

PAPEL ESTRATÉGICO DE LAS AGUAS SUBTERRÁNEAS EN EL ABASTECIMIENTO URBANO DE LA PROVINCIA DE MÁLAGA

Bartolomé Andreo Navarro, Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga

INTRODUCCIÓN

Es conocido que la provincia de Málaga tiene abundantes recursos de agua, tanto superficial como subterránea, que están distribuidos por todo su territorio. Los recursos medios anuales de agua subterránea, aunque no se ven, se estima que son del mismo orden de magnitud que la capacidad actual de todos los embalses de la provincia.

Las aguas subterráneas tienen un papel estratégico en gran parte de la provincia, no sólo por su cuantía y la buena calidad que presentan en la mayoría de los casos, sino también por su distribución espacial. Son un recurso económico, pero también un activo ambiental. De hecho, los caudales ecológicos de los ríos

y la mayoría de los humedales dependen o están estrechamente relacionados con las aguas subterráneas. En último extremo, la ubicación de gran parte de los núcleos urbanos de la provincia responde al emplazamiento estratégico de los primeros pobladores allí donde existía un manantial que drenaba agua subterránea.

La provincia de Málaga almacena un gran volumen de recursos de agua subterránea, dada la extensión de superficie permeable que presenta y las precipitaciones que se registran sobre ella. En concreto, la superficie de afloramientos permeables es del orden de 2000 km² (Fig. 1), de los que aproximadamente la mitad está ocupada por acuíferos carbonáticos y la otra por acuíferos detríticos (LINARES 2007).

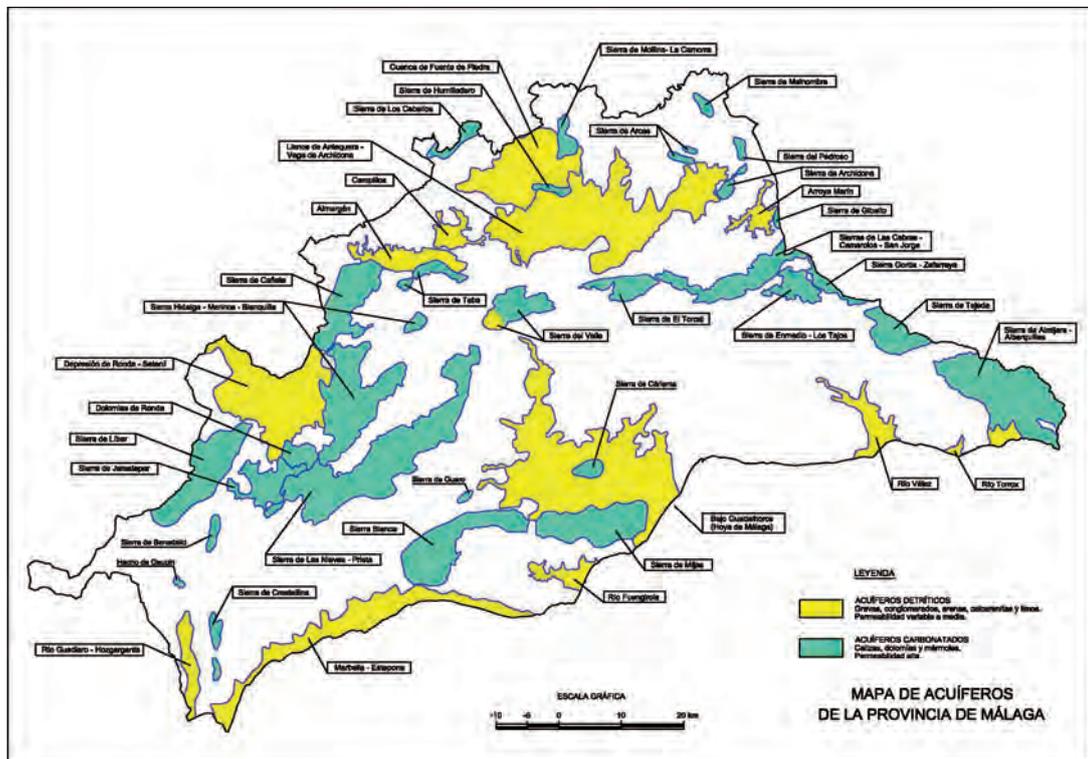


Figura 1. Mapa de acuíferos de la provincia de Málaga (modificado de Linares, 2007).

