

## INTERPRETACION DE OSCILACIONES DEL NIVEL PIEZOMETRICO EN EL ACUIFERO ARCOSICO DE LAS CUENCAS DE MADRID (SECTOR OCCIDENTAL) Y DE CAMPO ARAÑUELO

A. SASTRE\* Y R. VICENTE\*

### RESUMEN

Aunque es frecuente en los estudios hidrogeológicos regionales se recurra a observar las oscilaciones del nivel piezométrico en pozos y sondeos, no lo es tanto el que dichos datos se publiquen convenientemente interpretados. En este trabajo, realizado con datos tomados por los autores en pozos y sondeos emplazados en el acuífero constituido por las arcosas del sector occidental de la Cuenca de Madrid y de Campo Arañuelo, se pone de manifiesto la incidencia que tiene la estructura geohidrológica imperante en el comportamiento de la evolución del nivel piezométrico, observado este de forma continuada -durante periodos de tiempo que oscilan entre dos y tres años- mediante medidas mensuales. Igualmente, se explican algunas oscilaciones episódicas del nivel de agua observadas en la red de puntos de medida, así como la influencia de los regadíos con aguas superficiales en determinados ámbitos de la región estudiada.

### PALABRAS CLAVE

Hidrogeología. Aguas Subterráneas. Cuenca de Madrid. Campo Arañuelo.

### ABSTRACT

*Although hydrogeological regional studies about piezometric level oscillations in wells and cores appear frequently, it is not frequent the publications of those data conveniently interpreted. In this paper, made with measured data by the authors in wells and cores, sitting in the aquifer of the occidental area of Madrid Basin and Campo Arañuelo, it is easy to see the geohydrologic structure incidence in the behaviour of the piezometric level evolution (observed in a continuous way, during periods between 2 and 3 years), in monthly measurements. Also, it is explained some episodic oscillations in the water level, observed in the measurements point network, and the influence of the irrigations with superficial water in some zones of the studied area.*

### KEY WORDS

*Hydrogeology. Groundwaters. Madrid Basin. Campo Arañuelo.*

---

\*Departamento de Geología. Universidad de Alcalá.

## INTRODUCCION

Como es sabido, la hidrogeología de la Cuenca de Madrid viene siendo objeto de estudio notablemente intensivo desde hace casi quince años, a partir de la realización de un reconocimiento hidrogeológico regional [SGOP, 1973], -un estudio de los denominados de recopilación y síntesis-, que, por diversas razones, puede ser considerado como el punto de referencia del advenimiento -en nuestro país- de las ideas modernas sobre el conocimiento del flujo de las aguas subterráneas en las grandes depresiones rellenas de sedimentos continentales.

En, prácticamente, todos los estudios hidrogeológicos regionales que a partir de aquella fecha, se han llevado a cabo sobre la región aludida y, en especial, en la investigación hidrogeológica regional desarrollada desde el entonces Departamento de Geomorfología y Geotectónica de la Universidad Complutense de Madrid, bajo la dirección del Profesor Llamas [LOPEZ VERA, 1975] [MARTINEZ ALFARO, 1977], [REBOLLO, 1977] [VILLARROYA, 1977], [SASTRE, 1978], así como en investigaciones posteriores del mismo cariz regional -como, por ejemplo, VICENTE [1986]-, los autores han recurrido a establecer una red piezométrica para observar las oscilaciones del nivel de agua a partir de medidas instantáneas repetidas con una cadencia generalmente mensual.

Llama la atención, sin embargo, el escaso eco que esta faceta de las citadas investigaciones ha tenido, deducido del escaso número de publicaciones centradas o alusivas a esta cuestión. Así, en lo que se refiere a la Cuenca de Madrid, únicamente, se tiene conocimiento de una publicación -y no de carácter monográfico, desde luego- [LOPEZ VERA, 1979], en la que el autor comenta la evolución del nivel piezométrico en 11 puntos de agua distribuidos por las Cuencas del Henares, Jarama y Manzanares, a partir de datos obtenidos por él mismo -3 puntos- y por otros investigadores -los 8 puntos restantes- Dicho autor llega a la conclusión de que los datos de variación de niveles tienen un carácter local, siendo muy poco relevante -incluso inexistente en algunas zonas- la influencia de las precipitaciones y de la evapotranspiración.

Muy probablemente, la causa de este "vacío" divulgativo haya de achacarla a la complejidad del análisis detallado de estas oscilaciones cuando se trata de relacionarlas con sus causas [CUSTODIO, 1976].

