

LA CONSTRUCCIÓN DE POZOS FILTRANTES DE AGUA DE MAR PARA DESALACIÓN EN EL ACUÍFERO DE LA ALDEA DE SAN NICOLÁS (GRAN CANARIA).

Josefa Muñoz Sanz

Licenciada en Geología. Becaria Doctoral. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
fmunoz@becarios.ulpgc.es

M^a del Carmen Cabrera Santana

Doctora en Ciencias Geológicas. Profesora. Universidad de Las Palmas de Gran Canaria.
mcabrera@dfis.ulpgc.es

RESUMEN

La instalación de dos desalinizadoras de agua de mar en el Barranco de La Aldea (Gran Canaria) requirió la construcción de varios pozos filtrantes en la costa. Se trata de un acuífero aluvial con una potencia media de 20 m situado sobre unos Basaltos Miocenos poco permeables, con una geometría alargada y estrecha. La falta de espacio físico para llevar a cabo los pozos, así como la existencia de una capa de sedimentos detríticos limo-arcillosos en el aluvial dificultó la obtención de los caudales necesarios para la desalinización a partir de pozos. La interpretación de los ensayos de bombeo realizados en los pozos y de las variaciones de nivel en los mismos debido a las mareas, así como la observación de los pozos costeros en la zona permite la caracterización de parámetros hidráulicos y del funcionamiento del acuífero.

Palabras clave: plantas desalinizadoras; pozos filtrantes de agua de mar; ensayos de bombeo; eficiencia de la marea.

ABSTRACT

The new construction of several filtering wells were required for the establishment of two desalination plants fed with sea water. The elongated and strait area includes an alluvial aquifer with 20 m of thickness located in the top of Miocene Basalts less transmissive. The absence of physical space in order to cave the wells and also the existence of a layer with fine detritic sediments in the alluvial aquifer made difficult to obtain the necessary yield to desalination. The pumping tests interpretation made in the wells and the control of variation due to tidal variations in the wells too let the estimation of the hydrogeological parameters and system functioning.

Key words: desalination plants; sea water filtering wells; pumping tests; tide efficiency.

INTRODUCCIÓN

La construcción de pozos filtrantes como solución para el suministro de agua de mar a las plantas desalinizadoras en las zonas costeras es una solución muy utilizada debido a su bajo coste frente a las tomas directas de agua de mar. La planificación en este tipo de construcciones debe ser cuidadosa ya que hay que tener en cuenta el caudal requerido por la planta y las características del acuífero.

El barranco de La Aldea de San Nicolás se encuentra en el cuadrante Oeste de la isla de Gran Canaria (figura 1), dentro del municipio del mismo nombre, más conocido como "La Aldea". El casco urbano se sitúa en la parte final del barranco que presenta unas pendientes entre el 1% y el 10% y está encajado entre grandes desniveles producto de la intensa actividad erosiva que se viene desarrollando en la isla desde el Mioceno. La desembocadura del cauce se abre al mar en la Playa de La Aldea como único resguardo de la zona entre acantilados escarpados.

La precipitación media anual en la zona oscila entre los 257 mm de media anual en la estación pluviométrica más alta, situada a 345 m sobre el nivel del mar, y 130 mm en la zona costera. Esta lluvia se reparte principalmente de octubre a abril. La temperatura media oscila entre los 16,5°C en invierno y 20,4°C en verano. Se trata de una zona con un clima semiárido, castigada además por fuertes vientos que soplan más fuertemente en los meses de verano.

En esta zona la actividad económica que sustenta a la mayoría de la población es, paradójicamente, el cultivo de tomate de invernadero. Esto es, una agricultura intensiva que permite disfrutar de una media de tres cosechas anuales. El riego se realizaba tradicionalmen-



Figura 1. Mapa de situación de la zona de estudio.

te a partir de agua superficial y agua subterránea en una proporción 3:1. Sin embargo, desde el año 1999 y como consecuencia de una sucesión de años en que las condiciones climatológicas no han sido favorables para el abastecimiento de aguas superficiales, se han instalado en la zona 7 plantas desalinizadoras de agua subterránea que han tenido un fuerte impacto en el acuífero local (Cabrera et al, 2002). Estas plantas eran alimentadas con un total de 38 pozos que han ido variando a lo largo del tiempo. El caudal bruto que se obtenía de todos los pozos era de aproximadamente 22 Dm³/año siendo éste variable en función de la disponibilidad de aguas superficiales que hubiera en cada momento. La proporción de agua dulce de estas plantas es de un 45 % respecto al agua salada del rechazo.