Los recursos medios anuales (recursos renovables) de agua subterránea ascienden a 639 hm³/año: 435 hm³/año en acuíferos carbonáticos y 204 hm³/año en detríticos. Por su parte, las extracciones mediante bombeos ascienden a 188 hm³/año (LINARES 2007): 84 hm³/año de acuíferos carbonáticos y 104 hm³/año de acuíferos detríticos.

Se utiliza aproximadamente la mitad de los recursos de agua subterránea de los acuíferos detríticos, mientras que de los carbonáticos sólo se aprovecha el 20% en las inmediaciones de los acuíferos. No obstante, gran parte de las descargas de estos últimos se aprovecha aguas abajo, en el sector costero.

A escala provincial, se pueden distinguir varios sectores en materia de aguas subterráneas, atendiendo a la distribución geográfica y a las características hidrogeológicas de los materiales acuíferos, así como a los problemas que presentan. En los siguientes apartados de este artículo se describen dichos sectores, la situación actual y algunas recomendaciones expuestas en la conferencia pronunciada por el autor el día 24 de febrero de 2015, con motivo de la actividad organizada conjuntamente por el Club del Agua Subterránea (en el marco de su 20º aniversario), la Academia Malagueña de Ciencias y el Centro de Hidrogeología de la Universidad de Málaga. Información más detallada puede encontrarse en los informes del Plan de Investigación de Aguas Subterráneas – PIAS- (IGME 1983), en los atlas hidrogeológicos de la provincia (DPM 1988; DPM-IGME-UMA 2007) y en el informe de la Academia Malagueña de Ciencias (CARRERA et al. 2006), así como en las referencias que se incluyen en el texto.

SECTOR SEPTENTRIONAL

En la parte norte de la provincia hay acuíferos detríticos relativamente extensos, en la cuenca de Fuente de Piedra y en la vega de Antequera (Fig. 2). En ambos casos existe un sustrato arcilloso-evaporítico triásico que condiciona la elevada salinidad del agua subterránea, incluso la de la almacenada en los materiales detríticos miocenos y plio-cuaternarios suprayacentes. Además, la actividad agrícola que se desarrolla sobre todos ellos genera contaminación por nitratos y biocidas que afectan negativamente a la calidad del agua subterránea. En el caso de la cuenca de Fuente de Piedra, el aumento de las extracciones

de agua para regadío llevó a proponer un Plan de Protección Hídrica (DGOH, 2000) que sirvió de base para elaborar la Declaración de Sobreexplotación. Se pretende así mitigar los posibles efectos negativos en la Laguna de Fuente de Piedra, a la que se dirigen los flujos superficiales y subterráneos de su cuenca (IGME 1984; LINARES 1990). Sin embargo, en la vega de Antequera no se tiene constancia de que haya problema de falta de recursos y, dada la mala calidad del agua para abastecimiento urbano, puede seguir usándose para regadío (IARA 1988).



Figura 2. Panorámica de la laguna de Fuente de Piedra, desde el suroeste, con la Sierra de Mollina al norte (a la izquierda) y la Sierra de Humilladero al sur (a la derecha). Autor: Luis Linares.

