

Funcionamiento hidrogeológico de la Sierra de Cañete (Málaga). Bases y propuestas para un estudio.

por JAVIER CRUZ-SANJULIÁN *

RESUMEN

Se describe en este trabajo el funcionamiento hidrogeológico de la Sierra de Cañete, a la luz de los datos geológicos del sector y de un primer inventario de puntos de agua. Los resultados obtenidos permiten proponer las directrices a seguir en los estudios posteriores encaminados a conseguir un mejor conocimiento del sistema y, en consecuencia, un mejor aprovechamiento de los recursos.

SUMMARY

The hydrogeological role of Sierra de Cañete is described, taking into account the geological data and a first inventory of springs. The obtained results lead us to propose the main lines for further research in order to get a better knowledge of the system. A better development of the ground-water resources may be expected.

1. INTRODUCCIÓN

Entre los varios sectores de interés hidrogeológico comprendidos en el área objeto de la Tesis Doctoral del autor (CRUZ-SANJULIÁN, 1974), el de Cañete la Real es uno de los que por más razones merecen una atención especial.

La geología de este sector es particularmente compleja y condiciona de modo importante el funcionamiento hidrogeológico del sistema estudiado en este trabajo.

Aparte la existencia de varias Unidades equiparables al "Complejo del Flysch del Campo de Gibraltar" (BLUMENTHAL, 1937; FALLOT, 1945; DIDON, DURAND-DELGA et KORNPORST, 1973) y de la Formación del Guadateba, que muestra características de un "Wild-Flysch", el rasgo geológico de mayor significación, desde el punto de vista hidrogeológico, es la aloctonía de la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete. Esta Unidad ha sido incluida por el autor (CRUZ-SANJULIÁN, 1974) en un nuevo Dominio: el Subbético Ultrainterno.

Efectivamente, los materiales de esta Unidad (1.000 m de dolomías del Triás sup ?-Lías inf ? y medio; 200 m de calizas del Lías medio y sup ?-Dogger ? y más de 100 m de margocalizas silíceas del Dogger) descansan tectónicamente sobre los materiales del Subbético Interno (figs. 1 y 2). Estos últimos están constituidos por una secuencia jurásica completamente caliza, cuya potencia, de acuerdo con las observaciones realizadas en sectores próximos, debe alcanzar los 500 m. Sobre las calizas jurásicas del Subbético Interno aparecen niveles de margocalizas y calizas margosas, de colores predominantemente blancos y rosados: las denominadas "capas rojas". Su potencia, en otros puntos de la región, es superior a 170 m. En estos niveles están representados términos —con la misma facies— desde el Cenomanense hasta el Eoceno. PEYRE (1974) asegura la presencia también del Oligoceno. Existe pues una laguna estratigráfica que comprende todo el Cretáceo inferior; no obstante, materiales de esta última edad han sido localizados en unos cuantos puntos no muy numerosos (CRUZ-SANJULIÁN, 1974).

Entre estas dos Unidades (Subbético Interno y Subbético Ultrainterno de la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete) aparece la Unidad de Paterna. Esta Unidad —alóctona sobre el Subbético Interno— es asimilable a algunas del "Complejo del Flysch del Campo de Gibraltar". En ella están representados materiales desde el Cretáceo hasta el Oligoceno superior-Aquitaniense; el predominio corresponde a niveles arcillosos, de edad paleógena, con intercalaciones diversas (calizas, areniscas, etc.), poco potentes. Es muy difícil precisar la potencia total de los materiales de esta Unidad, pero todo parece indicar que alcanza varios cientos de metros.

De este modo, la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete constituye el elemento tectónicamente más alto de este conjunto, hecha abstracción del Manto del Aljibe (Unidad Numídica) cuya existencia no interesa a los objetivos de este trabajo. Aunque en ciertos puntos (fig. 1) las dolomías basales de la Unidad de

* Departamento de Geotectónica; Facultad de Ciencias; Universidad de Granada.

