

CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL ACUIFERO CARBONATADO COSTERO DE LAS ALBERQUILLAS

Resumen

Resume

Introducción

Antecedentes

Objetivos

Geología

Litología

a) *Unidad del Jate*

b) *Unidad de las Alberquillas*

Estructura

Hidrogeología

Geometría del acuífero

Piezometría

Parámetros hidráulicos

Balance hídrico

a) *Aportaciones*

b) *Balance*

Esquema hidrogeológico

Conclusiones

Bibliografía

TIAC'88. Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros
Almuñécar (Granada, España). 1988

**CARACTERISTICAS HIDROGEOLOGICAS DEL ACUIFERO
CARBONATADO COSTERO DE LAS ALBERQUILLAS**

*OLLERO ROBLES, Eduardo - Geólogo
*GARCIA GARCIA, José Luis - Geólogo
*ALCAIN MARTINEZ, Gema - Geóloga
GEXMA S.A.L.: Cuesta de Gómez, 2 - 18009 GRANADA

RESUMEN

En este trabajo se exponen los resultados obtenidos del estudio en detalle del acuífero carbonatado costero de las Alberquillas.

Dicho acuífero por sus condicionamientos litológicos, estructurales, situación geológica y régimen de explotación se considera como un acuífero con alto riesgo de salinización, si se rompe el equilibrio entre recarga - descarga en que se encuentra actualmente. El riesgo se incrementa para periodos secos, para los cuales el balance es ya deficitario.

RESUME

Dans ce travail sont exposés les résultats de l'étude en détail de l'aquifère carbonaté côtier "Las Alberquillas". Cet aquifère, étant donné ses caractéristiques lithologiques et structurelles, situation géographique et régime d'exploitation, est considéré comme un aquifère avec un risque élevé de salinité se l'équilibre actuel entre recharge-décharge est rompu. Le risque s'accroît pendant les périodes sèches où le bilan hydrique est déjà déficitaire.

INTRODUCCION

ANTECEDENTES

La realización del estudio hidrogeológico del acuífero calcáreo de Las Alberquillas se propuso a los Organismos de Cuenca con el fin de conocer las reservas y recursos del mismo, ante la implantación de nuevas captaciones y evitar así que en el futuro los efectos de una posible intrusión marina o falta de recursos provoquen una situación negativa

irreversible para los usuarios.

OBJETIVOS

Los objetivos que el estudio ha ido cubriendo hasta alcanzar su finalidad han sido:

- Definir la estructura geológica del acuífero.
- Conocer su funcionamiento hidráulico.
- Determinar el balance hídrico para año seco, medio y húmedo.
- Determinar el impacto que ocasionarán futuras captaciones y planificación de la explotación.

GEOLOGIA

Según la cartografía geológica y Memoria del Mapa Geológico Nacional, hoja 1055 (Motril), los materiales que afloran en la zona corresponden al Manto de La Herradura, del Complejo Alpujárride (Cordilleras Béticas), concretamente a las Unidades de Jate y Alberquillas.

LITOLOGIA

a) Unidad de Jate

La serie se compone de muro a techo:

- Formación de micasquistos, esquistos y cuarcitas:

Se pueden diferenciar cuarcitas y esquistos oscuros con sillimanita y feldespatos potásicos con migmatitas y gneises intercalados, un segundo nivel de esquistos con sillimanita, cuarzoquistos y anfibolitas y epidotitas, un tercer nivel de esquistos biotíticos y rocas calcosilicatadas y, por último, micasquistos de grano fino con biotitas.

- Formación de mármoles dolomíticos:

Constituyen la cobertura; estos mármoles presentan intercalaciones de esquistos y calcoesquistos.

La potencia media es de unos 20 m, habiendo tramos en los que se adelgaza hasta desaparecer.

b) Unidad de las Alberquillas

Las litologías son muy similares a las anteriores; igualmente se trata de una serie de esquistos y cuarzoquistos y a techo mármoles.

- Formación de micasquistos, esquistos y cuarzoesquistos:

El término más profundo corresponde a esquistos y cuarzoesquistos con estaureolita. A ellos le siguen los micasquistos biotíticos, cuarzoesquistos y niveles calcosilicatados.

- Formación de mármoles:

Son mármoles con importantes intercalaciones de micasquistos y calcoesquistos en la base.

Dicha formación en esta unidad alcanza mayor potencia que su correspondiente en la Unidad de Jate, unos 300 m.