En relación con los materiales triásicos y neógeno-cuaternarios del norte de la provincia, existen afloramientos de rocas carbonáticas de edad Jurásico, que constituyen acuíferos, de los cuales se abastece la población de los municipios de la zona: sierra de la Camorra (que surte de agua a Alameda y Mollina), sierra de Humilladero (de la que se abastece a Fuente de Piedra y Humilladero), sierra de Arcas (Villanueva de Algaidas) y sierra de Archidona (abastece al municipio homónimo y a Villanueva de Tapia). En condiciones naturales, estos acuíferos se drenaban por manantiales pero los bombeos han provocado su agotamiento desde hace décadas. Presentan dimensiones reducidas y escasos recursos, aunque de buena calidad, por lo que deben preservarse para el abastecimiento urbano de los municipios que actualmente abastecen. Los descensos piezométricos que se registran en los últimos tiempos llevan a recomendar prudencia en las extracciones y a evitar aumentos en el

consumo de agua procedente de estos acuíferos. En el caso de la Sierra de Archidona hay una propuesta de Declaración de Sobreexplotación y en la Sierra de Humilladero la calidad del agua empeora con los descensos piezométricos provocados por los bombeos. Además, es preciso delimitar perímetros de protección de las captaciones de agua para evitar efectos indeseados, como la contaminación que se produce por las actividades agrícolas en los bordes de estos acuíferos.

Más al sur, existe una altiplanicie en la que aflora ampliamente el denominado Trías de Antequera, formado por arcillas con evaporitas a las que tradicionalmente se les ha considerado como materiales de baja permeabilidad, pero que tienen un cierto carácter de acuífero (localmente de tipo kárstico, donde hay evaporitas) y sus aguas subterráneas se drenan por manantiales más o menos salinos (Meliones, Cañaveralejo, etc. -Fig. 3), a veces directamente al cauce del río Guadalhorce (CARRASCO 1986; CALAFORRA 1998), y guardan una estrecha relación con los humedales (lagunas de Campillos y Archidona).



Figura 3. Manantial de Meliones y precipitados salinos en la zona de surgencia existente en la cola del embalse del Guadalhorce.

Las aguas de elevada salinidad (salmueras en algunos casos) plantean problemas en la gestión y aprovechamiento del agua del embalse del Guadalhorce, lo que ha provocado numerosos intentos de reducir estas descargas sin mucho éxito hasta ahora. Cualquier actuación en este sentido, debería tener en cuenta que los materiales triásicos son



Figura 4. Manantial de Benaoján o del Molino del Santo. Al fondo puede observarse la localidad de Benaoján, en el borde oriental de la Sierra de Líbar.

permeables y que en ellos tienen lugar flujos a diferentes escalas y con distinto tiempo de residencia, más allá de la inmediata proximidad de los puntos de surgencia.

SECTOR OCCIDENTAL

En el área noroccidental de la provincia hay acuíferos carbonáticos, cuyas extensiones varían entre decenas y centenares de km². Entre ellos cabe citar la Sierra de Líbar, compartida con la vecina provincia de Cádiz, que drena sus aguas hacia el río Guadiaro, a través de manantiales como el de la Cueva del Gato, Molino del Santo (Fig. 4) y Charco del Moro (DGOH, 1998), además de abastecer a los municipios de la zona (Cortes de la Frontera, Jimera de Líbar, Benaolán y Montejaque).

Otro acuífero está formado por la Sierra del Jarastepar y áreas adyacentes, cuyos manantiales principales descargan hacia el río Genal, y sus aguas se aprovechan para el abastecimiento de municipios como Alpandeire, Júzcar, Faraján y Cartajima. La Serranía oriental de Ronda está formada por la Sierra de Cañete (que abastece a la localidad homónima y a Almargen); históricamente también a Campillos y las sierras Blanquilla (abastecimiento a El Burgo), Merinos y Juan Durán (Cuevas del Becerro) y Teba (Campillos y Teba). Dicha serranía oriental constituye el límite entre las cuencas hidrográficas del Guadiaro, al oeste, y del Guadalhorce (Guadalteba y Turón -Fig. 5), al este (BARBERÁ 2014).



