>MES</i>	SEP	OCT	NOV	DIC	ENE	FEB	MAR	ABR	MAY	JUN	JUL	AGO	Total
<b>T °C</b>	19,5	13,8	8,2	4,6	4,1	5,4	8,7	11,7	15,5	20,2	23,9	23,3	13,2
<b>EVT</b>	91	52	21	9	8	12	29	48	80	116	148	134	748
<b>ΔR</b>	0	25	69	56	0	0	0	0	-19	-69	-62	0	
<b>R</b>	0	25	94	150	150	150	150	150	131	62	0	0	
<b>ER</b>	53	52	21	9	8	12	29	48	80	116	73	21	522
<b>D</b>	38	0	0	0	0	0	0	0	0	0	75	113	226
<b>EX</b>	0	0	0	12	43	50	54	27	0	0	0	0	186
<b>ES</b>	1	1	0	6	25	37	46	36	18	9	5	2	186

### **3.6. Potencialidad acuífera**

Según la interpretación del funcionamiento hidrogeológico que se ha explicado en el apartado 3.4, las zonas con más interés como acuífero, son las conocidas como zonas del Pueblo y La Colonia.

Seguidamente, a partir de las características geológicas y del balance hídrico, se hace una estimación de los recursos subterráneos renovables anualmente para las dos zonas indicadas. La estimación de la recarga potencial a partir de la ficha hídrica, resulta muy adecuada en este caso debido al carácter muy superficial del acuífero.

#### *3.6.1. Zona de La Colonia*

Se considera con interés acuífero la zona que delimita la carretera N-VI y la línea de ferrocarril Su superficie aproximada de 1,7 km<sup>2</sup>. Si consideramos las zonas de afloramientos rocosos, así como la gran superficie pavimentada y por tanto impermeabilizada, el área efectiva de recarga viene a ser escasamente de 0,8 km<sup>2</sup>.

Para una reserva de saturación de 100 mm del suelo (caso medio), la escorrentía total anual (subterránea y superficial) es del orden de 230 mm. Bajo las condiciones de suelo existentes, la escorrentía subterránea se puede estimar entre un 20 o 30 % de la total, es decir, unos 45 o 70 mm. Esta cifra representa de un 6 a un 10 % de la precipitación, lo que concuerda con otros valores obtenidos en casos similares.

La estimación de la escorrentía subterránea es difícil de cuantificar, y sólo se pueden dar unos órdenes de magnitud. No obstante cabe hacer las siguientes estimaciones de recarga potencial anual, en diferentes supuestos:

a) Que la escorrentía subterránea potencial es un 20 % de la total:  
Escorrentía subterránea (anual) = 0,8 km<sup>2</sup> x 0,046 m = 0,0368 hm<sup>3</sup> = 36.800 m<sup>3</sup>.

b) Que la escorrentía subterránea potencial es un 30 % de la total:  
Escorrentía subterránea (anual) = 0,8 km<sup>2</sup> x 0,069 m = 0,0552 hm<sup>3</sup> = 55.200 m<sup>3</sup>.

Es decir, el volumen total de agua subterránea potencialmente renovable cada año para toda la zona, podría encontrarse entre unos 37.000 m<sup>3</sup> y 55.000 m<sup>3</sup>.

Por otra parte, para estimar con mayor precisión el volumen real de agua que puede almacenar el acuífero, es preciso tener en cuenta la porosidad de los materiales. Si

consideramos una porosidad eficaz del acuífero en la zona de alteración variable entre un 1 % y un 25 %, esta última para una situación extrema (Daly, 1982; Morris et al 1967), el volumen máximo de agua que podría almacenar en toda la superficie considerando un espesor medio de 2 metros sería:

a) Con porosidad eficaz del 1%:

$$\text{Volumen} = 1,7 \text{ km}^2 \times 0,01 \times 2 \text{ m} = 0,034 \text{ hm}^3 \text{ (34.000 m}^3\text{)}$$

b) Con porosidad eficaz del 25 %:

$$\text{Volumen} = 1,7 \text{ km}^2 \times 0,25 \times 2 \text{ m} = 0,85 \text{ hm}^3.$$

El volumen obtenido para una porosidad eficaz del 25 % no puede alcanzarse pues es muy superior al máximo potencial.

A más de dos metros de profundidad prácticamente no hay zona de alteración, y el agua se mueve por fracturas, con valores de porosidades casi despreciables.

Como resumen, el acuífero que ocupa la zona de La Colonia es capaz de albergar un volumen anual de agua subterránea, que puede oscilar entre unos 34.000 m<sup>3</sup> y no más de unos 55.000 m<sup>3</sup>.

