Influencia de los episodios lluviosos recientes en la recarga del acuífero del Ventós-Castellar (Alicante)

Influence of the recent raintall episodes on the recharge of Ventos-Castellar aquifer (Alicante)

J.M. Andreu [1], J. Delgado [1], E. García-Sánchez [2], A. Pulido-Bosch [3], J. Bellot [4], E. Chirino [4] y J.M. Ortiz de Urbina [4]

[1] Dpto de Ciencias de la Tierra y Medio Ambiente. Universidad de Alicante. Apdo. Correos, 99 03080 Alicante. E-mail: Andreu.Rodes@va.es
[2] Dpto. de Agroquímica y Medio Ambiente. Universidad Miguel Hernández. Avda Ferrocarril, s/n E-03202 Elche (Alicante).
[3] Dpto. de Hidrogeología y Química Analítica. Universidad de Almería. Edif. Central, E-04120 La Cañeda (Almería).
[4] Memorias. Dpto. Ecología. Universidad de Alicante. Apdo. correos, 99 E-03080 Alicante.

ABSTRACT

The Ventós-Castellar aquifer is a small karstic system located in the province of Alicante (Spain). An exhaustive monitoring is being acomplished on this aquifer to quantify its natural recharge. The study of the piezometric data shows the great influence that exercise the climatic factors in the aquifers with areas of recharge of small extension. The analysis of the pluviomectric data and the drop ot the water leve has allowed to establish that those rainfalls above 17 mm reach the saturated zone and become effective rainfalls. During the last years we have analyzed 2 events of recharge; theirs infiltration rates have been between 5 and 8% of the total measured rain.

Key words: *karstic aquifer, natural recharge, infiltration, mediterranean clima, Ventós-Castellar*

Geogaceta, 31 (2002), 55-58
ISSN:0213683X

Introducción

El acuífero Ventós-Castellar es un pequeño sistema kárstico situado al Noroeste de la ciudad de Alicante, en las inmediaciones de Agost (Fig. 1). Actualmente se explota por mediación de un único sondeo cuya agua se destina para abastecimiento urbano. A pesar de que las extracciones no son demasiado grandes, en los últimos años se ha producido un descenso de nivel como consecuencia de las escasas entradas de agua en el sistema.

Con el objeto de avanzar en el conocimiento de la recarga natural de este tipo de acuíferos kársticos, el sistema Ventós-Castellar está siendo sometido a un seguimiento exhaustivo de las diferentes variables que entran en juego en dicho fenómeno. Sobre el acuífero se han instalado dos estaciones meteorológicas que registran la precipitación entre otras variables climáticas. Desde 1997 se ha intensificado el control piezométrico, ya que se dispone de registro continuo en el sondeo de bombeo (nº2), y desde abril de 1999 se emplea como piezómetro un sondeo abandonado (nº1) situado en las inmediaciones del antiguo manantial de Agost. El sondeo nº 2 tiene una sonda instalada permanentemente, de manera que efectúa mediciones de nivel de forma automática

