

# Balance hídrico del acuífero del río Vélez (Málaga) en los años hidrológicos 1993/94 y 1994/95

Water balance in the river Vélez aquifer (Málaga) during the hydrological years 1993/94 and 1994/95

J.L. García-Aróstegui (\*), M.C. Hidalgo-Estévez (\*\*) y J.J. Cruz-Sanjulián (\*)

(\*) Instituto del Agua. Universidad de Granada. c/ Rector López-Argüeta, s/n. 18071 Granada.

(\*\*) Dept. Geología. E. U. P. Linares. Universidad de Jaén. c/ Alfonso X el Sabio, 28, 23700 Linares.

## ABSTRACT

Water balances in the Vélez river aquifer have been carried out for the hydrological years 1993/94 and 1994/95. Accurate evaluation of fresh-water inputs and outputs from the detrital aquifer indicates that it has been over-exploited during this period, resulting in a considerable decline in the potentiometric surface and the advance of saltwater intrusion in the coastal sector of this aquifer.

**Key words:** water resources management, fresh water balance, river Vélez aquifer.

*Geogaceta*, 25 (1999), 79-81  
ISSN: 0213683X

## Introducción

La gestión de los recursos hídricos de la cuenca de los ríos Vélez y Benamargosa, que incluye el uso conjunto de aguas superficiales (reguladas mediante el embalse de La Viñuela) y aguas subterráneas (explotación del acuífero de Vélez), requiere una evaluación detallada de los recursos y reservas del sistema acuífero.

En este trabajo se evalúan todos los componentes del balance hídrico del acuífero de Vélez y se presentan los resultados obtenidos para cada uno de ellos en los años hidrológicos 1993/94 y 1994/95.

## Entradas al sistema acuífero

*Aportes superficiales por los cauces regulados por el sistema del embalse de La Viñuela:*

La existencia de estaciones de aforo aguas abajo de las obras de regulación de los principales cauces permite conocer con detalle las aportaciones superficiales al acuífero desde los ríos Vélez, Benamargosa y Rubite. A estas aportaciones al acuífero hay que añadir también las correspondientes a los desembalses desde la presa de La Viñuela (Tab. 1).

Tras la puesta en servicio de la presa de La Viñuela, en 1989, los desembalses al cauce del río Vélez han constituido casi la única recarga del acuífero. Como se puede observar en la tabla 1, estos desembalses

han supuesto una aportación significativa durante los dos años hidrológicos considerados (en torno al 20% del total de las entradas en 1993/94 y el 50% en 1994/95).

*Entradas superficiales por las subcuencas laterales:*

Agua abajo de los puntos de trasvase y de las subcuencas controladas por las estaciones de aforo, existe una porción no regulada de la cuenca del río Vélez, con una superficie de 136 km<sup>2</sup> (Fig. 1). Las entradas por este concepto se han evaluado a partir de los cálculos de lluvia útil diaria (García-Aróstegui, 1998). Dado que los materiales que bordean al acuífero son bastante impermeables (metapelitas, limos y arcillas), se ha considerado que el volumen total de lluvia útil caída sobre éstos llega como escorrentía hasta el acuífero de Vélez. La escasez de precipitaciones durante el periodo considerado hizo que estas entradas laterales fuesen muy reducidas, ya que sólo en el mes de noviembre de 1993 se generó una lluvia útil de 45 mm. En consecuencia, la aportación de las subcuencas laterales se limitó a 6,1 hm<sup>3</sup> en el año 1993/94 y fue nula en 1994/95.

*Recargas subterráneas:*

Se han estimado las recargas subterráneas procedentes del borde norte del acuífero, a través de los ríos Vélez, Rubite y Benamargosa. Para ello, se ha aplicado la ley de Darcy a las secciones establecidas

a partir de los cortes geológicos del acuífero teniendo en cuenta los datos piezométricos disponibles en los puntos más cercanos a la sección. El gradiente hidráulico se ha obtenido a partir de la diferencia de nivel piezométrico entre dos puntos próximos a la sección y situados en la misma línea de flujo. Los valores de permeabilidad utilizados fueron estimados a partir de ensayos de bombeo realizados en 1984 y 1985 (CHSE, 1987).

