

EVOLUCION DE UNA EXPLOTACION CONCENTRADA DE AGUAS SUBTERRANEAS EN EL ACUIFERO DEL TERCIARIO DETRITICO DE MADRID: EL CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL (1).

J.G. YELAMOS*

RESUMEN.

El campo de pozos de Fuencarral constituye el principal sistema de explotación sobre el acuífero del Terciario detrítico de Madrid. Ha estado en servicio de forma casi ininterrumpida durante diez años (1975-85), controlándose diariamente el nivel dinámico y los caudales en cada uno de los siete pozos de producción.

Desde 1978, los niveles dinámicos han sido mantenidos casi constantes a la máxima profundidad posible (230-250 m). Los caudales disminuyeron notablemente durante las primeras semanas o meses de la explotación; en total se bombearon por término medio 350-305 l/s.

Por otro lado, el campo disponía de una red de control piezométrico que manifiesta de forma evidente que se estaba afectando a sondeos situados a más de 5 km del campo.

En base a los datos obtenidos por la explotación de Fuencarral, en una primera estimación se obtiene que la recarga útil del acuífero detrítico puede ser de unos 60 mm/año.

PALABRAS CLAVE

Hidrogeología. Acuífero detrítico de Madrid. Niveles piezométricos. Caudales.

ABSTRACT.

The pumping field of Fuencarral is the most important groundwater exploitation on the Tertiary detritic aquifer of Madrid. This area has been supplying water continuously during a period of ten years (1975-85) and both the flow rates and the dynamic levels have been monitored on a daily basis in every one of the seven production wells.

Since 1978 the pumping levels have been kept at a maximum depth of 230-250 m below ground level. During the first weeks of exploitation, the flow rates showed an important decrease. The average flow rate of the field is about 350-305 l/s.

This pumping field has been monitored with a piezometric level network that shows clearly that other wells located farther than 5 km away from this area have been affected by pumpage.

Based on the available data on the groundwater exploitation of Fuencarral, the recharge rate of the detritic aquifer may be estimated in the order of 60 mm/año.

KEY WORDS

Hydrogeology. Detritic aquifer of Madrid. Piezometric levels. Extraction rates.

*Dpto. de Química Agrícola, Geología y Geoquímica. Univ. Autónoma de Madrid.

1.-INTRODUCCION.

El campo de pozos de Fuencarral constituye la principal explotación de aguas subterráneas dentro del comunmente denominado acuífero del Terciario detrítico de Madrid (Sistema acuífero nº14 en la nomenclatura del ITGE). Actualmente el campo está constituido por nueve captaciones con una profundidad media en torno a los 450 m; las aguas bombeadas tienen por destino las redes del Canal de Isabel II.

Siete de las captaciones estuvieron en explotación de forma casi ininterrumpida desde mediados de 1975 hasta febrero de 1985; durante este periodo se mantuvo un control bastante detallado de la evolución de caudales y niveles piezométricos, con un promedio de cuatro medidas diarias en cada pozo de ambos parámetros. También se disponía de una red de control piezométrico y se efectuaron decenas de ensayos de bombeo.

Tan importante volumen de datos sobre el comportamiento del acuífero terciario detrítico de Madrid no pudo ser tenido en cuenta en trabajos de carácter científico porque la empresa propietaria del campo mantuvo un cierto hermetismo sobre la información que sistemáticamente iba recopilando.

En 1986 la propiedad del campo de pozos pasó al Canal de Isabel II. Posteriormente, dicho organismo firmó un convenio de investigación con la Universidad Complutense de Madrid para el "Estudio de las variaciones de la humedad en el subsuelo y la superficie freática inducidos por la explotación de las aguas subterráneas en el acuífero terciario de Madrid", dentro del cual se elaboró un informe de recopilación y un primer análisis de todos los datos hidrogeológicos recogidos durante la explotación del campo de pozos de Fuencarral [YELAMOS,1987] que ha servido de base para el presente artículo.

2.-ANTECEDENTES.

Por la dificultad de acceso a la información recopilada en el campo de pozos de Fuencarral son más bien escasas las publicaciones detalladas sobre el tema.

Probablemente la primera vez que se sacan a la luz pública datos sobre esta explotación, es en la conferencia de clausura del VIII Curso Internacional de Hidrología Subterránea [GARCIA AUGUSTIN, 1974], donde, junto con una serie de generalidades sobre situación y características de los sondeos, se indica que el caudal previsto de producción (entonces solo se habían perforado dos de los pozos) era de 1026 l/s, supuesto que las unidades funcionasen 20 horas al día.

El mismo autor, al año siguiente pronuncia otra conferencia, en esta ocasión con motivo de la apertura del IX Curso de Hidrogeología "Noel Llopis", en la que realiza una detallada descripción de los elementos y características del campo de pozos. Para entonces ya se habían ejecutado los siete sondeos que iban a ser explotados, y sumando los caudales obtenidos en los aforos iniciales se obtenía un total de 856 l/s [GARCIA AUGUSTIN, 1975].

LOPEZ VERA [1975] y MARTINEZ ALFARO [1977] incluyen el campo de Fuencarral en los inventarios de punto de agua de sus respectivas tesis doctorales, pero la información que disponían es poco más o menos la misma que se señalaba en GARCIA AUGUSTIN [1975].

Posteriormente parece ser que la única referencia publicada sobre la evolución de caudales y niveles en estos sondeos aparece en OCTAVIO DE TOLEDO Y LOPEZ CAMACHO [1980]: "la suma de los caudales unitarios de aforo inicial era de 850 l/s; el caudal de explotación fué 560-600 en los dos primeros años y a partir de entonces de 450 l/s durante 24 horas al día. Los niveles dinámicos desde el comienzo de la explotación han descendido unos 60 metros". Similar información ofrecen OCTAVIO DE TOLEDO Y MARTINEZ ALFARO [1981]. OCTAVIO DE TOLEDO [1986] se añade que en los últimos tiempos el caudal se sitúa en torno a los 350 l/s.

Indicaciones sobre el caudal de estos pozos también aparecen en URBISTONDO [1982] citando que en 1981 se bombearon 13.67 hm³, mientras que para 1982 LOPEZ CAMACHO [1986] aporta la cifra de 14 hm³.

