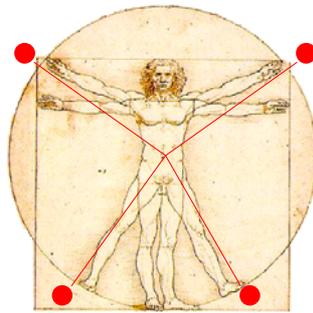


TECNOLOGÍ@ y DESARROLLO

Revista de Ciencia, Tecnología y Medio Ambiente

VOLUMEN II. AÑO 2004

SEPARATA



CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS DEL BORDE OCCIDENTAL DE
LA MESA DE OCAÑA EN YEPES (TOLEDO).

Manuel García Rodríguez y Carlos García Rodríguez.



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

© Del texto: Manuel García Rodríguez y Carlos García Rodríguez.
Diciembre, 2004.

http://www.uax.es/publicaciones/archivos/TECEOC04_003.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

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 DEL BORDE OCCIDENTAL DE LA MESA DE OCAÑA EN YEPES(TOLEDO)

Manuel García Rodríguez ⁽¹⁾ y Carlos García Rodríguez ⁽²⁾

(1) Dr. CC. Geológicas. Departamento de Tecnología Industrial. Escuela Politécnica Superior. Universidad Alfonso X el Sabio. Avenida de la Universidad nº 1. Villanueva de la Cañada C.P. 28691. Madrid
Tlf. 918109118. E-mail: manugaro@uax.es

(2) Ldo. CC. Geológicas.

RESUMEN: En este artículo se realiza un estudio hidrogeológico del acuífero carbonatado superficial de la “Mesa de Ocaña” entre Yepes y Ciruelos (Toledo). El nivel freático en aguas bajas se encuentra a unos 20 m de profundidad. El espesor saturado medio en la zona ronda los 8 m. Para un año hidrológico medio, si se considera una reserva máxima de saturación de 100 mm, la recarga es de unos 30 l/m². En zonas desnudas sin cobertera vegetal la recarga puede llegar a ser de unos 130 l/m². La descarga se realiza por manantiales localizados en zonas periféricas.

PALABRAS CLAVE: Hidrogeología Yepes, geología de la “Mesa de Ocaña”, Mioceno Toledo.

ABSTRACT: In this article an hydrogeological study is carried on the shallow karstic aquifer, located in the “Mesa de Ocaña” between the villages of Yepes and Ciruelos (Toledo). Groundwater level at his yearly lowest is about 20 m deep from the surface. In an average hydrological year, considering a highest soil reserve of 100 mm, recharge is measured in about 30 l/m². In the void of vegetal covering areas recharge can reach about 130 l/m². Discharge is developed through springs in the peripheral areas.

KEY-WORDS: *Hydrogeology of Yepes, geology of “Mesa de Ocaña”, Miocene in Toledo.*

SUMARIO: 1. Introducción. 2. Geología. 3. Hidrogeología. 4. Clima y balance hídrico. 5. Resumen y conclusiones. 7. Bibliografía.

1. Introducción

En este artículo se estudia una porción de la denominada “Mesa de Ocaña”, en concreto de la zona comprendida entre las localidades de Yepes y Ciruelos, ambas en la provincia de Toledo (figura 1). El área de estudio incluye una superficie de unos 12 Km². La topografía presenta una superficie plana, situada a una cota comprendida entre 700 y 710 metros de altitud. El escarpe del páramo en la zona de estudio se sitúa en la cota 700 metros

4. Manuel García y Carlos García

El objetivo de este trabajo consiste en explicar el modelo de funcionamiento hidrogeológico del acuífero carbonatado que forma la parte más superficial de la Mesa de Ocaña en esta zona. Para ello se ha seguido el siguiente método de trabajo:

1. Recopilación bibliográfica.
2. Elaboración de una cartografía geológica detallada.
3. Inventario de puntos de agua.
4. Interpretación de flujo subterráneo.
5. Recopilación y análisis de datos climáticos.

2. Geología

2.1. Encuadre regional

La zona de estudio se localiza en el extremo oriental de la unidad geomorfológica conocida como “Mesa de Ocaña”. Se trata de una zona relativamente plana, con una ligera inclinación hacia el sureste cortada por el valle del río Tajo al norte y el arroyo Cedrón y sus afluentes al oeste y al sur. Regionalmente está constituida por dos series de materiales del Mioceno, dispuestas subhorizontalmente una encima de otra (Martín Escorza et al. 1973).

La formación inferior, de edad miocena, está representada por una serie evaporítica con niveles yesíferos en la base, sobre la que se encuentran dos unidades carbonatadas separadas por niveles detríticos. En esta formación inferior es donde se localiza la zona objeto de estudio. La formación superior está constituida principalmente por arcillas, areniscas y conglomerados y no se encuentran en la zona estudiada.