En este trabajo se pretende mostrar la incidencia que la estructura geohidrológica tiene en el análisis de tales oscilaciones piezométricas, por lo que se configura como una

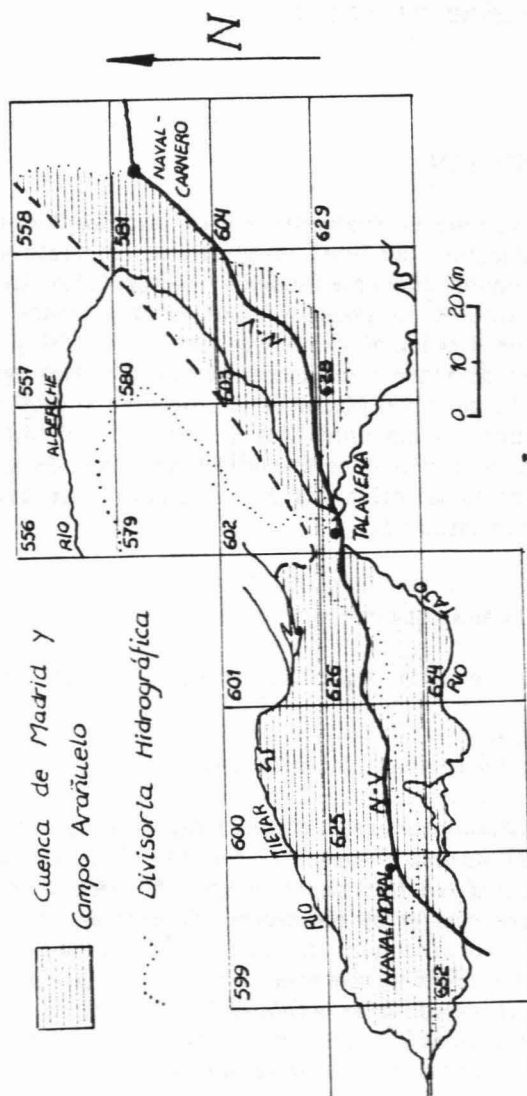


Figura 1. Sector occidental de la Cuenca de Madrid.

*Occidental area of Madrid Basin.*

variable más a tener en cuenta en la elección de la red de observación. Igualmente, se analizarán diversas oscilaciones episódicas del nivel piezométrico. Finalmente se aludirá a la incidencia que tienen las labores de regadío en la evolución de los niveles piezométricos. Todo referido al sector occidental de la Cuenca de Madrid (Figura 1) y a la depresión del Campo Arañuelo, prolongación de aquella por su confin suroccidental hacia Poniente: en la primera se analizan las observaciones efectuadas en nueve piezómetros, entre 1976 y 1978; en la segunda en cuatro, entre 1982 y 1984.

El método seguido es simple: visualizar los datos de niveles en hidrogramas, a los que se ha sobrepuesto la distribución en precipitaciones acontecidas en la estación pluviométrica fiable más próxima al punto de observación. A partir de aquellos se han efectuado algunos cálculos simples y se han obtenido algunas conclusiones.

### OSCILACION DEL NIVEL PIEZOMETRICO EN AREAS DE RECARGA DE AGUA SUBTERRANEA

De acuerdo con el modelo conceptual del flujo de las aguas subterráneas en este tipo de acuíferos, resulta obvio que junto a las divisorias hidrográficas, y en circunstancias de no influencia de bombeos próximos, es donde habrá que esperar una mayor oscilación del nivel piezométrico, oscilación que representa un dato fidedigno de la recarga del acuífero en esta zona, teniendo en cuenta el coeficiente de almacenamiento.

En la Figura 2 se recoge la variación del nivel piezométrico en el pozo 603/7/1, de 92 metros de profundidad y toda la entubación filtrante (tubería ranurada con soplete), con el nivel estático oscilando sobre los 11 metros de profundidad; el flujo en el entorno del mismo es vertical descendente, como corresponde a su emplazamiento próximo a la

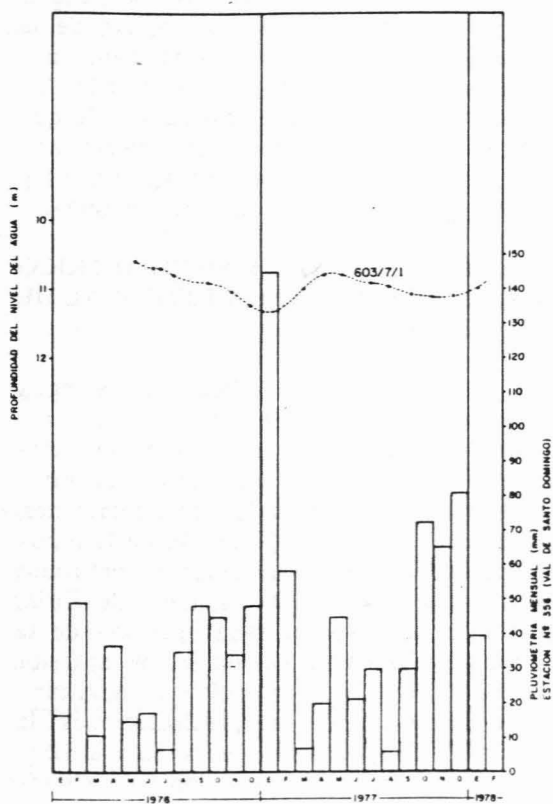


Figura 2. Oscilación del nivel piezométrico en áreas de recarga: pozo 603/7/1.