En los últimos años de la explotación, la empresa propietaria empezó a facilitar mayor información sobre los datos hidrogeológicos que se iban registrando: elabora tablas con los valores medios de caudal y nivel dinámico en cada uno de los siete pozos para el bienio 1983-84, información que es suministrada al SGOP y al Dr. Llamas, a este último junto con las medidas de nivel piezométrico de dos de los sondeos de la red de control.

Finalmente los pozos pasaron a ser propiedad del Canal de Isabel II, organismo que solicitó al SGOP la supervisión de una serie de aforos y ensayos de bombeo. Las pruebas tuvieron lugar entre noviembre de 1985 y diciembre de 1986 (cuando ya había cesado la explotación permanente del campo). Los resultados de estos ensayos pueden verse en LOPEZ PALANCAR [1988], y destaca el hecho de que se obtienen valores de transmisividad netamente más elevados que los que se suelen citar habitualmente en la bibliografía sobre el acuífero detrítico de Madrid, así como que las transmisividades obtenidas en los piezómetros son mayores que las calculadas en los pozos de bombeo.

3 - CARACTERISTICAS DEL CAMPO DE POZOS DE FUENCARRAL.

El campo de pozos que nos ocupa se compone de nueve unidades de explotación situadas al norte del casco urbano de Madrid, dentro del distrito municipal de Fuencarral. Las captaciones están alineadas según una directriz aproximadamente N-S, a lo largo de unos 3 km (Figura 1).

Inicialmente el campo iba a estar compuesto por 16 pozos con la finalidad de obtener un caudal máximo de $1 \text{ m}^3/\text{s}$. Tras la perforación y aforos de los primeros sondeos piloto se modificó el proyecto reduciendo el número de pozos a siete y desplazando el centro del campo hacia el W, alejándolo del interfluvio Manzanares/Jarama. Los pozos piloto fueron cegados a excepción del FPI2 que se acondicionó como piezómetro.

En el bienio 1973-74 se perforaron los siete sondeos que iban a ser explotados de forma prácticamente ininterrumpida durante casi 10 años, denominados (de sur a norte): FU3, FPX3, FA3, FB2, FC2, FPD1-bis y FE1.

Su profundidad oscila entre los 431 y 544 m, y se perforaron mediante rotación con circulación inversa, siendo en su época los pozos más profundos de Europa realizados mediante esa técnica. Los siete disponen de filtros duplex de puentecillo, y empaque de gravas de 7-15 mm. Otras características técnicas pueden verse en la tabla I.

Cada sondeo se ubica en una pequeña parcela donde además se encuentra una caseta con el transformador y la estación de telecontrol y telemando. Las aguas extraídas por todas las captaciones se reúnen en un depósito de 10.000 m^3 de capacidad, desde donde son bombeadas hasta el depósito de El Goloso, incorporándose a la red de distribución del Canal de Isabel II. Junto al citado depósito se encuentra el edificio central con la estación de bombeo y la sala de control desde la que se puede dirigir el arranque/parada de los pozos así como registrar medidas de nivel piezométrico y caudal en cada uno de estos.

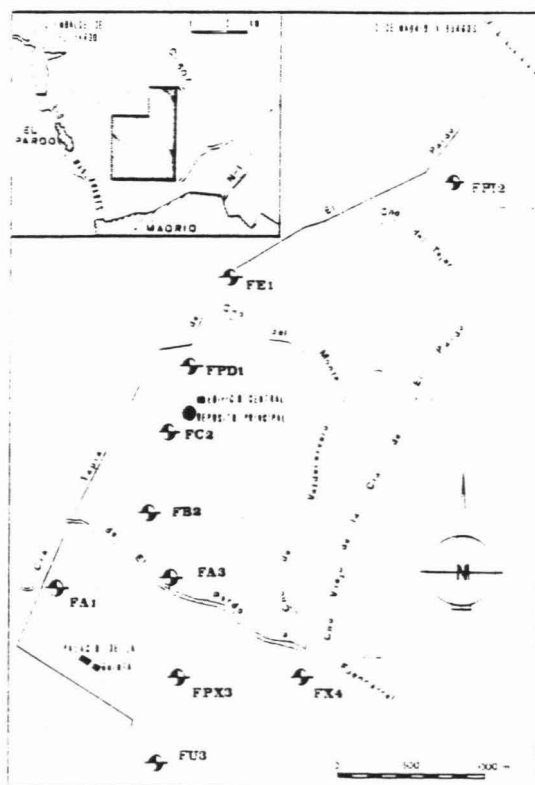


Figura 1. Situación del campo de pozos de Fuencarral.

Geographic position of Fuencarral wells.

TABLA I. CARACTERISTICAS GENERALES DE LOS SONDEOS DE FUENCARRAL
 FUENCARRAL SOUNDING CHARACTERISTICS

TOPONIMIA	FECHA DE DE EJECUCION	COTA (m)	PROF. (m)	CAUDAL (l/s) *	NIVEL ESTATICO (m) *	NIVEL DINAMICO (m) *	TRAMOS FILTRANTES (m)	PROF. DE LA REDUCCION DE ϕ (m) **
FPI2	OCT/NOV-72	736.9	387	40	120.	194.6	44	240
FU3	ABR/MAY-74	689.2	473	93	79.	166.6	70	268
FPX3	MAY/JUN-73	659.7	437	144	75.	118.	86	239
FA3	SEP/DIC-73	703.6	431	194	87.6	154.8	72	245
FB2	MAR/ABR-74	711.7	450	104	100.	149.3	68	260
FC2	SEP-74	716.4	544	67	107.	177.	84	259
FPD1-BIS	FEB/MAR-73	730.0	441	131	115.5	182.6	78	234
FE1	JUN-74	738.8	505	123	119.	188.6	78	246
FA1	MAY/JUN-84	715.3	475	74	138.	204.	64	278
FX4	JUL/AGO-84	663.6	441	108	99.	152.	65.5	280

* Referido a los aforos iniciales, antes de ponerse el pozo en explotación.