Figura 5. Presa de retención en el Río Turón, que lamina las avenidas fluviales y las aportaciones subterráneas de la Sierra Blanquilla.

Todos estos acuíferos están formados por calizas y dolomías del Jurásico que muestran

gran desarrollo de morfologías kársticas, tanto en superficie (modelados de tipo Torcal, dolinas e incluso poljes con sumideros kársticos) como en profundidad (cueva de la Pileta y sistema Hundidero-Gato en la Sierra de Líbar).

Al SE de Ronda existe un afloramiento de dolomías de edad Trías medio, en el que se encuentran los sondeos de abastecimiento a dicha ciudad, en el paraje de la Cañada de Puya. Y, más al SE, se halla la emblemática Sierra de las Nieves (Fig. 6), formada por dolomías triásicas y calizas jurásicas karstificadas (LIÑÁN 2005), donde se hallan los nacimientos de los ríos Genal, Verde y Grande (Fig. 7). En ella se encuentra la sima GESM, con más de 1100 m de desarrollo vertical y algunas otras cavidades de centenares de metros de profundidad. Del agua subterránea de la Sierra de las Nieves se abastecen numerosos municipios ubicados en su borde meridional: Parauta, Igualeja, Tolox, Yunquera, Alozaina, Casarabonela, Carratraca y Ardales, nombrados de SO a NE.



Figura 6. Panorámica de la Sierra de las Nieves desde el sur. En primer plano (en el centro de la foto), se observa el pico Alcazaba y, al fondo (a la derecha), el vértice Torrecilla (el más alto de la provincia de Málaga).

Los acuíferos del sector occidental se ubican en la zona de mayor pluviometría (del orden de 1000 mm/año o más), por lo que presentan abundantes recursos hídricos, y generalmente de buena calidad, que se utilizan para el abastecimiento urbano de los municipios en los que se ubican. En cualquier caso, el grado de aprovechamiento de estos acuíferos en la zona es muy bajo. Constituyen la cabecera de los ríos del sector occidental

de la provincia y cumplen con los criterios establecidos en la Directiva Marco Europea del Agua, por lo que han sido incluidos como acuíferos de protección especial en el Plan Hidrológico.



Figura 7. Nacimiento de Río Grande o manantial de Zarzalones (término municipal de Yunquera). Por él se drenan las aguas de lluvia y de fusión nival que precipitan en el área del vértice Torrecilla. Autor: Antonio Castillo.

No obstante, son acuíferos kársticos, que presentan respuestas rápidas ante las precipitaciones y su capacidad de regulación natural es limitada en muchos casos (JIMÉNEZ GAVILÁN 2010). Por este motivo, para garantizar el abastecimiento de algunas poblaciones del entorno, ha sido necesario perforar sondeos (Alpandeire, Cortes de la Frontera, Benaoján, Yunquera y Ardales). Además, estos acuíferos son muy vulnerables a la contaminación, por lo que conviene definir perímetros de protección de las captaciones de abastecimiento y hacer una ordenación del territorio compatible con la protección de los recursos de aguas subterránea. Así, se evitarían efectos indeseados como los eventos de contaminación puntual detectados en algún municipio de la Sierra de Líbar.

En el sector occidental de la provincia se encuentra también el acuífero detrítico de la depresión de Ronda, cuyos recursos de agua subterránea, de peor calidad que los antes mencionados, se aprovechan fundamentalmente para regadío en la actividad agrícola que se desarrolla sobre él.



Figura 8. Vista del Torcal de Antequera, donde se aprecia el modelado kárstico característico en el que se produce la infiltración del agua de lluvia. Esta agua se drena posteriormente por el manantial de La Villa o se extrae en los sondeos de abastecimiento de Antequera.