La actividad tectónica de la zona es prácticamente nula, pues únicamente se han observado ocasionales pliegues muy laxos, y a nivel regional, un suave basculamiento hacia el suroeste que no supera el valor de un grado. La característica estructural más significativa es el alineamiento de los arroyos, que presentan una orientación preferente N-S o N 45° E, que tal vez pudieran reflejar zonas de fracturación preferente.

El acuífero objeto de este estudio se localiza en los tramos calcáreos de la unidad inferior. Estas calizas presentan fracturación y una carstificación moderada.

2.2. Geología detallada

De muro a techo se han localizado las siguientes unidades:

2.2.1. Unidad margo-yesífera

Constituye la base del Mioceno en la zona. Consta de un tramo inferior yesífero con niveles arcilloso yesíferos, que hacia techo presenta un aumento progresivo de niveles margosos, en estratos de espesor decimétrico. En general se trata de yesos sacaroideos blancuzcos o rosados, y margas yesíferas verdosas y grisáceas (IGME, 1985). Presenta frecuentes cambios laterales de facies. En particular, en la zona de estudio esta unidad es visible en todo el escarpe topográfico de todo el borde norte.

2.2.2. *Unidad arcillosa*

Constituye una cuña detrítica entre las margas yesíferas. Se trata de arcillas de tonos marrones, rojizos o amarillo-verdosos, que incluyen cristales de yeso dispersos y frecuentes, con tamaños que pueden alcanzar los 3 cm. Localmente hace de límite o transición con los materiales suprayacentes.

2.2.3. *Unidad carbonada y de materiales detríticos*

Constituye el substrato rocoso del acuífero investigado en este trabajo. Constituyen una alternancia de paquetes calizos y arcillosos, además de niveles arenosos que dan lugar a un acuífero de cierta heterogeneidad pero que funciona como una única unidad. Por esta razón, para hacer la interpretación hidrogeológica (apartado 3.3), se han representado litologías y no formaciones geológicas, con la intención de individualizar la alternancia de calizas y arcillas con paquetes de arenas, que forman el acuífero calcáreo, de los yesos y margas yesíferas que constituyen acuíferos inferiores. De muro a techo podemos encontrar los siguientes materiales:

A. Materiales carbonatados

Está representado por una alternancia de calizas grises y margas calcáreas, con intercalaciones de niveles algo yesíferos. El espesor de cada uno de estos paquetes suele ser inferior a 5 metros, aunque se ha podido localizar algún punto en que se han atravesado 9,5 metros en un único paquete de caliza. Las calizas presentan con frecuencia intercalaciones arcillo-margosas en proporciones del 50% dentro del paquete calcáreo.

B. Materiales detríticos

Se trata de un paquete arcilloso, generalmente con espesores de unos 5 metros, pudiendo llegar a presentar ensanchamientos de unos 14 metros por cambios laterales de facies. Estas zonas ensanchadas suelen coincidir con paleocanales, compuestos por arenas silíceas grises o marrón grisáceo o marrón amarillento, ocasionalmente con vetas arcillosas o incluso de calizas. A partir de los trabajos de campo y del análisis litoestratigráfico de los sondeos consultados, se ha observado la existencia de un paleocanal que discurre con dirección noroeste-sureste.

C. Materiales de la unidad carbonatada superior

El paquete superior calcáreo se dispone concordante sobre este más detrítico. Está constituido por calizas grises y en ocasiones marrón grisáceo algo karstificadas, con intercalaciones de caliza margosa arcillosa, de tonos blanquecinos o marrones respectivamente, y vetas arcillosas dispersas. Ocasionalmente son arenosas de aspecto conglomerático.

Los cuatro o cinco metros más superficiales presentan una fuerte meteorización, dando lugar a niveles de arcillas de alteración de colores asalmonados o rojizos.

En las figuras 2, 3 y 4 se representan las columnas litológicas de tres sondeos de investigación de la zona de estudio.