** Se refiere a la profundidad donde el diámetro de entubación pasa de 450 mm a 250 (ó 300) mm.

El FB2, FC2, FPD1-bis y FE1, iniciaron su producción el 7 de junio de 1975. Tres meses más tarde se les unían el FU3, FPX3 y FA3, y estuvieron explotando el acuífero Detrítico de Madrid de forma casi permanente hasta el 16 de febrero de 1985. Únicamente pararon el tiempo mínimo imprescindible, generalmente por averías.

Durante el periodo de explotación, las paradas generales de mayor duración tuvieron lugar el 22 de enero de 1980 (8 días) para efectuar unos ensayos de bombeo, el 19 de enero de 1981 (28 días) por una avería en el Canal de Isabel II, y el 24 de junio del mismo año (5 días) también por orden del Canal de Isabel II.

En 1984 se perforaron dos nuevos sondeos: el FA1 y el FX4; el primero entró en

servicio el 24 de octubre de ese año, mientras que el FX4 no llegó a entrar en producción, ya que desde el 16 de febrero de 1985 tan sólo se bombea ocasionalmente para el mantenimiento de filtros y bombas. Desde esa fecha el máximo periodo de funcionamiento ha sido una quincena en diciembre de 1985, con el fin de efectuar una serie de ensayos de bombeo.

Junto con el control diario de caudal y nivel dinámico en cada una de las unidades de captación, también se mantuvo una red de control piezométrico en cuatro sondeos situados en los alrededores del campo. Las medidas solían tener una periodicidad semanal, y en cada piezómetro se estuvo midiendo al menos, durante cinco años.

4. EVOLUCION DE NIVELES DINAMICOS Y CAUDALES FRENTE A LA EXPLOTACION.

4.1. Introducci3n.

En el campo de pozos de Fuencarral se dispona de caudalímetros magnéticos en cada uno de los pozos, y al igual que en el caso de los niveles dinámicos, durante el período de explotación se solían registrar una medida cada seis horas. Para conocer las medidas de nivel piezométrico se utilizaban transductores de presión, denominados "vegas"; si éstos se averiaban, entonces se recurría a hidroniveles, disminuyendo la frecuencia de las medidas, generalmente a una diaria.

En las figuras 2, 3 y 4 se incluyen gráficos de evolución de nivel dinámico y caudal en tres de los pozos que estuvieron en producción; la evolución de estos dos parámetros en los restantes sondeos siguió la misma pauta que en estos tres, y similares gráficos para los otros cuatro pozos de producción pueden encontrarse en YELAMOS [1987].

Tanto los valores de nivel dinámico como los de caudal han sido obtenidos directamente de los registros originales de la estación del telemando. En las gráficas se representan niveles medios mensuales del nivel dinámico sin mezclarlos con los de niveles en recuperación cuando ocasionalmente los pozos paraban su funcionamiento; también los valores medios de caudal son los obtenidos mientras los pozos están en servicio, sin incluir las escasas paradas. Sobre las gráficas están señaladas las distintas incidencias (paradas, cambios en la posición de las bombas, etc) que sirven para explicar las variaciones en los valores registrados.

4.2. Evolución del nivel dinámico.

Lo primero que destaca en las gráficas de evolución temporal del nivel dinámico es que este sufre muy pocas variaciones desde septiembre de 1977 en el FC2 y FB2 (Figuras 2 y 3), y desde junio de 1976 en el FE1 (Figura 4), situándose en torno a los 230-240 m de profundidad.

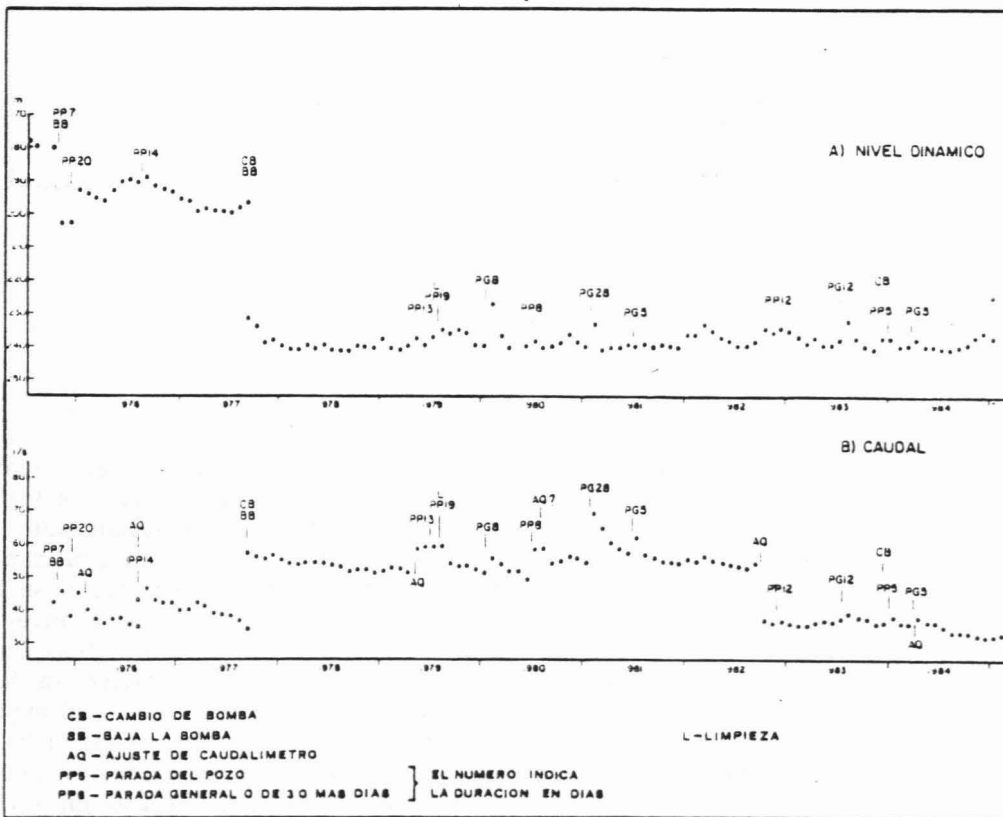


Figura 2. Evolución del nivel dinámico y del caudal en el pozo FB2.

Dinamic level and flow rate evolution at the well FB2.

