INTERPRETACIÓN DE ENSAYOS DE BOMBEO EN EL ACUÍFERO DE TELDE (GRAN CANARIA)

M.C. Cabrera[1], J. Custodio[1] y E. Custodio[2]
[1] Departamento de Física, Universidad de Las Palmas de Gran Canaria. ccabrera@cicei.ulpgc.es
[2] Instituto Geológico y Minero de España. c/Ríos Rosas, 23. Madrid. ecustodio@igme.es,
DIT-UPC, Gran Capitá s/n, 08034, Barcelona. emilio.custodio@upc.es

RESUMEN

El análisis de los aforos para inscripción en el Registro Insular de Aguas de Gran Canaria de 23 pozos en la zona de Telde permite la determinación de transmisividades y coeficientes de almacenamiento para las formaciones explotadas en el área: Formación Fonolítica, FDLP y Fm. Basaltos Recientes. Las interpretaciones se llevan a cabo de forma manual y con la ayuda del programa EPHEBO, observándose una notable coherencia entre los datos obtenidos por los dos medios.

Palabras clave: Ensayos de bombeo, Transmisividad , Coeficiente de almacenamiento, Gran Canaria.

INTRODUCCIÓN

El área de estudio está situada al Este de Gran Canaria, limitada por el Barranco de Las Goteras al Norte y de Aguatona al Sur. Tiene una superficie de 75,5 km^2 y se extiende desde la línea de costa hasta una altitud de unos 200 m.s.n.m. aproximadamente. Existen en la zona 145 puntos de agua, de los cuales 88 están en funcionamiento. La mayoría son pozos de gran diámetro, con obras secundarias horizontales (galerías y catas) y/o verticales (sondeos de pequeño diámetro practicados en su fondo), observándose un incremento en los últimos tiempos de sondeos de rotopercusión de 350-400 mm de diámetro. La profundidad de las captaciones oscila entre los 15 y los 239 m, con un valor medio de 90 m.

La geología superficial muestra la presencia de la Fm. Basaltos Modernos, que constituyeron el principal material acuífero cuando empezó su explotación. Sin embargo, actualmente los niveles piezométricos se sitúan en los materiales infrayacentes. La disposición de los materiales en profundidad permite definir el acuífero actual como un sistema acuífero complejo, constituido de muro a techo por al Formación Fonolítica, la Formación Detrítica de Las Palmas (FDLP), que se interdigita lateralmente con los materiales del Grupo Roque Nublo, y la Formación Basaltos Modernos. La disposición de estos materiales en profundidad condiciona que al Norte de la zona

El programa EPHEBO, desarrollado por J. Carbonell, A. Pérez y J. Carrera (Departamento de Ingeniería del Terreno de la Universidad Politécnica de Cataluña), constituye una interfaz amigable para el programa MariaJ (Carbonell, 1989), que permite la interpretación de ensayos de bombeo mediante calibración automática. Además, dicho programa permite la interpretación por métodos gráficos y la generación de gráficas y documentación con los resultados obtenidos.

PROCEDENCIA DE LOS DATOS ANALIZADOS Y LIMITACIONES

Los datos han sido suministrados por el Servicio Hidráulico de Las Palmas y proceden de los proyectos requeridos para la inscripción en el Registro Insular de Aguas. El objetivo de dichos ensayos era fijar un caudal en cada captación inscrita tal que el nivel se mantuviera constante durante un mínimo de 24 horas. Los datos aportados no responden pues a ensayos de bombeo llevados a cabo para definir las características del acuífero y de la captación, sino más bien a datos de descensos-tiempos producidos por la extracción de un cierto caudal, cuya duración depende del tiempo que tarde en estabilizarse el nivel. Esta estabilización es, en todo caso, aparente, ya que parece probado que en la mayoría de los casos tanto los niveles como los caudales descienden con el paso del tiempo y hay que reprofundizar la captación para mantener el caudal, o bien en zonas costeras se produce un aporte de agua de mar al acuífero que se traduce en una salinización progresiva. En el caso de pozos automatizados, la validez de las medidas de nivel para fijar el caudal de cada captación es todavía más discutible, pues los datos responden aún menos al modelo clásico de ensayo de bombeo y la validez de las interpretaciones es aún más dudosa.