### 3.6.2. Zona del Pueblo

Con el mismo planteamiento que en la zona de La Colonia, si tenemos en cuenta que El Pueblo tiene una superficie de 0,7 km<sup>2</sup>, y una superficie de recarga eficaz de aproximadamente 0,3 km<sup>2</sup>, la *recarga potencial anual*, en diferentes supuestos será:

a) La escorrentía subterránea potencial es un 20 % del total:

$$\text{Escorrentía subterránea (anual)} = 0,3 \text{ km}^2 \times 0,046 \text{ m} = 0,0138 \text{ hm}^3 \text{ (13.800 m}^3\text{)}.$$

b) La escorrentía subterránea potencial es un 30 % del total:

$$\text{Escorrentía subterránea (anual)} = 0,3 \text{ km}^2 \times 0,069 \text{ m} = 0,0207 \text{ hm}^3 \text{ (20.700 m}^3\text{)}.$$

Atendiendo a la porosidad de los materiales, el volumen de agua que se puede almacenar será del orden de:

a) Para porosidad eficaz del 1 %:

$$\text{Volumen} = 0,7 \text{ km}^2 \times 0,01 \times 2 \text{ m} = 0,014 \text{ hm}^3 \text{ (14.000 m}^3\text{)}.$$

b) Para porosidad eficaz del 25 %:

$$\text{Volumen} = 0,7 \text{ km}^2 \times 0,25 \times 2 \text{ m} = 0,35 \text{ hm}^3 \text{ (350.000 m}^3\text{)}.$$

Es decir, el volumen de agua subterránea renovable anualmente en el acuífero localizado en El Pueblo oscila entre unos 14.000 m<sup>3</sup> y 25.000 m<sup>3</sup>. Se da un margen más amplio que el calculado, por la recarga natural subsuperficial desde el borde norte.

En conjunto, entre El Pueblo y La Colonia, pueden almacenar entre 48.000 y 80.000 m<sup>3</sup>, renovables anualmente en condiciones climáticas medias. Estas cifras suponen aproximadamente entre un 5 % y 10 % de la capacidad total del embalse de Navalmedio.

Las estimaciones de recursos efectuadas para ambas zonas deben considerarse sólo como una aproximación, dentro de unos órdenes de magnitud razonables con las hipótesis de partida establecidas. El volumen que pueda encontrarse en fracturas profundas no se puede cuantificar, por tanto los cálculos efectuados se refieren exclusivamente al acuífero superficial

Un reconocimiento a fondo del acuífero superficial mediante métodos geofísicos tales como la sísmica de refracción, permitiría cubicar con mayor precisión el volumen de terreno acuífero y por tanto afinar más en las reservas disponibles.

### ***3.7. Hidrogeoquímica***

La caracterización hidrogeoquímica del área de estudio se ha realizado a partir de un total de 27 puntos de muestreo, con medidas de pH y conductividad (C) tomadas "in situ" (Tabla 3.5).

Como cabe esperar en un substrato geológico granítico, los análisis de agua de los pozos indican una baja mineralización, con valores de conductividad eléctrica que principalmente oscilan entre 200 y 600 µS/cm. Esta baja conductividad se explica, además de por tener un substrato granítico, por tratarse de un acuífero somero en el que el agua no permanece mucho tiempo en contacto con la roca.

A pesar de la baja mineralización de las aguas, se han diferenciado tres rangos de valores de conductividad, coherentes con el modelo conceptual de flujo; conductividad inferior a 300 µS/cm, entre 300 y 600 µS/cm y mayores de 600 µS/cm.

Tabla 3.5. Resumen de los parámetros fisicoquímicos determinados en campo.

<b>Nº captación</b>	<b>2</b>	<b>3</b>	<b>5</b>	<b>7</b>	<b>8</b>	<b>10</b>	<b>12</b>	<b>14</b>	<b>15</b>
Fecha	16/6/03	15/6/98	16/6/03	19/6/98	15/6/03	16/6/03	16/6/03	16/6/03	16/6/03
Tª (°C)	19°	28°	19°	19°	20°	19°	19°	18°	18°
PH	7,3	7,5	6,9	7,6	7,7	7,4	7,2	7,6	6,8
C (µS/cm)	350	1100	290	380	90	380	330	680	480
<b>Nº captación</b>	<b>18</b>	<b>19</b>	<b>21</b>	<b>22</b>	<b>25</b>	<b>26</b>	<b>27</b>	<b>28</b>	<b>29</b>
Fecha	16/6/03	19/6/03	19/6/03	16/6/03	15/6/98	16/6/98	16/6/03	16/6/03	16/6/03
Tª (°C)	22°	17°	19°	19°	20°	19°	18°	16°	17°
PH	7,4	6,9	7,6	6,6	7,7	8,1	7,2	6,6	6,8
C (µS/cm)	380	380	650	420	300	350	1290	530	290
<b>Nº captación</b>	<b>30</b>	<b>31</b>	<b>32</b>	<b>33</b>	<b>35</b>	<b>36</b>	<b>37</b>	<b>38</b>	
Fecha	17/6/03	16/6/03	19/6/03	16/6/03	15/6/98	19/6/98	15/6/98	15/6/98	
Tª (°C)	17°	18°	16°	17°	17°	20°	20°	19°	
PH	8,9	5,6	7,1	7,5	7,2	7,5	7,9	7,8	
C (µS/cm)	680	160	590	220	620	330	430	430	

