

HIDROGEOLOGÍA DEL ENTORNO ALMERIENSE

ANTONIO PULIDO BOSCH

Profesor de Hidrogeología, Universidad de Almería

RESUMEN

La provincia de Almería se caracteriza por presentar precipitaciones muy escasas y notable variación espacial y temporal de las cantidades recogidas. En consecuencia, los ríos tienen un régimen muy irregular con prolongadas sequías y algunas crecidas que pueden ser destructivas. La complejidad geológica es también alta, lo que se traduce en la existencia de numerosas unidades de geometría complicada y desigualmente conocida. Los materiales acuíferos cubren una gran gama que pasa por las rocas cristalinas de los núcleos de Sierra Nevada, Sierra de los Filabres y Sierra Alhamilla, de escasa potencialidad; materiales detríticos sueltos y cementados de edades diferentes (Mioceno hasta Cuaternario), de mayor potencialidad; y calizas y dolomías, fracturadas y karstificadas, que son las que permiten la captación de los caudales más elevados. Los yesos, aunque ocupan escasa superficie, tienen un notable interés local, destacando los de la depresión de Sorbas. El sistema hidrogeológico más extenso está integrado por la Sierra de Gádor - Campo de Dalías; además, existen muchas otras unidades de superficie mucho menor y problemática diversa. Los mayores problemas hidrogeológicos derivan de la escasez del recurso, insuficiente como para abastecer con garantía la demanda. Localmente existen problemas de calidad, tanto debido a procesos de intrusión marina como a la movilización de determinados iones (concretamente Boro, en el caso del Bajo Andarax)

INTRODUCCIÓN

La provincia de Almería es, posiblemente, la de menor pluviosidad de toda la península, aunque existen notables diferencias de unos lugares a otros. En general, la precipitación aumenta con la altitud y suele disminuir hacia el Este (MARTÍN ROSALES et al., 1996 a y b; MARTÍN ROSALES, 1997). Esta escasez de precipitaciones se acompaña también de una gran variabilidad espacial y temporal (MMA, 1999) que aparentemente estaría aumentando en los últimos años (MARTÍN ROSALES, op. cit.). Debido en gran medida a ello, en la provincia prácticamente no hay ríos de corriente continua en todo su recorrido; hay que decir que, en régimen natural, los períodos con escorrentía serían mucho mayores, pues las numerosas derivaciones

existentes reducen considerablemente el tiempo y los tramos con flujo. La variabilidad espacial y temporal de las precipitaciones tiene igualmente una notable influencia en el régimen de los ríos, que pueden transportar caudales -líquidos y sólidos- extremadamente destructivos, como fue el caso de las inundaciones de Octubre 1973 que hicieron que el río Almanzora superara los 5.500 m³/s en la estación de Santa Bárbara (VALLEJOS, 1991), o que los ríos Adra, Andarax y Almanzora tengan aportaciones mínimas de 28, 32 y 12 hm³/año y máximas de 172, 121 y 255 hm³/año, respectivamente (CHSE, 1983).

Todo ello plantea una serie de problemas graves al momento de planificar la regulación de estos ríos, especialmente en lo que se refiere a la garantía de abastecimiento de la demanda. Otra incertidumbre sería el dimensionamiento de las obras, que corren el riesgo de verse semivacías muchos años, mientras que otros tienen que desembalsar los excedentes. Se puede ver aún más lejos y enlazar con las influencias sobre el régimen de los ríos y, de una forma general, sobre el equilibrio del medio de las acciones humanas durante los últimos siglos. En efecto, la deforestación masiva, los incendios forestales, el uso de la madera en las actividades mineras, la agricultura marginal, el sobrepastoreo (SIMÓN, 1990) han favorecido la desertización de amplias áreas, acelerado los procesos erosivos, modificado el régimen de los ríos, afectado a la morfología litoral (JABALOY, 1984), etc.