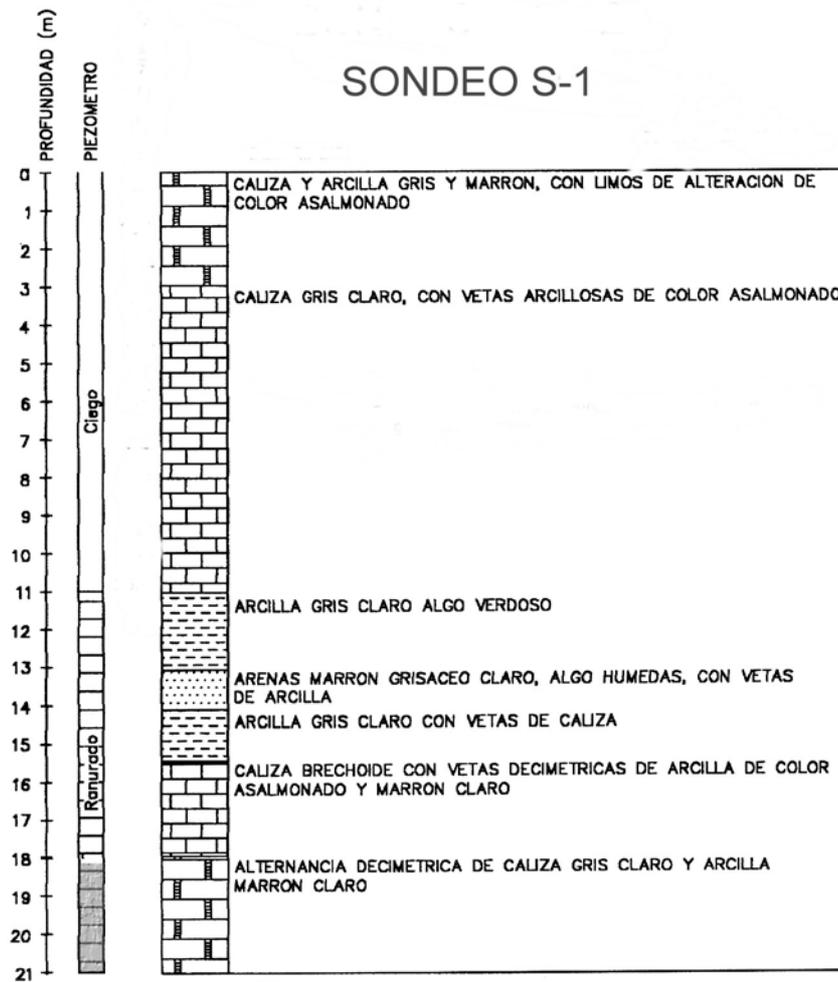


Figura 2. Columna litológica del sondeo S-1. En relleno azul se representa la posición del nivel freático observado en el piezómetro (ver localización en la figura 1).

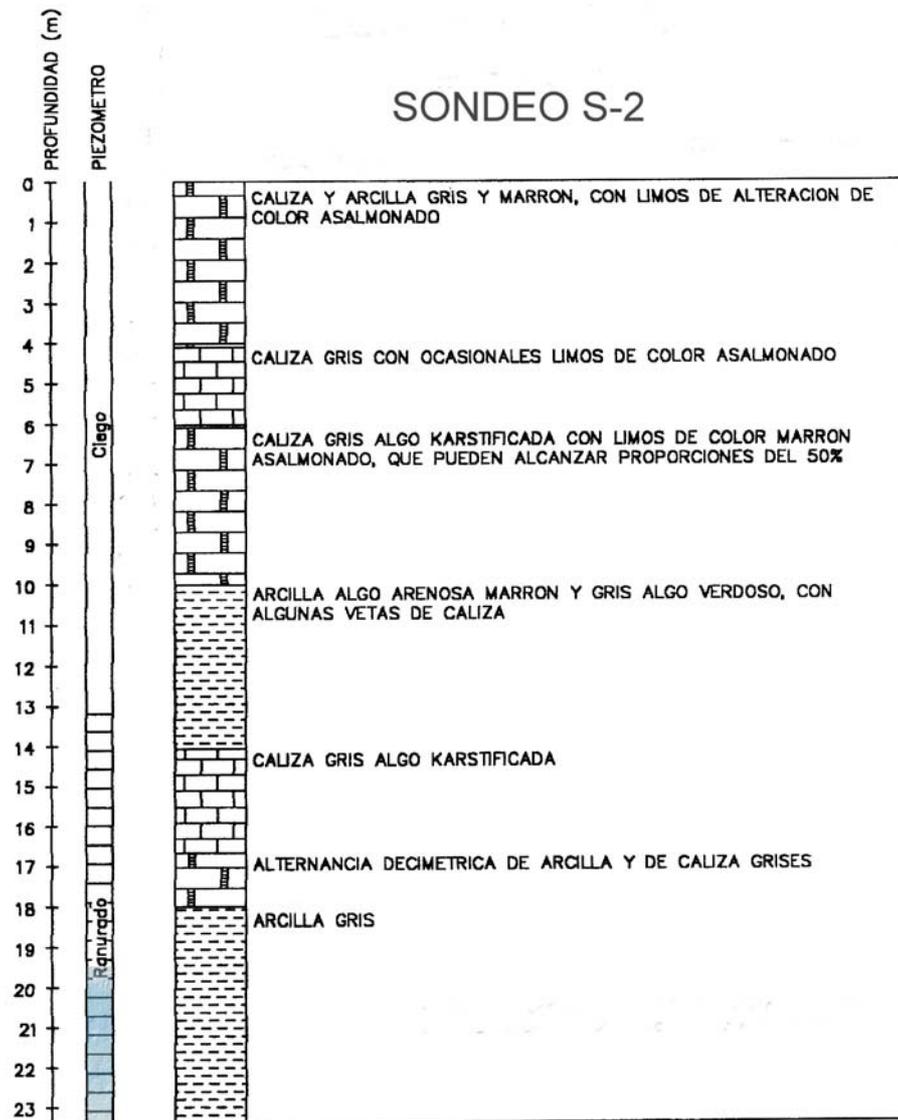


Figura 3. Columna litológica del sondeo S-2. En relleno azul se representa la posición del nivel freático observado en el piezómetro (ver localización en la figura 1).