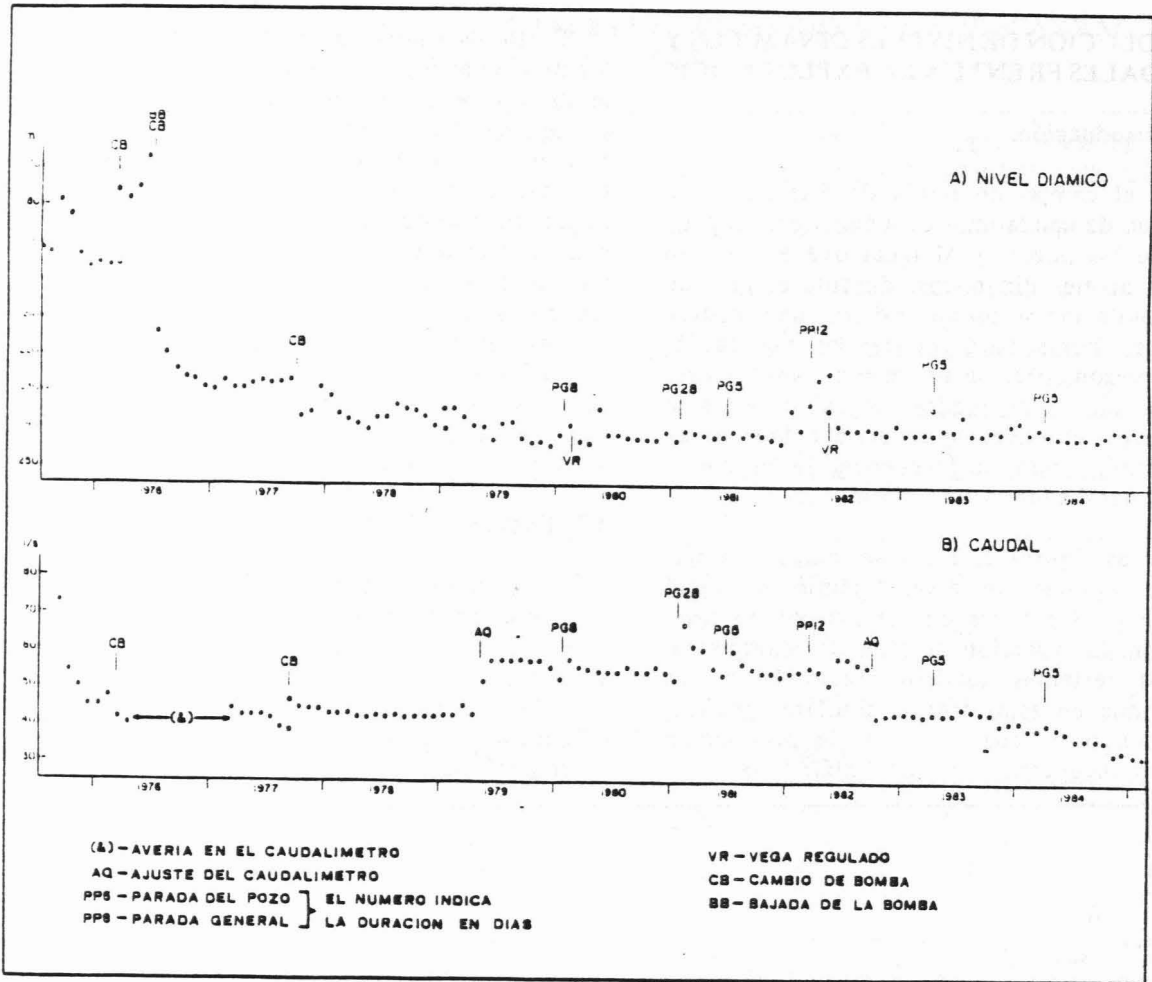


Figura 3. Evolución del nivel dinámico y del caudal en el pozo FC2.

Dynamic level and flow rate evolution at well FC2.

Esta constancia del nivel dinámico no responde a un comportamiento natural del acuífero detrítico de Madrid, sino que tiene su origen en una medida antrópica: no se podía permitir que los niveles piezométricos se deprimiesen más, pues habría riesgo de averiar las bombas al dejarlas sin la mínima columna de agua necesaria. Además, puesto que los sondeos tienen una reducción del diámetro de entubación situada generalmente sobre los 250 m de profundidad, ya no era posible colocar las bombas más profundas, de forma que desde septiembre de 1977 los pozos extraían el máximo volumen de agua que podía obtener el campo.

Otro aspecto a destacar es el paulatino descenso del nivel dinámico durante los dos primeros años de la explotación, junto con dos o tres saltos que coinciden con cambios en la posición de las bombas. Así en el FB2 mientras que en el aforo inicial el nivel dinámico estaba a 150 m de profundidad, en los primeros meses de la explotación ya había descendido a 180 m; bajó a 190-200 al modificarse de posición la bomba, y tras la bajada máxima de ésta en septiembre de 1977, quedó estabilizado en torno a los 240 m, si bien hubo pequeñas recuperaciones que coincidieron con las paradas generales del campo o con las paradas individuales del FB2.

Similar es la variación en el tiempo del nivel dinámico en el FC2 (Figura 3): hubo tres cambios bruscos (marzo y junio de 1976, y septiembre de 1977) coincidentes con las modificaciones en la posición de la bomba, y tras la bajada definitiva, el nivel dinámico oscila entre los 235-240 m de profundidad. La recuperación del nivel en los primeros meses de 1982 no parece ser tal, sino que más bien debía existir un error en el aparato de medida.

En la variación temporal de nivel dinámico del sondeo FE1 (Figura 4) hubo también un descenso en los primeros meses de la explotación con dos saltos coincidentes con incrementos en la profundidad de la bomba en octubre de 1976, y un descenso en la situación del transductor ("vega") en junio de 1976, con el que ya se permitía que el nivel dinámico se deprimiese al máximo, hasta los 230 m. En el gráfico del FE1 destaca como las paradas generales se aprecian menos que en los restantes sondeos de producción; el

motivo muy probablemente se deba a que el FE1 es el pozo más septentrional y por tanto el más alejado de los pozos más productivos (FU3, FPX3, Y FA3, véase la Figura 1). Por esto sería el menos afectado por fenómenos de interferencia entre los bombeos, y por ende el que tenía menor recuperación del nivel dinámico tras las paradas generales del campo.

