

**ITINERARIO
HIDROGEOLÓGICO
POR EL LITORAL
MEDITERRÁNEO
ANDALUZ**

**LUIS SÁNCHEZ DÍAZ
ANTONIO CASTILLO MARTÍN (eds)**

CAPÍTULO 11 ACUÍFERO DE ADRA

A.CASTILLO¹, J.BENAVENTE² y L. SÁNCHEZ-DÍAZ²
¹CSIC y Universidad de Granada; ²Universidad de Granada



Figura 52. Mapa de situación del itinerario previsto. En la foto superior, panorámica del acuífero, con las albuferas. En la foto inferior, manantial de las Fuentes de Marbella.

LOCALIZACIÓN GEOGRÁFICA

El acuífero de Adra corresponde a la llanura litoral del delta del mismo nombre y sectores adyacentes, la cual ocupa una extensión de 22 km². Está situado al suroeste de la provincia de Almería, muy cerca del límite con la de Granada. El acceso a este sector se puede hacer por la CN-340, tanto por el trazado antiguo como por la autovía que la sustituye, la cual discurre algo más alejada del borde costero- y por la C-331 (Fig. 52).

INTERÉS HIDROGEOLÓGICO Y SITUACIÓN ACTUAL

Este acuífero presenta varias peculiaridades dignas de mención. La primera de ellas es la propia historia geológica del delta, sometido a diferentes intervenciones antrópicas, responsables de modificaciones en el equilibrio erosión-sedimentación en la franja litoral y de la génesis y desaparición de zonas húmedas. A este respecto, en el momento actual existen en el extremo oriental del acuífero dos albuferas relativamente recientes, denominadas Honda y Nueva. Este espacio, conocido como "Albuferas de Adra", está catalogado como Reserva Natural (1989) e incluido en la lista mundial de humedales protegidos del Convenio de Ramsar (1994). La superficie protegida es de 60 ha. Corresponde al contorno perimetral de las dos albuferas existentes y a una pequeña orla perilagunar ocupada por vegetación palustre.

En la actualidad, el acuífero es excedentario y no presenta indicios de intrusión marina. Las aguas del río Adra, reguladas por el embalse de Benínar, son la principal fuente de alimentación del acuífero, si bien esta obra ha modificado su régimen natural, disminuyendo la ciclicidad y cota de los niveles piezométricos. La problemática entra de lleno en el ámbito de la regulación conjunta de las aguas superficiales y subterráneas, y tiene su equivalente en otros sistemas litorales, entre los que se puede destacar el acuífero del río Vélez, afectado por el funcionamiento de la presa de La Viñuela, y el acuífero de Motril-Salobreña por la próxima regulación del río Guadalfeo a través del embalse de Rules.

Las aguas del acuífero presentan una salinidad comprendida entre 1,5 y 4 g/l y son de tipo predominantemente sulfatado, salvo en su sector oriental donde son cloruradas. En parte, se utilizan para el abastecimiento urbano y, sobre todo, para el regadío, en algún caso fuera del área, como ocurre con el canal de San Fernando, que irriga parte del sector occidental del Campo de Dalías. Una de las captaciones más interesantes que aportan agua a dicho canal es un pozo con 16 drenes horizontales (nº 1 de la figura 53), del que se extrae un caudal de 130 l/s.

El funcionamiento hidrogeológico de las Fuentes de Marbella, con un caudal medio de unos 500 l/s, es otro de los puntos de interés hidrogeoló-

gico del entorno, siendo sobresalientes tanto por su caudal, como por su localización, en una provincia tan árida como la de Almería; estas descargas constituyen el principal aporte del río aguas abajo del embalse de Benínar, del que también reciben aportaciones por filtraciones desde su vaso. La calidad de las aguas de esta descarga tiene influencia decisiva en la del propio río, así como en la del acuífero de Adra.