*Oscilation of piezometric level in recharge areas: well 603/7/1.*

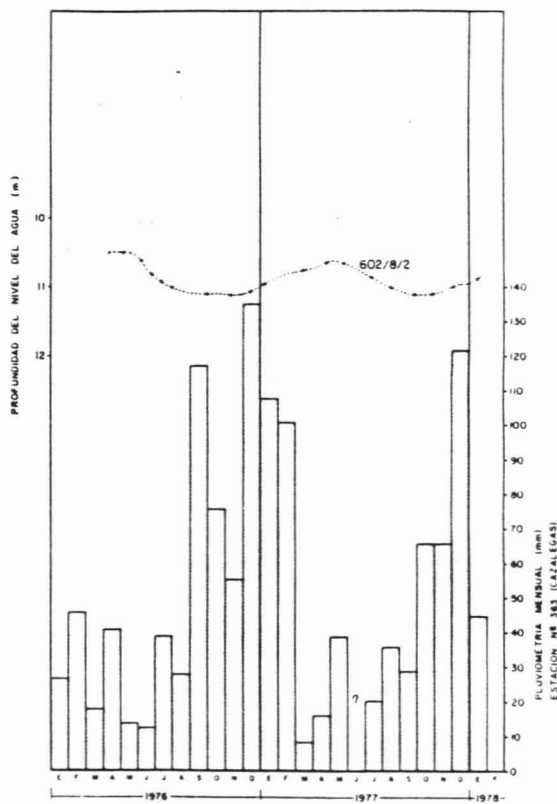


Figura 3. Oscilación del nivel piezométrico en áreas de recarga: pozo 602/8/2.

*Oscilation of piezometric level in recharge areas: well 602/8/2.*

divisoria hidrográfica de la Cuenca del Alberche. En la Figura 3, se muestra la variación del nivel piezométrico en el pozo 602/8/2, de 75 metros de profundidad -de los cuales los últimos 45 metros son filtrantes (tubería ranurada con soplete)- y con un nivel de agua situado entre 10 y 11 metros; el flujo interesado por el pozo es también vertical descendente.

En la Figura 4 se hace lo propio con el pozo 625/7/1: alcanza una profundidad de 120 metros, siendo toda la entubación filtrante, y disponiéndose el nivel estático en torno a los 12 metros. Los dos primeros pozos corresponden al sector occidental de la Cuenca de Madrid, mientras que el último pertenece a la depresión de Campo Arañuelo.

A pesar de la diferencia espacial y de que las medidas corresponden a períodos distintos de observación, puede observarse la notable similitud de las mismas en cuanto a su trazado general y relación con los episodios lluviosos:

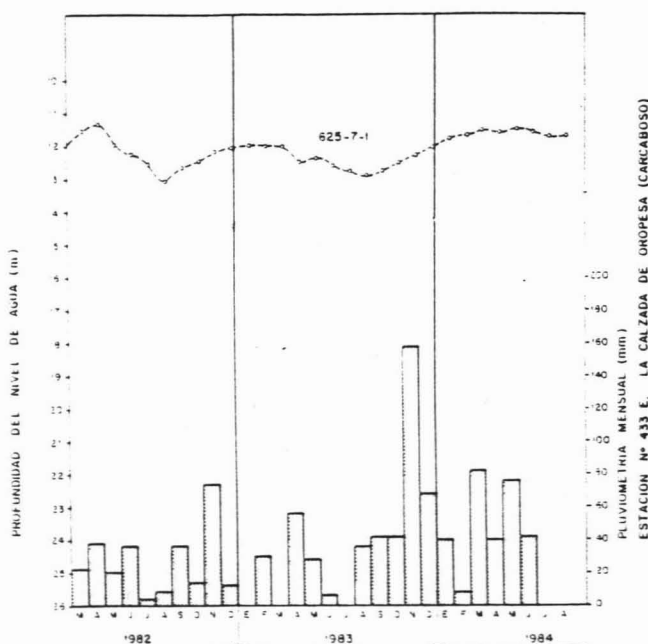


Figura 4. Oscilación del nivel piezométrico en áreas de recarga: pozo 625/7/1.

*Oscillation of the piezometric level in recharge areas: well 625/7/1.*

- La regularidad es quizás la característica más destacada de las tres curvas: la variación del nivel se produce de forma gradual y uniforme, sin ascensos ni descensos bruscos.
- La oscilación del nivel del agua varía entre 0.5 y 1.5 metros. Preciso es señalar el menor máximo nivel en el pozo 625/7/1 en el año 1983 -precisamente el año que más acentuada fue la falta de precipitaciones en la región de estudio en el reciente período de sequía respecto a los otros dos años.
- Puede observarse un notable desfase -variable de 3 a 6 meses- entre el mes del año de máxima precipitación -noviembre, diciembre o enero- y el momento de la medida de máximo nivel de agua lo que puede interpretarse como tiempo que tarda el agua de recarga anual en llegar a la zona saturada en las condiciones de observación de tales piezómetros. Se pueden sugerir como argumentos de apoyo de la anterior afirmación, el aludido menor nivel máximo del agua en el pozo 625/7/1 en 1983, así como la circunstancia de que dicho máximo acontezca con anterioridad -a principios de febrero, frente a abril y mayo en 1982 y 1984, respectivamente-.