COMPORTAMIENTO HIDROLÓGICO DE LOS MATERIALES AFLORANTES

Los materiales metapelíticos, esencialmente pertenecientes al complejo Nevado-Filábride, visibles en las sierras de los Filabres, Nevada y Alhambra se pueden considerar, desde el punto de vista hidrogeológico, como rocas fisuradas, "rocas cristalinas" o "hard rocks" de la literatura francófona y anglosajona (IAH, 1993; GUSTAFSON y KRASNY, 1994; YÉLAMOS y VILLARROYA, 1997) que deben su capacidad de almacenamiento y transmisión del agua a las discontinuidades (esquistosidad, fisuras, fracturas de muy diversa escala...) y a la existencia de una franja superficial alterada y o descomprimida. Localmente incluyen tramos carbonatados de entre los que destacan los mármoles de Macael, mundialmente conocidos como roca ornamental; en este caso se trata de un acuífero de tipo kárstico.

La potencialidad hídrica de estos materiales metamórficos es reducida, con caudales en general inferiores a 10 l/s, lo cual no impide que algunos sondeos sean capaces de arrojar caudales dos o tres veces mayores (ALCALDE y PULIDO BOSCH, 1991). En el caso concreto que nos ocupa, existen manantiales ferruginosos y/o carbogaseosos en relación con estos materiales (BENAVENTE y CASTILLO, 1989) junto con anomalías térmicas positivas, aunque no muy acusadas (TAPIA, 1980; SÁNCHEZ MARTOS, 1997).

En cuanto a los materiales del complejo alpujárride, el tramo basal metapelítico y cuarcítico puede considerarse de comportamiento acuicludo y/o acuitardo; este último caso correspondería con los sectores de escaso espesor y/o abundancia de tramos cuarcíticos intercalados. La compleja estructura, unido a los cambios de facies relativamente frecuentes que pueden existir, llegan a favorecer notablemente la compartimentación entre las unidades.

Los materiales acuíferos por excelencia en la provincia de Almería son los carbonatos alpujárrides, al menos en la mitad meridional. En dicho sector alcanzan gran desarrollo y son

asiento de numerosos pozos altamente productivos. Los tramos pelíticos y/o metapelíticos intercalados pueden complicar considerablemente la continuidad vertical y/o lateral en la serie carbonática.

Los materiales carbonáticos asignados a la Zona Subbética y a la zona intermedia subbético-bética, debido a su notable tectonización y los procesos de karstificación, presentan comportamiento acuífero (MORENO et al., 1983; CASTILLO et al., 1989; MARÍN et al., 1996); los sondeos perforados en ellos pueden también ser muy productivos, aunque son menos numerosos que en el caso alpujárride.

Las rocas carbonatadas miocenas frecuentemente se encuentran en continuidad con los materiales carbonáticos alpujárrides, por lo que forman una misma unidad hidrogeológica. Los conglomerados de rocas volcánicas tienen, en general, valores bajos de permeabilidad que se traduce en la aportación de caudales escasos (OLLERO y GARCÍA, 1981) e incluso en la formación de barreras hidráulicas de importancia real aún escasamente conocida (DOMÍNGUEZ y CUSTODIO, 1993 y 1994; MOLINA, 1997). Las rocas volcánicas del Cabo de Gata son escasamente conocidas desde el punto de vista hidrogeológico, aunque cabe pensar que su potencialidad es pobre.

La serie margosa miocena y/o pliocena suprayacente, de espesor muy variable según los sectores, juega el papel de formación prácticamente impermeable, aunque puede albergar intercalaciones de tramos de otras litologías de comportamiento diferente. Tal es el caso de los yesos messinienses (PULIDO BOSCH, 1986; SÁNCHEZ MARTOS, 1997) que llegan a constituir ejemplos únicos de karst en yesos a nivel global (CALAFORRA, 1996). La existencia de esas intercalaciones evaporíticas puede jugar un importante papel en la adquisición de sales por parte de las aguas subterráneas (SÁNCHEZ MARTOS, op. cit.; SÁNCHEZ MARTOS et al., 1999; MOLINA, op. cit.).

Los materiales pliocenos tienen comportamiento acuífero aunque con potencialidad acuífera media a baja en general, a lo que se le une el hecho de contener a veces aguas de contenido salino elevado, posiblemente debido a un deficiente lavado de los materiales unido a la existencia de fracturas recientes (FOURNIGUET, 1977; NAVARRETE, 1992) que impiden el adecuado lavado de algunos bloques hundidos.