Se trata de un acuífero volcánico libre y heterogéneo (con tramos que funcionan como un acuífero poroso y otros que constituyen un acuífero fracturado o con doble permeabilidad), con pozos de gran diámetro no penetrantes y con una profundidad del substrato desconocida. Por ello los resultados que se derivan de la utilización de los modelos de Theis y Jacob (Custodio y Llamas, 1976), concebidos para acuíferos porosos y homogéneos en régimen permanente, a caudal y transmisividad constantes, han de ser analizados en cada caso según las circunstancias. Los parámetros hidráulicos obtenidos son valores que representan las propiedades hidráulicas medias de una roca homogénea equivalente (que puede integrar varias litologías y formaciones) si el tiempo del ensayo es suficientemente grande y es posible corregir de acuerdo con la penetración parcial y el desvío respecto al modelo teórico. Eso requiere jugar con la información y dar pasos para tratar de enfatizar los datos que se consideran más representativos.

DISCUSIÓN

El análisis de los datos de que se dispone evidencia que los pozos nº 14 y 16 funcionan como depósitos, de manera que no ha sido posible sacar ninguna conclusión en cuanto a los parámetros hidráulicos de las formaciones que explotan. El resto de los resultados de los análisis llevados a cabo se resumen en la Tabla 1, en la que los datos están ordenados por formaciones explotadas.

se exploten fundamentalmente lavas o depósitos piroclásticos de la Formación Fonolítica; en el área central, los sedimentos detríticos de la FDLP (exclusivamente o de forma conjunta con las fonolitas infrayacentes) y al Sur los materiales lávicos y piroclásticos de la Formación Basaltos Modernos, conjuntamente con los del Grupo Roque Nublo a cotas altas (Cabrera et al, 1992; Cabrera, 1995).

En el presente trabajo se presentan los resultados del análisis e interpretación de 23 ensayos de bombeo efectuados en pozos y sondeos de la zona durante 1991 y 1992, contenidos en un estudio hidrogeológico del área que ha constituido la tesis doctoral de la primera de los autores, bajo la dirección del último de los mismos (Cabrera, 1995). Estas interpretaciones se han llevado a cabo tanto manualmente mediante la aproximación logarítmica de Jacob, como de manera automatizada utilizando el programa EPHEBO, en cuyo caso se ha utilizado el modelo de Theis. La situación espacial de los pozos analizados se muestra en la Figura 1, indicando en cada uno qué formación geológica es la explotada.

Figura 1. Mapa de situación de la zona de estudio y de los pozos con ensayos de bombeo, indicando las formaciones explotadas.

durante los bombeos. En el caso del pozo 8 existe un sondeo vertical de fondo y un doble bombeo, por lo que solamente se calcula la T estimada a partir de los últimos estadios de la recuperación, que además es muy dudosa porque existen galerías a las profundidades entre las que se mueven los niveles, las cuales pueden aumentar de forma desconocida el diámetro de la captación.

Los valores de T son bastante homogéneos, excepto en la deducida del bombeo en el pozo nº 20 y la deducida de el pozo nº 10. En el primer caso se consideran erróneos los 36 m²/día debido a que no se puede calcular claramente de los datos el caudal de bombeo; en el segundo, los datos sobre la geología del pozo indican materiales detríticos intercalados con tobas volcánicas, por lo que la transmisividad del conjunto deberá ser lógicamente menor. El sondeo nº 21 no permite ser interpretado dado que hay varios descensos de caudal que fuerzan la estabilización de los niveles durante el bombeo, y la recuperación es demasiado corta.