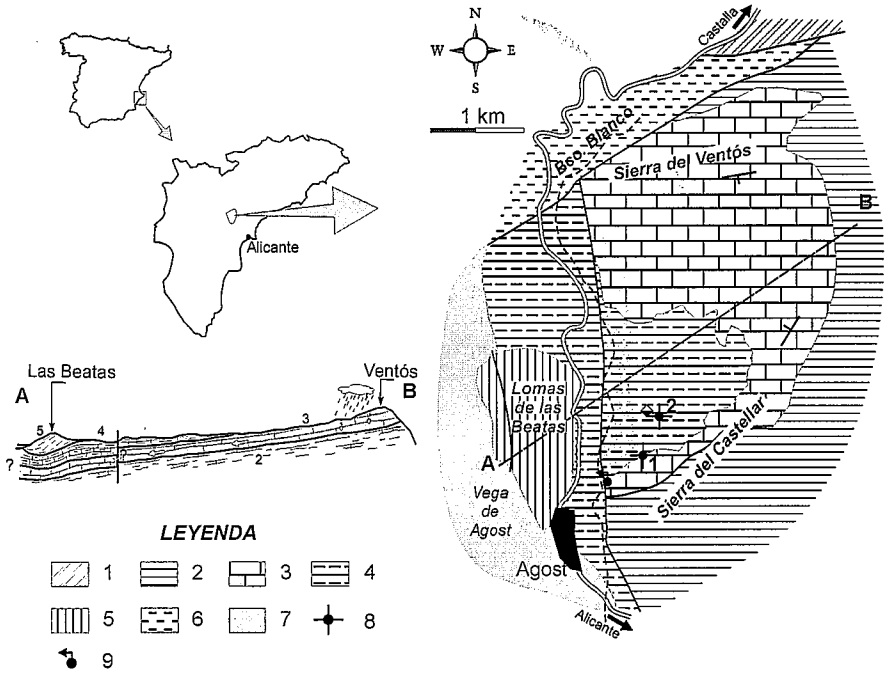

Fig. 1.- Situación geográfica del Acuífero de Ventós-Castellar. Estructura del acuífero y esquema de funcionamiento. Leyenda: 1. Arcillas y yesos (Trías Keuper); 2. Margas (Cretácico inferior); 3. Calizas (Albiense-Cenomaniense); 4. Calizas y margas (Senoniense); 5. Margas (Paleógeno); 6. Margas blancas (Mioceno); 7. Depósitos recientes; 8. sondeo; 9. Manantial.

Fig. 1.- Geographie location of Ventós-Castellar aquifer. Hydrogeological and structure schene of aquifer. Leyende: 1 Gypsums and clays (Trias-Keuper); 2. Marls (Lower Cretaceous); 3. Limestones (Albian-Cenomanian); Limestones and marls (Senonian); 5. Marls (Paleocene); 6. White marls (Miocene); 7. Recent materials; 8. well; 9. Sring.

con frecuencia horaria. Las mediciones en el piezómetro se toman con una frecuencia semanal, realizándose siempre el mismo día. A pesar de que las lecturas en el piezómetro se adquieren de forma manual, la precisión de la sonda permite obtener datos con errores inferiores al centímetro. La ventaja de este piezómetro es que se encuentra lo suficientemente alejado del sondeo de bombeo para no verse afectado por la dinámica de las extracciones (arranques y paradas); por tanto, se puede decir que refleja bastante bien el comportamiento general del acuífero. Finalmente, el sondeo de bombeo presenta un contador de volumen que permite conocer las salidas del acuífero. La pauta de bombeos presenta una frecuencia diaria de forma que se suele bombear durante la noche (horas valle) y se encuentra parado durante el día (horas punta). Esta dinámica de bombeo suele alterarse durante la época estival al necesitarse mayor volumen de agua.

Contexto hidrogeológico

El acuífero Ventós-Castellar está formado por un conjunto carbonatado de más de 150 m de espesor, constituido fundamentalmente por calizas de edades comprendidas entre el Albiense y el Senoniense (Leclerc, 1971; Leclerc y Azema, 1976). Estos materiales acuíferos reposan sobre margas del Cretácico inferior. A grandes rasgos el acuífero coincide con el relieve que conforman las sierras del Ventós y Castellar, ya que los materiales margosos y arcillosos afloran en las diferentes vertientes del macizo. Este patrón puede no cumplirse en el sector occidental, ya que cabe la posibilidad de que las calizas cretácicas presenten continuidad en profundidad hasta alcanzar el Valle de Agost, donde se pondrían en contacto con los yesos del Keuper (IGME, 1979). La estructura da origen a un sinclinal de dirección NE-SW, cuyo eje se hunde hacia el SW. En los flancos se advierten repliegues, a veces muy apretado que, en numerosas ocasiones, están cortados por fallas normales. Excepto en su parte oriental, la estructura queda rodeada por fallas de gran envergadura responsables del confinamiento lateral del acuífero al poner en contacto las calizas con los materiales impermeables.