En los otros cuatro sondeos de producción la evolución del nivel dinámico es similar a la de los representados en los gráficos 2,3 y 4: paulatino descenso del nivel dinámico durante los dos primeros años de explotación, con dos o tres bruscas modificaciones generalmente por situar las bombas más profundas, y un nivel dinámico casi constante desde octubre de 1977, a la máxima profundidad que permitían las características constructivas de los sondeos. En cierto modo, se puede decir que durante siete años, el campo de pozos de Fuencarral ha sido un macroensayo de bombeo a nivel dinámico constante.

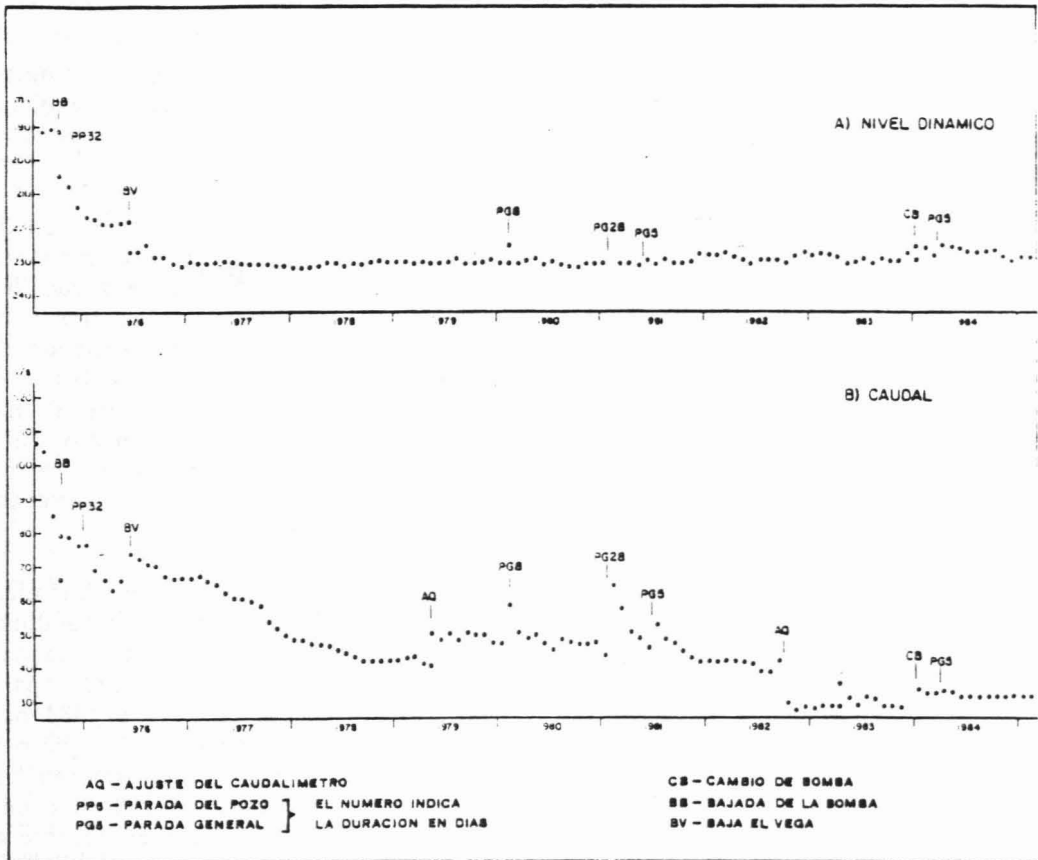


Figura 4. Evolución del nivel dinámico y del caudal en el pozo FE1.

Dynamic level and flow rate evolution at the FE1.

4.3. Evolución de los caudales.

La pauta de variación temporal de los caudales también es análoga en los siete sondeos de producción, de modo que los gráficos de las figuras 2,3 y 4 pueden considerarse representativas de como evolucionó el caudal en las siete captaciones.

En la evolución del caudal de todos los sondeos se pueden destacar las siguientes características.

- a - Una fuerte disminución del caudal nada más transcurrir 2 ó 3 meses de la explotación conjunta, con respecto a los caudales obtenidos en los aforos iniciales. El FB2 pasa de 104 a 40-50 l/s, el FC2 redujo su rendimiento de 67 a 45-50 l/s mientras que el FE1 descendía de 123 a 70-80 l/s.

Esta reducción de caudal tiene su origen, al menos en parte, en la interferencia entre los pozos; si bien es cierto que en los primeros aforos algún sondeo casi alcanzó los 200 l/s, hay que tener presente que cuando se hacían estas pruebas los restantes pozos estaban parados. Por otro lado, los aforos individuales duraban tan solo entre dos y cinco días; así es muy probable que el acuífero detrítico de Madrid "engañe" en estas pruebas tan breves, de forma que en periodos de pocos días el acuífero suministra caudales notablemente más elevados de los que puede mantener tras un bombeo continuo durante semanas.

- b - Durante los dos primeros años de la explotación el caudal continua descendiendo aunque ya con menor gradiente que al comenzar la explotación. En las dos o tres ocasiones en que se incrementa la profundidad de las bombas se consigue mejorar temporalmente el rendimiento de las captaciones, pero tras alcanzar la máxima profundidad posible de los niveles dinámicos (octubre de 1977 o junio de 1976, según qué sondeo), no se puede recurrir a tal medida, y el caudal sigue descendiendo (caso del FE1) o permanece casi estable (como en el FC2 y FB2).

- c - En mayo de 1979, coincidiendo con un ajuste en los caudalímetros, se eleva el caudal que registran todos los pozos: en octubre de 1982 (ó abril de 1983, dependiendo del sondeo) hay un nuevo reajuste en los aparatos de medida, y en este caso se produce una bajada del caudal registrado, quedando este por debajo de las medidas que se anotaban en mayo de 1979. Esta circunstancia nos induce a suponer que las medidas efectuadas durante esos 3 - 3.5 años no son correctas, existiendo un error por exceso.