Dado el carácter del estudio, en la Fig. 1, sólo se han diferenciado las respectivas formaciones de micasquistos y mármoles de las dos unidades aflorantes, sin entrar en detalle de términos.

ESTRUCTURA

La compleja estructura de la zona puede observarse en la cartografía geológica y en la sucesión de cortes realizados Fig. 2.

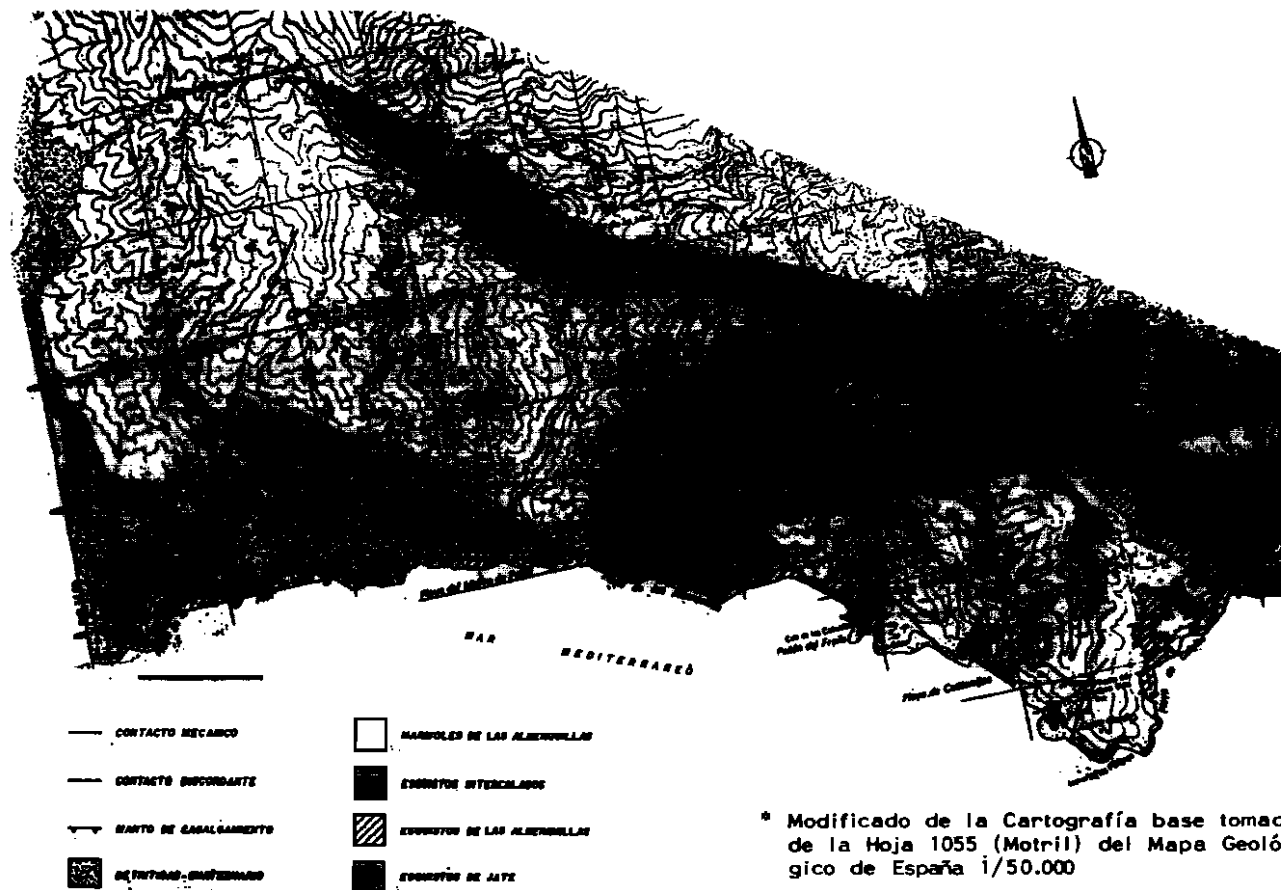
En un contexto de mantos de cabalgamiento y estructuras tales como pliegues de gran envergadura asociados, definimos según el corte CC' de orientación N 4°E (perpendicular a la estructura) realizado a lo largo del Arroyo de la Miel, el esquema geológico de la zona. Al Norte se observa el contacto entre las Unidades de Jate y Las Alberquillas, pertenecientes al Manto de La Herradura, según una falla de salto en dirección, de buzamiento subvertical. La estructura de la Unidad de Las Alberquillas puede seguirse en la formación de mármoles. Constituyen un sinclinal tumbado, con buzamiento del flanco Norte de 10° a 30° S, y del flanco Sur de 60° a 80° S.