Las cifras de las entradas subterráneas anuales corresponden a la suma de los valores obtenidos para cada uno de los meses incluidos en el estudio, dado que las medidas de nivel piezométrico se han efectuado con dicha periodicidad (García-Aróstegui, *op. cit.*). Las entradas subterráneas por los aluviales de los ríos Vélez y Rubite (Tab. 1) fueron muy parecidas en los dos años considerados (0,4 y 0,2 hm<sup>3</sup>/año, respectivamente), en tanto que la recarga subterránea por el río Benamargosa fue prácticamente inexistente en el año 1994/95.

*Infiltración de la precipitación sobre el acuífero:*

Al igual que para el cálculo de las entradas superficiales por las subcuencas menores, en la estimación de la infiltración de la lluvia útil caída sobre el propio acuífero se han tenido en cuenta los cálculos de excedentes diarios de agua. Solamente las precipitaciones registradas en noviembre de 1993 dieron lugar a una en-

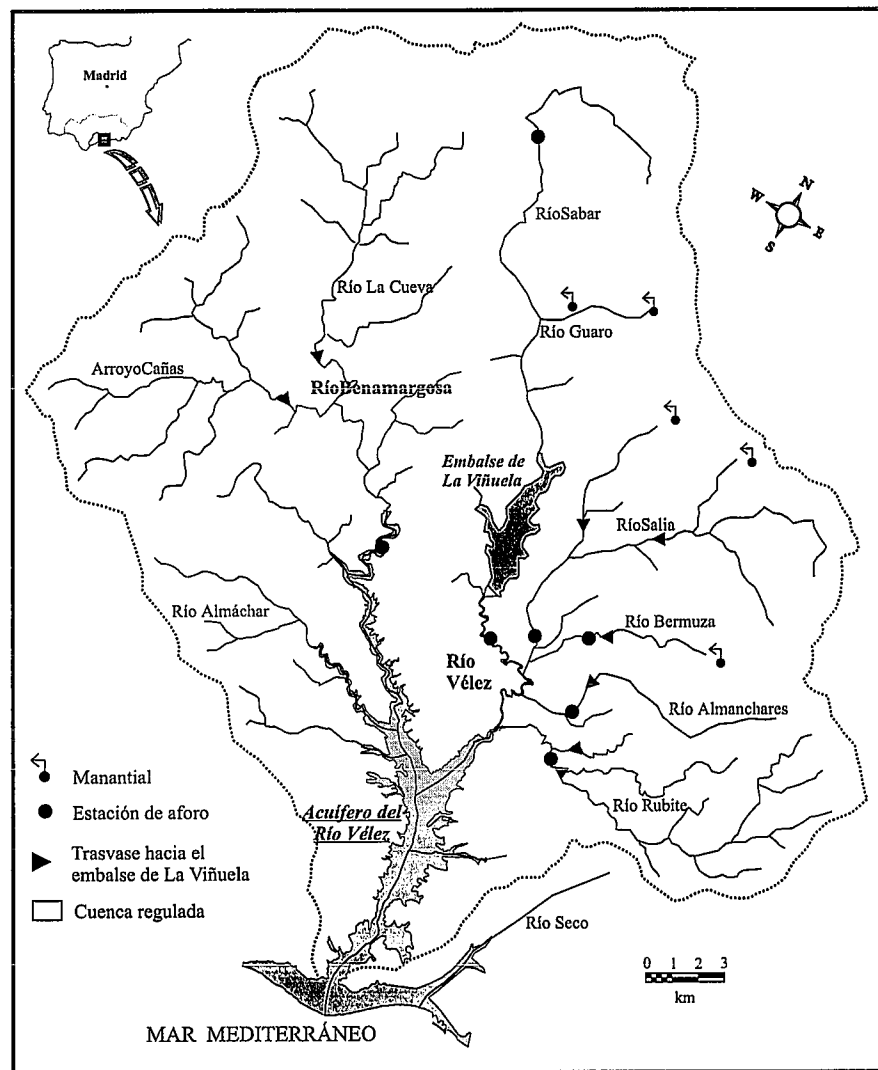


Fig. 1.- Cuenca hidrográfica de los ríos Vélez y Benamargosa y localización del acuífero aluvial.

Fig. 1.- Hydrographical basin of the rivers Vélez and Benarmargosa and location of the alluvial aquifer.

ción al año anterior, debido a la entrada en funcionamiento en agosto de 1994 del canal de abastecimiento del embalse de La Viñuela.

*Salidas superficiales:*

Hay que distinguir entre las que se efectúan por el río Vélez (estimadas a partir de los aforos mensuales realizados en la propia desembocadura del río) y las que se realizan por el sistema de acequias (obtenidas a partir del control mensual de los caudales derivados en cada una de las mismas). La descarga superficial al mar ha sido muy escasa en 1993/94 (0,77 hm<sup>3</sup> por el río y 3,23 hm<sup>3</sup> por acequias) y nula en 1994/95.

