

# Cuantificación de los recursos hídricos en la vertiente meridional del Parque Natural de Sierra Almirajara (Málaga). Consideraciones sobre su régimen de explotación

*Evaluation of water resources in the southern slope of the Sierra Almirajara Natural Park (Málaga province). Remarks on its exploitation regime*

A. Castillo (\*), J. Carmona (\*\*) y J. Benavente (\*\*\*)

(\*) CSIC e Instituto del Agua (Univ. Granada). C/ Ramón y Cajal, 4. Edificio Fray Luis de Granada. 18071 Granada. E-mail: acastill@goliat.ugr.es

(\*\*) Profesional libre

(\*\*\*) Instituto del Agua (Univ. Granada). C/ Ramón y Cajal, 4. Edificio Fray Luis de Granada. 18071 Granada.

## ABSTRACT

*The southern slope of the Sierra Almirajara (Málaga province) is an area of great ecological value which has recently been protected as a Natural Park. Its predominant lithology is of carbonate materials (marbles belonging to the Alpujarride Complex, Internal Zones of the Betic Cordillera), which made up an aquifer of regional importance. The aquifer system takes up the headwater area of a coastal stretch of high potential demand although currently underexploited. A significant proportion of its water resources supplies a number of small but permanent streams, all of which are ecologically valuable and can be considered as a feature of the landscape that is worth to preserve. The aim of this study is to evaluate the water resources of the area as well as to analyse management strategies for them in accordance with the ecological importance of the protected site, taking into account the hydrogeological information obtained.*

**Key words:** Carbonate aquifers, Water resources, Sierra Almirajara Natural Park, Andalusia

Geogaceta, 29 (2001), 33-36

ISSN: 0213683X

## Introducción

El sector considerado en este trabajo comprende los afloramientos de mármoles alpujarrides de la vertiente meridional de Sierra Almirajara, en la provincia de Málaga. En el borde occidental se halla la cuenca del río Algarrobo y en el oriental la del arroyo de la Miel; el límite meridional y occidental lo constituye el contacto mecánico (fractura de Canillas-Nerja) con los esquistos del manto de los Gútajares (Elorza y García Dueñas, 1980; Avidad y García Dueñas, 1981), y el septentrional la divisoria hidrográfica entre la cuenca del Guadalquivir y la del Sur de España.

Los afloramientos carbonatados tienen una superficie próxima a 140 km<sup>2</sup>, y se reparten en varias pequeñas cuencas que desembocan directamente en el mar Mediterráneo. Las más importantes, de oeste a este, son las de los ríos Algarrobo, Torrox, Higuero, Chíllar, Barranco de Maro y Arroyo de la Miel. Toda el área se localiza en el Complejo Alpujarride (Zonas Internas de las Cordilleras Béticas). La serie estratigráfica está formada, básicamente, por un conjunto metapelítico inferior (esquistos y, en menor medida, cuarcitas)

de edad Paleozoico y un conjunto superior carbonatado, constituido por mármoles blancos dolomíticos y a techo por mármoles calizos, de edad Triás. Estos materiales pertenecen, en su mayor parte, a la Unidad de la Almirajara, según terminología de Sanz de Galdeano (1986). Discordantes sobre los materiales carbonatados afloran materiales detríticos de edad Plioceno y Cuaternario.

El sector se halla atravesado por una gran falla inversa de dirección aproximada N135E, la denominada "escama de Calixto", origen de áreas con inversión, en las que los esquistos de la base se sitúan sobre los materiales carbonáticos.

## Hidrogeología

La falla inversa anteriormente citada ha sido utilizada en algunos estudios como criterio de diferenciación de una unidad hidrogeológica al sur de la misma, denominada de Las Alberquillas, que estaría parcialmente conectada hidráulicamente con los afloramientos carbonatados situados al norte, que pertenecerían a la Unidad de La Almirajara (SGOP, 1991; ITGE-Junta Andalucía, 1998). En este trabajo se contempla una diferenciación de menor entidad,

y se considera a ambas unidades como subunidades de todo el área reconocida, que denominamos Unidad de La Almirajara meridional (Castillo y Carmona, 2000). Este criterio, coincide, a grandes rasgos, con el que fue establecido por el MOPTMA (1995) para definir al subsistema II.1 del Plan Hidrológico de la Cuenca Sur de España.