#### 4. Resumen y conclusiones

El término municipal de Torrelodones se localiza en su mayoría sobre materiales graníticos, constituyendo en conjunto un macizo impermeable. El interés hidrogeológico radica en las zonas de alteración más superficiales y en menor medida en la fracturación de la roca. El sector suroriental del municipio está sobre depósitos detríticos de permeabilidad baja. La interpretación del trabajo de campo en los materiales graníticos ha permitido conocer el interés hidrogeológico de dos zonas; La Colonia y en El Pueblo.

En la zona de La Colonia se estima un volumen anual renovable de agua subterránea entre 34.000 m<sup>3</sup> y 55.000 m<sup>3</sup> para periodos de precipitaciones medias. En la zona del Pueblo el volumen anual renovable de agua subterránea varía entre 14.000 m<sup>3</sup> y 25.000 m<sup>3</sup> también para periodos de precipitaciones medias. Estas reservas de agua tienen carácter orientativo con los supuestos de porosidad eficaz y recarga considerados.

El pequeño espesor del acuífero y su carácter somero, hacen que el nivel freático responda rápidamente, tanto a las precipitaciones (en la recarga), como a los bombeos (en descarga). Es decir, por sus características no permite una buena regulación a medio-largo plazo. Esto supone que las previsiones de explotación deben calcularse sólo para periodos de un año.

El agua subterránea en las “rocas duras” de la zona de estudio presenta una baja mineralización. En general, es químicamente potable, aunque no microbiológicamente por contaminación antrópica.

## 5. Bibliografía

- ALMARZA, C. (1983): *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*, Tomo 3. Instituto Nacional de Meteorología. pp 132-147.
- BAWEJA Y RAJU (1985): *Potencial de aguas subterráneas en áreas de rocas duras en las cuencas de Noyil, Amaravati y Ponnani, sur de la India*. Sección 4.4. “Aguas Subterráneas en Rocas Duras”. Estudios e Investigación en hidrogeología, 33. 245-258. UNESCO, París.
- DALY, C., (1982): *Evaluation of procedures for determining selected aquifer parameters*, Prepared for U.S. Army Toxic Hazardous materials Agency, CR REL Report 82-41.
- DIEULIN, A. (1980): *Propagation de pollution dans un aquifere aluvial: Léffet de parcours*. Doctoral dissertation. Univ. Pierre et Marie Curie – Paris VI and l’Ecole Natl. Super. des Mines de Paris, Fontainebleau, France.
- DIEULIN, A. (1981): *Lixiviation in situ d’un gisement d’uranium en mileu granitiqu*. Draft Rep. LHM/RD/81/63. Ecole Natl. Super. des Mines de Paris, Fontainebleau, France.
- GARCÍA, M., GALLEGO, J.I., PIVIDAL A.J., (1998): *Estudio hidrogeológico de Torrelodones*, INGEOMAT S.L.; Ayuntamiento de Torrelodones, Concejalía de Medioambiente, 52 pp y anejos.
- MORRIS, D.A., and. JOHNSON, A.I, (1967): *Summary of hydrological and physical properties of rock and soil materials as analyzed by the hydrologic laboratory of the U.S. Geological Survey*, . USGS Water Supply Paper 1839-D.
- PEDRAZA, J. De (1978): *Estudio geomorfológico de la zona de enlace entre las sierras de Gredos y Guadarrama. (Sistema Central Español)*, Tesis Doctoral. UCM.
- INSTITUTO TECNOLÓGICO GEOMINERO DE ESPAÑA , ITGE (1996): *Mapa Geológico de España escala 1/50.000. San Lorenzo del Escorial, hoja 533*. ITGE, 1990. Primera edición. Memoria 98 pp y mapa.
- VILLARROYA, F. y REBOLLO, L. (1986): *Las captaciones de aguas subterráneas en la provincia de Madrid*. Plan Integral de Agua de Madrid(PIAM), 12. Canal de Isabel II. Madrid.
- YÉLAMOS, J.G. (1991): *Hidrogeología de las rocas plutónicas y metamórficas en la vertiente meridional de la sierra de Guadarrama*, Tesis Doctoral. UAM.