Paralelamente, el Ayuntamiento del municipio ha facilitado la construcción de dos plantas desalinizadoras de agua de mar, una de ellas dedicada a obtener agua para el abastecimiento a la población y la otra para el regadío de los invernaderos. Ambas plantas desalinizadoras funcionan con el sistema de ósmosis inversa y recogen el agua del mar a través de pozos filtrantes que ejercen el papel de una primera depuración del agua marina, evitando un encarecimiento respecto al funcionamiento con toma directa del agua de mar. Ambas instalaciones fueron diseñadas para producir un total de 3900 Dm³/año de agua desalinizada, sin embargo no siempre ocurre así ya que la productividad de las plantas fluctúa de igual manera que en el caso de las pequeñas desalinizadoras privadas.

Este trabajo presenta las condiciones en que fueron construidos dichos pozos así como un resumen del

estudio de los parámetros hidráulicos realizado a partir de los datos conseguidos en los pozos filtrantes construidos para la toma de agua de mar para las desalinizadoras.

CARACTERIZACIÓN GENERAL DEL ACUÍFERO

Marco hidrogeológico de la zona de estudio.

Los materiales en los que está excavada la parte baja del barranco de La Aldea corresponden a la unidad de basaltos más antiguos de la isla de Gran Canaria, de edad miocena. Sobre los basaltos se sitúan sedimentos aluviales, fundamentalmente conglomeráticos, con una potencia media de 20 m.

Hidrogeológicamente, pueden definirse dos unidades hidrogeológicas que actúan como un sistema de dos acuíferos con diferentes características hidráulicas: una inferior formada por los Basaltos Miocenos y una superior constituida por sedimentos aluviales (Cabrera et al, 1997). Cabe destacar la existencia en la zona NE del barranco de un relieve residual conocido como Las Tabladas. Este promontorio presenta una serie de materiales geológicos que afectan a la hidrogeoquímica del sistema, aumentando la salinidad del agua subterránea (Cabrera, et al., 2000).

En el área de estudio existen más de 370 pozos de gran diámetro (3-4 m) excavados a mano y con profundidades que oscilan entre los 10 y los 47 m, con una media de 22,5 m de profundidad. Los pozos situados en el barranco principal explotan la unidad de los materiales aluviales y algunos penetran parcialmente los

basaltos, extrayendo agua a través de ambas unidades simultáneamente. En la zona del barranco de Tocodomán (figura 1), se explotan exclusivamente los basaltos infrayacentes.

UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN GEOLÓGICA DE LOS SONDEOS

Ubicación geográfica de los pozos costeros.

En la figura 2 se representa la zona costera en detalle así como los pozos existentes. Entre ellos figuran los que fueron realizados para alimentar la planta desalinizadora, nombrados con la denominación "CAD SO". Se han representado también otros pozos de la zona que en su mayoría se encuentran inactivos.

El orden de realización de los sondeos de captación de agua de mar viene marcado por el número correlativo con que han sido designados. Así, el primer sondeo realizado fue el CAD1 SO, construido para captar agua de los basaltos, con una profundidad de 46,9 m y cementado en su parte superior. Este sondeo fue concebido para tomar agua exclusivamente de los Basaltos Miocenos, en caso que fueran suficientemente productivos. Se evitaba así la toma de agua del aluvial, con contenidos en nitratos que alcanzan los 400 mg.L⁻¹. Dado que el resultado de este sondeo fue muy pobre, el resto de los sondeos fueron concebidos para extraer agua de los materiales aluviales suprayacentes y tienen una profundidad media de 20 m.