*Salidas subterráneas:*

La descarga subterránea del sistema se produce a lo largo de la línea de costa. Las estimaciones se ven dificultadas por la presencia, en el sector deltaico, de dos niveles acuíferos superpuestos. El cálculo de esta componente del balance hídrico se ha realizado en cada nivel acuífero aplicando la ley de Darcy; para ello se han considerado los datos mensuales relativos a gradientes hidráulicos registrados en piezómetros ranurados en uno y otro nivel. La descarga subterránea anual (Tab. 1) se ha obtenido a partir de la suma de las descargas en aquellos meses con gradientes hidráulicos positivos (salidas subterráneas de agua dulce).

**Resultados del balance hídrico y estimación del volumen de agua almacenada**

Los resultados obtenidos para el balance hídrico en los dos años hidrológicos considerados, conforme a los métodos y fuentes expuestos con anterioridad, indican que, tanto en 1993/94 como 1994/95, las salidas superaron a las entradas. En el caso del año 1994/95 los niveles piezométricos experimentaron descensos importantes, de modo que se redujo considerablemente el volumen de acuífero saturado, efecto debido a que el año anterior resultó bastante deficitario en agua.

Por otra parte, se ha procedido al cálculo del volumen de agua subterránea almacenado en cada uno de los meses de estudio. Dado que las entradas al sistema deben coincidir aproximadamente con la suma de las salidas y la variación de reservas en el periodo de tiempo considerado, este cálculo aporta otro criterio para evaluar la fiabilidad del balance hídrico. En la tabla 2 se muestran los resultados obtenidos. En las condiciones más desfavorables, el volumen de material saturado

trada al acuífero por infiltración directa de la precipitación de 0,8 hm<sup>3</sup> (Tab. 1).

*Retornos de riego:*

De forma general, cabe distinguir entre el riego con aguas de las 10 acequias existentes en el sector o con agua subterránea extraída del acuífero. En el primer caso, se utilizan mayores dotaciones de agua, ya que buena parte de ésta procede de las aguas que circulan por el río y el riego se hace a manta. En los riegos efectuados con aguas subterráneas las dotaciones aplicadas son menores, ya que la técnica de riego suele ser el goteo. En la tabla 1 se resumen los retornos de riego evaluados.

**Salidas del sistema acuífero**

*Extracciones por bombeo:*

En el acuífero del río Vélez no es posible aplicar métodos directos de estima-

ción de la explotación, ya que sólo 9 de los 428 aprovechamientos que funcionan habitualmente tienen instalado un contador volumétrico (CHSE, 1997), por lo que ha sido necesario recurrir a métodos indirectos. En el año hidrológico 1993/94, la estimación de la explotación por bombeo del acuífero se ha basado en el cierre del balance hídrico, aunque se han tenido en cuenta las superficies y dotaciones de riego existentes en la actualidad. El volumen correspondiente a las extracciones se ha cifrado en 28 hm<sup>3</sup> para uso agrícola y 11 hm<sup>3</sup> para abastecimiento. Por otra parte, la realización de un inventario de puntos de agua en agosto de 1995 (García-Aróstegui, 1998) ha permitido cifrar en 28 hm<sup>3</sup> las extracciones totales por bombeo en el año hidrológico 1994/95 (Tab. 1). En este caso, la explotación del acuífero para abastecimiento se redujo considerablemente, en compara-

AÑOS HIDROLOGICOS CONSIDERADOS			93/94	94/95	
Entradas hm <sup>3</sup> /año	Superficiales	Río Vélez	6.96	0.76	
		Río Rubite	2.06	0.17	
		Río Benamargosa	9.61	0.00	
		Desembalses	8.22	3.13	
		Resto de subcuencas (laterales)	6.13	0.00	
	Subterráneas	Río Vélez	0.45	0.44	
		Río Rubite	0.22	0.22	
		Río Benamargosa	0.23	0.00	
	Precipitación útil sobre acuífero			0.83	0.00
	Retornos de riegos	Riego con aguas superficiales derivadas por las acequias		0.16	0.00
Riegos con aguas residuales		0.16	0.16		
Riegos con aguas Subterráneas		Riego dentro del acuífero	0.71	0.71	
		Fuera acuífero	0.22	0.22	
Salidas hm <sup>3</sup> /año	Superficiales	Río Vélez al mar		-0.77	0.00
		Acequias	Almayate	-0.34	0.00
			Torre del Mar	-0.34	0.00
			Resto	-2.88	0.00
	Subterráneas	Acuífero superficial delta		-0.05	-0.15
		Acuífero profundo delta		-0.02	-0.43
	Explotación por bombeo	Uso agrícola		-28.12	-27.30
Abastecimiento		-11.34	-0.56		