El contacto entre mármoles y esquistos es mecánico.

La Unidad de Las Alberquillas podría haber formado parte de la Unidad de Jate. Posteriormente, la actividad tectónica compleja de la zona ha ido marcando diferencias entre ambas hasta llegar a la situación actual.

La Unidad de Jate actúa como autóctona relativa frente a la Unidad de Las Alberquillas. Posteriores fases de deformación traen consigo la compartimentación de bloques de la Unidad, según los sistemas de fracturas de dirección N 50° y 20° W.

La estructuración de la Unidad, de gran interés para este estudio puede observarse en los cortes D-D', B-B', A-A', Fig. 2.



* Modificado de la Cartografía base tomada de la Hoja 1055 (Motril) del Mapa Geológico de España 1/50.000

FIG. 1. CARTOGRAFIA GEOLOGICA

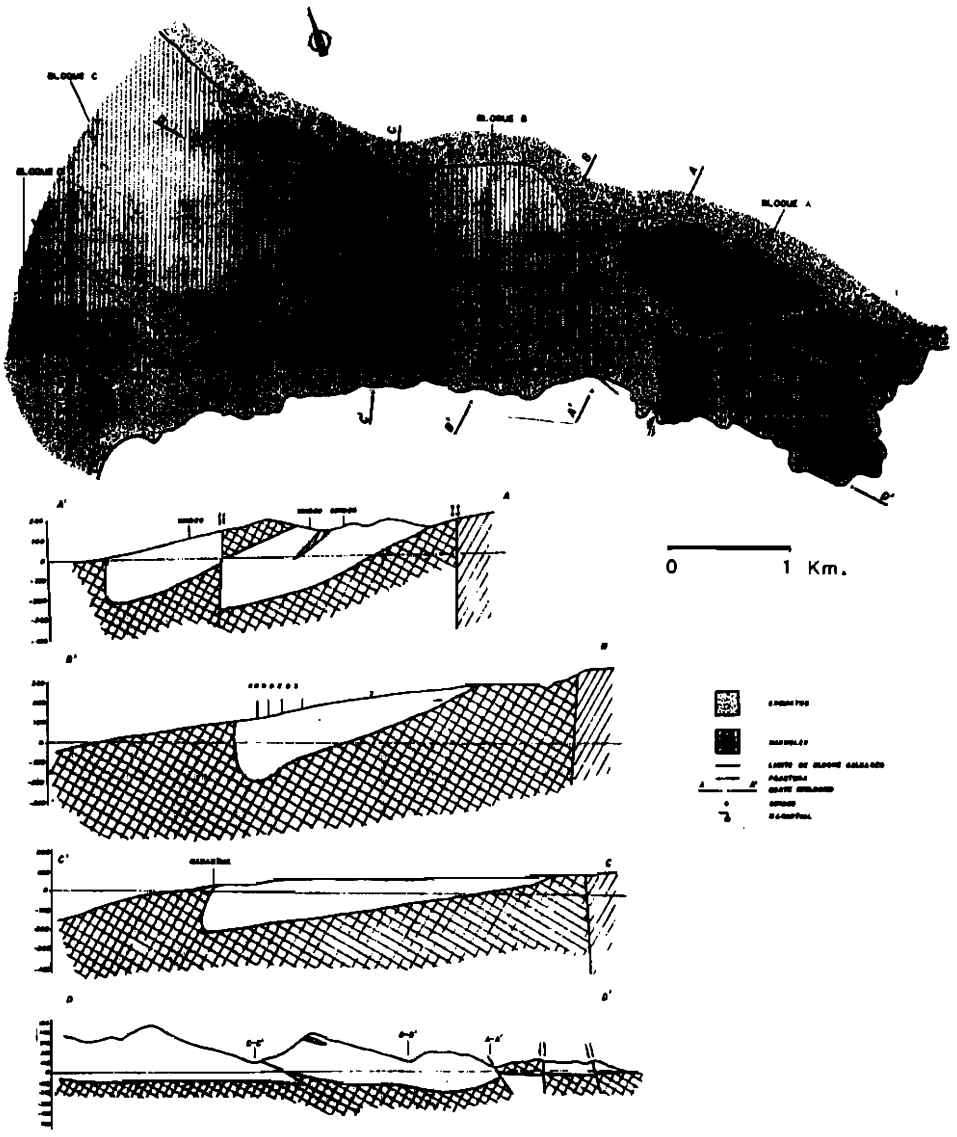


FIG 2: MAPA DE BLOQUES Y CORTES GEOLOGICOS

Se identifican cuatro bloques, que de E a W son:

- Bloque A de Cerro gordo, que tiene como limite W el Barranco de La Marina de Cantarriján. El Cerro Calenta es un retoque de este bloque.
- Bloque B del Cañuelo, que se extiende hasta el Barranco del Rio de la Miel.
- Bloque C de la Miel, cuyo limite W va más al Oeste del Cerro del Perro.
- Bloque D. Maro, queda limitado por las estribaciones de Maro y posiblemente llegue hasta Frigiliana.

HIDROGEOLOGIA

GEOMETRIA DEL ACUIFERO

El acuífero de Las Alberquillas es una acuífero carbonatado de permeabilidad secundaria por fracturación, afectado por la compleja estructura regional.

El afloramiento calcáreo tiene una superficie de 18 Km² aproximadamente.

Los límites son: al Oeste a partir de Cerro Molinero, el acuífero calcáreo de la Almirajara; al NE y SW los esquistos de la Unidad de Jate, y el SE a partir de la Playa del Cañuelo el mar.

La compartimentación de bloques descrita en el apartado de estructura repercute igualmente en la configuración del acuífero.

Los bloques hidrogeológicos, son coincidentes con los bloques definidos en el Capítulo de Geología, (Véase Fig. 3).

PIEZOMETRIA

En la Tabla I; y en la Fig. 4, se muestra el inventario de puntos de agua.

Los puntos nº 25, 24, 22, 19, mantienen sus niveles; lo que varía de una fecha a otra es el caudal de los manantiales. En Noviembre del 86, el caudal no sobrepasa en el nº 22 1 l/seg. y el del nº 19 es casi despreciable, ambos pertenecen al bloque C.

En los sondeos 6, 7, 8, del Bloque B, los niveles bajaron de 10 - 12 m a 5,5 - 6,5 m de Marzo de 1985 a Noviembre de 1986. También es acusada la bajada del nivel de los sondeos

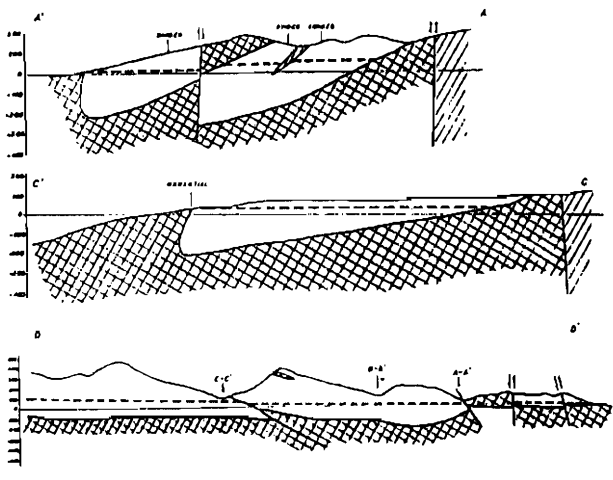
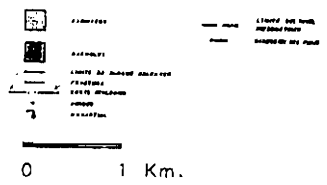
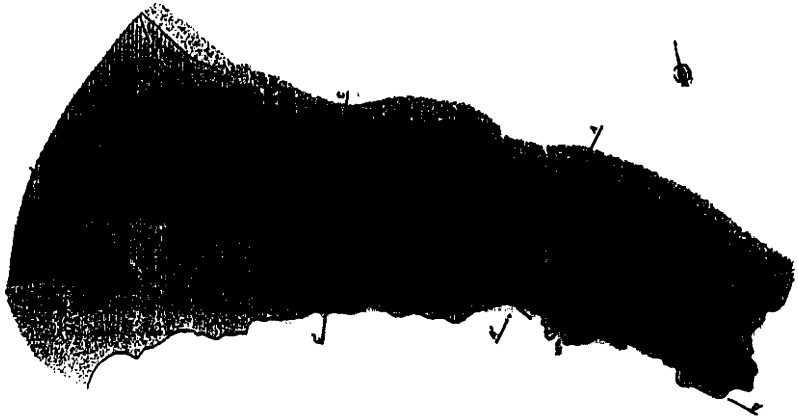