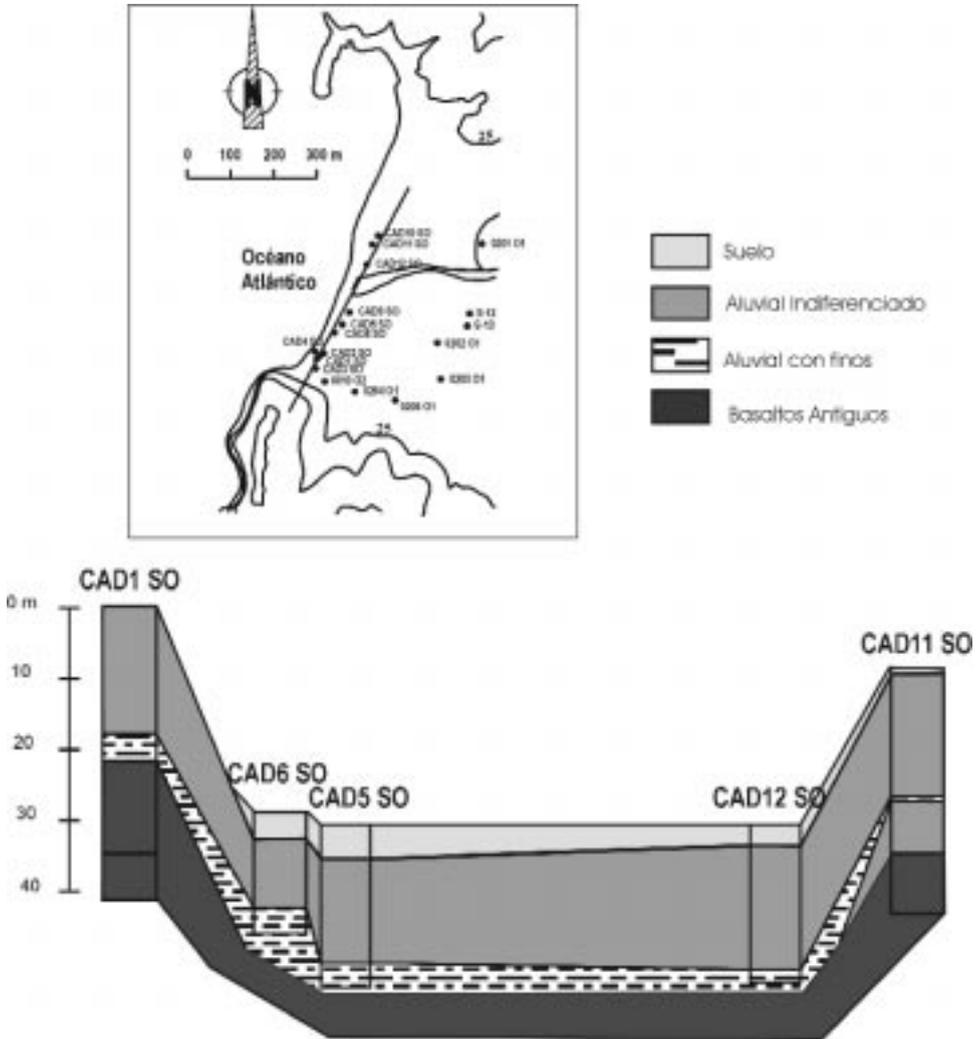


Figura 2. Situación y correlación las columnas de los pozos filtrantes realizados.

Descripción geológica de los sondeos

Durante la realización de los sondeos CAD1 SO, CAD5 SO, CAD6 SO, CAD11 SO y CAD12 SO se llevó a cabo una toma sistemática de muestras que fueron estudiadas detalladamente. Las muestras tomadas fueron tamizadas y los fragmentos más gruesos fueron observados y descritos con lupa. Las apreciaciones que se realizaron fueron de carácter composicional, ya que los sondeos fueron contruidos con el método de percusión, lo que implica que no se pudieran evaluar cuestiones precisas sobre el tamaño de grano de los sedimentos.

De techo a muro se reconoce, en general, la formación de un suelo en los primeros metros de cada sondeo, variable en grosor de 2 a 5 m, que se puede desarrollar tanto sobre un aluvial grueso (CAD5 SO y CAD6 SO) como sobre niveles más bien areno-limosos (CAD12 SO). Por debajo de estos primeros metros se encuentra lo que se ha denominado Aluvial Indiferenciado que contiene todo tipo de litologías (ignimbritas, microsienitas, basaltos etc.). Dentro de este material indiferenciado se han encontrado algunos tramos que parecen tener una mayor proporción de finos, con potencias medias entre 2 y 2,5 m, aunque pueden alcanzar los 3 o más metros en algunos casos (CAD5 SO) o por el contrario, ser de potencias menores, incluso indetectables (CAD11 SO y CAD12 SO). Estos tramos son más abundantes en las partes bajas, las que se apoyan sobre el sustrato basáltico, ya que se observa una mayor pérdida de la fracción limo-arcillosa durante el tamizaje.