La alimentación del acuífero carbonatado procede de las aguas de precipitación, y el sentido del flujo es básicamente de norte a sur en la subunidad de La Almirajara y de noroeste a sureste en la de Las Alberquillas. Los recursos totales se han estimado como media en unos 50 hm<sup>3</sup>/a, de los que la mayor parte son drenados por manantiales y escorrentía superficial directa (32 hm<sup>3</sup>/a); otra parte lo hace a través de extracciones (12 hm<sup>3</sup>/a), y el resto (unos 6 hm<sup>3</sup>/a) se descarga de forma oculta hacia sistemas límítrofes, principalmente hacia materiales postorogénicos del entorno de Nerja, y al mar, entre Nerja y Cerro Gordo. Las surgencias son determinantes del mantenimiento del caudal de base de los principales ríos del área (Torrox, Higuero, Chíllar y Arroyo de la Miel). Estas descargas suelen tener carácter difuso y se localizan a diferentes cotas, incluso den-

	Superficie (km <sup>2</sup> )	Aportaciones (hm <sup>3</sup> /a)	
		a	b
<b>Sector Carbonatado</b>	<b>142,3</b>	<b>48,1</b>	<b>50,6</b>
<b>Subunidad Alberquillas</b>	61,6	17,5	18,3
<b>Subunidad Almirajara</b>	80,7	30,6	32,3
<b>Río Algarrobo</b>	13,7	4,5	4,8
<b>Río Gui</b>	1,9	0,6	0,6
<b>Río Torrox</b>	24,1	8,2	8,7
<b>Río Higuerón</b>	19,2	6,4	6,8
<b>Río Chillar</b>	28,3	9,6	10,1
<b>Río Seco</b>	1,9	0,6	0,6
<b>Bco. Maro</b>	30,4	10,2	10,7
<b>Río de la Miel</b>	22,8	8,0	8,4

Tabla 1.- Recursos hídricos totales (valores medios) obtenidos para la Unidad hidrogeológica carbonatada de La Almirajara meridional, así como para las subunidades de Las Alberquillas y Almirajara y cuencas hidrográficas. a.- Valor obtenido a partir de la lluvia útil; b.- Valor obtenido a partir de los caudales específicos experimentales extrapolados

Table 1.- Average water resources of the carbonate unit of the southern Almirajara and of the Las Alberquillas and Almirajara sub-units, together with the catchment areas. a.- Value derived from the effective rainfall; b.- Value derived from extrapolated experimental specific run-off data.

tro de la misma cuenca, existiendo normalmente un nivel de surgencias próximo al contacto con la "escama de Calixto", a cota aproximada de 500 m.s.n.m.

En la Tabla 1 se muestra una estimación desglosada de los recursos hídricos medios del área estudiada.

La estimación de las reservas hídricas subterráneas es prácticamente imposible de realizar. A la habitual dificultad de cuantificar el volumen de acuífero saturado en áreas montañosas, se le suma la muy comprometida estimación de la porosidad eficaz media de los materiales carbonatados. Además, hay que señalar la extrema anisotropía del medio. Así, a tramos medianamente porosos suceden otros apenas fracturados y karstificados, en los que la porosidad es muy baja. En el área son frecuentes las surgencias a diferente cota dentro del macizo carbonatado o los sondeos negativos o escasamente productivos perforados cerca de manantiales o de otros sondeos productivos.

**Acercas de la cuantificación de los recursos hídricos**

Los datos que se exponen a continuación, referentes a los recursos propios de cada cuenca, son orientativos, ya que han sido obtenidos por métodos indirectos y no de forma experimental, al no disponerse actualmente de registros de estaciones de aforo. Uno de los métodos está basado en la

estimación de la lluvia útil, y el otro en los valores de caudales específicos, extrapolados a partir de cuencas similares y próximas con registros foronómicos.

En la figura 1 se representan los recursos propios aportados por las subunidades de La Almirajara y de Las Alberquillas a cada

una de las cuencas que componen el área estudiada.

La cuenca que presenta mayores aportaciones es la de Maro, con unos recursos de 10,5 hm<sup>3</sup>/a, a la que seguirían las de los ríos Chillar y Torrox, con 9,8 y 8,5 hm<sup>3</sup>/a, respectivamente. A continuación, se pasa revista a la situación de las diferentes cuencas, de oeste a este.

**Río Algarrobo**

La cuenca del río Algarrobo ocupa una extensión de 13,7 km<sup>2</sup>, antes de entrar en los materiales esquistosos. El río Turvilla recoge los caudales de una serie de pequeños manantiales que drenan una parte reducida de la vertiente meridional de Sierra Tejeda, a cotas superiores a los 1.200 m. A continuación, el río se adentra en formaciones carbonatadas de la Sierra de La Almirajara meridional, recogiendo descargas a cotas próximas a los 600 m, justo en el contacto con los esquistos del tramo 1 de la Unidad de Almirajara (Sanz de Galdeano, 1986), e incluso más abajo.