SÍNTESIS HIDROGEOLÓGICA

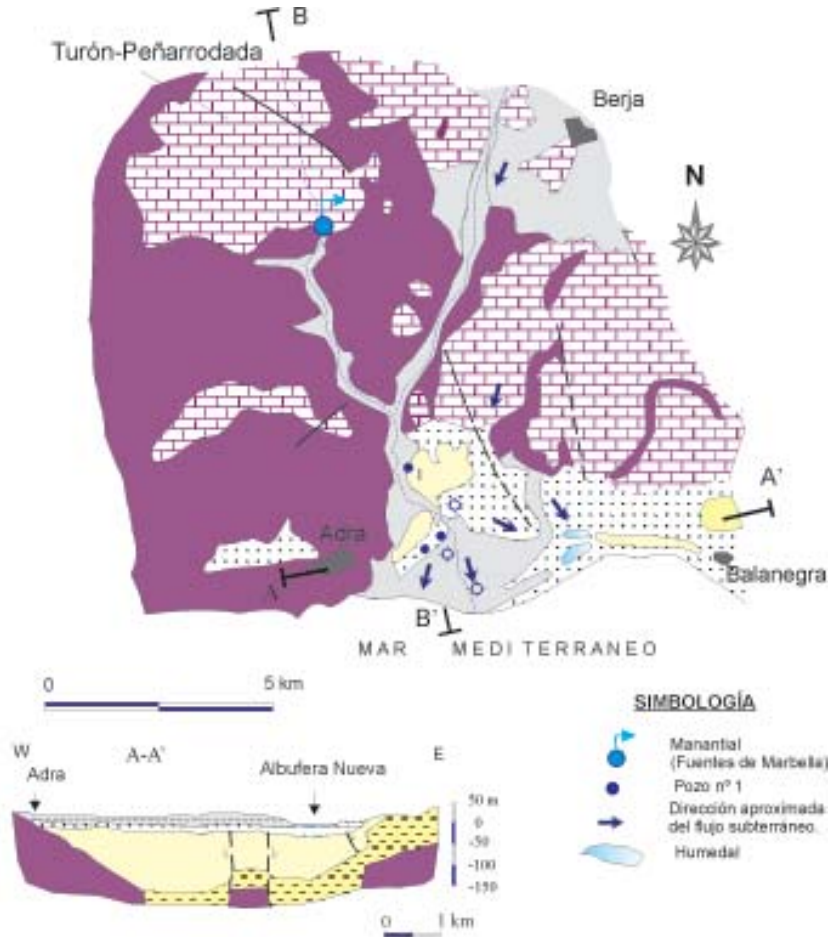
El acuífero de Adra está compuesto por materiales neógenos y cuaternarios de naturaleza detrítica, mientras que sus bordes y substrato corresponden a esquistos de muy baja permeabilidad (Complejo Alpujárride) (Fig. 53). El espesor medio de los materiales acuíferos es de 100 m, casi todos ellos saturados y su extensión de 22 km² (PULIDO-BOSCH, 1988; ITGEJA, 1998).

Los materiales neógenos (del Mioceno y Plioceno) están constituidos por conglomerados, areniscas, margas y calcarenitas con una permeabilidad de conjunto moderada. Afloran en el entorno de las Albuferas, al norte de la antigua CN-340. Los materiales cuaternarios, localizados al sur de la vía citada, están constituidos por sedimentos aluviales (gravas, arenas y limos) de alta permeabilidad, así como por otros de génesis lagunar (limos arcillosos) de baja permeabilidad; estos últimos constituyen el substrato de las citadas albuferas, si bien tienen continuidad por otros sectores del delta.

Todo el conjunto detrítico constituye un único acuífero libre, aunque debido a la existencia de tramos de baja permeabilidad (margas pliocenas y limos arcillosos cuaternarios), en algunos sectores hay confinamiento hidráulico, circunstancia muy habitual en acuíferos deltáicos; así pues, las características hidráulicas y de calidad son diferentes según los sectores y tramos considerados.

Las oscilaciones piezométricas son prácticamente inapreciables en el borde costero. En el entorno de las albuferas son del orden del metro. Por el contrario, tales oscilaciones pueden llegar a la decena de metros en los sectores de cabecera del delta, donde el nivel se sitúa sobre los 25 m de cota. En régimen natural, los niveles altos se alcanzaban en primavera, coincidiendo con el deshielo del río Adra (con una cuenca vertiente de 750 km² y cota máxima de 2.800 m, correspondiente a parte del sector oriental de Sierra Nevada) y los mínimos a finales de verano.

Desde el año 1982, en que comenzó la regulación del río Adra mediante la presa de Benínar, el régimen piezométrico del acuífero se ha modificado, en respuesta a la modulación de las aportaciones fluviales; en general, la ciclicidad es menos acusada, al tiempo que han descendido los niveles piezométricos. Los mapas de isopiezas indican que el flujo subterráneo se

**LEYENDA:**

- Arenas, gravas, limos. (Aluvial). Cuaternario. Permeabilidad alta.
- Gravas, arenas, limos arcillosos, conglomerados, travertinos. Cuaternario-Pliocuaternario. Permeabilidad variable.
- Conglomerados, arenas, calcarenitas, limos. Plioceno. Permeabilidad media-alta.
- Calizas arrecifales, calcarenitas, conglomerados arcillosos. Permeabilidad media-alta.