El sustrato basáltico se encuentra en una profundidad media de 18 m, variando según los datos que se tienen de diferentes pozos. Hasta la profundidad máxima perforada (46,9 m) se han apreciado dos tramos distinguibles: el superior constituido por la alternancia de lavas vacuolares (pahoe-hoe) y otras más masivas (posiblemente de tipo aa). Dentro del tramo superior se han distinguido diferentes sub-tramos, según la presencia de minerales secundarios rellenando las vacuolas, o la proporción y forma de los cristales de plagioclasa, etc. que han permitido la separación de distintos tramos.

La correlación entre las columnas levantadas queda reflejada en la figura 2. De ella se desprende que el sustrato basáltico se sitúa a una profundidad variable entre los 20 m (CAD1 SO) y 23 m (CAD12 SO), lo que revela la irregularidad de la superficie del contacto basalto-aluvial. Aunque irregular, se ajustaría a la forma de valle en U, con una incisión muy ancha en el eje del barranco que se reduce suavemente hacia los bordes. Se calcula que la mayor profundidad de este paleovalle se situaría sobre los 26 m bajo el nivel del mar actual; ésta sería, por tanto, la mayor potencia del aluvial registrada a lo largo de la línea de sondeos.

PARÁMETROS HIDRÁULICOS

Estimación a partir de los caudales específicos

En los sondeos realizados se efectuaron varios aforos para averiguar el caudal que podrían aportar. Estos aforos no se pueden considerar como ensayos de bombeo ya que la duración de los mismos era de 4 horas como máximo y en muchas ocasiones el bombeo no era continuo debido a problemas imprevistos con la introducción de aire en el caudal de bombeo.

Así pues se dispone de varios aforos efectuados en cada uno de los pozos, con la dificultad añadida de que algunos de los bombeos fueron efectuados antes de instalar el macizo de gravas mientras otros se realizaron después de efectuar esta operación. Aunque no se observa que esta circunstancia tenga una consecuencia directa, pueden existir variaciones debidas a ella.

En la tabla 1 se detallan los caudales extraídos (Q) que son aceptados en cada caso, según las condiciones de los bombeos, junto con los descensos medios medidos en el propio pozo (s_p), y el caudal específico correspondiente (q) calculado.

SONDEO	S_p (m)	Q ($m^3.día^{-1}$)	q ($m^3.día^{-1}.m^{-1}$)
CAD1 SO	16,6	1667,9	100,2
CAD2 SO	47,9	4138,5	873,0
CAD3 SO	6,3	6172,3	983,0
CAD4 SO	3,1	6480,0	2057,0
CAD5 SO	2,5	2537,5	1054,2
CAD10 SO	5,6	6523,2	1162,8
CAD11 SO	8,3	5514,0	690,4

Tabla 1. Datos de descensos en el pozo (S_p en m), caudal de bombeo (Q en $m^3.día^{-1}$) y caudal específico ($m^3.día^{-1}.m^{-1}$) tomados en los bombeos realizados en los pozos filtrantes de agua de mar en el Barranco de La Aldea.

Las transmisividades se han estimado a partir de las siguientes aproximaciones (Custodio y Llamas, 1996):

$$A. T (m^2.día^{-1}) \approx 100 \frac{Q (l/s)}{s_p (m)} \approx 1.16 q$$

$$B. T \approx 1.4 q \quad (\text{Para pozos de pequeño diámetro})$$

Teniendo en cuenta que los valores extraídos del sondeo CAD1 SO se aplican al acuífero inferior basáltico, y que se ha estimado un espesor medio de 18 m para el acuífero aluvial, se han calculado los parámetros hidráulicos que figuran en la tabla 2.

Así pues, la transmisividad estimada para el acuífero aluvial puede oscilar entre 801 y 2880 $m^2.día^{-1}$ según los bombeos y la fórmula utilizada para calcularla. Las permeabilidades se mueven entre los valores extremos de 45 y 160 $m.día^{-1}$.