Mojón Gordo-Sierra de Cañete se apoyen directamente sobre las calizas jurásicas o sobre las "capas rojas" del Subbético Interno infrayacente, lo más frecuente es que sea la Unidad de Paterna —arcillosa, impermeable— la que constituya la base sobre la que descansan las dolomías de la Sierra de Cañete.

Hay que hacer constar que existen varios afloramientos de areniscas calcáreas bioclásticas del Mioceno superior, discordantes sobre el conjunto estructurado descrito anteriormente (fig. 1). Por último, en el borde septentrional de la Sierra de Cañete, se abre una amplia depresión ocupada por materiales aluviales

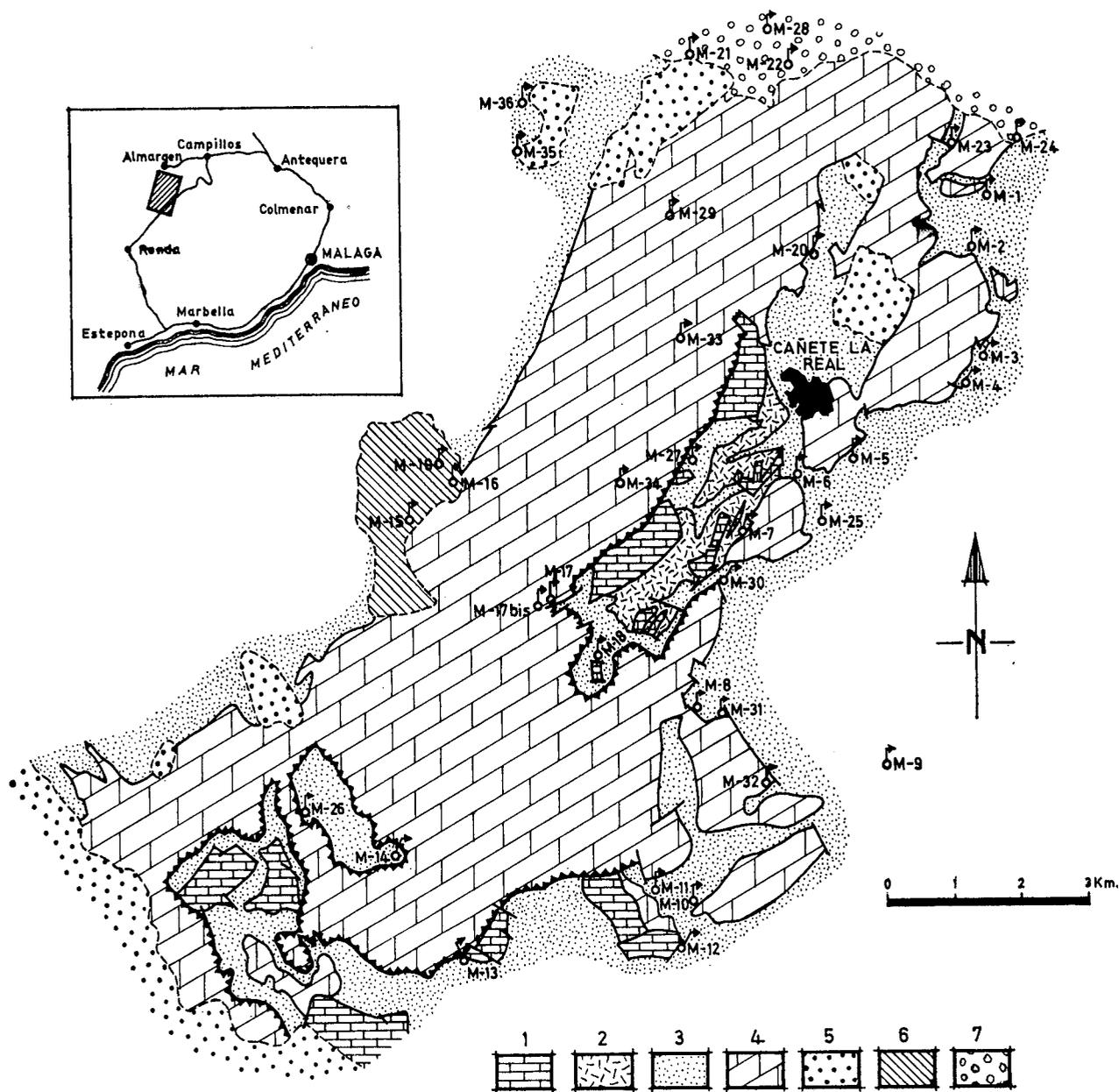


Fig.-1

Fig. 1. Mapa geológico muy simplificado y situación de los manantiales más importantes del sector de Cañete la Real (Málaga).
 a) Subbético Interno; 1: Calizas (Jurásico); 2: "Capas rojas" (Cretáceo superior y, en parte, Paleógeno).
 b) Unidad de Paterna; 3: Arcillas con intercalaciones diversas (Paleógeno, sobre todo). Se incluyen también con este signo pequeñas superficies correspondientes a afloramientos del Manto de Aijibe y de la Formación del Guadateba (véase texto).
 c) Subbético Ultrainterno (Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete); 4: Dolomías, calizas y margocalizas silíceas (Trias superior? a Dogger?).
 d) Materiales postorogénicos; 5: Areniscas calcáreas bioclásticas (Mioceno superior); 6: Travertino; 7: Materiales aluviales y pie de monte.

cuaternarios. Su potencia es desconocida, aunque es verosímil que alcance varias decenas de metros; en superficie predominan los materiales detríticos finos, excepto en las proximidades de los afloramientos dolomíticos, donde aparecen materiales de pie de monte.

2. CARACTERÍSTICAS HIDROGEOLÓGICAS

Este marco geológico, asimilable a un isleo tectónico complicado en el detalle, condiciona la existencia de un acuífero —calizas y, sobre todo, dolomías de la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete— “colgado” (*) sobre materiales impermeables. La figura 2