FIG 3: MAPA Y CORTES HIDROGEOLOGICOS

T A B L A I
 RESULTADOS DE PUNTO DE AGUA

Nº	IDENTIFICATA	MATERIAL C/A	COTA	PROFUNDIDAD (m)	COTA DEL MAR DEL ACUIFERO	NIVEL PIEZOM. (m.c.m.s.l)	CARGA (kg/cm ²)	TIPO DE ACUIFERO	CONDICIONES
1	Marina Casapalán I	Sondeo	101	145	+30	100	0	100	1000 Pareto
2	Marina Casapalán I	Sondeo	101,11"	140	+30	99	0	100	1000 Pareto
3	Alca I	Sondeo	81,46"	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
4	Alca II	Sondeo	80,20"	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
5	Rabandey	Sondeo	100,73"	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
6	Sarrano Pina I	Sondeo	110	200	+100	100	0	100	1000 No instalado
7	Sarrano Pina II	Sondeo	100,20"	200	+100	100	0	100	1000 No instalado
8	Sarrano Pina III	Sondeo	100	200	+100	100	0	100	1000 No instalado
9	Alca	Sondeo	100,73"	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
10	Alca	Pozo	100	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
11	Alca	Sondeo	100	100	+20	100	0	100	1000 No instalado
12	Alca	Sondeo	100,20"	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
13	Alca	Pozo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
14	Alca	Pozo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
15	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
16	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
17	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
18	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
19	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
20	Alca	Pozo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
21	Alca	Sondeo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
22	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
23	Alca	Pozo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
24	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
25	Alca	Manantial	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto
26	Alca	Sondeo	100	100	+20	100	0	100	1000 Pareto

* Nivelado

sondeos N^o 20, 3, 4, 5, 1, 2.

En el Bloque A, en los sondeos 9, 10, 12, igualmente descendieron los niveles considerablemente.

Con los datos de que se cuenta, es imposible realizar un mapa de isopiezas fiable. Más adelante se analizará en detalle esta información.

PARAMETROS HIDRAULICOS

En la Tabla II se recogen los datos de los ensayos de bombeo realizados con el fin de definir las constantes hidráulicas del acuífero.

Se puede observar que la T normalmente varía entre 500 y 2000 m³/día (n^o 3, 12, 16). En estos sondeos, los descensos que se producen para obtener caudales importantes son muy elevados y ocasionan que su nivel dinámico se coloque por debajo del nivel del mar. Los valores de S más fiables son los de los sondeos n^o 6, 7, 8, del orden de 1%.

Según estos parámetros, se trata de un acuífero muy transmissivo, con una porosidad eficaz muy pequeña, permeabili-

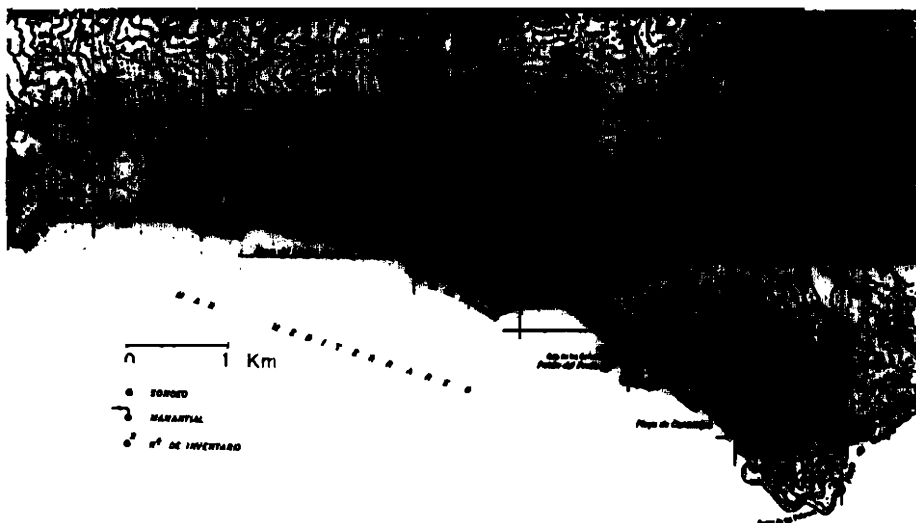


FIG 4 : INVENTARIO DE PUNTOS DE AGUA

dad secundaria limitada a la fracturación y karstificación de los materiales carbonatados, con una distribución anisótropa, produciendo en tiempos cortos de bombeo un efecto de semiconfinamiento.