Los recursos de esta cuenca se han estimado en unos 4,6 hm<sup>3</sup>/a. Estos son aprovechados por toda una serie de derivaciones del cauce principal, entre las que destaca la Acequia Real, que es la arteria principal de los regadíos de la cuenca; aguas abajo los recursos son aprovechados por las comunidades de regantes de Canillas de Albaída, Cómpea, Archez, Corumbela, Sayalonga y Algarrobo.

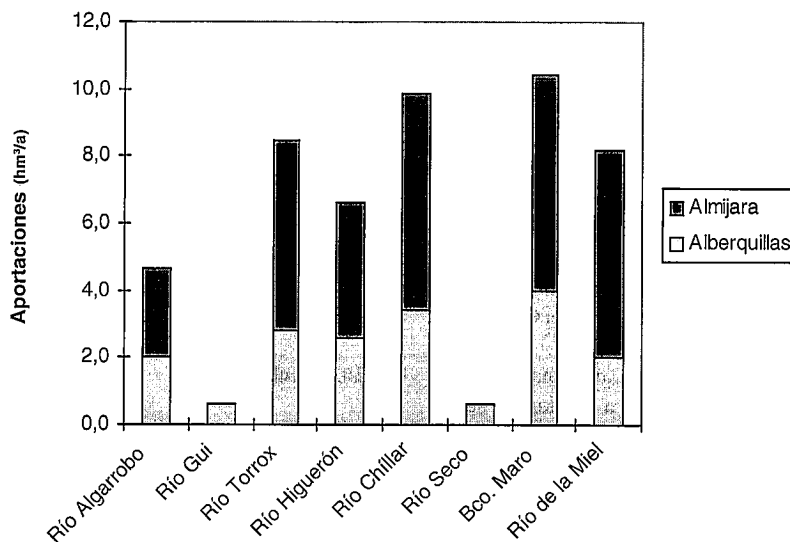


Fig. 1.- Gráfico de barras con los recursos propios aportados por las subunidades de La Almirajara y de Las Alberquillas a cada una de las cuencas que componen el área estudiada (Sierra de La Almirajara meridional; provincia de Málaga)

Fig. 1.- Bar chart of the resources obtained from the Alberquillas and Almirajara sub-units by each of the water catchment areas within the study area (southern Sierra Almirajara; Málaga province)

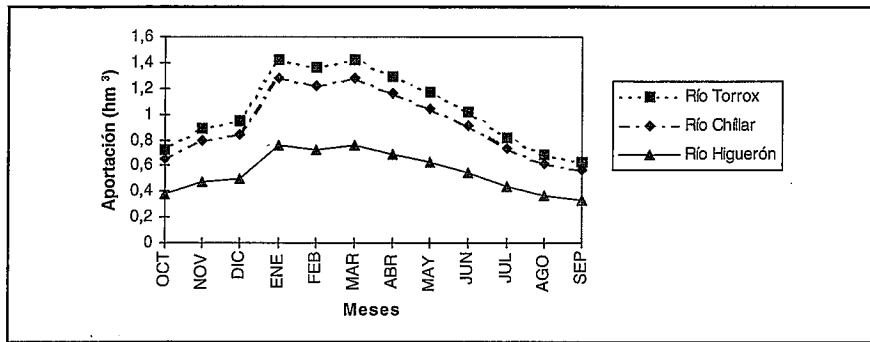


Fig. 2.- Hidrogramas de las aportaciones propias medias mensuales, simuladas para los ríos Torrox, Higuierón y Chíllar (en régimen no influenciado), a su salida de los carbonatos de Sierra Almirajara

Fig. 2.- Hydrographs of mean monthly discharge, simulated for the Torrox, Higuierón and Chíllar rivers (non-influenced regime), at their exit from the carbonate materials of Sierra Almirajara