Para el acuífero basáltico los valores de transmisivi-

SONDEO	FÓRMULA A		FÓRMULA B		VALORES MEDIOS	
	T (m ² .día ⁻¹)	K (m.día ⁻¹)	T (m ² .día ⁻¹)	K (m.día ⁻¹)	T (m ² .día ⁻¹)	K (m.día ⁻¹)
CAD1 SO	116		140		128	
CAD2 SO	1013	56	1222	68	1541	90
CAD3 SO	1137	111	2408	134		
CAD4 SO	2386	133	2880	160		
CAD5 SO	1223	68	1476	82		
CAD10 SO	1349	75	1628	90		
CAD11 SO	801	45	967	54		

Tabla 2. Resultado del cálculo de los parámetros hidráulicos de los pozos filtrantes de agua de mar en el Barranco de La Aldea, calculados a partir de los caudales específicos.

dad oscilan entre 116 y 140 m²/día, mientras que no se ha calculado la permeabilidad dada la ausencia de datos de espesor de dicho acuífero.

Estimación a partir de los datos de mareas

Se tomaron también datos continuos en CAD5-SO durante 50 horas cada 10 minutos durante los días 12, 13 y 14 de enero de 2000. El pozo se encuentra excavado hasta los 26 m de profundidad y la columna de sondeo registra materiales aluviales hasta los 20 m y basaltos más profundamente. Los parámetros extraídos se pueden asociar a los materiales aluviales ya que el nivel piezométrico no desciende nunca a más de 1,5 m de profundidad. Las medidas de nivel registran las oscilaciones mareales con el retardo natural (figura 3), ya que presumiblemente no hubo ningún bombeo en pozos de la zona. Asimismo, se representó la estimación del comportamiento de la marea en el lugar de estudio, interpolado entre los dos puntos más cercanos a ambos lados del puerto de La Aldea, donde hay datos directos de las constantes armónicas de los ciclos mareales. El proceso seguido ha consistido en un cálculo de las

constantes armónicas a partir de las que se disponía para estos otros puertos y seguidamente, se ha calculado el comportamiento de la marea en el puerto de La Aldea.

Los parámetros extraídos que se necesitan para los cálculos hidrogeológicos, así como los datos referentes al pozo y a las condiciones del período mareal en el Océano Atlántico son los siguientes:

- Semi-amplitud de marea en el pozo (Dh): 0,636 m
- Semi-amplitud mareal (Dh'): 1,138 m
- Distancia del pozo al mar (x): 40 m
- Periodo de marea (t_p): 0,52 días
- Tiempo de retardo de la onda de marea al sondeo (t_e): 20 min ó 0,0125 d

El cálculo de parámetros hidráulicos a partir de la eficiencia de la marea se ha calculado mediante dos métodos diferentes: método de la eficiencia de la marea y método del tiempo de retardo (Custodio y Llamas, 1975), arrojando los siguientes resultados:

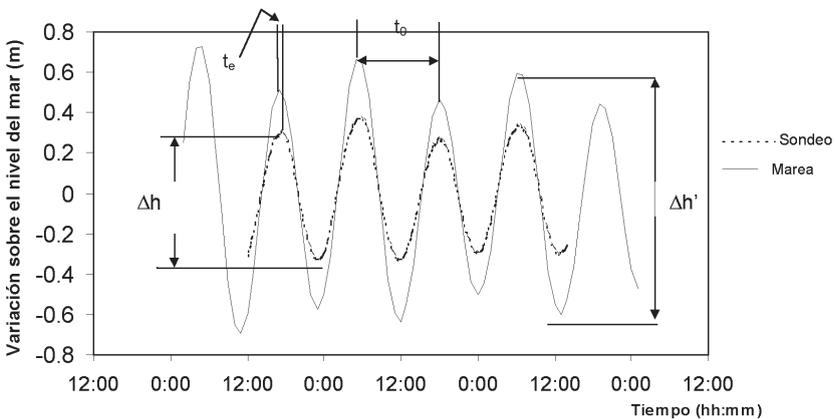


Figura 3. Representación de las ondas de marea estimadas en la zona de estudio para el tiempo en que se tomaron las medidas en el sondeo CAD5 SO.