#### OSCILACION DEL NIVEL PIEZOMETRICO EN AREAS DE DESCARGA REGIONAL DE AGUA SUBTERRANEA

Bajo condiciones de descarga de agua subterránea -y más si se trata de flujo regional- habrá que esperar una notable independencia en el comportamiento del nivel piezométrico respecto a las precipitaciones; naturalmente, seguimos partiendo de la hipótesis de la inexistencia de bombeos próximos que pudieran distorsionar la malla de flujo. Es esta la clave -en nuestra opinión- de la ya citada conclusión de un autor anterior [LOPEZ VERA, 1979] respecto a la inexistencia de influencia de las precipitaciones: la mayoría de los pozos de observación utilizados en aquél trabajo, responden a la caracterización de descarga.

En la Figura 5, se presenta la evolución del nivel piezométrico en cinco puntos de observación ubicados en el área de confluencia Alberche-Tajo, de los que tres responden

a la consideración de "piezómetros perfectos"; en esa Figura se incluyen los datos de precipitaciones acontecidas en la Estación n° 363 (Cazalegas) desde enero de 1976 a enero de 1978. El establecimiento de esta detallada red de observaciones en el ya aludido entorno obedeció a la presunción de que algunos pozos y sondeos habían interesado un sistema de flujo profundo [SASTRE, 1970].

- Los piezómetros 602/8/18, 602/8/19 y 602/8/20 pueden considerarse representativos del nivel de potencial hidráulico en una misma vertical; alcanzan unas profundidades de 186, 125 y 56 metros, respectivamente, y la común característica de presentar ranurados los quince metros más profundos.

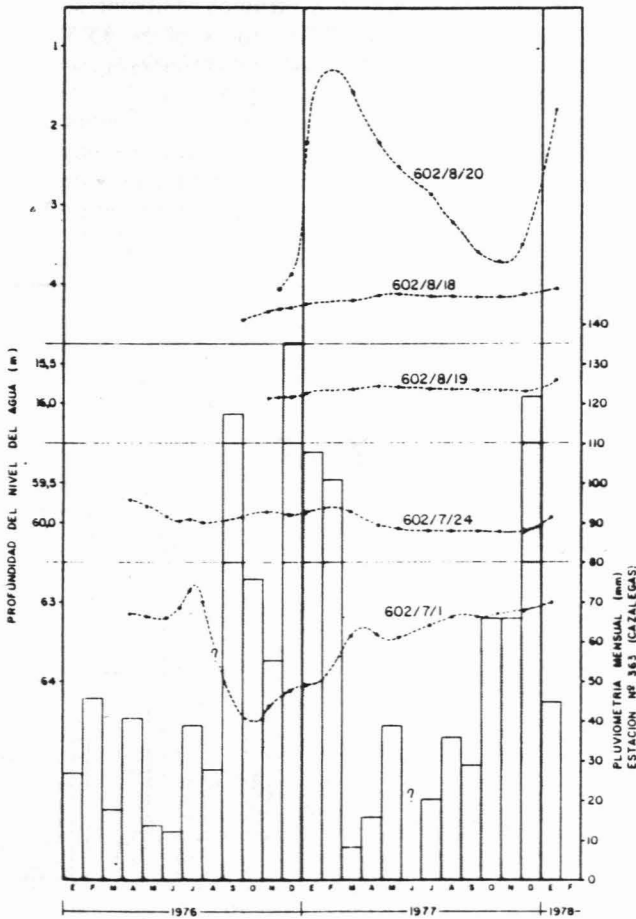


Figura 5. Evolución del nivel piezométrico en áreas de descarga (influencia de flujo regional)

*Piezometric level evolution in discharge areas (regional flux influence).*

- El pozo 602/7/24 alcanza una profundidad de 111 metros, presentando ranurados los últimos 40 metros, por lo que merece una cierta consideración de piezómetro perfecto. Es un pozo ciertamente peculiar porque, aunque está ubicado en plena divisoria entre los rios Alberche y Tajo, interesa un sistema de flujo profundo, a lo que sin duda coadyuva la disposición del tramo ranurado; corrobora esto la presencia de aguas salobres en la porción inferior del propio pozo.
- Por último, el pozo 602/7/1, es bastante similar al anterior en cuanto a profundidad, pero sin embargo le diferencia de este la circunstancia de que aun cuando dicho pozo no se bombea, en su entorno inmediato se producen extracciones de aguas subterráneas.

El comportamiento de los niveles piezométricos en las circunstancias descritas creemos que resulta paradigmático:

- Llama la atención la evolución del comportamiento del nivel piezométrico en el trio de piezómetros 602/8/18-19-20. Los niveles observados en el 602/8/20 reflejan plenamente las características de la evolución ya descritas bajo condiciones de recarga: máximo nivel del agua en los meses de febrero-marzo, que es cuando accede el frente de agua infiltrada a la zona saturada tras el episodio de máximas precipitaciones de final de otoño y principio de invierno; es decir, un flujo estrictamente local como se puede poner de manifiesto tanto por otros argumentos geohidrológicos como químicos.
- Por el contrario, puede observarse como las precipitaciones no tienen prácticamente influencia en el comportamiento del nivel de agua en ninguno de los otros dos piezómetros, que presentan una disposición casi lineal de tal evolución.
- El pozo 602/7/24 corrobora lo ya comentado para el trio de piezómetros próximo: las precipitaciones apenas tienen incidencia en la evolución temporal del nivel piezométrico. No obstante, al no tratarse de un piezómetro propiamente dicho, sino de un pozo -cuya construcción no fue, por cierto, demasiado cuidadosa- se desvirtua

algo la homogeneidad de las observaciones respecto de aquellos.