Los materiales cuaternarios adquieren especial desarrollo en áreas bien localizadas; posiblemente los afloramientos más espectaculares correspondan con los grandes abanicos aluviales del borde meridional de la Sierra de Gádor; además, los depósitos cuaternarios pueden alcanzar un cierto desarrollo en relación con los ríos mayores actuales (Adra, Andarax y Almanzora), donde se llegan a acumular en los deltas (SÁNCHEZ MARTOS, 1997), a lo largo de su lecho (Andarax; SÁNCHEZ MARTOS, op. cit.; Almanzora; VALLEJOS et al., 1994; MARTÍN VALLEJO, 1997) o en las denominadas "cubetas", aunque en este último caso probablemente engloben materiales más antiguos en la unidad hidrogeológica que definen (Saltador: CASTILLO et al., 1992; RUIZ TAGLE et al., 1989; Overa: VALLEJOS, 1991; Pulpi: CERÓN, 1992).

PRINCIPALES UNIDADES HIDROGEOLÓGICAS

La Sierra de Gádor constituye el mayor complejo hidrogeológico de la provincia de Almería. Le seguirían en extensión los acuíferos del Campo de Níjar, las Sierras de María y del Maimón, con su prolongación fuera de la provincia, los acuíferos dispersos de la cuenca del Almanzora, los deltas del Adra y del Andarax.

La Sierra de Gádor ha sido generalmente descrita, desde el punto de vista hidrogeológico, de muy diversas maneras aunque raramente como una entidad única (GARCÍA LÓPEZ, 1997). Ello obedece a razones intrínsecas y a otras más anodinas; en efecto, dentro de las primeras se tendría la gran complejidad hidrogeológica del macizo que presenta aparentes saltos piezométricos laterales y verticales bruscos, acompañados a veces de variaciones hidrogeoquímicas. Las otras razones pueden ser “históricas” o “tradicionales”, y en relación con la explotación. En efecto, la mayoría de las veces se ha descrito el Campo de Dalías como un sistema y/o acuífero, debido al hecho de que en dicho lugar se lleva a cabo una explotación muy intensa. Parte de la Sierra de Gádor ha sido integrada en el Bajo y Medio Andarax debido también, en gran medida, a ser otro área de aplicación del agua bombeada.

La Sierra de Gádor como gran sistema acuífero

La Sierra de Gádor, desde el punto de vista hidrogeológico, debería de ser considerada como una sola unidad de actuación, aún a sabiendas de su complejidad. En efecto, el área de alimentación de todas las “unidades” en las que los diferentes estudios han dividido este macizo es la citada sierra, siendo las “unidades” prolongaciones del mismo y áreas de explotación; desde este último punto de vista sí que se puede seguir manteniendo la terminología clásica, pero las actuaciones regeneradoras deberían de ser tomadas a la escala del macizo.

Con cerca de 700 km de superficie, la Sierra de Gádor está integrada esencialmente por materiales alpujárrides triásicos englobados en las unidades de Gádor y Felix. La primera de ellas tiene un desarrollo mucho mayor de la serie carbonatada que la segunda, aunque son frecuentes las intercalaciones lutíticas. La base metapelítica aflora, al parecer, únicamente en la denominada escama de Balsa Nueva (THAUVIN, 1986), aunque debe constituir el sustrato impermeable y posiblemente barrera entre parte de los bordes meridional y septentrional. En relación con esto último, conviene recordar que la sierra de Gádor supera los 2000 m de altitud, motivo por el cual cabe pensar que debe de existir una parte central ocupada por las metapelitas, a una cota tal que los materiales suprayacentes se encuentren sin saturar.

Ambas cosas -sustrato a cotas elevadas, y existencia de tramos impermeables y/o semipermeables podrían explicar la aparente desconexión que existe entre diversos sectores del acuífero; el porqué existen manantiales de caudales elevados (GARCÍA LÓPEZ, op. cit.) junto a otros bloques donde el nivel piezométrico puede situarse varias decenas de metros más bajo. Si tenemos en cuenta que además los materiales del manto de Felix tienen más de un tramo metapelítico, se tienen sectores en los que puede haber en una vertical un auténtico multicapa que la explotación intensiva de los últimos 30 años (IGME, 1977 y 1987; DOMÍNGUEZ, et al. 1996) ha llegado a “individualizar” prácticamente.