Entradas totales de agua dulce al acuífero (hm <sup>3</sup> /año)	36	6
Salidas totales de agua dulce del acuífero (hm <sup>3</sup> /año)	-44	-28
Diferencia (hm <sup>3</sup> /año)	-8	-23

Tabla 1.- Balances hídricos del acuífero del río Vélez para los años hidrológicos 1993/94 y 1994/95.

Table 1.- Water balances in the river Vélez aquifer for the hydrological years 1993/94 and 1994/95.

resulta ser de 275 hm<sup>3</sup>; si se acepta un coeficiente de almacenamiento del 5%, el volumen de agua subterránea almacenado es de unos 14 hm<sup>3</sup>. En octubre de 1993 y septiembre de 1994, el volumen de agua almacenado es el mismo, 14 hm<sup>3</sup>, aunque, según el balance hídrico, este último año finaliza con un déficit de -8 hm<sup>3</sup>. Tal diferencia no puede ser debida sólo a errores de cálculo en los componentes del balance hídrico, sino que también puede deberse a que una parte de ese volumen de agua subterránea se encuentra en el sector deltaico del acuífero y puede ser agua del mar. De hecho, en marzo de 1994 el contenido en cloruros superaba el valor de 500 mg/l incluso en captaciones localizadas a 1 km de la costa (García-Aróstegui et al., 1996). Las escasas diferencias entre el volumen almacenado en octubre de

1994 y en julio de 1995 deben responder a esta misma razón.

### Conclusiones

La escasa pluviometría registrada en la comarca de Vélez-Málaga durante el periodo 1993-95, unida a la disminución de los aportes superficiales al acuífero de Vélez tras la entrada en funcionamiento de la presa de La Viñuela, supuso una reducción importante de la recarga del citado acuífero. Por ello, y pese a que en 1994 el volumen de extracciones por bombeo se redujo considerablemente respecto al año anterior, se obtienen balances hídricos deficitarios en el acuífero detrítico de Vélez, cifrados en -8 hm<sup>3</sup> y -23 hm<sup>3</sup> para 1993/94 y 1994/95, respectivamente. A consecuencia del importante

	Volumen de material acuífero saturado (hm <sup>3</sup> )	Volumen de agua almacenado (hm <sup>3</sup> )
Octubre 93	275.0	14
Noviembre 93	354.6	18
Enero 94	372.5	19
Febrero 94	384.7	19
Marzo 94	395.8	20
Abril 94	412.0	21
Mayo 94	399.1	20
Junio 94	364.6	18
Julio 94	315.6	16
Agosto 94	299.9	15
Septiembre 94	277.9	14
Octubre 94	290.1	15
Noviembre 94	292.8	15
Diciembre 94	284.6	14
Enero 95	274.8	14
Febrero 95	277.1	14
Marzo 95	282.4	14
Abril 95	286.2	14
Julio 95	262.3	13
Caso de N.P. máximo histórico	477.2	24
Volumen de material acuífero	530.7	27

Tabla 2.- Volúmenes mensuales de material acuífero saturado y de agua almacenada en el acuífero (años 1993/94 y 1994/95).

Table 2.- Monthly volumes of saturated aquifer material and stored freshwater in the aquifer (years 1993/94 and 1994/95).

consumo de las reservas del acuífero, se evidencian los efectos de la sobreexplotación, que produjo un avance manifiesto de la intrusión marina en el sector costero.

### Referencias

- C.H.S.E. (1987): *Proyecto 12/87*. Dirección General de Obras Hidráulicas.  
 C.H.S.E. (1997): *Asistencia técnica para el seguimiento, conservación y explotación del estudio hidrológico de los ríos Vélez y Benamargosa (Málaga) y control de su calidad*. Comisaría de Aguas del Sur de España.  
 García-Aróstegui, J.L. (1998): *Tesis Doctoral*, Univ. Granada, 377 pp.  
 García-Aróstegui, J.L., Hidalgo, M.C. y Cruz-Sanjulián, J. (1996): *Geogaceta*, 20(6), 1277-1280.