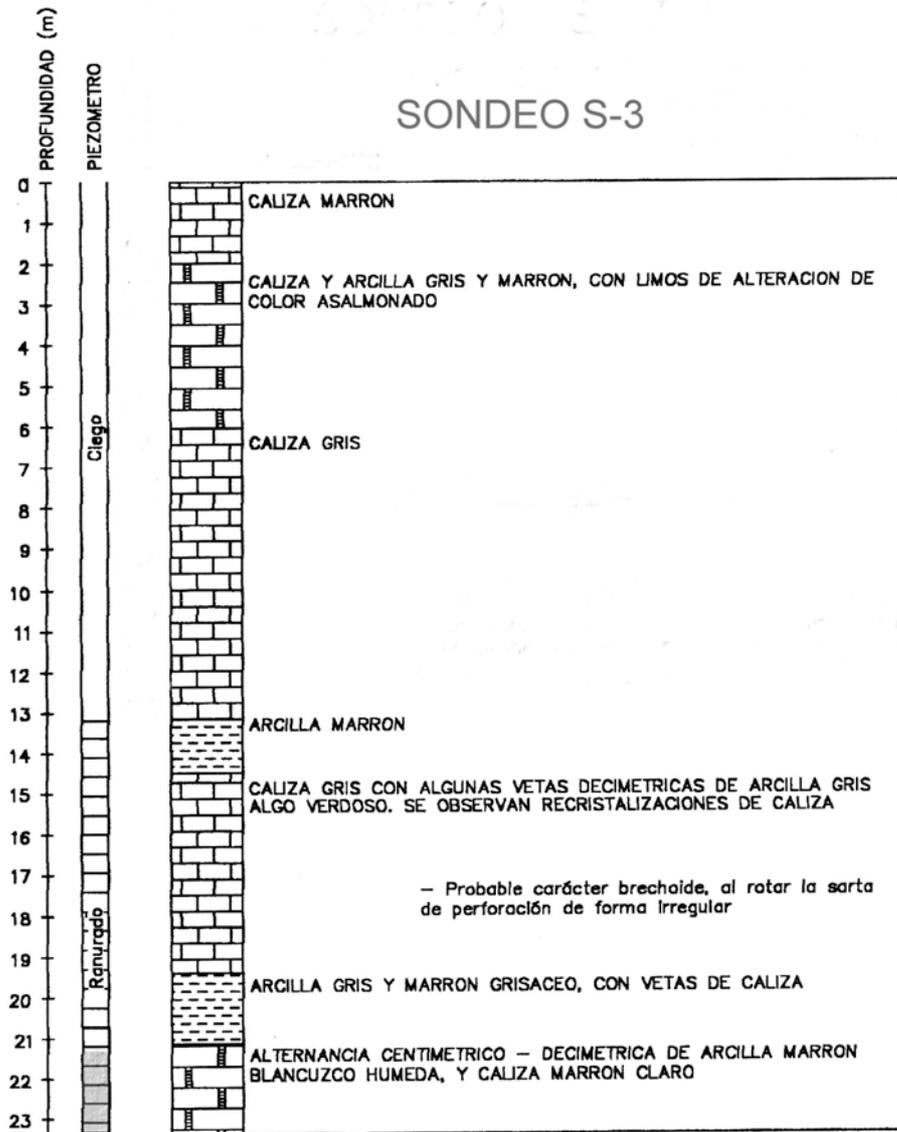


Figura 4. Columna litológica del sondeo S-3. En relleno azul se representa la posición del nivel freático observado en el piezómetro (ver localización en la figura 1).

3. Hidrogeología

3.1. Inventario de puntos de agua

Durante el inventario de puntos de agua, se han reconocido captaciones de agua pertenecientes a alguno de los siguientes grupos: pozos de abastecimiento a poblaciones, pozos someros, manantiales y sondeos de investigación. Según se justifica seguidamente, únicamente los manantiales y sondeos han proporcionado información hidrogeológica de interés sobre el acuífero carbonatado superficial.

Pozos de abastecimiento

Se han localizado los pertenecientes a las localidades de Yepes y Ciruelos. Según comunicación verbal de empleados de la empresa que gestiona el abastecimiento a los referidos municipios, se trata de pozos de varias decenas de metros de profundidad, en ocasiones hasta de unos 100 m, de las que se extraen volúmenes mensuales de 2.000 a 7.000 metros cúbicos. Debido a su elevada profundidad, estas captaciones son completamente penetrante en la unidad calcárea superior, y en gran medida en la margoyesífera inferior. Es decir, capta agua de diversos niveles acuíferos, siendo por tanto poco representativos de la unidad superior objeto del presente estudio. Por esta razón los datos de dichas captaciones no se han incluido en el inventario.