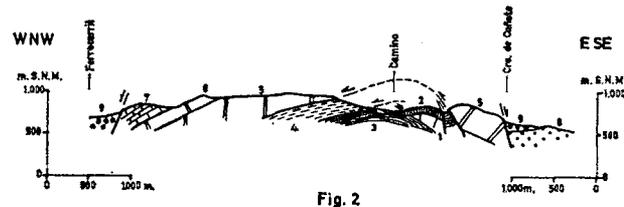


Fig. 2

FIG. 2. — Corte geológico en el sector de Cañete la Real.
 a) Subbético Interno; 1: Calizas (Jurásico inferior y medio); 2: Calizas nodulosas (Jurásico superior); 3: “Capas rojas” (Cretáceo superior y, en parte, Paleógeno).
 b) Unidad de Paterna; 4: Arcillas con intercalaciones diversas (paleógeno, sobre todo).
 c) Subbético Ultrainterno (Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete); 5: Dolomías (Trias superior?—Lías inferior); 6: Calizas (Lías medio y superior-Dogger?); 7: Margocalizas silíceas (Dogger?).
 d) Unidades Numídicas; 8: Areniscas del Manto del Aljibe (Oligoceno sup?—Mioceno inf?).
 e) Formación del Guadateba; 9: Arcillas con bloques de distinta naturaleza y tamaño (Burdigalense?).

muestra un corte geológico en el que se ilustra esta situación. En tal o cual punto puede, sin embargo, existir conexión hidráulica entre las dolomías de la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete y las calizas del Subbético Interno, como ya queda apuntado más arriba (fig. 1).

Como consecuencia de este dispositivo, los bordes de la Unidad están jalonados por numerosos manantiales en los que el agua es de buena calidad. Algunos de ellos, en el borde occidental (fig. 1), surgen en un afloramiento travertínico de grandes dimensiones, de los que existen varios en la región, aunque en los restantes casos no presentan en la actualidad ningún tipo de conexión con los materiales de la Unidad estudiada en este trabajo; sin embargo, el hecho de que todos aparecen a una cota muy similar indujo al autor (CRUZ-SANJULIÁN, 1974) a proponer una relación genética entre ellos. En otros casos las surgencias se localizan en materiales detríticos discordantes del Mioceno superior si bien, salvo algunas excepciones (M-35 y 36), la conexión con las dolomías infrayacentes es indiscutible.