- Finalmente, la evolución del nivel piezométrico en el pozo 602/7/1 refleja la influencia de las captaciones próximas a las que antes se hizo alusión.

### OSCILACIONES EPISODICAS DEL NIVEL PIEZOMETRICO

En la Figuras 6, 7 y 8, se presentan los hidrogramas obtenidos en los pozos 580/3/4, 580/6/3, 626/1/5 y 624/7/4. En todos ellos pueden observarse lo que hemos denominado "oscilaciones episódicas" del nivel piezométrico: se trata de bruscos y pasajeros ascensos de este que acontecen siempre de forma inmediatamente posterior a eventos lluviosos. En el pozo 580/3/4 se observa uno de tales ascensos a principios de octubre de 1986; en el pozo 580/6/3, entre febrero y marzo de

1977 y un cierto eco del aludido en el caso anterior; en el pozo 624/7/4 en septiembre de 1982 y en noviembre de 1983; finalmente, en el pozo 626/1/5 en diciembre de 1981 y en marzo de 1984.

Desde el punto de vista de sus características, se trata de pozos bastante divergentes:

- El pozo 580/3/4 tiene una profundidad de 65 metros, con el nivel del agua en torno a los 12 metros. Se desconoce con detalle la ubicación de los tramos filtrantes, que posiblemente abarquen toda la longitud de la captación.
- El 580/6/3 es un pozo de 150 metros de profundidad con dos tramos filtrantes, situados entre 5 y 8'5 metros y entre 85'5 y 91'5 metros y el nivel del agua es torno a los 3 metros.

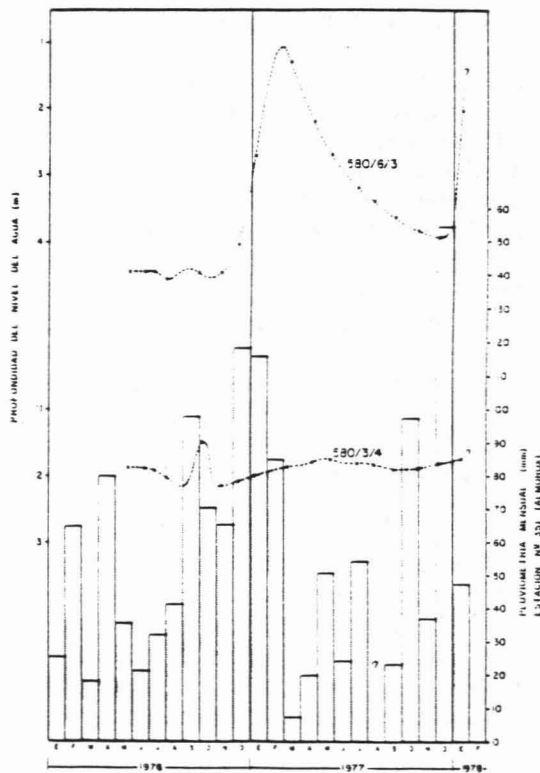


Figura 6. Hidrogramas de los pozos 580/3/4 y 580/6/3: oscilaciones episódicas del nivel del agua.

*Hidograms of the wells 580/3/4 and 580/6/3: episodic oscillations of the water level.*

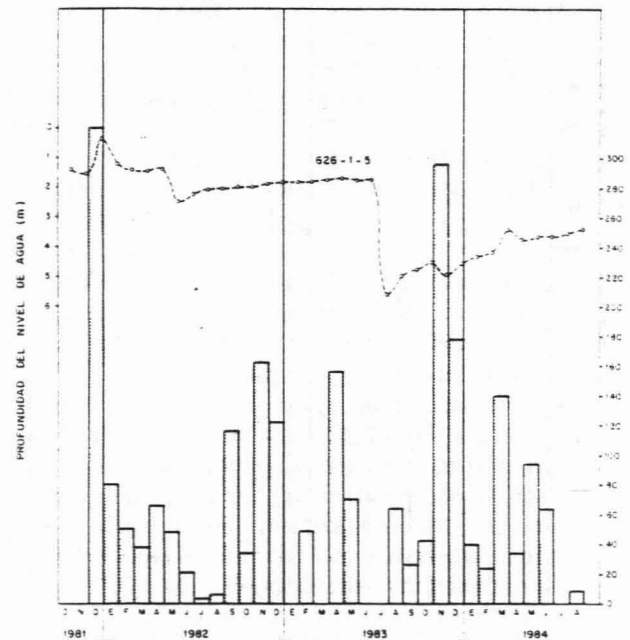


Figura 7. Oscilaciones episódicas del nivel del agua en el pozo 626/1/5.