Pozos excavados

Tienen poca profundidad y se localizan principalmente en el fondo de los valles periféricos a la paramera, alcanzando su máxima representación en la zona situada al sur de la población de Yepes. Se encuentran emplazados en materiales cuaternarios, por debajo de los afloramientos de calizas. Por su situación, al igual que los pozos de abastecimiento, carecen de interés y tampoco se han incluido en el inventario.

Manantiales

Se han reconocido cinco manantiales emplazados en la periferia de la zona de estudio, considerando únicamente la zona occidental de la Mesa de Ocaña entre las localidades de Yepes y Ciruelos (ver localización en la figura 1).

El manantial M-1 vierte su agua en la fuente conocida como “Fuente de Valderretamoso”, ubicada en la cota 670 m. La surgencia original de dicha fuente se localizaba a unos 100 m

de distancia ladera arriba, entre las cotas 680 y 685 metros, y fue captada y desviada mediante tubería enterrada hasta el emplazamiento actual.

El manantial M-2 se localiza en las proximidades de Ciruelos, e igualmente ha sido captado y reconducido hasta una fuente en la orilla de un camino. La surgencia original se localiza a la cota 675 metros aproximadamente, reconocible gracias a la presencia de un cambio de humedad en el terreno. Geológicamente se localiza en el contacto entre la formación calcárea y la marga – yesífera.

El manantial M-3 se sitúa a 300 metros al norte del M-2, a una cota más baja (a unos 650 metros aproximadamente); en este punto se observa la surgencia de agua directamente desde la formación yesífera y, por tanto, no pertenece al acuífero carbonatado superior.

El manantial M-4 se sitúa en la ladera izquierda del arroyo de la Veguilla, localizado al sur de la población de Yepes. En realidad, este manantial está separado de nuestra área de estudio por el propio valle del arroyo, por lo que no supone un drenaje real de la porción de acuífero estudiada. Sin embargo, se ha incluido este punto de agua en el inventario, pues en los afloramientos cercanos se aprecia que la surgencia se sitúa en la formación calcárea, y se han tomado sus características como propias de las aguas del acuífero instalado en esta unidad.

Por último, el manantial M-5 sale a la superficie en la “Fuente del Baño”, situada en el Barranco de Valdepozuelo, al oeste de la población de Yepes (figura 1). La surgencia parece situarse a unos 150 metros de la fuente, en el cruce con otro barranco adyacente según se desprende de la presencia de plantas freatofitas, principalmente juncos. La conexión tiene lugar por una zanja abierta que discurre por el fondo del barranco hasta la fuente actual, ubicada a unos 150 m del punto de surgencia.

Según se presenta en la tabla 1, los resultados de los análisis indican la existencia de tres grupos de aguas: aguas moderadamente mineralizadas, (muestras M-1 y M-4); aguas de mineralización media (M-2); y un tercer grupo de aguas con mayor mineralización (M-3 y M-5).

Las aguas de menor mineralización pertenecen al drenaje de niveles carbonatados superiores; las de mineralización media surgen en las calizas, en las proximidades al contacto con los yesos; y las de mayor mineralización presentan un aumento en el contenido en sulfatos, debido al contacto directo con los yesos (ver tabla 2). En particular, el manantial M-3 aflora en la unidad yesífera y el M- 5 en la base de la unidad carbonatada en la zona de contacto con la unidad yesífera.

Tabla 1. Caudales y parámetros fisicoquímicos de los manantiales determinados “in situ”.

Manantial	Cota	Caudal l/s	pH	Conductividad μS/cm	Temperatura °C
M-1	680	0,5	7,5	871	16
M-2	675	0,3	7,9	1.358	16
M-3	650	0,2	8	2400	15
M-4	680	0,7	7,9	833	15
M-5	660	1,1	7,9	2913	16

Tabla 2. Análisis químico del agua de los manantiales.

Manantial	Na g/l	K g/l	Ca g/l	Mg g/l	Dureza °F	SO ₄ g/l	Cl g/l
M-1	0,027	0,001	0,084	0,035	34,9	0,153	0,021
M-2	0,027	0,004	0,176	0,062	70,3	0,501	0,023
M-3	0,033	0,005	0,522	0,092	166,3	1,478	0,03
M-5	0,077	0,002	0,581	0,128	199,3	1,711	0,076

Sondeos mineros

Mediciones realizadas en octubre de 2003, indicaban que el nivel freático se encontraba a 18,35 metros de profundidad en el S-1; a 21 metros en el S-3; y a 19,65 metros en el S-2, es decir, a una cota absoluta de 683,5, 684,2 y 685 metros respectivamente.