* La complejidad tectónica —que no pretendo ahora detallar— hace que esta afirmación no sea estrictamente aplicable en todos los puntos de los bordes de la Unidad, en los que incluso puede esperarse que el acuífero esté localmente confinado (fig. 2).

También son frecuentes los manantiales en los contactos que delimitan la ventana tectónica en la que se asienta el pueblo de Cañete la Real. Finalmente, algunos otros manantiales surgen en el interior de los afloramientos dolomíticos. El caudal es en líneas generales menos importante en estos casos que en los manantiales que se encuentran en los bordes de la Unidad.

Se acompaña a continuación una relación resumida de los manantiales inventariados. La situación de los mismos está reflejada en la figura 1.

TABLA 1. — Manantiales inventariados

N.º	Nombre	Cota	N.º	Nombre	Cota
1	La Teja	580	19	Cjo. del Ojo	675
2	Nina Alta	615	20	Fte. Pilas Altas	805
3	Los Sagarb.	585	21	Majavea	520
4	Cjo. La Pileta	585	22	Majaborrego	515
5	Valparaíso	600	23	Fte. del Rey	590
6	Fuencaliente	670	24	Nina Baja	550
7	El Berrillo	680	25	Las Covatillas	585
8	Fuentepeones	680	26	Fte. La Gitana	805
9	Cjo. C. Real	580	27	Cjo. de Tejano	880
10	Viján	750	28	Nto. del Calvillo	510
11	La Pileta	790	29	Nto. Saucedilla	710
12	Fte. del Zorro	770	30	Nto. A. Lavadero	690
13	Cjo. Zajarillas	815	31	Nto. A. Navazo	715
14	Cjo. Borbollón	750	32	Nto. A. Parralejo	710
15	El Pleito	680	33	Fte. C. Pozo Lobo	850
16	Cjo. Grande	680	34	Nto. Cañ. Almell.	890
17	bis. F. Palma	735	35	Fte. de la Vía	625
18	Cjo. N. Chica	790	36	Nto. Cjo. Juan A.	580

No resulta extraño que, ante la abundancia de manantiales, los pozos sean prácticamente desconocidos en la región. Apenas un par de tales construcciones captan aguas poco profundas. Hay que tener en cuenta, en este sentido, que de la relación anterior —en la que se han despreciado algunos manantiales de pequeña cuantía, aunque suficientes para abastecer las necesidades de una familia, y otros intermitentes— tan sólo el conjunto de manantiales 1, 2, 5, 7, 8, 10, 15, 16, 19, 21 y 22 aportan un caudal que puede estimarse por término medio de 320 l/seg. El total de las surgencias debe superar holgadamente los 400 l/seg. A pesar de que con estos manantiales se abastece el consumo urbano no sólo de Cañete sino también de la mayor parte de las localidades de los alrededores (Almargen, Campillos, Teba, El Saucejo), puede asegurarse que las posibilidades hidrogeológicas del sector están lejos de una adecuada explotación. Aparte los abastecimientos aludidos, un reducido número de regadíos completan la relación de aprovechamientos.

Los caudales surgentes desaprovechados son cuantiosos. Un gran número de manantiales carece de cualquier explotación y, aún en las zonas en las que existen regadíos, como en el borde occidental, no están aprovechados en su totalidad.

Las pérdidas subterráneas no pueden estimarse a priori. Existen, probablemente, hacia el Arroyo de Corbones en el borde occidental y, quizá, hacia la Formación del Guadateba en sectores muy localizados del borde oriental. La cota de los manantiales parece indicar que la mayor parte de la circulación subterránea se realiza hacia los materiales aluviales cuaternarios del borde septentrional. Por el Sur, las salidas —escasas— deben realizarse hacia el Mioceno de Ronda. A esta relación habría que añadir la alimentación de acuíferos más profundos y, en particular, el representado por las calizas jurásicas del Subbético Interno parautoctono.