MATERIALES ALPUJARRIDES:

- Mármoles, dolomías, calizas y calcoesquistos. Trias. Permeabilidad alta.
- Micaesquistos, cuarcitas y filitas. Paleozoico - Trias. Permeabilidad baja.

Figura 53. Esquema y corte hidrogeológico del delta del río Adra (a partir de ITGE-JA, 1998)

produce hacia el mar, aunque también hay un ligero flujo hacia el extremo oriental, donde se localizan las albuferas. La permeabilidad es mayor bajo los diferentes cauces que ha tenido el río en el delta (paleocauces). La mayor concentración de captaciones se localiza en los alrededores de El Puente del Río, a unos 2 km de la línea de costa, donde han sido habituales caudales de bombeo unitarios del orden de 40 l/s (PULIDO-BOSCH, 1988).

La recarga media del acuífero se estima en 25 hm³/año. Procede, mayoritariamente, de la infiltración a partir del río Adra (20 hm³/año). Menor entidad tiene la alimentación a través del retorno de regadíos, la precipitación directa y las aportaciones subterráneas desde los bordes, que totalizan entre 4 y 6 hm³/año. La descarga se produce, principalmente, a partir de captaciones (16 hm³/año) y subterráneamente hacia el mar (6-7 hm³/año) (ITGE - JA, 1998).

La calidad de las aguas del acuífero está directamente influenciada por la de las del río Adra, que representan, como se ha comentado, su principal fuente de alimentación. Estas poseen una salinidad comprendida entre 1,5 y 2,5 g/l y son de tipo sulfatado, en concordancia con la calidad de las aguas de las Fuentes de Marbella, que deben la presencia de sulfatos a la existencia de yeso en el acuífero que drenan. Este carácter sulfatado también se encuentra en buena parte de los sectores occidental y central del acuífero del delta.

En el entorno de las albuferas la salinidad de las aguas subterráneas adquiere valores más altos, de 3 a 4 g/l, con facies cloruradas. Ello seguramente obedece a la mezcla con aguas salinas congénitas de los materiales que conforman esa parte del acuífero. En el agua de las albuferas se han medido valores de salinidad comprendidos entre 5 y 7 g/l, con facies también cloruradas; el incremento de salinidad respecto al agua del acuífero está relacionado con la concentración ejercida por la evaporación (BENAVENTE, 2002, y BENAVENTE et al, 2003).

Itinerario propuesto: (Fig. 52)

- ❖ **Parada 1.** *Panorámica del acuífero y de las Albuferas de Adra*
- ❖ **Parada 2.** *Fuentes de Marbella*

En la zona podemos considerar tres tramos desde el punto de vista fisiográfico: a) un tramo inferior, de cota menor a los 20 m, que incluye los deltas actual y antiguo, de relieves llanos, donde se encuentran las albuferas (parada 1); b) un tramo medio, de forma triangular en planta, que se extiende desde la CN-340 hasta la confluencia de los ríos Grande y Chico,

con relieves de suave pendiente hacia el mar; y c) un tramo superior, fuera ya del acuífero detrítico, que corresponde a los relieves preorogénicos del borde norte del acuífero. En este último tramo coexisten materiales esquistosos de baja permeabilidad con otros carbonatados considerados acuíferos. Precisamente en el drenaje de uno de estos sistemas carbonatados (Turón-Peñarrodada) se localizan unos manantiales dignos de mención, las Fuentes de Marbella, antes citadas, que constituirán el objetivo de la parada 2.

PARADA 1. PANORÁMICA DEL ACUÍFERO Y DE LAS ALBUFERAS DE ADRA



Panorámica de las albuferas de Adra

Se accede a esta parada por la antigua CN-340 (Fig. 52), tras tomar un desvío asfaltado a la altura del km 395 y ascender a una pequeña colina. Desde el lugar podemos disfrutar de una panorámica del delta del río Adra, y, en un plano más próximo, de las albuferas de Adra (Honda y Nueva). La segunda de ellas es relativamente reciente, pues se formó en la década de los treinta del pasado siglo. De la existencia de la albufera Honda hay constancia en documentos de mediados del siglo XVIII (MARTÍNEZ VIDAL y CASTRO, 1990).