En este contexto, el drenaje subterráneo presenta una dirección general NE-SW. La alimentación tiene lugar por la parte N-NE, a cotas topográficas más elevadas, donde afloran los materiales permeables. El agua fluye hacia el sector SW en donde se encontraba el manantial de Agost y se producía la práctica totalidad de la descarga natural del acuífero. Aunque hace bastantes años que la surgencia se encuentra seca debido a la influencia de los bombeos, la proximidad del punto de extracción a dicho punto in-

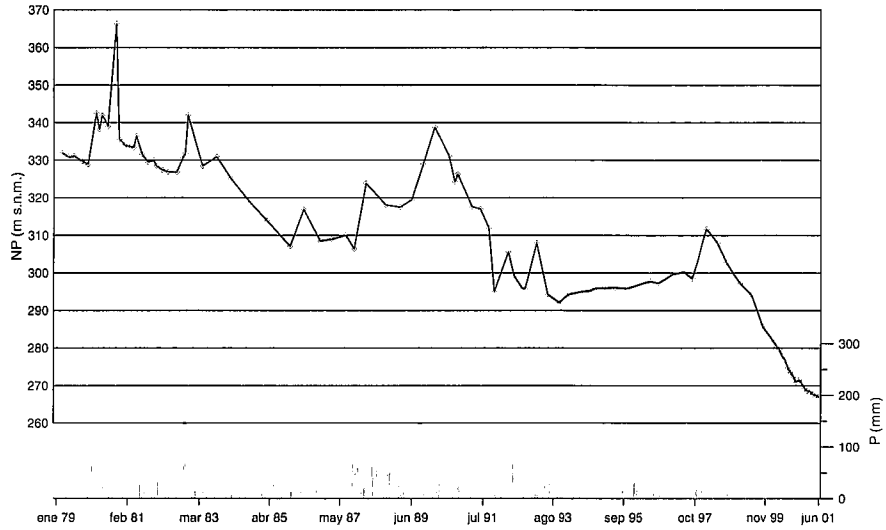

Fig. 2-. Evolución piezométrica del acuífero Ventós-Castellar.

Fig. 2.- Piezometric evolution of Ventos-Castellar aquifer

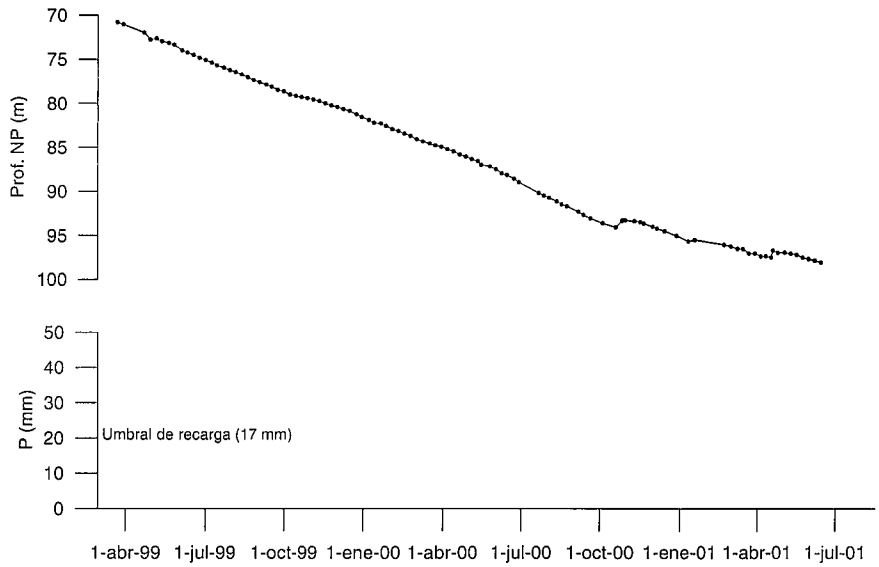

Fig. 3.- Evolución piezométrica en el sondeo nº 1 durante el periodo marzo 1999-junio 2001.

Fig. 3.- Piezometric evolution in well nº 1 during march 1999-june 2001 period.