SECTOR CENTRAL

En la parte central de la provincia hay una cadena montañosa formada por rocas carbonáticas, fundamentalmente dolomías y calizas de edad jurásica, que se extiende desde la Sierra del Valle de Abdalajís, hasta la Sierra de Alhama (Periana), pasando por el Torcal de Antequera (Fig. 8), las sierra de las Cabras, Camarolos, San Jorge y Gibalto, y la sierra de Alfarnate o de Enmedio. Son acuíferos de moderada extensión (decenas de km²), a veces con comportamiento kárstico y sometidos a cierto grado de explotación. Así, en la Sierra del Valle de Abdalajís existen sondeos para abastecimiento al municipio, sobre todo después de que las descargas naturales por manantiales se hayan visto afectadas por las obras del túnel del tren de alta velocidad Málaga-Madrid.

En el Torcal de Antequera, concretamente en el entorno del manantial de La Villa, se encuentran las captaciones que abastecen a dicha ciudad y, en el extremo occidental de la Sierra Chimenea, existe un sondeo del que se extrae agua para abastecimiento de los núcleos urbanos que hay en la cara sur del Torcal. Los bombeos que se registran en el acuífero del Torcal, provocan descensos piezométricos y el agotamiento del manantial de La Villa durante periodos cada vez más largos, por lo que es preciso evitar un aumento desproporcionado de la demanda. Las aguas subterráneas del Torcal tienen un papel estratégico, clave, en el desarrollo de la ciudad de Antequera y deben ser objeto de un aprovechamiento ordenado y controlado.

Las Sierras de Camarolos y San Jorge funcionan en régimen casi natural (Mudarra, 2012), descargan agua por manantiales que se utilizan para abastecimiento de Villanueva del Rosario (nacimiento del Río Cerezo) y Villanueva del Trabuco (Fuente de los Cien Caños, manantiales de la Pita, Higuera y Eulogio, entre otros), aunque también hay algunos sondeos como el que se utiliza para abastecimiento de Casabermeja y Colmenar, o los perforados en Villanueva del Rosario para garantizar el aumento de demanda con motivo de complejos urbanísticos que difícilmente habrían sido abastecidos si hubieran terminado de construirse.

La Sierra de Alfarnate constituye el acuífero del que se abastece el municipio que

le da nombre y el de Alfarnatejo, y junto con el afloramiento de Los Tajos (situado al oeste), del que emerge el manantial de Auta, abastece a Riogordo (MUDARRA 2012). Las extracciones de agua que se realizan en los sondeos existentes, incluidos los utilizados para regadío, deben ser objeto de control adecuado para evitar efectos indeseados. Por su parte, el acuífero de Sierra de Alhama (compartido con la provincia de Granada) se drena hacia el manantial de Guaro, que se encuentra regulado mediante una galería horizontal y sondeo vertical construidos para aprovechar el agua en los regadíos de la zona, además de abastecer al municipio de Periana (IARA 1994). El agua de este acuífero tiene algunos problemas de turbidez y presenta afecciones de calidad por la actividad agrícola en el polje de Zafarraya.



Figura 9. Panorámica del sector occidental de Sierra Tejeda, con las cumbres nevadas. Figura 9. Panorámica del sector occidental de Sierra Tejeda, con las cumbres nevadas.

La denominada cadena montañosa central continúa hacia el este, hacia la provincia de Granada, con las Sierras Tejeda (Fig. 9) y Almijara, dos macizos de mármoles triásicos, fracturados (y karstificados en algunos sectores) que drenan parte de sus recursos subterráneos hacia los municipios de la comarca de la Axarquía.

Las poblaciones de Nerja, Torrox, Cómpea, Canillas de Albaida, Salares, Sedella, Canillas de Aceituno y Alcaucín aprovechan los recursos de agua de estas sierras para abastecimiento urbano y para regadío. En el límite de provincia con Granada, en el Barranco de Cantarriján, hay sondeos de abastecimiento a Almuñécar, también de comunidades de regantes, donde se registran descensos

piezométricos por bombeos que provocan intrusión marina.