Por otra parte, puede asegurarse que existen aportes profundos termales. Tal hecho es manifiesto en el manantial M-6, aunque los datos no son muy representativos en virtud del abandono en que se encuentran las instalaciones del mismo. Los datos de la región (CRUZ-SANJULIÁN y GARCÍA-ROSSELL, 1975) evidencian la existencia de tales aportes en otros sectores próximos. El control sistemático de caudales, temperatura y composición química en todos los manantiales de Cañete aportará, sin duda, notables precisiones sobre este extremo ya que, como hemos puesto de manifiesto en otra ocasión (CRUZ-SANJULIÁN, GARCÍA-ROSSELL y GARRIDO-BLASCO, 1972), los aportes termales están poco o nada afectados por las variaciones estacionales, lo que implica que sus efectos sobre la Temperatura y quimismo de la mezcla sean más patentes en época de estiaje.

Dada la falta de otro tipo de información, poco más puede decirse por el momento. Los datos pluviométricos utilizados¹ no son suficientes para establecer conclusiones definitivas. La estación de Cañete la Real es de reciente creación lo que limita la validez de los valores medios. Puede asegurarse, a la vista de los datos citados, que las diferencias pluviométricas son acusadas de unos a otros puntos. Mientras en el borde septentrional de la Unidad la pluviometría media en el período 1946-47 a 1962-63 es del orden de 500 mm (Almargen, cota 500 m), este valor aumenta rápidamente con la altura. Así, en Cuevas del Becerro (735 m), en el borde Sur de la Sierra de Cañete, la pluviometría media para el mismo período es de casi 800 mm. Es de esperar que esta cifra sea superada en buena parte de la Sierra donde las cotas están comprendidas entre 800 y 1.000 metros. Supuesto un caudal medio de los manantiales del orden del indicado más arriba (400 l/seg) y una pluviometría media de 900 mm, el valor mínimo del coeficiente

de infiltración sería del 21 %. Esta cifra es tan sólo orientativa y está sujeta a notables márgenes de error por defecto. Efectivamente, al caudal de los manantiales inventariados (una vez realizado el oportuno control sistemático) habría que añadir las pérdidas subterráneas que parecen ser importantes, especialmente hacia los materiales aluviales cuaternarios del borde septentrional, de acuerdo con los datos disponibles actualmente. Por otra parte, el valor de la pluviometría, utilizado para obtener el citado coeficiente de infiltración, resulta, probablemente, algo elevado. La red de drenaje, poco desarrollada en los materiales dolomíticos, parece confirmar esta suposición de que el valor del coeficiente de infiltración debe ser mayor que el que aquí se propone provisionalmente. CASTANY (1972) encuentra, en casos en parte equiparables, coeficientes del orden del 40 al 50 % y aún superiores. Por el contrario, hay que tener en cuenta que buena parte de la elevada precipitación en este sector se realiza en forma de tormentas y que, además, la pendiente topográfica en los bordes de la Unidad es, en algunos sectores, bastante acusada. Conviene advertir que la carstificación, al menos en superficie, está poco desarrollada.

3. PLANIFICACIÓN DEL ESTUDIO

Son numerosas las razones que confieren un gran interés al estudio hidrogeológico de este sector. Desde las de orden práctico, que contemplan la posibilidad de una adecuada explotación de los recursos disponibles, hasta las basadas en el acopio de datos que podrían obtenerse de este estudio. Y estos datos, como veremos a continuación, no sólo supondrían un mejor conocimiento de este sistema acuífero sino que, dadas las múltiples peculiaridades que éste presenta, podrían ser aplicadas a otros sectores que resultan más difíciles de analizar. No hay que olvidar tampoco que algunos de estos datos podrían completar, cuando menos, las observaciones geológicas de superficie en un sector como éste, cuya interpretación resulta especialmente intrincada.