Periodo	Δh_i (m)	Bombeo (m^3)	S (%)
22-Abr-99/14-Oct-99	-7,16	123570	0,25
4-Nov-99/13-Ene-00	-2,63	47440	0,26
21-Ene-00/4-Oct-00	-11,33	216890	0,27
		Media	**0,26**

Tabla 1.- Estimación del coeficiente de almacenamiento (S) del acuífero Ventós a partir de los períodos sin recarga.

Table 1.- Estimation of storage coefficient in Ventós aquifer from period without recharge.

duce a pensar que las modificaciones del flujo subterráneo originadas por éstos deben ser escasas. La estructuración del acuífero así como el desarrollo de la fracturación facilita las velocidades de tránsito rápidas, por lo que el acuífero responde de forma inmediata ante las entradas.

Desde el punto de vista climático la precipitación media anual es de 274 mm/año, aunque presenta variaciones comprendidas entre 105 mm y 556 mm (Andreu *et al.*, 2001). Ello indica que este acuífero se encuentra en una de las zonas más secas de la provincia de Alicante. Generalmente las precipitaciones tienen lugar en el periodo septiembre-noviembre y corresponden a aguaceros de gran intensidad y de corta duración. La temperatura media anual es de 18,5 °C, variando entre 11,9 °C del mes enero y 26,5 °C de agosto.

Comportamiento hidrodinámico

El comportamiento piezométrico de este acuífero está fuertemente influenciado por los sucesivos períodos de recarga y sequía, así como por las extracciones que en él se realizan. La curva evolutiva de niveles se caracteriza por la alternancia de tramos con descensos continuados y eventos de recuperación como consecuencia de las entradas que ocasionan las precipitaciones eficaces (Fig. 2). En este sentido, se puede destacar que las fuertes precipitaciones registradas en octubre de 1982 y 1987 y de septiembre de 1997 se tradujeron en recuperaciones superiores a la decena de metros. La primera de ellas alcanzó cotas de nivel por encima del manantial de Agost, por lo que tras varios años sin descarga se produjo la salida de agua por el mismo. Por contra, las escasas precipitaciones durante ciertos intervalos de tiempo no afectan al sistema que continúa con pérdidas de nivel más o menos continuadas.

La evolución lineal de los descensos observados durante los periodos secos refleja una desaturación o vaciado del acuífero. Este vaciado se aprecia con mayor claridad en el registro perteneciente al piezómetro nº 1 (Fig. 3). La rápida respuesta que este piezómetro denota frente a las extracciones diarias evidencia una buena conexión hidráulica entre ambos puntos, lo que hace pensar en un buen desarrollo de conductos o vías preferenciales de circulación. Esta característica es típica de los acuífero kársticos.

Otro aspecto interesante que ofrece el análisis de esta curva piezométrica es que existe una proporcionalidad directa entre los descensos y los volúmenes extraídos. Este aspecto se produce siempre que