Aunque los valores absolutos de caudal pueden no ser correctos, si que se puede apreciar como, cuando paran los pozos, al volver a arrancar se produce un incremento de caudal, especialmente tras los 28 días de la parada general que tuvo lugar en los dos primeros meses de 1981; pero transcurridos como máximo cuatro meses, vuelve a bombearse de nuevo el mismo caudal que antes de que se efectuara la parada.

Tras el último reajuste de los caudalímetros, en los dos últimos años de explotación, el caudal se mantiene más o menos constante o bien desciende lentamente.

Considerando el volumen total extraído por las siete captaciones y a partir de los propios registros de la empresa que llevó la explotación del campo, en los tres primeros años de producción se bombeaba un caudal medio anual de 350-340 l/s (11-10.9 hm³/año). El máximo caudal durante un mes de bombeo continuo se obtuvo en noviembre de 1977 justo después de deprimirse los niveles dinámicos al máximo, con lo que se alcanzó un caudal de 398 l/s.

En 1978, con los niveles dinámicos ya estabilizados a la máxima profundidad, el volumen bombeado equivale a un caudal medio continuo de 340 l/s. Dejando aparte los registros de caudal de 1979 a 1983 por entender, como ya se ha indicado, que posiblemente existe un error sistemático en las medidas, nos encontramos en 1984 con un caudal medio de 320 l/s. pero en octubre de ese año había entrado en producción el FA1, de forma que si se descuenta el volumen aportado por éste, los siete pozos iniciales bombeaban un caudal medio continuo de 303 l/s.

Por lo tanto, en seis años de bombeo casi ininterrumpido a nivel dinámico constante, la explotación conjunta sufrió una merma de caudal de tan solo unos 5 l/s por año.

Esto parece indicar que el campo de Fuencarral había alcanzado un régimen de bombeo casi estable, puesto que la reducción de rendimiento de unos 5 l/s/año es probable que simplemente sea debida al envejecimiento de las captaciones: obturación de los empaques de gravas por arrastre de finos, y la aparición en los filtros de colonias de bacterias ferruginosas (cuya presencia fué confirmada mediante la introducción en los sondeos de una cámara de televisión sumergible).

5. RED DE CONTROL PIEZOMETRICO.

Ya se ha señalado que entre las siete captaciones se producían afecciones de bombeo, y éstas se pusieron claramente de manifiesto con las medidas registradas en la red de control piezométrico.

En el gráfico de la Figura 5 hemos representado la evolución temporal del nivel piezométrico en el sondeo piloto FPI2. Este tan solo dispuso de equipo de elevación durante los aforos iniciales en 1972-73, y sus características técnicas se recogen en la Tabla I.

Desde que se ejecutó el sondeo hasta que empezó la explotación del campo, el nivel estático en el FPI2 apenas varía, situándose sobre los 120 m de profundidad. Iniciada la producción, en los tres primeros años el nivel piezométrico muestra una curva de descenso hasta alcanzar los 160 m de profundidad. Es evidente que esta bajada de 40 m en el nivel del piezómetro tiene su origen en la explotación de Fuencarral.

El FPI2 se encuentra a unos 3.5 km del centro geométrico del campo de pozos, y el sondeo más próximo es el FE1, distante del FPI2 unos 2 km. En cambio las siete unidades de captación están distanciadas entre sí, por término medio, tan solo unos 500 m por lo que la interferencia de los conos de bombeo entre éstos tuvo que ser mucho más importante, que la influencia en el nivel del piezómetro FPI2.

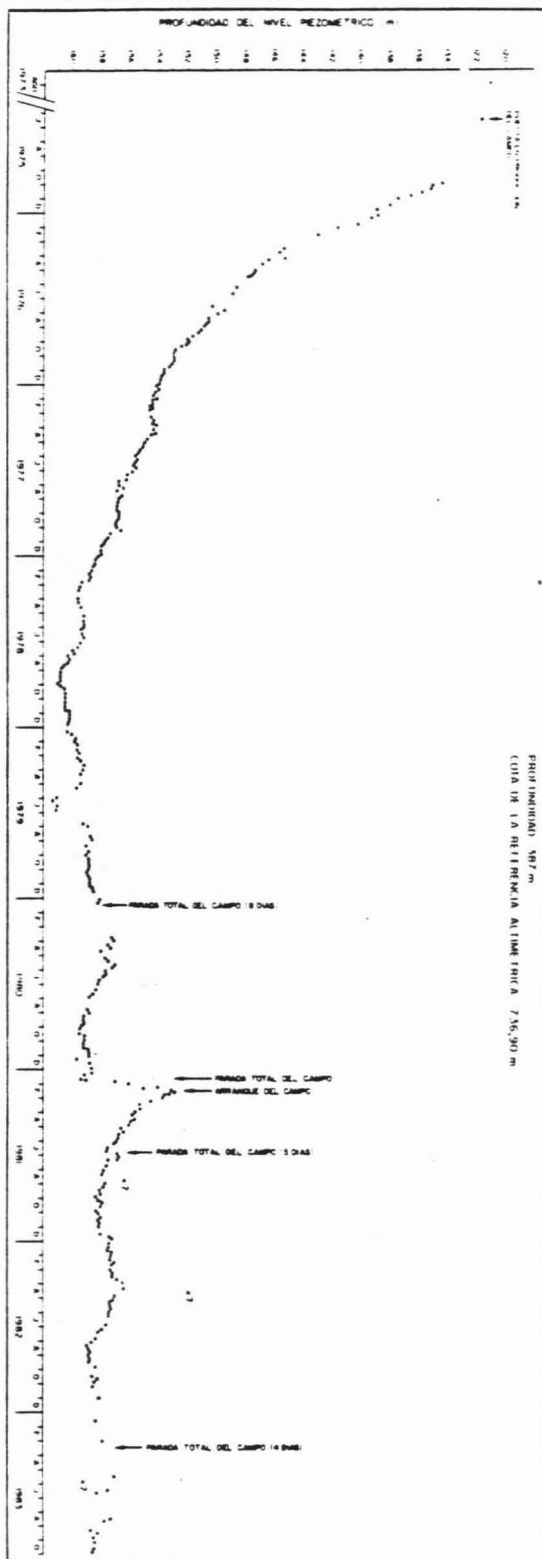


Figura 5. Evolución del nivel piezométrico en el sondeo FPI2.