3.2. Interpretación hidrogeológica

A partir de los datos obtenidos del estudio geológico y del inventario de puntos de agua, se ha dibujado un perfil hidrogeológico (ver figura 5) representativo de la zona que nos va a permitir explicar el funcionamiento hidrogeológico del sistema. El modelo conceptual de flujo se asemeja al descrito por otros investigadores en zonas con una de geología similar (Villarroya y Rebollo, 1978).

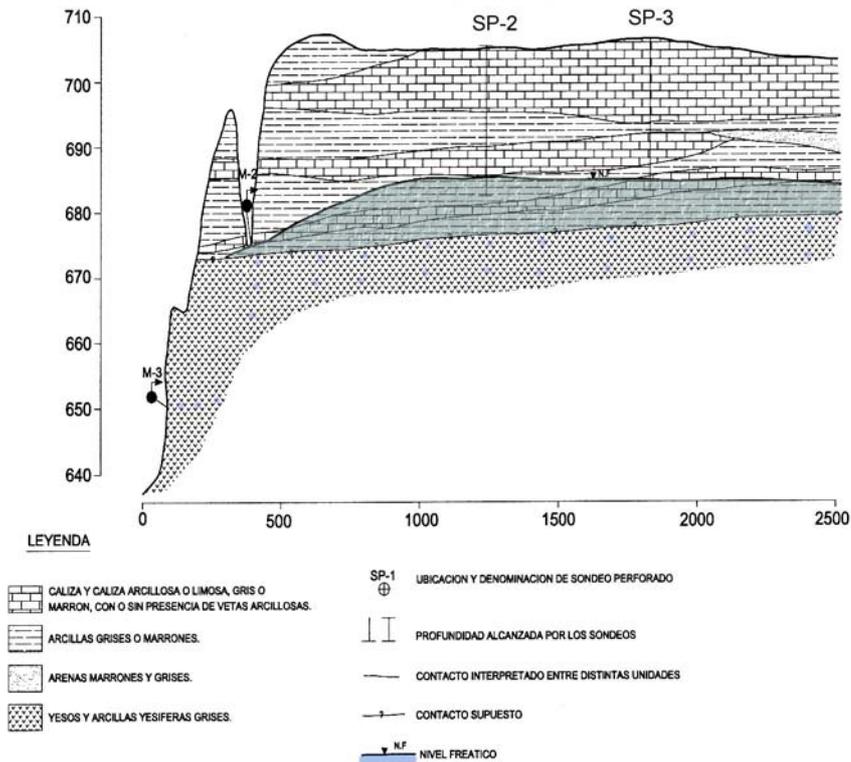


Figura 5. Perfil hidrogeológico Norte – Sur. La escala vertical está exagerada respecto a la horizontal, y ambas expresadas en metros (ver localización en figura 1).

De su análisis se deduce la existencia de dos acuíferos: uno desarrollado en la unidad margo-yesífera, y el otro en la alternancia de calizas y arcillas, con niveles arenosos, identificada como unidad calcáreo – arcillosa, ambas descritas en el apartado de geología.

A. Acuífero inferior

El acuífero inferior se pone de manifiesto con la surgencia M-3 (figura 5), claramente instalado en los yesos, cuya entidad se ve confirmada con el piezómetro S-1, en el que se

ha observado un nivel piezométrico a la cota 677 m, que es inferior incluso a la cota del M-1. La surgencia se origina por la descarga de agua que circula por fracturas más o menos ensanchadas por efecto de la disolución, y que se alimentan por infiltración desde el acuífero superior (García, 2001). Este acuífero queda por debajo de la unidad calcárea objeto del presente estudio.

B. Características del acuífero calcáreo superior

A partir de las observaciones de campo, se ha reconocido la existencia de una superficie freática en la zona, localizada a una profundidad, medida desde la superficie, que varía entre 18 y 22 metros.

La recarga del acuífero se produce por infiltración directa del agua de lluvia, que afecta a toda la zona aflorante. El área de mayor potencial hidráulico se localiza en la zona central de la porción de la Mesa de Ocaña estudiada, donde se corta el nivel freático a una cota de 685 m. El flujo subterráneo tiene una componente radial hacia los barrancos periféricos, con un flujo predominante de sentido sur-norte o sureste-noroeste. La descarga se produce a través de los manantiales, a una cota de unos 675 m, y por infiltración al acuífero yesífero inferior. En la zona de recarga se encuentra el gradiente hidráulico menor del 0,003% y como cabe esperar, el mayor gradiente se localiza en las proximidades a la zona de descarga con un valor del 0,015%.

La alternancia entre calizas y margas, con algún nivel detrítico intercalado, hace del acuífero una unidad con permeabilidades muy variables, tanto en la horizontal como en la vertical. Esta variabilidad es la responsable de que encontremos ligeras diferencias de cota del nivel freático en la zona.