El primer paso para intentar cuantificar las reservas habría de ser, obviamente, la delimitación geométrica del sustrato. La prospección geofísica realizada al efecto podría ser muy útil, al mismo tiempo, para otros fines. Así, por ejemplo, sería de sumo interés conocer por este medio las características de los materiales aluviales del borde septentrional que pueden ser importantes en la planificación hidrogeológica del sector. Es probable, por otra parte, que esta investigación suministrase también nuevos datos sobre las relaciones entre la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete y el Manto de Antequera-Osuna, relaciones que no es posible precisar, sólo con los datos de superficie (CRUZ-SANJULIÁN, 1974).

1. Facilitados amablemente por los Sres. M. Vizcaino y M. Conde, a quienes agradezco su colaboración.

La investigación de los parámetros hidráulicos del sistema acuífero requiere la utilización de perforaciones, siquiera de reconocimiento. Los sectores más idóneos para las instalaciones correspondientes serían los bordes septentrional y occidental. Esta investigación no debe limitarse a los materiales carbonatados de la Unidad de Mojón Gordo-Sierra de Cañete, sino que debe atender también a los repetidamente citados materiales aluviales del borde septentrional. En caso de cumplirse los supuestos planteados en esta nota, podría ser aconsejable una regulación de las surgencias a base de bombeos. Si éstos se realizaran en los materiales aluviales, las ventajas —económicas, por ejemplo— no precisan ser ponderadas.

Para la cuantificación de los recursos es necesario establecer un balance detallado.

El adecuado tratamiento de los datos de las estaciones pluviométricas de la región —cuya presentación escapa a los objetivos de este trabajo— permite, aún con ciertas limitaciones, extraer conclusiones de detalle con la garantía suficiente. Las dos estaciones pluviométricas ya citadas (Almargen y Cuevas del Becerro), situadas en los límites Norte y Sur de la Unidad, presentan una continuidad de datos aceptable. Los primeros datos de la estación pluviométrica de Cañete son del año 1965. Por otra parte, la situación de esta estación en la ventana tectónica, deprimida topográficamente entre los afloramientos dolomíticos, debe limitar la representatividad de sus datos. La orientación NNE-SSW del relieve topográfico de la Sierra haría muy útil la existencia de estaciones pluviométricas próximas a los bordes occidental y oriental de la Sierra, especialmente en el primero.

Ninguna de las tres estaciones citadas aporta datos termométricos. Es de esperar que la evapotranspiración a partir de los materiales dolomíticos no sea de gran importancia para el establecimiento del balance lo que hace que la falta de datos termométricos de la estación de Cañete la Real —la más idónea en función de su situación para dicho cálculo— no constituya un obstáculo insalvable. Sería, por el contrario, enormemente interesante la instalación de una estación de este tipo en Almargen, para poder establecer adecuadamente el valor de la Evapotranspiración en los materiales aluviales cuaternarios que afloran en los alrededores de esta última localidad.

El control de las salidas reviste también especial interés. La Sierra de Cañete constituye precisamente la divisoria entre la Cuenca del Guadalquivir y la Cuenca del Sur. A la primera vierten las aguas de la parte occidental a través del Río Corbones. La Cuenca del Sur está representada por el Río Guadateba al que vierten numerosos arroyos de la parte meridional y oriental de la Sierra, mientras la escorrentía de la parte septentrional es recogida por un afluente del Río Guadateba: el Río de la Venta. Es descartable, en suma, la alimentación del acuífero a partir de

aguas de superficie que no correspondan a la pluviometría sobre la propia Unidad. Este hecho permite que los coeficientes de infiltración y escorrentía de superficie que puedan obtenerse en Cañete sean no sólo utilizables en el balance hidrológico de esta región, sino que puedan también servir de índice para otras, de características similares, en las que las circunstancias locales hagan más difícil la separación de los elementos hidrológicos del balance.