*Episodic oscillations in the water level in the well 626/1/5.*

- El 626/1/5 es un pozo de 290 metros de profundidad, en el que solo los 40 metros más próximos a la superficie lo son de entubación ciega.
- El punto 624/7/4 es un pozo excavado de unos 6 metros de profundidad y revestido de ladrillo con el nivel a apenas 2 metros.

Su ubicación en el esquema de flujo no es clara: algunos podrían asignarse a área de descarga; otros a zonas de flujo horizontal. En todo caso esto no parece relevante para la explicación de los citados ascensos bruscos del nivel del agua que se expondrán a continuación.

La observación de este efecto no es ciertamente novedosa. Algunos autores -sin mucha fe, desde luego-, atribuyen el mismo a infiltración preferencial a través de discontinuidades originadas por raíces y grietas, dado que en condiciones de baja permeabilidad no pueden admitirse que la "ola" de recarga atravesase tan rápidamente la zona saturada [BONEL], citado por CUSTODIO [1983].

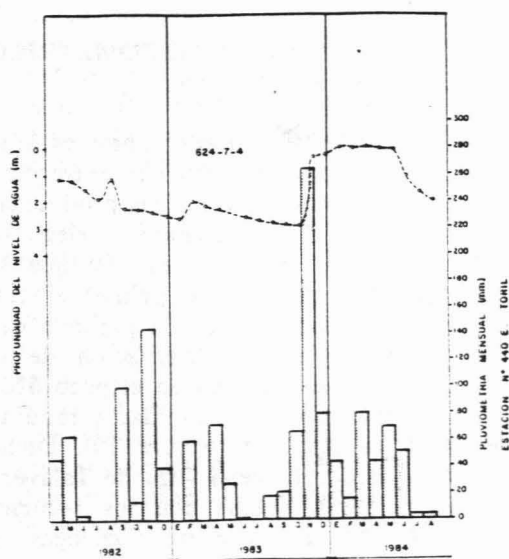


Figura 8. Oscilaciones episódicas del nivel del agua en el pozo 624/7/4.

*Episodic oscillations of the water level in the well 624/7/4.*

Sin embargo, este efecto tiene fácil explicación si se piensa en el aire atrapado en la zona no saturada, entre el nivel freático y el frente descendente de agua desde la superficie del terreno [BIANCHI y HASKELL, 1966], [McWHORTER, 1971], -ambos citados por ALLAN FREEZE y CHERRY [1979]-, [TODD,1980]; tal aire alcanza una presión muy superior a la atmosférica, siendo responsable aquella de un ascenso inmediato del nivel del agua en los pozos  $\Delta h$  (Figura 9):

$$\Delta h = \frac{m \cdot (10)}{H - m}$$

Así pues, este tipo de ascenso del nivel del agua no guarda relación con llegadas de "olas" de recarga de agua subterránea; sin embargo, como quiera que está asociada con episodios lluviosos, puede ser parcialmente confundida con aquellas. El mejor rasgo de diferenciación es la magnitud de la relación ascenso del nivel/espesor de saturación debido al evento lluvioso [ALLAN FREEZE y CHERRY,1979]. En nuestro caso, conocido  $\Delta h$ , puede calcularse fácilmente el espesor de la lámina de agua infiltrada; ello puede ayudar a aclarar los siempre inciertos y poco conocidos procesos de infiltración del agua de las precipitaciones.

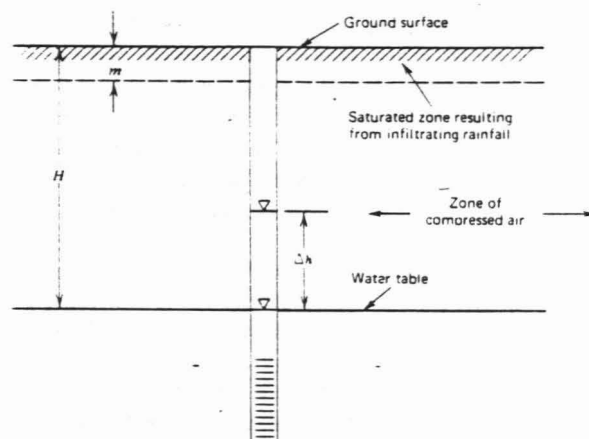


Figura 9. Explicación del ascenso del nivel piezométrico por compresión del aire de la zona no saturada por fenómenos de infiltración [tomado de TODD,1980].