Si la complejidad hidrogeológica es grande a nivel del sector aflorante, ésta aumenta en aquellas áreas bajo recubrimiento de materiales mio-pliocuaternarios (Campo de Dalías y Bajo Andarax, por ejemplo) ante la dificultad añadida de la falta de información contrastada.

Lo que sí parece claro es que este sistema se encuentra sobreexplotado en su borde meridional -se está ya lejos de la justificación del nombre de la localidad de Aguadulce, lugar de la descarga mayoritaria del sistema en régimen natural-, y que ya hace tiempo que manifestó evidencias locales de salinización de origen marino (THAUVIN, 1981; VALLEJOS et al., 1997), aunque no se descartan otros posibles orígenes para parte del contenido salino (MOLINA, 1997). El extremo occidental del macizo también motivó evidencias de sobreexplotación hace ya muchos años, como consecuencia de los bombeos que se hacían para el abastecimiento a la ciudad de Almería.

La ventana de Turón

Aunque la ventana de Turón se encuentra prácticamente toda ella dentro de la provincia de Granada, su estrecha relación con el río Adra, tan estrechamente ligado a la provincia de Almería, me hace incluirla aquí. La singularidad de este acuífero estriba en la estrecha relación que guarda con el embalse de Benínar, cuyas fugas lo alimentan en gran medida, aunque no únicamente. Los manantiales de Marbella, con anomalía geotérmica positiva y contenido salino relativamente elevado con respecto a lo que eran las aguas de los materiales equivalentes en la Sierra de Gádor, constituyen el sector de descarga; éste es susceptible de regulación merced a los sondeos mecánicos allí realizados (CARRASCO et al., 1981; GARCÍA LÓPEZ et al., 1991).

Los materiales acuíferos en esta unidad son los carbonatos triásicos del manto de Gádor; se desconoce con certeza si tiene continuidad hidráulica lateral tanto hacia el Oeste (Sierra de Lújar) como hacia el Este (Sierra de Gádor). La potencialidad de esta unidad es muy grande y constituye una pieza clave dentro de un esquema racional de explotación de los recursos de la cuenca del río Adra, cuyo régimen se ha visto sensiblemente modificado desde la entrada en funcionamiento de la presa de Benínar (GARCÍA LÓPEZ et al., 1991).

El Bajo Andarax

Me refiero únicamente al denominado “acuífero detrítico” (PULIDO BOSCH et al., 1992; SÁNCHEZ MARTOS, 1997), ya que los materiales carbonáticos de Gádor ya han sido comentados. La peculiaridad de este acuífero reside en su estrecha conexión con el río Andarax, que constituye su principal fuente de alimentación. Su afluente, la rambla de Tabernas, tiene una notable influencia sobre las características físicas y químicas de sus aguas, a partir de su punto de confluencia. En este acuífero ya fueron descritos procesos de intrusión marina hace muchos años (ORELLANA, 1972), aunque también existen aguas salobres con otro origen (SÁNCHEZ MARTOS, op. cit.) en las cercanías del aeropuerto y a cotas por encima del nivel del mar.

El Campo de Níjar

Este sector presenta una complicada problemática hidrogeológica derivada de la escasez del recurso y de su calidad, que lo ha hecho objeto de atención por parte de los medios de comunicación durante los últimos meses. El denominado acuífero del Campo de Níjar ocupa una superficie cercana a los 160 km² (CARRASCO, 1988) distribuida en cuatro sectores, de los cuales el central es el de mayor desarrollo. Los materiales acuíferos son detríticos pliocenos, calcarenitas, y calizas arrecifales mio-pliocenas; el conjunto puede contactar lateralmente con materiales acuíferos cuaternarios. El sustrato lo constituyen los materiales metapelíticos alpujárrides y las margas miocenas. La estructura del área es relativamente sencilla; se trata de un suave sinclinal que afecta a los materiales miocenos y pliocenos.