BALANCE HIDRICO

a) Aportaciones

Prácticamente el total de las aportaciones de agua a la Cuenca se producen por la infiltración del agua de lluvia.

En la Tabla III se recogen las series pluviométricas desde 1965-86 a 1971-72 de las estaciones de Cázulas, Almuñécar, además del totalizador de Navachica, completadas y corregidas.

La estación que aporta más datos aproximados a la realidad climática de la zona es la de Almuñécar.

La pluviometría media anual es, en series de 31 años, de 434 mm. Si consideramos los 6 últimos años es de 333 mm.

T A B L A I I

CONSTANTES HIDRAULICAS DEL ACUIFERO

Nº	TOPONIMIA	PIEZOMETRO N°	TIPO ENSAYO	TRANSIV. (m ² /día)	ALMACENAM. (%)	OBSERVACIONES
2	Marina	no	Escalonado	800-1000		Bombas-Recuperación
	Canterriján	4	Continuo	8000	15	
3	Rico	4	Continuo	55	4-4	Bombas
4	Pino I	no	Continuo	1250		Bombas
		7, 8 y 21	Continuo	800-1600	0,2-0,5	
8	Pino III	no	Continuo	900		Bombas
		6, 7 y 21	Continuo	900-1600	0,2-0,5	
31	Pino IV	7, 8 y 9	Continuo	1000-2000	0,2-0,5	
19	Ayuntº I	no	Escalonado	5-60		Poco fiable
18	Ayuntº II	no	Variable	11		Poco fiable

T A B L A III

PLUVIOMETRIA ANUAL DE LAS ESTACIONES DE ALMUÑECAR, CAZULAS Y EL TOTALIZADOR DE LA NAVACHICA

AÑOS	ALMUÑECAR	CAZULAS	NAVACHICA
55-56	307	1119	
56-57	339	543	
57-58	274	632	
58-59	496	940	
59-60	604	1151	
60-61	289	650	
61-62	624	1190	
62-63	743	1152	
63-64	446	864	
64-65	434	605	
65-66	427	778	
66-67	289	543	
67-68	403	700	
68-69	687	817	
69-70	590	380	
70-71	558	871	
71-72	447	721	900
72-73	422	536	900
73-74	443	661	1025
74-75	314	492	650
75-76	443	695	1000
76-77	527	722	1100
77-78	470	773	1250
78-79	534	1012	1450
79-80	430	546	125
80-81	319	450	800
81-82	190*	455	900
82-83	290*	431	625
83-84	500*	850	1120
84-85	300*	406	925
85-86	300*	494	800
MEDIA	424	715	971

* Datos calculados por debiles masas con Cázulas.
(Valor expresado en milímetros).

Al considerar un porcentaje de aproximadamente el 20% de la pluviometría, ésta supone un volumen anual de 0,09 Hm³/Km², y para los últimos 6 años entre 0,07 Hm³/Km² y 0,1 Hm³/Km². Para una superficie de 18 Km² de acuífero, el volumen total anual que se infiltra es de 2,4 a 1,3 Hm³.

b) Balance

El balance hídrico se establece en base a las entradas y salidas de agua en el acuífero.

b.1. Entradas:

- Infiltración de lluvia (I): 2,4 - 1,3 Hm³/año.
- * Infiltración de cursos superficiales (IR): 1,1 Hm³/año.
- * Flujo lateral de otros acuíferos (F): Para el cálculo de esta variable, se empleará la fórmula de Darçy:

$$F = T \cdot l \cdot i$$

- T: Transmisividad
- l: Anchura del acuífero
- i: Gradiente hidráulico

Para T = 500 m²/día (Transmisividad media del acuífero), l = 1500 m (Anchura del bloque de la Miel) y i = 600 m (Anchura del bloque del Cañuelo), i = 3,3% (gradiente) se obtiene un flujo de 9 Hm³/año.

b.2. Salidas:

- * Salidas de manantiales (M): 10 Hm³/año
- * Salidas por bombeo (Sb): 1,5-1 Hm³/año.
- * Salidas al mar (Sm): no están cuantificadas

b.3. Balance:

Para año medio:

$$B = I + IR + F - M - Sb - Sm = 0$$

$$B = 2,4 + 1 + 9 - 10 - 1,5 - Sm = 0$$

$$Sm = 1,5 \text{ Hm}^3/\text{año (Calculado)}$$

Para año seco:

$$B = 1,3 + 1 + 9 - 10 - 1 - Sm = 0$$

$$Sm = 0,3 \text{ Hm}^3/\text{año.}$$

ESQUEMA HIDROGEOLOGICO

Servirán de apoyo para explicar el funcionamiento hidráulico del acuífero de Las Alberquillas el mapa hidrogeológico y los cortes perpendiculares y longitudinales a la estructura. Fig 4.

El acuífero calcáreo de Las Alberquillas tiene sólo unos 8 Km², a pesar de que los mármoles ocupan una superficie mayor, ya que el sector norte no se encuentra saturado.

Los recursos, como ya se ha visto en capítulos anteriores, provienen de la infiltración directa del agua de lluvia y aportes del acuífero de la Almirara. Las salidas naturales se concentran en los Manantiales de Maro, Arroyo de la Miel y Alberquillas y pérdidas directas al mar; las salidas artificiales corresponden a la explotación por sondeos.

El flujo del acuífero se produce de W a E, con un gradiente medio del 2 al 3%.

Si se estudia más detalladamente el funcionamiento hidráulico, se observa que el acuífero está compartimentado en 4 bloques (Fig 4) bien definidos. La compartimentación obedece a la estructura geológica que condiciona las variaciones de permeabilidad.

Los bloques se denominan:

- Bloque D, Bloque de Maro:

Drena por el Manantial de Maro. Su conexión hidráulica debe ser bastante buena con el Bloque C.

El nivel piezométrico tiene una cota aproximada de 130 m. No tiene conexión con el mar.

- Bloque C, Bloque de la Miel:

Su conexión es buena, como se dijo, con el Bloque D. El flujo general es paralelo a la dirección NW-SE. El drenaje se produce por el Manantial de Arroyo de la Miel, con una cota aproximada de 50 m y el de Las Alberquillas, a cota 10 m, lo que ocasiona entre ellos un gradiente de 7% , muy elevado para la transmisividad media del acuífero, poniendo de manifiesto la existencia de fuertes anisotropías de permeabilidad dentro de un mismo bloque.

La conexión con el Bloque B se discutirá posteriormente. La conexión con el mar puede ser nula dada la estructura geológica; el punto más próximo al mar es el Manantial de Las Alberquillas y está a 10 m de cota, rodeado de esquistos. Si estos esquistos son localmente permeables, la conexión existirá si, como parece, es impermeable; el acuífero se encontraría sellado.

- Bloque B, Bloque del Cañuelo:

Este bloque presenta actualmente el mayor número de sondeos realizados y la explotación por bombes más importante.

Según los niveles piezométricos, el flujo parece ir en sentido contrario de E a W. Se piensa que está ocasionado por las condiciones puntuales creadas por los bombes.

Las relaciones de este bloque con el Bloque C pueden verse en la Fig 4. El contacto entre ambos bloques debe comportarse como una barrera relativamente impermeable, lo que produciría un salto en el nivel piezométrico y un flujo del Bloque de la Miel (C) al del Cañuelo (B).

Las salidas no son claras. No existe ningún manantial importante, el único, es el del Cañuelo, y no tiene caudal suficiente, parece ser que drena un pequeño acuífero desconectado parcialmente del bloque general mediante la existencia de intercalaciones de esquistos.

La conexión con el mar no es clara; existe una franja de 15 m de esquistos que separa a los mármoles de la línea de costa en su punto más próximo.

Caben dos posibilidades ante estas circunstancias: o drena al Bloque A, realizándose a través de éste las salidas al mar, o se drena al Bloque C. Esta última hipótesis la invalida la explicación dada para el funcionamiento del Bloque C.

- Bloque A, Bloque de Cantarrián:

Geológicamente, es el bloque más complejo. El flujo del Bloque A al Bloque B debe de estar dificultado por la parcial impermeabilización de los bloques y lo reducido de la superficie de contacto. En la zona costera, no existe contacto entre ambos bloques, como se observa en el corte hidrogeológico D-D'. En profundidad, podría establecerse el contacto dependiendo de la estructura geológica; con los datos de que se dispone, no se puede precisar la relación en profundidad con exactitud. En el supuesto de que existiera este contacto, las salidas se establecerían hacia el Bloque del Cañuelo o directamente al mar, en las cercanías de la Playa del Cañuelo.