*Upwelling piezometric level by air compression in the non saturated zone due to infiltration phenomena*

El anómalo ascenso se disipa en un plazo que oscila entre unas cuantas horas y unos cuantos días, debido al escape lateral del aire atrapado a la atmósfera fuera del área afectada por la saturación inherente al período lluvioso. Como quiera que las medidas del nivel de agua fueron tomadas una vez al mes, ello da la pauta para entender el por qué no se dispone de mas observaciones de este tipo, a la vez que para valorar debidamente las que se poseen; es ciertamente una casualidad que, ante los plazos de disipación citados en la bibliografía, se hayan detectado tales fenómenos:

- El ascenso se septiembre de 1976, del pozo 580/3/4 (Figura 6), fue consecuencia de la infiltración de una lámina de agua que saturó 0'7 metros, aproximadamente, del subsuelo medidos desde la superficie topográfica. La relación  $\Delta h$ /espesor de lámina de infiltración es en este caso 1.
- El ascenso de febrero de 1977 en el pozo 580/6/3 (Figura 6), fue consecuencia de la infiltración de una lámina de agua que saturó, aproximadamente, 1 metro del subsuelo desde la superficie topográfica; la relación  $\Delta h$ /espesor de la lámina de infiltración alcanzó el valor 3.
- El ascenso de diciembre de 1981 en el pozo 626/1/5 (Figura 7), fue la respuesta a la infiltración de una lámina que saturó, aproximadamente, 0'13 metros de subsuelo; dicho ascenso fue 7 veces superior al espesor del frente de infiltración. Sin embargo, el ascenso de marzo de 1984, fue la respuesta a la infiltración de una lámina de agua que saturó 0'3 metros de subsuelo; la relación  $\Delta h$ /espesor de la lámina de infiltración alcanzó el valor 3. Puede observarse como las lluvias de diciembre de 1981 -que fueron las primeras en ese año, tras la sequía estival- produjeron un frente de infiltración de sólo 0'13 metros, mientras que las de marzo de 1984 -ocurridas tras el máximo período de precipitaciones del año- produjeron un frente 3 veces superior.
- El ascenso de septiembre de 1982, en el pozo 624/7/4 (Figura 8), fue consecuencia de la infiltración de un frente de casi 0'4 metros de profundidas, resultando, por tanto, 3 veces superior al ascenso del nivel del agua observado en el pozo. Igualmente, el muy patente y brusco ascenso de noviembre de 1983, fue consecuencia de un frente de 0'6 metros de profundidad, siendo 4 veces superior al ascenso del nivel del agua observado en el pozo. De nuevo aquí se observa como el frente de infiltración de septiembre -tras la sequía estival- es inferior al de diciembre, en pleno período de precipitaciones máximas.

Se observa, pues, que se obtienen valores de la relación ascenso del nivel de agua/espesor del frente de infiltración comprendidos entre 1 y 7; MEYBOON [1967], (citado por ALLAN FREEZE y CHERRY [1979] indica valores tan altos como 20. En todo caso es preciso no olvidar el factor de indeterminación que supone el carácter puntual de la medida del nivel del agua; al igual que la observación de este efecto es bastante casual en virtud de la coincidencia de aquella medida con un episodio de precipitación dentro del mes en cuestión, podría ocurrir que el valor del anómalo ascenso observado sea sólo una fracción del ascenso a alcanzar -o del que se alcanzó- en un cierto período de tiempo posterior -o anterior- a la medida del nivel del agua efectuada.

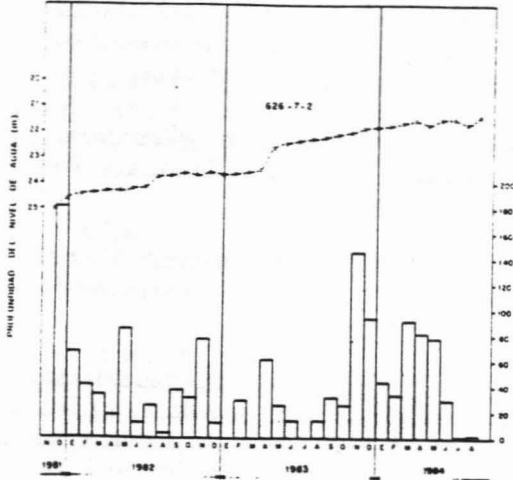
#### OSCILACION DEL NIVEL PIEZOMETRICO POR ACCIONES HUMANAS

Entrarían en este apartado tanto las afecciones del nivel piezométrico por extracciones de agua subterránea, como las producidas por el sobrante de agua cuando el riego se efectúa con aguas superficiales. Aunque se dispone de datos relativos al primer efecto, solo vamos a considerar aquí la segunda causalística, a partir de la observación de la evolución del nivel del agua en el pozo 626/7/2, de 192 metros de profundidad y ranurado en toda su longitud (Figura 10). Dicho pozo está ubicado en plena vega de Talavera de la Reina, área regada con los recursos superficiales del Embalse de Cazalegas, a través del Canal Bajo del Alberche. La aludida figura recoge también los datos de precipitaciones en la Estación 365-A (Talavera de la Reina, Granja Escuela):

- Puede apreciarse cómo en el intervalo de medición -noviembre de 1981 a agosto de 1984- la tendencia del nivel del agua es ascendente en todo momento; en dicho



intervalo el ascenso fue superior a 3 metros.