Durante los últimos años se ha producido un ligero aumento de la demanda, como consecuencia del aumento de la superficie cultivada y del aumento de la población. Desde el inicio de los años ochenta se detectaron indicios de sobreexplotación local, aunque debido a la existencia de bloques situados a cotas diversas los descensos fueron muy variables de unos sectores a otros, habiendo incluso subidas significativas del nivel piezométrico en algunos de ellos (CARRASCO, op. cit.). Se le han estimado unos recursos cercanos a 15 hm³, a todas luces insuficientes para abastecer toda la demanda potencial del área.

Existen además toda una serie de pequeños acuíferos en este sector, tales como el de la rambla de la Palmerosa, Hornillo-Fernán Pérez, El Alquíán-Cabo de Gata, por citar los más relevantes. Todos ellos tienen recursos muy limitados debido a su escasa extensión y a lo reducido de la recarga como consecuencia de la escasez de lluvias del sector.

Los acuíferos dispersos de la cuenca del Almanzora

Dentro de la cuenca del Almanzora existen numerosas pequeñas unidades acuíferas muy compartimentadas (Sierra de la Estancias -sectores septentrional y meridional-, Alcóntar-Bacares, Lújar-Macael), integradas por materiales marmóreos -Macael-, nevadofilábrides y carbonáticos triásicos alpujárrides, y las pequeñas "cubetas" de Overa, Saltador y Pulpi. Estas unidades se caracterizan por su pequeña extensión, la sobreexplotación de sus recursos en varias de ellas, y la existencia de una anomalía térmica positiva visible en una veintena de puntos acuíferos (CASTILLO et al., 1986; IGME, 1987; VALLEJOS, 1991; CERÓN y PULIDO BOSCH, 1996).

La fracturación y los cambios de facies han favorecido la existencia de numerosos compartimentos, resaltados por la existencia local de bombeos intensivos que pusieron de manifiesto la existencia de barreras hidráulicas que permanecían ocultas. Las tradicionales galerías captantes que jalonaban los aluviales del río Almanzora y sus afluentes perdieron mucha utilidad cuando los bombeos en pozos y sondeos hicieron bajar los niveles, al menos estacionalmente.

Las Sierras del Maimón y María

Esta unidad acuífera adquiere un notable desarrollo, teniendo en cuenta que se continua hacia la provincia de Granada. Su condición de Parque Natural constituye una cierta garantía

en lo que respecta a la protección de sus recursos hídricos. Las surgencias principales se sitúan en la extremidad oriental, aunque existen algunas en el borde septentrional. En gran medida permanece su funcionamiento en régimen natural, ya que los bombeos se restringen a algunos abastecimientos. Sus aguas son de buena calidad.

PROBLEMÁTICA GENERAL

Los problemas relacionados con el agua subterránea en Almería se refieren a la cantidad y a la calidad. Dentro de los primeros se tiene la escasez como principal, que hace que las áreas más desarrolladas económicamente lo sean sin que la explotación del agua subterránea se haga dentro de los límites de lo que se denomina “desarrollo sostenible”, es decir, mediante una “explotación minera” más o menos amortiguada. El Campo de Dalías constituye el mejor y más importante ejemplo de ello.

La alimentación de los acuíferos está, obviamente, relacionada con la cantidad de precipitación y su distribución temporal; quiere ello decir que al ser la precipitación muy variable en el tiempo y en el espacio, la alimentación también lo es. Cuando los sistemas o unidades acuíferas tienen pequeña dimensión, su poder regulador también es escaso, de forma que los años húmedos pueden ser excedentarios y los secos muy deficitarios.

Los problemas de calidad están muy relacionados con los de cantidad, aunque el sustrato litológico puede jugar un papel decisivo en muchos casos; tal sucede con la existencia de evaporitas en el mismo. La relación más estrecha calidad-explotación se tiene en los acuíferos costeros susceptibles de verse afectados por procesos de intrusión marina. La movilización de aguas “fósiles” constituye también un problema localmente importante. Tal es el caso de las aguas de la unidad de Balerna-Las Marinas (PULIDO BOSCH et al., 1989 y 1990) y proximidades del delta del Andarax, en el ejemplo anteriormente citado.