### Río Torrox

La cuenca del río Torrox ocupa una extensión de 24,1 km<sup>2</sup> dentro del sector carbonatado de la Sierra de La Almirajara. El río se alimenta en cabecera de una serie de descargas ligadas al tramo 2 carbonatado de la Unidad de la Almirajara (Sanz de Galdeano, 1986), situadas por encima de los 500 m de altitud. Entre las principales cabe citar a las del Pradillo y al nacimiento del Barranco Moreno. Los recursos propios de esta cuenca se han estimado en unos 8,5 hm<sup>3</sup>/a. En virtud de la correlación realizada con los caudales mensuales medios de los ríos Alhama y Verde de Almuñécar, con estaciones de aforo y situados en la prolongación septentrional y oriental, respectivamente, del macizo montañoso aquí considerado, se reproduce en la figura 2 el hidrograma de las aportaciones mensuales simuladas para esta cuenca, en el supuesto de régimen no influenciado. Como puede observarse, los caudales máximos son drenados entre los meses de enero y marzo, iniciándose en este mes un ligero agotamiento que presenta su mínimo en el de septiembre. El comportamiento del resto de los ríos del área es similar al descrito.

Los aprovechamientos sirven tanto para el abastecimiento del núcleo de Torrox como para el regadío, en este caso a través de acequias de la comunidad de regantes de Torrox, que dan servicio a más de 350 ha de regadío. Estos aprovechamientos se hacen particularmente intensos a partir del núcleo urbano de Torrox, como consecuencia del mayor desarrollo de superficie agrícola que origina la presencia de depósitos aluviales.

### Río Higuierón

La cuenca del río Higuierón ocupa una extensión de 19,2 km<sup>2</sup> dentro de los carbonatos de la Sierra de La Almirajara. El

río recibe en cabecera, al igual que el Torrox, descargas subterráneas procedentes de la subunidad de La Almirajara, mediante una serie de manantiales situados a distintas cotas por encima de los 480 m de altitud, entre los que destaca el de La Sargenta. El conjunto de estas descargas se deriva en la presa de La Coca, de la que parte la acequia principal de la comunidad de regantes de Lizar y El Molino. En la presa existe, asimismo, una toma para abastecimiento a Frigiliana. Aguas abajo, dentro ya de la subunidad de Las Alberquillas, el río sigue recibiendo aportaciones hasta la cota aproximada de 290 m, a la que se encuentra otra presa de derivación de la comunidad de regantes.

Los recursos medios drenados mensualmente por esta cuenca aparecen simulados en la figura 2 y equivalen a una aportación de unos 6,6 hm<sup>3</sup>/a.

### Río Chíllar

La cuenca del río Chíllar presenta una superficie de afloramientos carbonatados de 28,3 km<sup>2</sup>. El río responde a un esquema de funcionamiento similar al del Higuierón: en cabecera recibe las descargas de la subunidad de La Almirajara, en este caso concentradas en los manantiales de Vegueta Bandera (a 480 m de cota) y Vegueta de la Grama (420 m). En este último existe una toma que conduce los caudales de ambos hasta la central hidroeléctrica denominada Chíllar I. Aguas abajo, el río recibe aportaciones de la subunidad de Las Alberquillas, básicamente a través de los manantiales Los Patos y Los Hoyos, a cotas comprendidas entre 360 y 220 m. A la altura de la central hidroeléctrica, el caudal de ambos manantiales es derivado, junto a los caudales turbinados, para su aprovechamiento en el abastecimiento al núcleo de

Nerja, así como para el regadío de la comunidad de regantes de San Isidro.

Los recursos medios mensuales drenados por esta cuenca pueden observarse en la figura 2, y equivalen a una aportación de unos 9,8 hm<sup>3</sup>/a.

### Barranco de Maro

Presenta una cuenca vertiente de 30,4 km<sup>2</sup> dentro de los materiales carbonatados de la Sierra de La Almirajara meridional, que, en esta cuenca, llegan a contactar con el mar Mediterráneo. Las aportaciones estimadas son del orden de 10,5 hm<sup>3</sup>/a; una parte importante de la descarga se realiza a través del manantial de Maro (unos 5 hm<sup>3</sup>/a), muy próximo a la famosa Cueva de Nerja y a la línea de costa, y situado a cota 120, lo que ha dado lugar a distintas interpretaciones sobre su funcionamiento (SGOP, 1991; Liñán *et al.*, 2000). Otra parte de los recursos es explotada por bombeo muy cerca de la línea de costa, con riesgo evidente de intrusión salina (Castillo *et al.*, 1986) y el resto descarga hacia el mar. En este caso, el cauce no suele presentar flujo, salvo en épocas de aguaceros.