Método de la Eficiencia de Marea

Las cifras conseguidas con esta fórmula arrojan un valor para la transmisividad entre 1427 y 2855 m²/d, utilizando un valor de coeficiente de almacenamiento (S) de 0,05-0,1 (SPA-15, 1975). La permeabilidad que se calcula con un espesor de 18 m queda en un rango entre 79 y 159 m.día⁻¹.

Método del Tiempo de Retardo

A partir de esta fórmula se extrae una transmisividad que oscila entre 21186 y 42373 m²/d, partiendo del mismo valor de coeficiente específico que en el método anterior y la permeabilidad para un espesor de 18 m queda entre 1177 y 2354 m/d.

Estas últimas cifras son rechazadas por ofrecer unos valores desorbitados para los materiales aluviales. Esto se atribuye a que no se dispone de los datos directos de las ondas de marea en el puerto de La Aldea. Por tanto, el método del tiempo de retardo no es adecuado para aplicarlo en este caso y se consideran más adecuados los valores del primer método resumidos en la tabla 3.

	T (m ² /d)	K (m/d)
Acuífero aluvial	1427-2855	79-159

Tabla 3. Valores de parámetros hidráulicos obtenidos con las oscilaciones de marea (Método de la Eficiencia de Marea).

Estimación a partir de los datos de un ensayo de bombeo

Esta estimación se ha llevado a cabo con los datos procedentes del sondeo CAD5 SO, donde se llevó a

cabo un ensayo de bombeo de 27 horas de control del nivel piezométrico. El pozo se encuentra excavado casi en su totalidad en materiales aluviales, tal y como se explicaba en el apartado anterior, por tanto los parámetros estimados corresponderán al acuífero aluvial. Las medidas del nivel de agua tomadas durante el ensayo se detallan en el gráfico de la figura 4. Se observa la influencia de los ciclos mareales, sin embargo para ver con claridad el efecto del bombeo se ha hecho una estimación de la media de cada seno mareal, para separar el descenso que provoca el bombeo.

Método teniendo en cuenta la teoría de los pozos imagen.

Si tenemos en cuenta que este sondeo se encuentra a 30 m de la línea de costa, debería utilizarse el método de la aproximación de Jacobs (Custodio y Llamas, 1975) que se aplica para descensos en bordes permeables de nivel fijo, utilizando los siguientes datos:

- s_p = descenso en el pozo por efecto del bombeo = 0,20 m
- Q = caudal del ensayo = 5724 m³/d
- x_0 = distancia del pozo a la línea de costa = 30 m
- r_{pozo} = radio del pozo = 0,5 m

De estos datos se concluyen: transmisividad de 21800 m²/d y permeabilidad de 1211 m/d (para un espesor de 18 m del aluvial). Sin embargo los rípios procedentes de los sondeos que se han estudiado prueban la existencia de una matriz limo-arcillosa. Esto hace que los resultados obtenidos a partir de este método sean desmesurados considerando que el tipo de materiales que estamos tratando en el acuífero aluvial pueden cla-

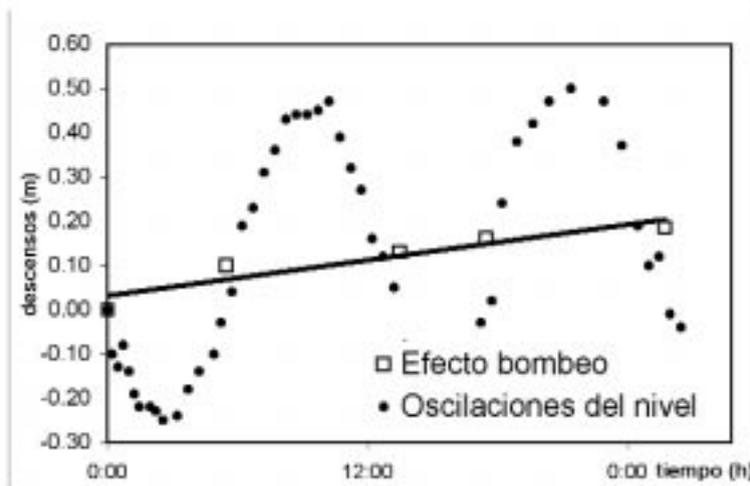


Figura 4. Medición del nivel piezométrico durante el ensayo de bombeo en CAD5 SO. El caudal de bombeo es 66,25 L.s⁻¹.

sificarse como gravas con matriz arcillosa (Custodio, 1996).