Tras la deforestación de la mayor parte de la cuenca del río Adra, a principios del siglo XIX, como consecuencia de las necesidades de madera para la pujante minería de la región, las crecidas se hicieron cada vez más catastróficas, provocando, además, el encharcamiento de áreas deprimidas próximas a la costa (albufera Ancha). Para evitar daños mayores, se decidió desviar el trazado natural del río. El cauce rectificado, que es el actualmente existente, data de 1879. Al mismo tiempo, los agricultores drenaban y rellenaban las zonas húmedas existentes. La desembocadura

del río produjo un nuevo delta, mientras que el antiguo era desmantelado por el oleaje. Los sedimentos erosionados se depositaron más al este en forma de barras arenosas litorales, con las que se relaciona la génesis de las albuferas (Fig. 54).



Figura 54.. Esquema de las principales modificaciones fluviales y litorales recientes ocurridas en el delta del río Adra. 1. Cauce hasta 1855; 2. Cauce en 1871; 3. Cauce a partir de 1879; A. Albufera Ancha (desecada en la actualidad); 4. Línea de costas en 1871; 5. Idem en 1928, en cuya proximidad existía la albufera; 6. Idem en 1974; 7. Idem en la actualidad; B, D y E albuferas Honda, Nueva y última generada, respectivamente (PULIDO-BOSCH, 1988)

El área catalogada como Reserva Natural es de 60 ha, si bien las zonas de aguas libres son de unas 27 ha para la albufera Nueva (la más cercana al mar) y de 7 ha para la albufera Honda (que tiene una profundidad máxima de unos 4 m).

La albufera Honda recibe actualmente la mayor parte de sus aportaciones de acequias y ramblas, y posee un carácter perdedor neto respecto al acuífero que la rodea. Es probable que antes de la regulación del río Adra, con niveles piezométricos más elevados, la recarga subterránea pudiera ser más significativa que en la actualidad. Una fracción importante de su descarga subterránea debe fluir hacia la albufera Nueva, desde la cual, en ciertos periodos, puede producirse descarga al mar. La principal descarga en ambas corresponde a la evaporación (BENAVENTE et al, 2003 y RODRIGUEZ-RODRIGUEZ et al, 2004).

El agua de las albuferas tiene salinidades del orden de 5 a 7 g/l, y facies cloruradas sódicas, lo que obedece, según se ha apuntado, a la concentración evaporativa de aguas de salinidad algo inferior y facies cloruradas.

Estos humedales son hábitats frágiles que sirven de sustento a una vegetación típica (tarajes, carrizos, masiegas, eneas, etc.), cuya cobertura y alimento ampara a una fauna especial, en parte catalogada como en peligro de extinción y rara a escala mundial, como es el caso del pez fartet y la malvasía cabeciblanca. Habitan el lugar también la ranita meridional, el galápago leproso, el pejerrey y más de un centenar de especies diferentes de aves.

La existencia de invernaderos, con aplicaciones de fertilizantes y plaguicidas en dosis seguramente altas, constituye un riesgo para el espacio protegido, que tiene unas tasas de eutrofización importantes.

PARADA 2. FUENTES DE MARBELLA

Los manantiales de las Fuentes de Marbella (Fig. 55A) se encuentran a unos 13 km al norte de la localidad de Adra por la carretera A-337 (dirección Berja), y a 165 m de altitud. Aparecen en la inmediata proximidad del cauce del río Adra. En general, se trata de una surgencia difusa, aunque pueden reconocerse algunos puntos más importantes de descarga; también existen en este enclave perforaciones de investigación que han resultado surgentes, lo que atestigua componentes verticales de flujo en relación con esta zona de descarga. Las aguas del manantial afluyen inmediatamente al río Adra e incrementan su caudal, aspecto que era particularmente patente en los periodos de estiaje antes de que la presa de Benínar comenzase a funcionar. Las aguas discurren bajo un puente metálico sobre el río Adra, en el que se puede leer un cartel indicador, y existe una estación de aforos (Fig. 52).

Estos manantiales constituyen la principal descarga del acuífero carbonatado de Turón-Peñarrodada (Complejo Alpujárride). Este acuífero se recargaba mayoritariamente a partir del río Adra, aunque tras la puesta en funcionamiento del embalse de Benínar se produce también alimentación a partir de filtraciones en dicho embalse (GARCÍA-LÓPEZ et al., 1996). Presentan un caudal medio de unos 500 l/s, aunque algunos años llega a superar con creces esta cifra (FERNÁNDEZ DEL RÍO et al., 1996) (Fig. 55D). En la figura 55C se representa un corte esquemático de este manantial, que surge en el contacto con esquistos de baja permeabilidad, que hacen de cierre impermeable (BENAVENTE y CASTILLO, 1989).