En el sector central de la provincia, las aguas subterráneas juegan un papel estratégico para el abastecimiento de muchos municipios que no tienen acceso a otras fuentes. Aunque no existen grandes problemas de disponibilidad de recursos de agua actualmente, conviene realizar un aprovechamiento racional de los mismos, sin aumentar la demanda de manera desproporcionada, y hacer una ordenación del territorio que permita preservar la buena calidad del agua subterránea. Dada la elevada vulnerabilidad a la contaminación que presentan los acuíferos carbonáticos de este sector central, es preciso definir perímetros de protección de todas las captaciones utilizadas para abastecimiento urbano.

SECTOR COSTERO

En el litoral de la provincia de Málaga se concentra la mayor demanda de agua, hecho que se ha visto acrecentado en las últimas décadas como consecuencia del urbanismo desaforado que se ha llevado a cabo. Es donde más agua se consume, tanto subterránea como – sobre todo – superficial previamente embalsada. No obstante, buena parte del agua de los embalses es, en realidad, agua subterránea que ha sido drenada por los manantiales de cabecera de los ríos de la Serranía de Ronda o de la cadena montañosa central. En la Costa del Sol occidental, donde el turismo es la principal actividad económica, el uso mayoritario del agua es el abastecimiento urbano. Sin embargo, en la Costa del Sol oriental, además del turismo hay una fuerte actividad agrícola que compite por el uso del agua junto con el abastecimiento humano.

Desde el punto de vista hidrogeológico, en el litoral malagueño existen acuíferos formados por sedimentos detríticos de edades Plioceno y Cuaternario. En los municipios de Marbella y Estepona, e incluso en Fuengirola, constituyen acuíferos de reducida extensión por lo que tienen una capacidad limitada de almacenamiento, especialmente los depósitos aluviales cuaternarios. Este hecho, unido a la proximidad del mar, favorece la intrusión marina cuando el nivel piezométrico desciende por debajo del nivel marino. Por ello y por la fuerte actividad antrópica que se desarrolla sobre estos acuíferos, la calidad del agua subterránea es mediocre. No

obstante, en la mayoría de los casos cumple los criterios establecidos por la normativa para ser aprovechada en el abastecimiento urbano. En los últimos años se está llevando a cabo una experiencia de recarga artificial (gestionada) en Marbella y una explotación controlada de las captaciones de abastecimiento municipal que están permitiendo mantener unos criterios de calidad aceptables sin provocar intrusión marina.

Este aprovechamiento sostenible de los recursos debe fomentarse, aunque las dimensiones de los acuíferos, y por ende los recursos almacenables, son limitados. Otro aspecto a desarrollar y potenciar, particularmente en el sector costero, es la creación de comunidades de usuarios que faciliten la gestión y gobernanza del agua.

Los acuíferos detríticos costeros más relevantes se encuentran en el Bajo Guadalhorce (ITGE 1996) y en el río Vélez (GARCÍA ARÓSTEGUI 1998). En ambos casos, existen también materiales pliocenos debajo de aluviales cuaternarios, aunque estos últimos son los que constituyen los acuíferos más interesantes, por sus características hidrogeológicas (permeabilidad, coeficiente de almacenamiento) y por el rendimiento de las captaciones. No en vano dichos acuíferos se han aprovechado históricamente para el abastecimiento de Málaga (captaciones de Puente del Rey y Fahala) y de Vélez-Málaga, lo que no ocurre actualmente por el deterioro que ha sufrido la calidad del agua subterránea. Así, en el Bajo Guadalhorce, la actividad agrícola e industrial, los vertidos de aguas residuales urbanas, la intrusión marina y las aguas de elevada salinidad procedente del embalse del Guadalhorce, provocaron el abandono de las captaciones históricas de Puente del Rey. En el acuífero del Río Vélez también hay afecciones a la calidad por productos derivados de la actividad agrícola (nitratos, biocidas) y por intrusión marina.