Método para ensayos de bombeo para régimen transitorio (Fórmula de Theis-Jacob)

Con los datos del gráfico de la figura 5, se han ajustado manualmente tres rectas de las que se obtienen las siguientes transmisividades para el acuífero aluvial:

- Recta 1: correspondiente a los primeros puntos del bombeo, antes que se empiece a notar en el pozo el efecto de la barrera positiva. La transmisividad calculada en este tramo asciende a 269 m²/día.
- Recta 2: considerando los puntos justo después del efecto de la barrera positiva, que arrojan un valor de transmisividad de 878,4 m²/día.
- Recta 3: con todos los puntos después de la barrera positiva y un valor de transmisividad de 565 m²/día.

Las posteriores subidas y bajadas del nivel son reflejo de las mareas que influyen en el sondeo, aunque la envolvente del ensayo toma el valor teórico de un acuífero con una barrera positiva de valor infinito (el mar en este caso).

De las rectas deducidas, se considera que el valor de transmisividad más correcto sería el correspondiente a la recta 2 (878,4 m²/día). La recta 1 implica el efecto de la barrera negativa que representan los Basaltos Antiguos y por lo tanto daría unos valores de transmisividad demasiado bajos, mientras que la recta 3 tendría ya el efecto de bajada de la marea, por lo que los descensos serían más altos de lo que deberían corresponder al efecto exclusivo del bombeo en el sondeo.

De este apartado se deducen las características hidráulicas resumidas en la tabla 4, rechazando los parámetros de la estimación realizada con el método del límite libre de nivel fijo.

	T (m ² .día ⁻¹)	K (m.día ⁻¹)
Acuífero aluvial	878	48

Tabla 3. Valores de los parámetros hidráulicos del acuífero aluvial del Barranco de La Aldea teniendo en cuenta el límite de nivel fijo. La permeabilidad del acuífero se calcula con un espesor de 18 m. para el acuífero aluvial.

CONSIDERACIONES RESPECTO AL ABASTECIMIENTO DE LA PLANTA DESALINIZADORA

La construcción de una batería de pozos paralela a la costa para la toma de agua de mar no estaba prevista en un principio, dado que se esperaban unos caudales mayores de cada pozo. Así, se preveía que con dos o tres pozos se obtendría el caudal necesario para la desalinizadora. Sin embargo, la manifestación de la baja transmisividad de los Basaltos Miocenos en el sondeo CAD1 SO, hace pensar que estos materiales actúen como una barrera negativa para la entrada de agua del mar hacia los materiales aluviales. De igual forma las heterogeneidades descritas en la matriz del acuífero aluvial, así como la inapropiada construcción de los pozos respecto al macizo de gravas dan lugar a un agua con sedimentos finos en suspensión, hecho que ya ha provocado el cambio de las bombas por corrosión y que ha sido problemático para el funcionamiento de las membranas de ósmosis de las instalaciones. Además, el ensayo de bombeo llevado a cabo en CAD5 SO ha per-

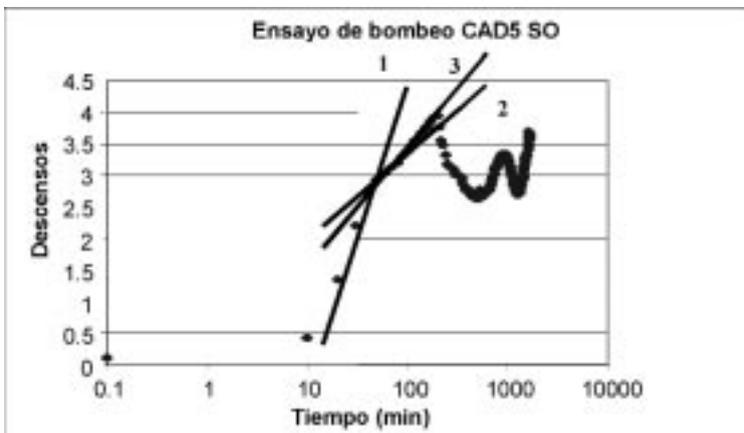


Figura 5. Representación de descensos vs. tiempo en el ensayo de bombeo de CAD5 SO.

mitido observar que los niveles del sondeo CAD3 SO se ven afectados por dicho bombeo. Esto indica que los caudales extraídos en las pruebas de bombeos cortos del apartado anteriormente descrito no son aplicables para bombeos simultáneos en varios pozos.