La calidad química de las aguas es relativamente peculiar para tratarse del drenaje de un acuífero carbonatado, aunque explicable por el hecho de que en el acuífero existen yesos intercalados. Además de carácter termal, registran salinidades del orden de 1,5 g/l y facies mixta cloro-sulfatada cálcica. Tales rasgos son bastante similares a los de otras surgencias representativas de acuíferos carbonatados alpujárrides próximos, como es el caso de los de Albuñol y Sierra de Lújar.

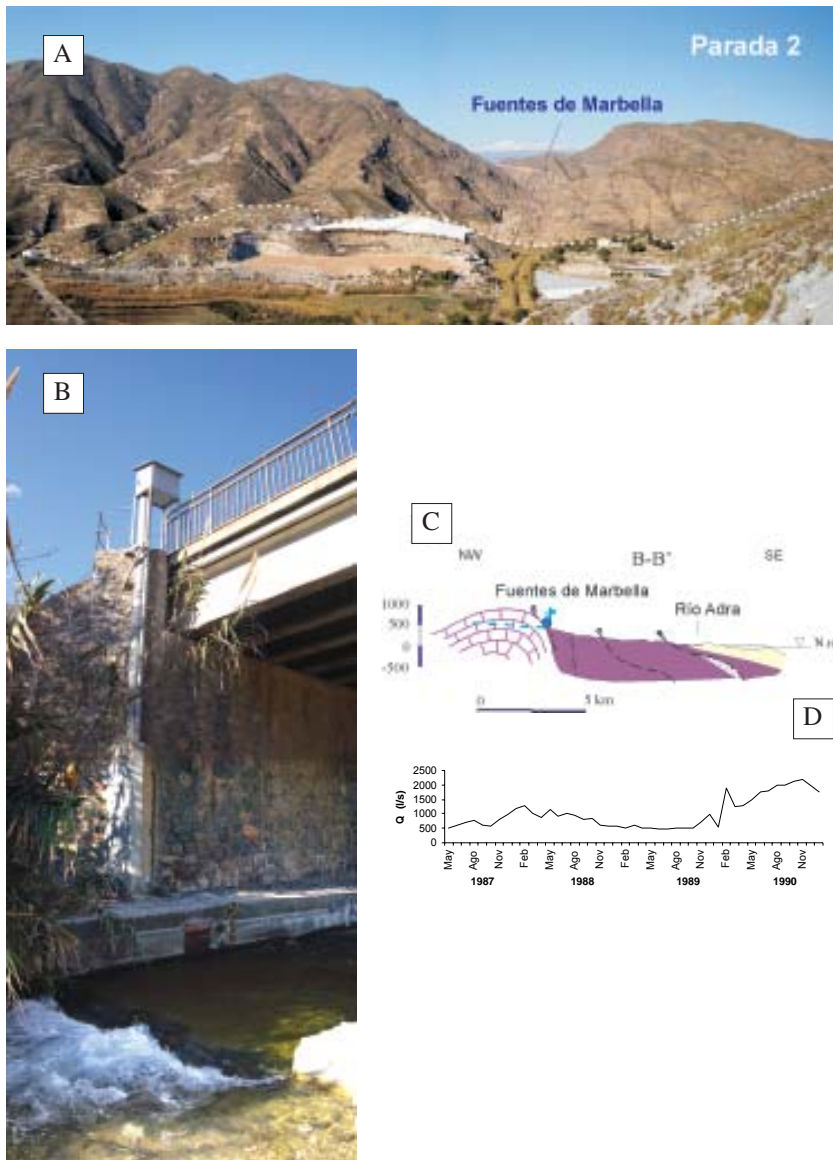


Figura 55. (A) Entorno del manantial de las Fuentes de Marbella; el trazado de puntos delimita el contacto de los materiales carbonatados triásicos, al fondo, y los micasquistos paleozoicos en primer término; (B) estación de aforos en el río Adra, aguas abajo del área de surgencia; (C) corte hidrogeológico esquemático de los manantiales de las Fuentes de Marbella (en figura 53; modificado de ITGE-JA, 1998) y (D) hidrograma de las Fuentes de Marbella (FERNÁNDEZ DEL RÍO et al.,1996)

El elevado caudal de las Fuentes de Marbella en relación con las aportaciones medias superficiales en ese punto, es la causa de que la calidad química del río Adra aguas abajo esté condicionada estrechamente por las de las aguas subterráneas recibidas. A su vez, como ya ha sido citado, es la calidad química de las aguas del río lo que condiciona el quimismo de gran parte del acuífero detrítico costero. Por otra parte, en sus aguas habita un curioso pez, el fartet, declarado en peligro de extinción.