### Río de la Miel

Su cuenca vertiente es de unos 23 km<sup>2</sup>. El río recibe en cabecera, al igual que la mayor parte de los cursos comentados, las aportaciones de pequeños manantiales a cotas próximas a los 600 m. Aguas abajo recibe nuevas descargas a cota aproximada de 230 m (manantial del Blanquiscal). Estas descargas son inmediatamente derivadas para pequeños aprovechamientos agrícolas de la comunidad de regantes del Río de la Miel. Más abajo aún, el río atraviesa la subunidad de Las Alberquillas, de la que recibe nuevas aportaciones subterráneas.

La aportación estimada para esta cuenca es de unos 8,2 hm<sup>3</sup>/a, en gran parte generadora de escorrentía superficial, ya que una parte notable de la cuenca se asienta sobre esquistos correspondientes a la "escama de Calixto".

### Consideraciones sobre la explotación de los recursos hídricos

La Unidad hidrogeológica de La Almirajara meridional (Málaga) está, en el momento presente, subexplotada en su conjunto. Se calcula que del orden de la mitad de los recursos medios totales no se aprovechan. Los actuales aprovechamientos corresponden, sobre todo, a sondeos situados en el borde sur de la subunidad de Las Alberquillas, así como a derivaciones de manantiales y de aguas

de escorrentía superficial. Es razonable suponer que la unidad se explotará más intensamente en los próximos años para atender, sobre todo, a la demanda urbana y turística en rápida expansión en el área litoral. De este modo, existe un riesgo alto de producir rápidos impactos negativos en el régimen hídrico del Parque Natural.

A fin de minimizar los impactos, se deberían cumplir ciertas normas de actuación, como serían espaciar las captaciones y localizarlas en el borde meridional de la subunidad de Las Alberquillas, donde podrían regularse hasta 10 hm<sup>3</sup>/a adicionales, teniendo especial precaución en la explotación del sector oriental, entre Nerja y Cerro Gordo, donde el riesgo de intrusión marina ya ha sido señalado por otros estudios (Castillo *et al.*, 1986; Ollero *et al.*, 1988).

La explotación de la subunidad de La Almirajara por encima de la "escama de Calixto" se considera de gran riesgo ambiental, fundamentalmente por los fuertes impactos negativos que dicha actuación traería consigo en el agotamiento de manantiales y ríos, así como por la apertura de caminos, conducciones, etc. A este respecto, sólo cabría contemplar alguna ac-

tuación restringida en la cuenca del río Higuerón y sectores adyacentes, aunque tras ser estudiada en detalle.

Con esta concepción, el área carbonatada situada por encima de la "escama de Calixto" quedaría como un área de "reserva hídrica", tanto para el mantenimiento del caudal de base de los ríos de cabecera del área, cómo para la utilización de emergencia en periodos de fuerte sequía del agua fluyente aguas abajo; la demanda para abastecimientos y regadíos intensivos favorecería la explotación en continuo de estos recursos superficiales a la salida del sistema.

#### Agradecimientos

Esta investigación fue financiada a través de dos contratos de investigación suscritos entre la Universidad de Granada (Instituto del Agua) y la mancomunidad de municipios de la Costa del Sol Oriental (Axarquía).

#### Referencias

Avidad, J. y García Dueñas, V. (1981): *Mapa Geológico de España a escala*

*1:50.000 de la hoja de Motril (1.055) y memoria explicativa*. IGME, 36 p. Madrid

Castillo, E.; Gollonet, F.J. y Delgado, J. (1986): *II Simposio sobre el Agua en Andalucía*, 2: 267-276

Castillo, A. y Carmona, J. (2000): *Geotemas*, 1(2): 63-68

Elorza, J.J. y García Dueñas, V. (1980): *Mapa Geológico de España a escala 1:50.000 de la hoja de Vélez Málaga (1.054) y memoria explicativa*. IGME, 59 p. Madrid

ITGE-Junta de Andalucía (1998): *Atlas Hidrogeológico de Andalucía*. Ed. ITGE-Junta de Andalucía. 218 p

Liñán, C.; Andreo, B. y Carrasco, F. (2000): *Geogaceta*, 27: 95-98

MOPTMA (1995): *Plan Hidrológico de la Cuenca Sur*. Memoria y anejos (doc. restringido)

SGOP (1991): *Estudio hidrogeológico de las sierras Tejeda, Almijara y Güájaras (Málaga y Granada)*. Memoria, planos y anejos. Inf. restringido. 244 p

Ollero, E.; García García, J.L. y Alcaín, G. (1988): *TIAC 88*, III: 439-453

Sanz de Galdeano, C. (1986): *Estudios Geol.*, 42: 281-289.