Las Sierras Blanca y de Mijas (Fig. 10) constituyen un gran afloramiento de mármoles triásicos permeables por fisuración y karstificación (IGME 1985). Los acuíferos de Sierra Blanca occidental presentan un funcionamiento de tipo kárstico y una baja capacidad de regulación natural (ANDREO 1997); responden rápidamente a las precipitaciones con bruscos aumentos de caudal en los manantiales



Figura 10. Panorámica desde el este del sector oriental de la Sierra de Mijas, con la zona de los manantiales de Torremolinos en primer plano.

de Istán, Marbella (Puerto Rico, Camoján) y Ojén, utilizados en el abastecimiento de las correspondientes localidades. Los sondeos realizados en estos municipios, en particular los perforados en el municipio de Marbella durante la sequía de 1994-1995, no permiten bombear caudales relevantes. Sin embargo, en Sierra Blanca oriental y en Sierra de Mijas, los acuíferos presentan un funcionamiento de flujo difuso, propio de medios fisurados, con una mayor capacidad de regulación y de almacenamiento. Los municipios de la zona (Coín, Alhaurín el Grande, Alhaurín de la Torre, Mijas, Benalmádena y Torremolinos) se abastecen total o parcialmente de las aguas subterráneas de estos acuíferos. No obstante, es necesario racionalizar la explotación en la Sierra de Mijas y buscar alternativas o complementos para cubrir la elevada demanda de agua de las poblaciones limítrofes. Además, no se debe continuar urbanizando sobre los mármoles de la sierra, para no disminuir la superficie de recarga y para evitar las eventuales fugas en los saneamientos, y en general no deben permitirse actividades potencialmente contaminantes (gasolineras, vertederos de residuos, etc.). Sierra de Mijas constituye una reserva estratégica de agua de buena calidad en un lugar donde la demanda es elevada y, como tal, debe preservarse para abastecimiento urbano.

CONSIDERACIONES FINALES

A escala provincial, la mayor parte de los municipios (sobre todo los del interior) cubren el abastecimiento urbano con aguas subterráneas. En la costa, la demanda se satisface principalmente con aguas superficiales embalsadas. De los sectores distinguidos a escala provincial, cabe hacer las consideraciones que se indican a continuación.

Sector septentrional: se debe reservar el agua subterránea de los pequeños acuíferos carbonatados para abastecimiento urbano, sin aumentar la demanda de forma desproporcionada, y conviene definir perímetros de protección de las captaciones.

Sector occidental: no existen problemas de cantidad de agua pero, dada la elevada vulnerabilidad a la contaminación de los acuíferos kársticos, es preciso definir perímetros de protección de las captaciones para preservar la buena calidad del agua.

Sector central: se debe controlar la explotación y evitar los aumentos desproporcionados de la demanda, además de prevenir la contaminación mediante perímetros de protección de las captaciones utilizadas para abastecimiento urbano.