En la actualidad cada sondeo permite la extracción media de 35 l.s^{-1} , lo que proporciona un caudal total de $11000 \text{ m}^3.\text{día}^{-1}$ a cada planta desalinizadora de agua de mar. Han llegado a efectuarse bombeos simultáneos de 7 sondeos, de los cuales 3 servían para la desalinizadora de riego, otros 3 para la desalinizadora de abastecimiento de la población y otro más es aprovechado para una desalinizadora abastecida además con agua subterránea del acuífero.

La construcción de plantas desalinizadoras de agua de mar en medios costeros con escasez de agua es uno de los remedios más frecuentados y exitosos. En el caso de La Aldea, el acuciente déficit de agua que debía ser paliado en poco tiempo para salvar los cultivos del año en curso, dio lugar a una toma de decisiones precipitadas y sin planificación, que desembocó en una cadena de problemas. Las dificultades no fueron solamente hidrogeológicas sino también logísticas, en cuanto incluso a la insuficiencia de suministro de energía para el funcionamiento de las plantas desalinizadoras.

CONCLUSIONES

La construcción de pozos filtrantes para el suministro de agua de mar para desalinización en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria) permitió la caracterización del acuífero en la parte costera del mismo, identificándose una zona de sedimentos finos en el muro del acuífero aluvial. Los parámetros hidráulicos calculados a partir de diferentes métodos permite deducir una transmisividad que asciende a 128 m.d^{-1} para los Basaltos Miocenos y entre 878 y 2855 m.d^{-1} para los sedimentos aluviales.

La baja productividad de los pozos costeros, atribuida por un lado a la baja permeabilidad de los Basal-

tos Miocenos y por otro a la existencia de los sedimentos finos en el aluvial, ha producido que se tengan que realizar más sondeos de los previstos inicialmente, en un espacio físico reducido. Asimismo, la inadecuada granulometría del macizo de gravas en los mismos ha producido la rotura de las bombas por arrastre de finos y problemas en las membranas filtrantes de las plantas desalinizadoras.

AGRADECIMIENTOS

El presente estudio ha sido financiado por el Proyecto CICYT con fondos FEDER 1FD97-0525. Dentro de este proyecto, ha recibido financiación de la Dirección General de Aguas del Gobierno de Canarias, el Consejo Insular de Aguas de Gran Canaria, el Excmo. Ayuntamiento de San Nicolás de Tolentino, COPAISAN, COAGRISAN y ROMERTOR.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Cabrera, M.C.; Muñoz, R.; Poncela, R.; González, G. y Socorro, A.R. 1997. *Estudio de la contaminación por plaguicidas en la zona no saturada y el acuífero de Gran Canaria y Tenerife (Islas Canarias)*. En Cabrera, M.C., Custodio, E. y Roque, F. (eds): *Las aguas subterráneas en la planificación hidrológica en las Islas Canarias*. pp. 211-217.
- Cabrera, M.C.; Delgado Mangas, F.; Muñoz Sanz, J.; Pérez Torrado, F.J. y La Moneda, E. 2000. *Caracterización de las familias hidrogeoquímicas en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria)*. Geotemas, 1(2), pp. 47-50.
- Cabrera, M.C.; Albert, A. y Muñoz, J. 2002. *Influencia de la instalación de desaladoras de agua de pozo en el acuífero de La Aldea (Gran Canaria)*. En Pulido, A.; Vallejo, A. y Pulido Lebouf, P. (eds.): *Los acuíferos costeros y las desaladoras*. Ed. Club del Agua subterránea. pp. 195-202.
- Custodio, E. y Llamas, R. 1975. Segunda Edición. *Hidrología Subterránea*. Ed. Omega. Barcelona. II tomos. 2350 pp.
- SPA-15. 1975. *Estudio científico de los recursos de agua en las Islas Canarias (SPA/69/515)*. Ministerio Obras Públicas, Dirección General Obras Hidráulicas UNESCO. Las Palmas de Gran Canaria, Madrid. 3 vol.+ mapas