El espesor saturado de acuífero, considerando como límite inferior el techo de los materiales yesíferos, oscila entre menos de 1 m y entre unos 7 u 8 m en las zonas más centrales. Se recuerda al lector que la campaña de medidas de niveles a los que se refiere este artículo, se realizó en el mes de octubre, todavía en época de aguas bajas, por lo que se representa el nivel freático más bajo de todo el año hidrológico. Para estas fechas, la zona saturada se sitúa en los niveles calcáreos inferiores y en ningún caso alcanza el paquete más superficial.

4. Clima y Balance hídrico

4.1. Datos climáticos

Se han utilizado los datos climáticos del observatorio meteorológico que el Instituto Nacional de Meteorología tiene en Aranjuez- Escuela de Horticultura, estación n° 3-100, situada a una latitud: 40-02N, longitud: 00-05 E y altitud: 490 m (Almarza, 1987). Esta estación dispone de una serie de años suficientemente larga y representativa de años meteorológicos medios, con datos de precipitación y evapotranspiración potencial adecuados para la realización del balance hídrico.

Las temperaturas mensuales medias más bajas se presentan en los meses de diciembre y enero, con unos valores de 5° C y 5,1° C respectivamente. Las temperaturas medias mensuales medias más elevadas se registran en julio con 23,8° C y en agosto con 23° C. La temperatura anual media para una serie de 30 años en el observatorio de Aranjuez es de 13,6° C, la precipitación media anual es de 448 mm y la evapotranspiración potencial de 753 mm.

4.2. Balance hídrico del suelo

En este apartado se analiza, cuantificando en la medida de lo posible, qué cantidad de agua se infiltra hacia el acuífero y qué cantidad queda retenida en el suelo o bien se evapora. Desde el punto de vista conceptual, si se considera una reserva máxima de agua en el suelo de 100 mm, vemos que la reserva empieza a formarse a mediados de octubre, y a principios de febrero alcanza la saturación. Comienza a disminuir a mediados de mayo y a finales de julio se produce el agotamiento de la reserva de agua en el suelo. Es decir, la infiltración desde la cobertera vegetal hacia el acuífero se iniciará en febrero, y dejará de producirse a mediados de mayo. A partir de mayo, la permanencia del agua en la zona no saturada dependerá de la abundancia de las fracciones más o menos arcillosas que atraviese. Obviamente esta descripción corresponde a una situación media, que puede variar ligeramente de un año para otro.

Esta descripción confirma lo que ya es bien sabido entre los agricultores: que en general, son las lluvias de invierno y primavera las que alimentan los ríos y acuíferos, siendo por tanto las estaciones en las que se produce la mayor infiltración desde la cobertera superficial hacia el nivel de saturación del acuífero subyacente.

Seguidamente se comenta el balance hídrico del suelo considerando cuatro hipótesis diferentes de reserva de saturación: 75 mm, 100 mm, 150 mm y 0 mm (tabla 3).

Es decir, se analiza la cantidad de agua que puede infiltrarse al acuífero dependiendo de la capacidad que tenga la cobertera superficial de retener agua.

Tabla 3. Balance hídrico del suelo realizado a partir de valores medios mensuales de una serie de 30 años.

DATOS GENERALES													
	Ago	Oct	Nov	Dic	Ene	Feb	Mar	Abr	May	Jun	Jul	Sep	Total
Precip	9	51	49	49	34	45	40	53	43	23	7	45	448
T^a	23	13,8	8,5	5	5,1	6,5	9,5	12,3	15,9	20,3	23,8	19,2	13,6
ETP	130	51	22	10	11	15	32	50	81	115	147	89	753
FICHA HÍDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACIÓN DE 75 mm													
V.Res.	0	0	27	39	9	0	0	0	-38	-37	0	0	
Res.	0	0	27	66	75	75	75	75	37	0	0	0	
ETR	9	51	22	10	11	15	32	50	81	60	7	45	393
Déficit	121	0	0	0	0	0	0	0	0	55	140	44	360
Exceso	0	0	0	0	14	30	8	3	0	0	0	0	55
FICHA HÍDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACIÓN DE 100 mm													
V.Res.	0	0	27	39	23	11	0	0	-38	-62	0	0	
Res.	0	0	27	66	89	100	100	100	62	0	0	0	
ETR	9	51	22	10	11	15	32	50	81	85	7	45	418
Déficit	121	0	0	0	0	0	0	0	0	30	140	44	335
Exceso	0	0	0	0	0	19	8	3	0	0	0	0	30
FICHA HÍDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACIÓN DE 150 mm													
V.Res.	0	0	27	39	23	30	8	3	-38	-92	0	0	
Res.	0	0	27	66	89	119	127	130	92	0	0	0	
ETR	9	51	22	10	11	15	32	50	81	115	7	42	448
Déficit	121	0	0	0	0	0	0	0	0	0	140	44	305
Exceso	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FICHA HÍDRICA PARA UNA RESERVA DE SATURACIÓN DE 0 mm													
ETR	9	51	22	10	11	15	32	50	43	23	7	45	318
Exceso	0	0	27	39	23	30	8	3	0	0	0	0	130

En el supuesto del caso que más desfavorables (reserva de saturación de 75 mm), se infiltrarían unos 55 mm anuales, es decir, tomando como ejemplo una superficie de 100 ha, el volumen de agua que circularía desde la superficie hasta el acuífero sería de 55.000 m³. En realidad es posible encontrar situaciones que permitan más infiltración, bastaría con tener una cobertera de menor espesor. También variará en función de la intensidad de las lluvias y de su distribución en el tiempo.