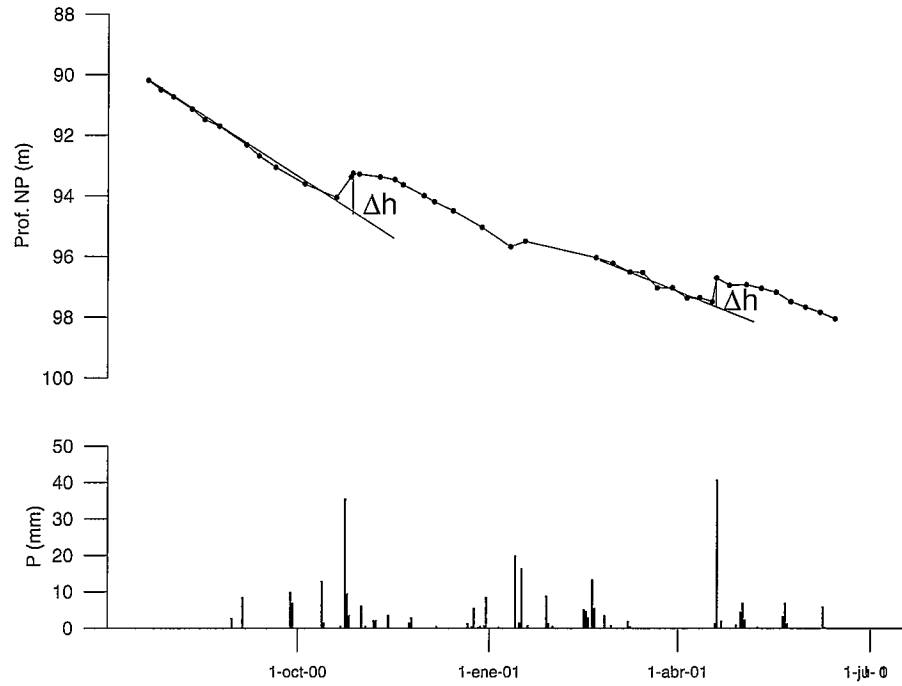

Fig. 4.- Recuperación de nivel en los 2 eventos de recarga estudiados (octubre 2000 y abril 2001).

Fig. 4.- Ground water mound in two recharge episodes studied (october 1999 and april 2001).

la geometría del acuífero y las características hidráulicas de la formación permanezcan constantes (Collignon, 1986 y 1988; Guglielmi *et al.*, 1997). En este sentido, la evolución durante los intervalos de tiempo sin recarga permite establecer que existe una relación de proporcionalidad entre los descensos y el volumen extraído, lo que se puede interpretar como que el sistema actúa como un reservorio cilíndrico, con escasas variaciones del coeficiente de almacenamiento (Tabla1).

Para estimar el coeficiente de almacenamiento se han seleccionado intervalos de tiempo lo más amplios posible y se tenga la certeza que no se ha producido recarga en el acuífero. de esta forma se tiene la seguridad que cada volumen extraído ha provocado un descenso concreto. Los periodos seleccionados han sido los que presenta la tabla 1. La semejanza de los valores de S muestra cómo a pesar de estar cada vez a mayor profundidad se mantiene la misma relación de huecos con agua/roca.

Por otro lado, conocida la geometría y su coeficiente de almacenamiento ha sido posible calcular el volumen específico, entendido como tal al volumen de agua que hay que extraerle al acuífero para que se produzca un descenso de 1 m. Para la franja de acuífero estudiada presenta un valor medio en torno a 18000 m^3/m.

Estimación de la recarga

La entrada de agua en el acuífero origina una ruptura de la linealidad de la curva de vaciado (Fig. 4). Cada una de las entradas se caracteriza por una subida del nivel piezométrico. Dado que el acuífero no presenta conexión hidráulica con otros sistemas adyacentes y sobre él no hay zonas de regadío, cursos superficiales permanentes o vertidos de agua, las entradas se deben exclusivamente a las precipitaciones eficaces que se producen sobre la zona permeable. Es por ello que cada pico de recuperación de nivel corresponde a un episodio de recarga directa de lluvia, el cual será más o menos acusada en función del volumen infiltrado. El análisis de los eventos producidos durante el periodo de estudio ha permitido establecer el umbral de precipitación que genera infiltración en 17 mm. Precipitaciones por encima de esta cantidad originan una respuesta en acuífero traducidas por subida del nivel; por el contrario, aquellas lluvias inferiores a esa cantidad no se han podido reconocer en la piezometría. Ello puede ser debido a que no sean suficientes para producir infiltración o que el volumen de recarga es tan pequeño que hasta el momento no ha sido posible su identificación.

El análisis de los tramos ascendentes permite estimar las entradas que se producen en el acuífero. Partiendo del valor

del volumen específico calculado anteriormente y del incremento de altura que experimenta la recarga con posterioridad a cada lluvia respecto a la recta de vaciado lineal, es posible cuantificar el volumen de agua almacenada en el acuífero. Durante el periodo de seguimiento tan sólo se han podido cuantificar con ciertas garantías 2 momentos de recarga; se trata de los correspondientes a octubre del 2000 y abril del 2001 (Fig 4).