Las salidas naturales del Bloque de Cantarrián se establecen a través del mar, en la zona Sur. En la zona Norte, una parte irá al Bloque del Cañuelo y otra es drenada, cuando existen lluvias intensas, por el Manantial de los Centuriones (nº 14) a cota 80 m.

Dentro del mismo bloque, existe un flujo hacia el Sur, condicionado por la fractura del Barranco de Cantarrián. La zona de salida al mar se debe establecer principalmente por la zona costera del Cerro Caleta, ya que la zona del Cerro

Gordo tiene intercalaciones de esquistos y calcoesquistos que sellarían en parte el acuífero.

SITUACION ACTUAL Y FUTURA DEL ACUIFERO

La situación actual del acuífero ha sido descrita en el apartado del Balance. Se puede decir que, en conjunto, el acuífero está compensado para años medios y que no existe déficit. No sucede lo mismo para años secos, como estos 6 últimos años, para los que ya es deficitario.

Llegado el caso de actuar y centralizando las acciones en el bloque C en un futuro sobre el acuífero, superando la explotación los recursos disponibles, el acuífero reaccionaría negativamente, de tal forma que se produciría por el orden siguiente:

- Inversión del flujo.
- Descenso generalizado de niveles.
- Intrusión marina en los bloques de Cantarriján y del Cañuelo.

Los límites de explotación de este bloque son superiores a los del bloque B y A puesto que al invertir el flujo haría uso de las reservas de ellos.

Así los bloques con mayor riesgo de intrusión son los bloques B y A para los cuales una explotación futura que superara la actual en $i = 0,3 \text{ Hm}^3/\text{año}$ (para año medio y seco respectivamente), traería consigo el avance de la cuña marina y la salinización progresiva del acuífero.

CONCLUSIONES

Una vez realizados los anteriores apartados, se pueden resumir las siguientes conclusiones:

- 1) Los parámetros hidráulicos medios del acuífero son $500 \text{ m}^3/\text{día}$ de transmisividad y un coeficiente de almacenamiento del $i \%$. Existen zonas en las que la transmisividad se eleva a $1000 \text{ m}^3/\text{día}$.
- 2) La zona de acuífero estudiada está dividida en cuatro bloques.
- 3) Las entradas de agua del acuífero proceden de infiltración de barrancos y arroyos y por alimentación lateral del acuífero general de la Sierra de la Almijara.
- 4) Las salidas de agua del acuífero se producen principalmente por manantiales (Maro y la Miel), además de bombeos y salidas no visibles al mar.

- 5) Se han realizado una serie de balances para conocer la situación actual y futura, tanto del acuífero como de los distintos bloques que se estructuran en las siguientes Tablas VI VII y VIII de ellas se extraen las siguientes conclusiones:

-Situación Actual

- En año medio no existe ningún problema; sobra 1 Hm que sale al mar.
 - En año seco, el balance está prácticamente equilibrado; hay que evitar que los sondeos de explotación bajen el nivel dinámico debajo del nivel del mar.
- 6) A la vista de estos datos, sólo se puede producir mayor volumen de extracciones, del orden de 0,5 Hm/año, en los años de pluviometría media mayor de 430 mm/año; sobrarían 0,5 Hm³, que saldrían al mar y evitarían la intrusión marina. Este volumen se debería extraer, siempre y cuando los niveles dinámicos de la explotación no descendieran de debajo del nivel del mar.

BIBLIOGRAFIA

Castillo Pérez, E.I. et aliter (1981): "CARACTERISTICAS HIDRODINAMICAS DE MATERIALES CARBONATADOS ALPUJARRIDES EN EL SECTOR NERJA - LA HERRADURA (GRANADA)".

García García J.L., Ollero Robles E, Alcalá Martínez G.(1986): "ESTUDIO HIDROGEOLOGICO DEL ACUIFERO DE LAS ALBERQUILLAS".

IGME (1981): "MAPA GEOLOGICO DE ESPAÑA, E/1:50.000. hoja 1055 MOTRIL".

IGME (1983): "PROYECTO DE INVESTIGACION HIDROGEOLOGICA DE LAS CUENCAS DEL SUR DE ESPAÑA, (SECTOR OCCIDENTAL)" Informe técnico Nº 10.