- Dicho ascenso fue, además, bastante constante, exceptuándose dos pequeños saltos: uno menos acusado en julio de 1982; otro más nitido en abril de 1983.
- Parece clara la incidencia del regadío con aguas superficiales, especialmente si se consideran los aludidos pequeños ascensos que representan la llegada del frente de recarga subsiguientemente al comienzo de las labores de riego.
- La no coincidencia en el mismo período anual de las dos pulsaciones positivas de 1982 y 1983 se explica fácilmente si se tiene en cuenta que, en los primeros dos años citados, los regadíos comenzaron en abril, mientras que en 1983 -año en que la sequía se manifestó con más crudeza: compárense los datos de precipitación que gráficamente se representan, los regadíos comenzaron en febrero, por lo que la manifestación de la llegada del frente de recarga se produjo antes.
- En 1984, los regadíos comenzaron de nuevo más tarde; quizás debido a esto, o a que se redujera la dotación de riego -e incluso a que al final de la temporada de rie-

gos de 1983, se realizaron obras de mejora de la impermeabilización de los canales de riego aludidos-, no se observan las pulsaciones positivas de los años anteriores diferenciales, aún cuando se sigue manteniendo en el hidrograma el sesgo ascendente general.

### CONCLUSIONES

De todo lo expuesto se puede concluir:

- La estructura geohidrológica imperante tiene una destacada influencia sobre el comportamiento -oscilante o no- del nivel piezométrico de periodos largos de tiempo la constancia es la tónica dominante en las áreas de descarga, mientras que las máximas oscilaciones -vinculadas a infiltración de parte del agua de las precipitaciones- se producen en los pozos ubicados junto a las divisorias hidrográficas.
- En el sector occidental de la Cuenca de Madrid y en la Depresión del Campo Arañuelo, la oscilación del nivel piezométrico detectada en pozos inmediatos a divisorias hidrográficas, varía entre 0'5 y 1'5 metros. El retardo entre los momentos de máxima pluviosidad y máximo nivel piezométrico oscila entre 3 y 6 meses. El nivel piezométrico en las áreas de descarga de esa misma región es prácticamente independiente de los episodios lluviosos.
- Los propios procesos de infiltración son responsables de bruscos y a veces acusados ascensos del nivel del agua en los puntos de observación, ascensos que tienen un carácter episódico. A partir de tales ascensos puede profundizarse en el análisis de la recarga de la Cuenca de Madrid.
- Las labores de regadío con aguas superficiales tienen particular incidencia en la oscilación de los niveles piezométricos en aquellas áreas de la región de trabajo donde tal laboreo es consuetudinario.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLAN FREEZE, R. y CHERRY, J.A. (1979). Groundwater. Prentice Hall. Englewood Cliffs, New Jersey 07632. pp. 231-233.
- BIANCHI, W.C. y HASKELL, E.E. Jn. (1966). Air in the vadose zone as it affects water movements beneath a recharge basin. Water Resources res. 2, pp.315-322.
- BONEL, M. (1972). An assesment of possible factors contributing to well level fluctuations in holderness boulder clay, East Yorkshire. J. of Hydrology. Vol. 16. pp. 361-368.
- CUSTODIO, E. (197.). Teoría elemental del flujo del agua en los medios porosos: oscilaciones de los niveles piezométricos del agua subterránea y sus causas. Hidrología subterránea, Vol. I, Sec. 8. pp. 528-531. Ed. Omega.
- LOPEZ VERA, C.F. (1975). Hidrogeología Regional de la Cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid. Memorias del I.G.M.E. n° 91, 227 pp.
- LOPEZ VERA, C.F. (1979). Variaciones de la piezometría en el acuífero del Terciario Detritico de Madrid. Acta Geológica Hispánica (Homenaje a Lluís Solé i Sabarís). T. 14. pp 405-409.
- MARTINEZ ALFARO, P.E. (1977). hidrogeología de los materiales terciarios y cuaternarios de la Cuenca del río Manzanares. Ed. Univ. Compl. de Madrid.(1982).
- McWORTHER, D.B. (1971). Infiltration affected by flow of air. Colorado State Univ. Hydrol. Paper 49. Fort Collins. Colorado.
- MEYBOOM, P. (1967) Groundwater studies in the Assiniboine River Drainage Basin: II. Hydrologie characteristics of phreatophytic vegetation in southcentral Saskatchewan. Geol. Surv. Can. Bull. 139, 64 pp.
- REBOLLO, L.F. (1977). Estudio hidrogeológico regional de la cuenca media y baja del río Guadarrama. Tesis Doctoral. Univ. Compl. Madrid.
- SASTRE, A. (1978) Hidrogeología Regional de la Cuenca Terciaria del río Alberche. Ed. Univ. Compl. Madrid. Serie Tesis Doctorales; 224/83.
- S.O.G.P. y C.A.T. (1973). Estudio de las relaciones entre las aguas superficiales y subterráneas de la zona comprendida entre las cuencas de los ríos Guadarrama y Henares. Ministerio de Obras Públicas; Serv. Geol. Obr. Pub. y Com. Aguas Tajo. Madrid.
- TODD, D.K. (1980) Groundwater Hydrology. John Wiley and Sons; pp. 238-241.
- VICENTE, R. (1986). Hidrogeología Regional de la Depresión de Campo Arañuelo. Tesis Doctoral. Univ. de Alcalá.
- VILLARROYA, F.I. (1977). Hidrogeología Regional del Neógeno detritico y Cuaternario de la Cuenca del río Henares. Ed. Univ. Compl. Serie: Tesis Doctorales. /83.