El primero de los episodios de recarga corresponde a una lluvia compleja, dado que la precipitación que se produjo sobre la Sierra del Ventós se repartió en 3 días (día 24: 35,6 mm; día 25: 9,6 mm y día 26: 3,6 mm). En total el aumento de nivel como consecuencia de la alimentación del acuífero ascendió a 1,5 m, lo que significa que las entradas alcanzaron 27000 m^3.

El segundo de ellos corresponde únicamente a la precipitación del 18 de abril de 2001 y alcanzó 40,8 mm. Las precipitaciones del día anterior y posterior fueron inferiores a 2 mm, por lo que se ha considerado que su influencia en la recarga es despreciable. El ascenso piezométrico originado por esta lluvia fue de 0,8 m que traducido en entradas en el acuífero corresponde a un volumen ligeramente superior a 14.000 m^3.

A partir de la extensión de zona permeable (7 km^2) establecida en estudios previos (IGME, 1992), es posible realizar una primera estimación de la tasa de infiltración de ambos episodios de recarga. El primer evento lluvioso originó una infiltración del 8%, mientras que el segundo tan sólo alcanza el 5%. Para estos cálculos asumimos que la recarga se produce de manera prácticamente instantánea y que la precipitación medida es representativa del evento lluvioso en la totalidad del sistema. Ambas aproximaciones admiten, lógicamente, algunos matices que se tratarán de identificar y cuantificar en las investigaciones en curso. No obstante, los valores establecidos resultan bastante bajos para tratarse de un acuífero kárstico.

Conclusiones

El acuífero del Ventós-Castellar está constituido fundamentalmente por calizas del Cretácico. Las dimensiones reducidas de su área de alimentación, escasamente 7 km^2, unido a su emplazamiento geográfico y climático de carácter semiárido con valores de precipitaciones media inferior a 300 mm/año y con elevada irregularidad anual, hacen que los recursos del sistema sean muy reducidos y, por tanto, muy susceptibles a posibles cambios. Así, el comportamiento piezométrico está fuertemente influenciado por los sucesivos periodos secos. La evolución lineal de los descensos observados durante estos periodos refleja vaciado del acuífero y una proporcionalidad directa entre los descensos y las extracciones. Ello ha permitido establecer que, al menos durante el tramo de registro el acuífero se comporta como un cilindro perfecto con escasas variaciones del coeficiente de almacenamiento. El análisis de los eventos producidos ha permitido constatar que precipitaciones superiores a 17 mm causan infiltración. La tasa de infiltración de estos eventos va a depender de las particularidades con la que se produzca dicha lluvia.

Agradecimientos

Este trabajo se ha realizado dentro del marco de los proyectos HID97-1047 y REN2000-0529 HID financiados por la CICYT, así como IGCP-488 de la UNESCO y del grupo de investigación GR00-22.

Referencias

Andreu, J. M, Ortiz de Urbina, J. M. Chirino, E, Bellot, J., Bonet, A., García-Sánchez, E., Pulido-Bosch, A., Sánchez, J.R. y Vallejos, A. (2001): V *SIAGA*, Almería: 33-43.

Collignon (1986): *Ann. Sci. Univ. Besaçon,-Coll. Hyd. Pays Calcaire,* 6: 99-105.

Collignon (1988): Tesis doctoral. Univ de Avignon (Francia), 280 p.

Guglielmi, Y., Mangan, Ch., Mudry, J. y Reynaud, A. (1997): *Proc. 12th Int. Cong. Speleology,* Switzerland, 2: 137-140.

IGME (1979): *Informe sobre la captación de aguas subterráneas para el abastecimiento urbano de Agost (Alicante)*, 62 p. (informe interno).

IGME (1992): *Normas de explotación del Acuífero de Ventós-Castellar*, 117 p. (informe interno).

Leclerc, J. (1971). Tesis 3er ciclo. Géologie Structurale. Univ de París, 128 p.

Leclerc, J. y Azema, J (1976): *Cuadernos de Geología*, 7, 35-51.