Piezometric level variation at the borehole FPI2.

Desde septiembre de 1978, el nivel del FPI2 se queda más o menos estabilizado en torno a los 156-158 m de profundidad. Dado que un año antes los niveles dinámicos de los siete pozos de producción permanecen a profundidad constante, es casi seguro que la estabilización del nivel piezométrico en el FPI2 es un reflejo de la no variación de aquellos.

En la Figura 5 hay otra evidencia de que el piezómetro había sido alcanzado por el radio de influencia de la explotación de Fuencarral: tras los 28 días que dura la parada general del campo en los dos primeros meses de 1981, el nivel piezométrico del FPI2 se recupera 6 m, pero prácticamente nada más arrancar el campo empieza a descender de nuevo hasta volver a situarse a los 156-158 m de profundidad. También se aprecia la parada general de 5 días en junio de ese mismo año, aunque lógicamente con menor intensidad.

La red de control contaba con otros tres piezómetros denominados: Universidad Autónoma, Valdelamasa y Parque Sindical. En el primero también se aprecia perfectamente una fuerte recuperación del nivel piezométrico (4 m) coincidente con la parada general de 28 días en 1981, al igual que un rápido descenso al ponerse de nuevo en marcha el campo de pozos; el pozo de la Universidad Autónoma se encuentra a unos 5 km del centro del campo de Fuencarral.

En el piezómetro de Valdelamasa no se registra ninguna influencia por las paradas generales del campo, coherentemente con la posibilidad de que no estuviera afectado por el campo, ya que es el más alejado de los piezómetros, situándose a unos 10 km. En el caso del piezómetro del Parque Sindical se dejaron de efectuar medidas en noviembre de 1980, por lo que no pudo registrarse el efecto de la paradas generales de 1981.

6.-DISCUSION.

Son varios los trabajos sobre el acuífero detrítico de Madrid en los que se manifiesta que éste no es apropiado para explotaciones de aguas subterráneas concentradas en un pequeño espacio, como es el caso del campo de Fuencarral.

LLAMAS [1976] en base a los resultados de un modelo preliminar cita que "las características hidrogeológicas del sistema acuífero del terciario de Madrid no parecen adecuadas para el establecimiento de grandes centros de bombeo" así como que el radio de influencia de los bombeos en el "acuífero superficial" es relativamente limitado debido a su pequeña difusividad.

Por otra parte, OCTAVIO DE TOLEDO Y LOPEZ CAMACHO [1976], indican que: "Dada la baja permeabilidad de los materiales de este acuífero, los descensos causados en un pozo por la extracción de agua tardan años o décadas en transmitirse a distancias de solo unos pocos kms de forma que los bombeos excesivamente concentrados producirán "embudos" pronunciados o sobreexplotaciones locales, mientras que las zonas alejadas de estos embudos no acusarán efectos apreciables" [OCTAVIO DE TOLEDO y LOPEZ CAMACHO, 1979].

Similares ideas exponen OCTAVIO DE TOLEDO y MARTINEZ ALFARO [1981] señalando que en este acuífero "su permeabilidad es baja lo que hace que los descensos originados por una explotación intensiva sean puntualmente muy fuertes, pero tarden gran cantidad de tiempo en transmitirse a distancias relativamente cortas".

Por último, VIRGOS et al. [1983] citan que los bombeos, debido a la pequeña permeabilidad del acuífero, provocan profundos conos de depresión de pequeña extensión horizontal.

En las citas anteriores se habla en general de conos de bombeo estrechos y profundos, si bien de forma cualitativa, sin indicar las magnitudes concretas de éstos. Los datos obtenidos en la explotación de Fuencarral parecen indicar que la influencia de los bombeos tiene una mayor extensión de la que se señalaba en la bibliografía. Es seguro que como máximo se tardó cinco meses en afectar al piezómetro FPI2 sito a 2 kms del pozo de producción más cercano; por otro lado los niveles dinámicos en las unidades de captación se deprimieron unos 150 m con respecto a los niveles estáticos iniciales, y está comprobado que la influencia del campo se hacía sentir a más de 5 km del centro geométrico de éste. En base a estos hechos, al menos de forma intuitiva, no parece que a los conos

de bombeo se les pueda poner el calificativo de estrechos y profundos o de pequeña extensión horizontal.

En el apartado 4.3 se mostraba que desde 1978 parece que el campo de pozos de Fuencarral había alcanzado una cierta estabilidad, manteniendo fijos los niveles dinámicos en las siete unidades y extrayéndose un caudal total de 340-305 l/s, que tan solo disminuía a un ritmo medio de unos 5 l/s/año. También se sabe que la influencia del campo alcanzaba a piezómetros situados a unos 5 kms del centro de éste, y no hay evidencia de que afectase a un piezómetro situado a 10 kms. A partir de estos datos se puede realizar una primera estimación de la recarga útil del acuífero, entendiendo como tal, la parte de la infiltración eficaz que realmente pueden aprovechar los pozos perforados profundos, descontando de la recarga total los flujos hipodérmicos o subsuperficiales locales, que alimentan pequeños arroyos, manantiales y rezumes [cfr. LOPEZ CAMACHO, 1986].

Admitiendo como hipótesis de partida que el campo detraía agua en un radio de 7.5 kms $[(5+10)/2]$ y que como parece ser, se había alcanzado un régimen permanente, de forma que la recarga útil del acuífero coincidía con el volumen total que se bombeaba en Fuencarral, se obtiene que para poder suministrar durante un periodo de varios años un caudal continuo de unos 325 l/s, se requiere una superficie de 176 km^2 $[= *(7.5 \text{ km})^2]$. Esto supondría una recarga útil, o sea una infiltración eficaz realmente utilizable por pozos perforados, sin incluir los flujos hipodérmicos o subsuperficiales locales, de poco más de 60 mm/año.