Los problemas de calidad y cantidad están también asociados con las aguas superficiales; en efecto, las aguas de escorrentía pueden -en algún caso- contener elevadas concentraciones salinas (rambla de Tabernas, por ejemplo; PULIDO BOSCH et al., 1992). Asimismo, durante las lluvias intensas (MARTÍN ROSALES et al., 1995) la escorrentía superficial podría recargar más los acuíferos si se realizaran algunas infraestructuras, aprovechando mejor el potencial regulador de los acuíferos (MARTÍN ROSALES, 1997).

La fuente potencial no puntual por excelencia corresponde a las actividades agrícolas que pueden aportar nitratos (JIMÉNEZ et al., 1996), sales y pesticidas, entre otros. Los residuos sólidos y líquidos urbanos constituyen otras tantas fuentes potenciales de contaminación.

AGRADECIMIENTOS

El presente texto se ha beneficiado de las investigaciones llevadas a cabo en el marco del Proyecto HID-0689 de la CICYT.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

ALCALDE, F.; PULIDO BOSCH, A. (1991). «Caracterización hidrogeológica de las metapelitas alpujárrides de la Costa del Sol Granadina». *III Simp. Agua en Andalucía*, I: 279-287. Córdoba.

BENAVENTE, J.; CASTILLO, A. (1989). «Estudio hidrogeoquímico de la cuenca del río Adra». *Est. Geol.* 45: 81-90.

CALAFORRA, J.M. (1996). *Contribución al conocimiento de la karstología de yesos*. Tesis Doct. Univ. Granada.

CARRASCO, A. (1988). «Hidrogeología del Campo de Níjar y acuíferos “marginales”». *TIAC'88*, II: 1-36. IGME.

CARRASCO, A. et al. (1981). «Características hidrogeológicas del acuífero calizodolomítico de la unidad Gádor-Lújar en el sector de Berja-Benínar (Almería) y su relación con las fuentes de Marbella». *I SIAGA*, I: 249-268.

CASTILLO, A.; VALLEJOS, A.; PULIDO BOSCH, A.; MOLINA, A. (1992). «Sobre la hidrogeología de la cubeta de La Ballabona (Almería)». *III Congr. Geol. España y VIII Congr. Latino-americano de Geología*, 2: 266-270. Salamanca.

CASTILLO, E. et al. 1986. «Características hidrogeológicas del sistema acuífero sierra de las Estancias. Estimación de sus recursos y reservas». *I SIAGA*, 2: 615-626.

CASTILLO, E. et al. (1989). «Sobreexplotación de acuíferos en la cuenca del Almanzora, Almería». *Temas Geol-Min.*, 10: 35-41.

CERÓN, J.C. (1992). *Estudio hidrogeoquímico de la Cubeta de Pulpi (Almería y Murcia)*. Tesis Lic. Univ. Granada. 168 p.

CERÓN, J.C.; PULIDO BOSCH, A. (1996). «Algunas consideraciones sobre aguas termominerales con CO₂ en los Guiraos (Sudeste de España)». *Geogaceta*, 19: 127-129.

CHSE. 1983. *Estudios básicos para la redacción del Plan Hidrológico de la Cuenca Hidrográfica del Sur de España. 1ª fase*. 15 vol. (inédito).

DOMÍNGUEZ, P.; CUSTODIO, E. (1993). «Seawater intrusion in the Lower Northeastern acuífer of the Campo de Dalías (Almería, Southeastern Spain): Preliminary study of monitoring data». *12 SWIM*; p. 631-659. CIMNE. Barcelona.

DOMÍNGUEZ, P.; CUSTODIO, E. (1994). «Aplicación de técnicas de isótopos ambientales estables del agua como apoyo al estudio de los acuíferos del sector noreste del Campo de Dalías (Almería) afectados por intrusión marina». *Anál. Evol. Cont. Aguas Subt.* I: 73-90. Alcalá de Henares.

DOMÍNGUEZ, P. et al. (1996). «Síntesis de los cambios en la distribución de flujos subterráneos en los acuíferos del sector noreste del Campo de Dalías». *IV SIAGA*, I: 239-249.