Sector costero: las aguas subterráneas de los acuíferos detríticos aluviales deben aprovecharse preferentemente en periodos de aguas altas (dadas sus reducidas dimensiones) y conviene fomentar la recarga artificial en los acuíferos pliocenos. El acuífero de Sierra de Mijas se está explotando por encima de sus posibilidades, por lo que es preciso buscar otras alternativas o complementos al abastecimiento de los municipios de la zona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- ANDREO B. 1997. *Hidrogeología de acuíferos carbonatados en las Sierras Blanca y Mijas (Cordillera Bética, Sur de España)*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Málaga y Confederación Hidrográfica del Sur, 489 pp., Málaga.
- BARBERÁ J.A. 2014. *Investigaciones hidrogeológicas en los acuíferos carbonáticos de la Serranía oriental de Ronda (Málaga)*. Tesis Doctoral. Universidad de Málaga.
- CALAFORRA CHORDI J.M. 1998. *Karstología de yesos*. Servicio de Publicaciones de la Universidad de Almería e Instituto de Estudios Almerienses.
- CARRASCO F. 1986. *Contribución al conocimiento de la Cuenca alta del río Guadalhorce: El medio físico. Hidrogeoquímica*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- CARRERA J.A., ESCOLANO A., LINARES L., LUCENA J., RODRÍGUEZ ARRIBAS J.A. & RUIZ SINOGA J.D. 2006. *El agua en la provincia de Málaga*. Informes Academia Malagueña de Ciencias.
- DGOH 1998. *Las unidades hidrogeológicas de las Sierras de Líbar (00.06) y Grazalema (05.64)*. Dirección General de Obras Hidráulicas y Calidad de las Aguas. Secretaría de Estado de Aguas y Costas, Ministerio de Medio Ambiente.
- DGOH 2000. *Propuestas para la redacción del Plan de Protección Hídrica de la Laguna de Fuente de Piedra (Málaga)*. Ministerio de Medio Ambiente. Informe inédito.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MÁLAGA 1988. *Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Málaga*, 151 pp.
- DIPUTACIÓN PROVINCIAL DE MÁLAGA, INSTITUTO GEOLÓGICO Y MINERO DE ESPAÑA, UNIVERSIDAD DE MÁLAGA 2007. *Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Málaga*, 3 tomos.
- GARCÍA ARÓSTEGUI J.L. 1998. *Estudio hidrogeológico y modelización del acuífero de los Ríos Vélez y Benamargosa (Málaga)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- IARA 1988. *Estudio hidrogeológico del acuífero de los Llanos de Antequera*. Instituto Andaluz de Reforma Agraria, Junta de Andalucía. Informe inédito.
- IARA 1994. *Observaciones hidrogeológicas durante el bombeo experimental de la galería de Guaro realizado entre 1992 y 1993*. Instituto Andaluz de Reforma Agraria, Junta de Andalucía. Informe inédito.
- IGME 1983. *Investigación hidrogeológica de las cuencas del Sur de España (Sector occidental)*. Informes inéditos de diversos sistemas acuíferos, varios tomos.
- IGME 1984. *Estudio hidrogeológico de la Laguna de Fuente de Piedra*. Informe inédito.
- IGME 1985. *Estudio del Sistema Acuífero nº38 (Sierra Blanca-Sierra Mijas)*. *Hidrogeología, calidad y utilización del agua*. Informe inédito.
- ITGE 1996. *Investigación hidrogeológica para apoyo a la gestión hidrológica en el Bajo Guadalhorce (Cuenca del Sur de España, Málaga)*. Informe inédito.
- JIMÉNEZ GAVILÁN P. 2010. *Caracterización hidrogeológica de acuíferos carbonatados del Sur de España*. Tesis Doctoral Universidad de Málaga.
- LINARES L. 1990. *Hidrogeología de la laguna de Fuente de Piedra (Málaga)*. Tesis Doctoral. Universidad de Granada.
- LINARES L. 2007. Acuíferos de la provincia de Málaga. En: Durán Valsero J.J. (coord.). *Atlas Hidrogeológico de la Provincia de Málaga*, Tomo 1: 97-104.
- LIÑÁN, C. 2005. *Hidrogeología de acuíferos carbonatados en la Unidad Yunquera Nieves (Málaga)*. *Publicaciones del Instituto Geológico y Minero de España*. Serie: Hidrogeología y Aguas subterráneas, 16, 322 pp.
- MUDARRA M. 2012. *Importancia relativa de la zona no saturada y la zona saturada en el funcionamiento hidrogeológico de los acuíferos carbonáticos. Caso de la Alta Cadena, Sierra de Enmedio y área de Los Tajos (provincia de Málaga)*. Tesis Doctoral Universidad de Málaga.