Esta simple evaluación de los recursos útiles del acuífero tiene evidentes limitaciones; aparte de que el radio de influencia es meramente estimativo y de que puede que no se hubiera alcanzado un régimen permanente, por un lado es posible que estemos subestimando la recarga útil, ya que en los alrededores del campo hay otros pozos en explotación, que de no existir, el rendimiento de la explotación de Fuencarral posiblemente habría sido algo mayor, y por ende el valor de la recarga útil estimada.

Por otro lado, podemos estar sobrevalorando la recarga útil a escala de todo el a-

cuífero, ya que los pozos de Fuencarral se encuentran en una zona (Facies Madrid) donde el rendimiento de las captaciones es alto, en comparación con otros sectores del acuífero (como p.e. la Facies Guadalajara, o los materiales próximos al contacto con el conjunto cristalino del Sistema Central) donde la permeabilidad es netamente inferior, y lógicamente la recarga útil también tendrá un menor valor; además, también supone una sobrevaloración el no tener en cuenta las posibles aportaciones laterales al hipotético cono de bombeo de 7.5 km de radio.

En cualquier caso, es la primera vez que se estiman los recursos útiles a partir del resultado de una explotación casi continua durante diez años, y la cifra obtenida, entra dentro del margen de la recarga total media que a partir de otros métodos (como hidrometeorológicos, descomposición de hidrogramas, prueba y error en el ajuste de modelos, todos ellos con notables márgenes de error), se suele atribuir al acuífero detrítico de Madrid, la cual oscila entre 40 y 100 mm/año [cfr. LLAMAS, 1986].

7 - CONCLUSIONES.

* El campo de pozos de Fuencarral ha estado explotando el acuífero detrítico de Madrid de forma prácticamente continua durante casi una década (1975-85). Las siete unidades que lo componen suministraban un caudal medio total de 350-305 l/s. Desde octubre de 1977 parece ser que se había alcanzado una cierta estabilidad, manteniendo fijos los niveles dinámicos a la máxima profundidad posible, y descendiendo el caudal conjunto tan solo unos 5 l/s/año.

* A las pocas semanas de iniciarse la explotación, los caudales obtenidos en los afloramientos iniciales disminuyeron notablemente. Este hecho puede ser atribuible a la interferencia de los conos de bombeo de los pozos entre sí (que parecen tener una mayor extensión horizontal de lo que habitualmente se considera en la bibliografía) junto con el hecho de que en el acuífero detrítico de Madrid al explotarse en cortos periodos de tiempo (días) suministra un caudal bastante más elevado que el que puede suministrar en un bombeo continuo de meses.

* La explotación de los referidos sondeos de Fuencarral estaba afectando muy claramente a los que están situados a una distancia de más de 5 km del centro de esta, y no parece que su radio de influencia alcanzase los 10 km.

* A tenor de los resultados y en una primera estimación, los recursos útiles (sin considerar los flujos subsuperficiales que en principio no van a ser captados por sondeos profundos) del acuífero Detrítico se sitúan en torno a los 60 mm/año.

BIBLIOGRAFIA.

- GARCIA AUGUSTIN, J. (1974). "Las aguas subterráneas en el abastecimiento del área Metropolitana de Madrid". Conferencia de clausura del VIII Curso internacional de Hidrología Subterránea. Agua, 83, 17-35. BARCELONA.
- GARCIA AUGUSTIN, J. (1975). "El problema de las aguas subterráneas en el área Metropolitana de Madrid". Conferencia de apertura del IX Curso de Hidrogeología Noel Llopis. 29 pp. MADRID.
- LOPEZ CAMACHO, B. (1986). "Explotación de las aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid". PIAM, 12, 71-79. Canal de Isabel II. MADRID.
- LOPEZ PALANCAR, J. J. (1987). "Estudio del sistema de pozos de Fuencarral". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, XI, 567-580. Asociación Española de Hidrología Subterránea. PALMA DE MALLORCA.
- LOPEZ VERA, F. (1975). "Hidrogeología de la cuenca del río Jarama en los alrededores de Madrid". Tesis doctoral, 3 tomos. Facultad de Geología, Universidad Complutense. MADRID.
- LLAMAS, M. R. (1976). "La utilización de las aguas subterráneas en Madrid. De los "mayrat" musulmanes a los modelos digitales". Est. Geol., 32(1), 121-139. MADRID.
- LLAMAS, M. R. (1986). "Las aguas subterráneas en Madrid: esperanzas y preocupaciones, datos e incertidumbres, posibles líneas de acción". PIAM, 12, 13-36. Canal de Isabel II. MADRID.
- MARTINEZ ALFARO, P. E. (1977). "Hidrogeología de los materiales terciarios y cuaternarios de la cuenca del río Manzanares". Tesis doctoral, 3 tomos. Facultad de Geología, Universidad Complutense. MADRID.
- OCTAVIO DE TOLEDO, F.; LOPEZ CAMACHO, B. (1980). "El papel de las aguas subterráneas en la ordenación del Alfoz de Madrid". Primera Reunión Nacional de Geología Ambiental y Ordenación del Territorio, 2, pp. 575-588. SANTANDER.
- OCTAVIO DE TOLEDO, F.; MARTINEZ ALFARO, P. E. (1981). "Problemas de la sobreexplotación en el Terciario detrítico de la provincia de Madrid". 4ª Saló Monográfico del Agua (SMAGUA-81). 165-171. ZARAGOZA.
- OCTAVIO DE TOLEDO, F. (1986). "Experiencias de la explotación de aguas subterráneas en la Comunidad de Madrid". PIAM, 12, 269-286. Canal de Isabel II. MADRID.
- URBISTONDO, R. (1982). "La demanda de agua y su atención en la provincia". El agua en la región (I), Primeras Jornadas sobre la protección de la calidad de las aguas, pp. 61-74. CEOTMA. MADRID.
- VIRGOS, L.; LOPEZ VILCHEZ, L.; RUIZ CELAA, C. (1983). "Análisis del comportamiento hidrogeológico del Terciario detrítico del Tajo mediante un modelo digital tridimensional (Sistema nº 14)". Hidrogeología y Recursos Hidráulicos, VII, 51-59. MADRID.
- YELAMOS, J. G. (1987). "Informe de recopilación y análisis preliminar de los datos del campo de pozos de Fuencarral (años 1972-85)". Informe interno para el Canal de Isabel II. Memoria 184 pp. MADRID.