FOURNIGUET, J. (1977). «Sur le quaternaire marin et la néotectonique du Campo de Dalías (Andalousie, Espagne)». *Acta Geol. Hisp.*, 12: 90-97

GARCÍA LÓPEZ, S. (1997). *Los acuíferos carbonatados alpujárrides al SE de Sierra Nevada*. Tesis Doct. Univ. Granada

GARCÍA LÓPEZ, S. et al. (1991). «Contribución al conocimiento de la hidrogeología de los materiales carbonatados alpujárrides drenados por las fuentes de Marbella (provincias de Almería y Granada) a partir de un ensayo de bombeo». *III SIAGA*, I: 379-390.

- GARCÍA LÓPEZ, S. et al. (1991). «Algunas consecuencias hidrogeológicas de la regulación del río Adra (Granada, Almería)». *III SIAGA*, I: 391-400
- GUSTAFSON, G.; KRASNY, J. (1994). «Crystalline rock aquifers: their occurrence, use and importance». *Applied Hydrogeology*, 1: 34-43.
- IGME. (1977). *Estudio hidrogeológico de la Cuenca Sur (Almería). Memoria-resumen*. 154 p. Serv. Publ. Min. Ind. Madrid.
- IGME. (1987). *Síntesis hidrogeológica de la provincia de Almería*. Informe inédito.
- IAH. 1993. *Hydrogeology of hard rocks*. Memories of the XXIVth Congress, 1205 p. Oslo.
- JABALOY, A. (1984). «Evolución de la desembocadura del río Adra (Almería)». *I Congreso Nacional de Geología*. 1: 523-534. Segovia.
- JIMÉNEZ, R.; MOLINA, L.; PULIDO BOSCH, A.; NAVARRETE, F. (1996). «Geostatistical study of nitrate contents in the acuífers of Campo de Dalías (SE Spain)». In *“Geostatistics for Environmental Applications”*, ed. Kluwer,
- MARÍN, A.; MEDIAVILLA, C.; LÓPEZ-SEGURA, J. G.; LUPIANI, E. (1996). «Hidrogeología del Parque Natural de la Sierra de María-Los Vélez (Almería)». *IV SIAGA*, I: 281-293.
- MARTÍN ROSALES, W. (1997). *Efectos de los diques de retención en el borde meridional de la Sierra de Gádor (Almería)*. Tesis Doctoral Univ. de Granada, 266 p.
- MARTÍN ROSALES, W.; PULIDO BOSCH, A.; VALLEJOS, A. (1995). «Mecanismos generadores de escorrentía en la vertiente Sur de Sierra de Gádor (Almería)». *Geogaceta*, 18: 134-137.
- MARTÍN ROSALES, W.; PULIDO BOSCH, A.; VALLEJOS, A. (1996). «Algunos aspectos climatológicos de la Sierra de Gádor y Campo de Dalías (Almería)». *IV SIAGA*, I: 69-80. Almería.
- MARTÍN ROSALES, W.; PULIDO BOCH, A.; VALLEJOS, A.; LÓPEZ CHICANO, M. (1996). «Precipitaciones máximas en el Campo de Dalías y vertiente meridional de la Sierra de Gádor (Almería)». *Geogaceta*, 20 (6): 1251-1254.
- MARTÍN VALLEJO, M. (1997). *El sistema hidrotermal de la cuenca del río Almanzora (N de la provincia de Almería)*. Tesis Doct. Univ. Granada, 302 p. más anexos.
- MMA (1999). *Libro Blanco del Agua en España*. 855 p. (borrador “definitivo”)
- MOLINA, L. (1997). *Hidroquímica e intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería)*. Tesis Doct. Univ. Granada.
- MORENO, I.; PULIDO BOSCH, A.; FERNÁNDEZ-RUBIO, R. (1983). «Hidrogeología de las sierras de María y del Maimón (provincia de Almería)». *Bol. Geol. Min.*, XCIV (IV): 321-338.
- NAVARRETE, F. (1992). *Contribución al conocimiento hidrogeoquímico del Campo de Dalías*. Tesis Doc. Univ. Almería, 435 p. (inédita).
- OLLERO, E.; GARCÍA, J.L. (1981). Posición de las rocas volcánicas en el Campo de Dalías (Almería), y su incidencia en el comportamiento hidrogeológico del sector. *I SIAGA*, I: 357-369.
- ORELLANA, E. (1972). *Prospección Geoeléctrica en corriente continua*. Paraninfo, 523 p. Madrid

PULIDO BOSCH, A. (1986). Le karst dans les gypses de Sorbas (Almería); aspects morphologiques et hydrogéologiques. *Karstologia (Mémoires)*, 1: 27-35.