En la tabla 3 se han incluyen los datos para una situación en la que no exista cobertera superficial (reserva de saturación de 0 mm), en la que se produciría una infiltración de 130 mm anuales, que para una superficie de 100 ha, supondría un volumen anual infiltrado de unos 130.000 m³. Es decir, para 100 ha, la diferencia del volumen de agua que se infiltra, considerando una reserva máxima de agua en el suelo de 75 o 0 mm, llega a ser de unos 75.000 m³/año.

En relación con la recarga del acuífero, la situación teórica más favorable correspondería al caso de tener una cobertera con una reserva de saturación de 150 mm, que como se observa en dicha tabla 3, daría lugar a una infiltración nula al ser nulo el exceso de agua, es decir, el acuífero no se recargaría y, sería por tanto, una situación teórica desestimable.

A efectos de determinar la recarga que se está produciendo, de lo anteriormente expuesto podemos concluir que para una reserva de saturación de 75 mm, la época de infiltración duraría cuatro meses (enero – abril), para 100 mm duraría sólo tres meses (febrero – abril); y para 0 mm, sin cobertera, la infiltración se produciría durante seis meses (noviembre – abril). Cuantitativamente, el volumen anual infiltrado respectivamente para cada uno de los supuestos sería: 55 l/m², 30 l/m² y 130 l/m².

5. Resumen y conclusiones

El estudio ha puesto de manifiesto la existencia de dos acuíferos, uno inferior en la unidad margo – yesífera, y otro superior en los materiales calco – margosos.

El acuífero inferior se desarrolla íntegramente sobre yesos. Aunque su estudio no ha sido objetivo específico de este trabajo, se ha observado que la recarga se produce por infiltración desde niveles superiores, y la descarga (localmente en la zona de estudio), por manantiales presentes en dicha formación.

El acuífero superior está instalado en los niveles calcáreos y detríticos. El límite superior de la zona saturada en este acuífero se encuentra a una profundidad media de unos 20 m medidos desde la superficie del terreno, sin llegar a alcanzar el paquete calcáreo más superficial. El flujo de agua subterránea tiene una componente radial, desde la zona central más elevada hacia los escarpes del borde norte, donde se localizan los principales manantiales. El espesor máximo saturado observado es de 8 metros.

El balance hídrico del suelo, considerando diferentes hipótesis de reserva de saturación, ha revelado que el volumen infiltrado puede variar considerablemente. Para el supuesto de

100 mm de capacidad de campo, la infiltración anual sería de 30 l/m², mientras que en el caso de no tener cobertera (suelo), la infiltración llegaría a ser de unos 130 l/m². Según lo expuesto, se puede deducir que en acuíferos cársticos someros y en climas semiáridos, la recarga tiene una relación directa con las características de la formación superficial que actúe como cobertera, viéndose muy favorecida en suelos desnudos.

7. Bibliografía

- ALMARZA, C. (1987): *Fichas hídricas normalizadas y otros parámetros hidrometeorológicos*. Instituto Nacional de Meteorología.
- GARCÍA, M. (2001): *Informe hidrogeológico sobre los efectos de la fosa séptica y de la balsa de decantación del parque de máquinas de Ferrovial S.A. en Seseña*. Ferrovial S.A. Informe interno, 33 pp.
- INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA (1985): *Mapa geológico de España. Escala 1/50.000. Hoja nº 583 (20-23), Yepes*. Servicio de Publicaciones MIE. Madrid, memoria. y mapa.
- SERVICIO GEOGRÁFICO DEL EJÉRCITO (1998): *Cartografía Militar de España Escala 1:50.000. Yepes Hoja 20-23*. S.G.E.
- MARTÍN ESCORZA, C., CARBO, A. y GONZÁLEZ UBANELL, A. (1973): *Contribución al conocimiento geológico del Terciario aflorante al norte de Toledo*. Bol. R. Soc. Esp. Hist. Nat. (Geol.), Tomo 71, pp.167 – 182, Madrid.
- VILLARROYA, F.I., REBOLLO, L.F. (1978): *Funcionamiento hidrogeológico del karst de la Alcarria: la mesa de Chinchón – Villarejo de Salvanes (Madrid)*. Estudios geológicos, 34, 231 – 240.