Hechas estas salvedades, se observa que los valores de las T de la FDLP oscilan entre los 79 y los 162 m²/día, con una media de unos 144 m²/día. Estos valores se corresponden de manera satisfactoria con los valores entre 50 y 200 m²/día estimados en el Plan Hidrológico de Gran Canaria (Plan Hidrológico Insular, 1991). Sin embargo en el SPA-15 se consignaron valores entre 200 y 800 m²/día para sedimentos aluviales, sin que mencionara específicamente la FDLP.

Se analizan datos procedentes de 5 pozos que explotan la **FDLP conjuntamente con la Fm. Fonolítica**. Los datos proceden de pozos con sondeos verticales en su fondo que suelen tener dobles bombeos, por lo que solamente fue posible interpretar manualmente el pozo nº 11. Se han obtenido datos, aunque más que dudosos, tras el tratamiento con el programa EPHEBO, que permite distinguir el pozo nº 12 con parámetros hidráulicos similares a la FDLP y el resto con valores más cercanos a los de la Fm. Fonolítica.

Por último, los sondeos que explotan la **Fm. Fonolítica** presentan en todos los casos un posible efecto de recarga al acuífero, que hace que éste se recupere más rápidamente que el modelo teórico. Este efecto puede deberse a varias causas: subida del nivel inicial de referencia, aporte de agua colgada procedente de las formaciones superiores, efecto de drenaje diferido (que puede atribuirse al efecto del drenaje que las fisuras mayores producen sobre las fisuras que las intersectan y sobre la roca) o una penetración parcial del acuífero. En el caso presente todas estas causas son posibles, e incluso puede que se trate de una combinación entre ellas. El pozo nº 6 muestra unos valores claramente sobredimensionados, quizá debido a que se esté explotando la FDLP o a que los datos no sean exactos (no fue posible interpretarlos mediante el programa utilizado). Los valores obtenidos para la T en el resto oscilan entre los 21 y los 41 m²/día, con una media de 28 m²/día, mientras que los S oscilan entre 0,02 y los 0,05. Estos valores de transmisividad son algo mayores que los 10-25 m²/día consignados para esta formación en zonas excepcionales dentro del SPA-15, aunque los valores de coeficiente de almacenamiento se corresponden casi exactamente. En un estudio realizado para la interpretación de ensayos de bombeo en sondeos de esta formación en la zona de Amurga, al Sur de Gran Canaria (Custodio y Badiella, 1990), los valores de T oscilan entre 40 y 6500 m²/día, aunque las incertidumbres en la interpretación hacían que estos números debieran ser tomados con precaución.

Nº pozo	Tipo	Formación Explotada	Determinación manual			Determinación automática	
			Bombeo		Recuperación	T	S
			T (m^2/día)	S	T (m^2/día)	(m^2/día)	
23	Pozo	Fm. Basaltos Recientes	361	0,34	506	500	0.05-0.21
7	Pozo	FDLP	187-257	$2.9x10^{-5}$	93	142	0.064
8	Pozo	FDLP			51?	¿?	¿?
10	Pozo	FDLP	17-29	0.25	44	23.5-30	0.01-0.015
18	Pozo	FDLP	158	0.03	-	79-103	0.048-0.054
19	Pozo	FDLP	104	0.03	100	162	0.008
20	Pozo	FDLP	36	0.021	144	153	0.04
22	Pozo	FDLP	158	0.068	158	240	0.04
9	Pozo	FDLP-Fm. Fonolítica				70	
11	Pozo	FDLP-Fm. Fonolítica			23	10?	0.02?
12	Pozo	FDLP-Fm. Fonolítica				238	0.16
13	Pozo	FDLP-Fm. Fonolítica				50	
15	Pozo	FDLP-Fm. Fonolítica				52-64	¿?
1	Sondeo	Fm. Fonolítica	19		19	12-17	0.05
2	Sondeo	Fm. Fonolítica	44		189	10	0.04
3	Sondeo	Fm. Fonolítica	12		40	8-10	0.03
4	Sondeo	Fm. Fonolítica	63		-	7	0.02
5	Sondeo	Fm. Fonolítica	40		95	15-17	0.04
6	Sondeo	Fm. Fonolítica	685		587	¿?	¿?
17	Sondeo	Fm. Fonolítica	9		5	3.5-8.6	0.03

Tabla 1. Resultados de las interpretaciones de los aforos en el acuífero de Telde, ordenadas por formaciones. T= transmisividad; S= coeficiente de almacenamiento.