PULIDO BOSCH, A.; NAVARRETE, F.; MARTÍNEZ VIDAL, J.L.; MACÍAS, A.; MOLINA, L. (1989). Consideraciones sobre algunas anomalías hidrogeoquímicas existentes en la unidad Balerma-Las Marinas (Campo de Dalías, Almería). *Geogaceta*, 6: 14-16.

PULIDO BOSCH, A.; NAVARRETE, F.; MOLINA, L.; MARTÍNEZ VIDAL, J.L. (1990). Principales características hidrogeoquímicas del acuífero de Balerma-Las Marinas (Almería). *Estudios Geol.*, 46: 291-300.

PULIDO BOSCH, A.; SÁNCHEZ MARTOS, F.; PADILLA, A.; MARTÍNEZ VIDAL, J.L.; NAVARRETE, F.; PÉREZ PARRA, J. (1992). Influencia de la rambla de Tabernas en la calidad de las aguas del acuífero detrítico del Bajo Andarax (Almería). *V Simp. Hidrogeol., Hidrogeol. y Rec. Hidrául.* XVI: 89-101. Alicante.

PULIDO BOSCH, A.; SÁNCHEZ MARTOS, F.; MARTÍNEZ VIDAL, J.L.; NAVARRETE, F. (1992). Groundwater problems in a semiarid area (Low Andarax River, Almeria, Spain). *Environ. Geol. Water Sci.*, 29 (3): 195-204.

RUÍZ-TAGLE, M. et al. (1989). Evolución de la sobreexplotación en la cubeta de El Saltador, Almería. *Temas Geol. Min.*, 10: 301-310.

SÁNCHEZ MARTOS, F. (1997). Estudio hidrogeoquímico del Bajo Andarax (Almería). *Tesis Doct.* Univ. Granada.

SÁNCHEZ MARTOS, F.; PULIDO BOSCH, A.; CALAFORRA, J.M. (1999). Hydrogeochemical processes in an arid region of Europe (Almeria, SE Spain). *Applied Geochemistry*, 14: 735-745.

SIMÓN, E. de. (1990). Restauración de la vegetación en cuencas mediterráneas: repoblaciones en zonas áridas. *Ecología*, 1: 401-427.

TAPIA, J.A. (1980). Los baños de Sierra Alhamilla. De. Cajal, 107 p. Almería

THAUVIN, J.P. (1981). Riesgos de intrusión marina en el Campo de Dalías (Almería). *I SIAGA*, I: 387-396.

THAUVIN, J.P. (1986). Etude hydrogéologique, modélisation et gestion des aquifères du Campo de Dalías (province d'Almeria, Espagne). *Tesis Doct.* Univ. Niza, 3 tomos, 525 p.

VALLEJOS, A. 1991. Contribución al conocimiento hidrogeológico de la cuenca del río Almanzora (Almería). *Tesis Lic.* Univ. Granada. 160 p.

VALLEJOS, A. et al. (1994). Consideraciones sobre la hidrogeología de la cuenca del río Almanzora (SE peninsular). *Estudios Geol.*, 50: 103-117.

VALLEJOS, A.; PULIDO BOSCH, A.; MARTÍN ROSALES, W.; CALVACHE, M.L. 1996. Contribution of environmental isotopes to the knowledge of complex hydrologic systems. A case study: Sierra de Gador (SE Spain). *Earth Surface Processes and Landforms* 22: 1157-1168.

YÉLAMOS, J.G.; VILLARROYA, F. Eds. (1997). Hydrogeology of hard rocks. *IAH-GE*, 290 p. Madrid.