Este objetivo podrá alcanzarse mediante un control sistemático del caudal de los manantiales más representativos, que ya han sido citados. Cabe añadir que el aforo sistemático del Arroyo de la Saucedilla, aún con una instalación simple, aportaría datos valiosos para conocer la escorrentía de superficie en los materiales dolomíticos. La cuenca de recepción de este Arroyo, situada en la parte septentrional de la Sierra, con una superficie aproximada de 9 km², corresponde en su totalidad a afloramientos de tales materiales.

Finalmente hay que aludir al capítulo de las salidas subterráneas. En este sentido los datos actuales no son definitivos, pero parece muy probable, tal como ya he comentado, que la circulación subterránea se realice en su mayor parte hacia el Norte, de modo que pueda alimentar lateralmente los materiales aluviales cuaternarios.

Esta posibilidad podría ser evidenciada por el estudio propuesto en estas páginas. Y, aparte el interés teórico que presenta este estudio desde diversos puntos de vista, no es, ni mucho menos, descartable que pudiera al mismo tiempo aportar las bases para una explotación racional de los recursos de este sector. Esta supuesta explotación progresiva facilitaría, sin duda, los nuevos datos necesarios para conocer adecuadamente la respuesta del sistema.

4. AGRADECIMIENTOS

Agradezco a M. DEL VALLE la crítica realizada del original, crítica que ha estado enriquecida con su valiosa aportación personal.

BIBLIOGRAFÍA

- BLUMENTHAL, M. (1937). — "Sur l'interprétation tectonique du "double pli" gaditan". *Bull. Soc. Géol. France* (5), V, pp. 9-25.
- CASTANY, G. (1972). — "Importance des facteurs géologiques et géomorphologiques dans les interactions eaux de surface-eaux souterraines et l'évaluation des ressources en eaux". *Internat. Geol. Cong., Montreal*, sect. II, pp. 121-129.
- CENTRO DE ESTUDIOS HIDROGRÁFICOS. — "Inventario de recursos hidráulicos: Sur de España. *Serv. Ed. Centro de Estudios Hidrográf.*, Dirección General de Obras Hidráulicas, Ministerio de Obras Públicas.

- CRUZ-SANJULIÁN, J. (1974). — "Estudio geológico del sector Cañete la Real-Teba-Osuna (Cordillera bética, región occidental)." *Tesis Doctorales de la Univ. de Granada*, n.º 71, Serv. Pub. Univ. Granada, XII + 431 pp., 37 fig., 2 tab., 1 lám. y 1 plano f. t.
- CRUZ-SANJULIÁN, J., y GARCÍA-ROSSELL, L. (1975). — "El termalismo en España meridional". *Bol. Geol. Min.*, t. LXXXVI-II, pp. 179-186, 1 plano, 4 tab.
- CRUZ-SANJULIÁN, J.; GARCÍA-ROSSELL, L., y GARRIDO-BLASCO, J. (1972). — "Aguas termales de la provincia de Granada". *Bol. Geol. Min.*, t. LXXXIII-III, pp. 266-275, 5 fig., 1 tab., 1 plano.
- DIDON, J.; DURAND-DELGA, M., y KORNPROBST, J. (1973). — "Homologies géologiques entre les deux rives du détroit de Gibraltar". *Bull. Soc. Géol. France* (7), XV, n.º 2, pp. 77-105, 11 figs., 1 tab.
- FALLOT, P. (1945). — "Le problème de Gibraltar". *C.R. Ac. Sc. Paris*, t. 220, pp. 563-565.
- HOPPE, P. (1973). — "Das tektonische Fenster von Cañete la Real (Südspanien)". *Geol. Jb.*, 2, pp. 3-37, 9 figs., 3 tab.
- PEYRE, Y. (1974). — "Géologie d'Antequera et de sa région (Cordillères bétiques, Espagne)". *Thèse, Univ. Paris*, 528 pp., V + 77 figs., 5 tab., 2 lám. f. t.

Recibido para su publicación, julio 1975.