Las interpretaciones manuales han sido llevadas a cabo caso por caso. Se han desestimado aquellos valores que denotan efecto de capacidad del pozo (normalmente al principio de los bombeos) o de aporte de agua de la tubería al dejar de bombear en los primeros momentos de las recuperaciones. Otro factor que se ha tenido en cuenta son las diferencias de diámetro de las captaciones y la presencia de galerías laterales. Estas pueden influir, bien aportando agua o simplemente aumentando el diámetro efectivo del pozo a determinadas profundidades. La interpretación automática considera conjuntamente el bombeo y la recuperación (o al contrario en pozos en bombeo continuado en los que se midió la recuperación tras el paro), puede introducir una situación previa (bombeo antecedentes) y puede considerar capacidad del pozo.

La **Formación Basaltos Modernos** está representada por un solo punto, cuyos valores de transmisividad (T) se encuentran dentro del mismo orden de magnitud y son algo superiores a los valores apuntados dentro del SPA-15 (1975), que los cifraba entre 40 y 200 m^2/día. Los coeficientes de almacenamiento (S) calculados manualmente parecen sobredimensionados respecto a los determinados automáticamente, que van más acordes con el valor de 0,015 estimado en el SPA-15.

De los ocho pozos que explotan la **FDLP**, 7 son pozos de gran diámetro (uno de ellos con sondeo en el fondo) y uno es un sondeo. El bombeo es cíclico en la mayoría de ellos y solamente en dos se lleva a cabo un ensayo de estabilización. En todos los casos, la estabilización en los niveles debe atribuirse al efecto de las recuperaciones anteriores, que contrarrestan los descensos

CONCLUSIONES

El análisis e interpretación de ensayos de bombeo en la zona de Telde ha permitido la deducción de valores de transmisividad y coeficiente de almacenamiento para diferentes formaciones, cuyo resumen se recoge en la tabla 2.

Formación	Nº de pozos	Transmisividad aparente (m^2/día)	Coeficiente de almacenamiento aparente
Fm. Fonolítica	8	28	0,035
FDLP	7	145	0,032
Fm. Basaltos Modernos	1	455	0,13

Tabla 2. Tabla resumen de los valores medios obtenidos en la interpretación de los ensayos de bombeo.

BIBLIOGRAFÍA

Cabrera, M.C. (1995): Caracterización y funcionamiento hidrogeológico del acuífero costero de Telde (Gran Canaria). *Tesis doctoral, Universidad de Salamanca.* 363 pp. + anejos.

Cabrera, M.C.; Núñez, J.A. y Custodio, E. (1992): Contribución al conocimiento geológico del subsuelo de Telde (Gran Canaria, Islas Canarias). Actas del *III Congreso geológico de España y VIII Congreso Latinoamericano de Geología.* 2, 256-260.

Carbonell, J.A. (1989): " Sistema automático para la obtención de parámetros de un modelo matemático. Aplicación a la dinámica de pozos". Tesina de especialidad, ETSICCP, Universidad Politécnica de Cataluña, 73 pp.

Custodio, E. y Badiella, P. (1990): "Evaluación de datos de bombeo de los pozos de Amurga". Informe parcial Amurga-1 para ELMASA, sin publicar.

Custodio, E. y Llamas, M.R. (1976): "Hidrología subterránea". Ediciones Omega, Barcelona, 2 tomos. 2350 pp.

Plan Hidrológico de Gran Canaria (1991): "Actualización al conocimiento hidrogeológico de Gran Canaria". Informe interno, sin publicar.

SPA-15 (1975): "Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)".*Ministerio de Obras Públicas, Dirección General de Obras Hidráulicas.UNESCO.*