

# Deterioro de la calidad de las aguas subterráneas en el acuífero del Río Vélez en el período 1985-1994 (Málaga, España)

*Groundwater quality deterioration in the River Vélez aquifer from 1985 to 1994 (Málaga, España)*

J.L. García Aróstegui (\*), J.J. Cruz San Julián (\*), M.C. Hidalgo Estévez (\*\*) y F. Carrasco Cantos (\*\*\*)

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

(\*\*) Departamento de Geología, E.U.P. Linares, Universidad de Jaén, 23700 Linares.

(\*\*\*) Departamento de Geología y Ecología, Facultad de Ciencias, Universidad de Málaga, 19071 Málaga.

## ABSTRACT

The River Vélez alluvial and delta deposits constitute one of the most important detrital aquifers on the south basin of Spain, given that its development provides water for urban consumption and productive agriculture. The setting up of Viñuela reservoir in the higher basin has caused a decrease of the aquifer recharge. In addition, the persistent drought and the increasing exploitation of aquifer resources have produced a fall in piezometric levels accompanied by groundwater quality deterioration. A rise on nitrate concentration and a progression of saline intrusion are the main consequences of this 1985-1994 evolution.

**Key words:** coastal aquifer, hydrogeochemistry, groundwater pollution, nitrates.

Geogaceta, 20 (6) (1996), 1277-1280  
ISSN:0213683X

## Introducción

El acuífero de Vélez está situado a unos 25 km al Este de la ciudad de Málaga, en la comarca de la Axarquía. La superficie del acuífero (20.4 km<sup>2</sup>) corresponde a la cuenca baja de los ríos Vélez y Benamargosa y pertenece en un 96% al término municipal de Vélez Málaga y el 4% restante, casi en su totalidad, al de Benamargosa. En esta región existe una intensa actividad agrícola: la superficie total de riego supera ampliamente las 4000 ha, de modo que más de la mitad de los cultivos se sitúan fuera de la superficie del acuífero.

El acuífero Cuaternario de los ríos Vélez y Benamargosa está constituido por depósitos aluviales de gravas, arenas y, en menor proporción, arcillas. La permeabilidad está comprendida entre 307 y 29 m/día (CHSE, 1987). El sustrato impermeable está constituido esencialmente por esquistos alpujarridos y maláguides, y por materiales limo-arcillosos del Plioceno en otros sectores. En la desembocadura del río Vélez se ha desarrollado, con posterioridad al siglo XVI, un pequeño delta (Schulz, 1983).

La recarga del acuífero en el año hidrológico 1984-1985 se estimó en 33.4 hm<sup>3</sup>, de los que 28 hm<sup>3</sup> procedían de re-

carga superficial a partir de los ríos. Las salidas en el mismo período totalizaron 57.8 hm<sup>3</sup>, de los que 39.4 hm<sup>3</sup> correspondían a bombeos y 18.4 hm<sup>3</sup> a la descarga

superficial, mientras que el flujo subterráneo al mar fue de 1.46 hm<sup>3</sup> (CHSE, 1987). La demanda, en este año hidrológico, se estimó en unos 6 hm<sup>3</sup>/año para

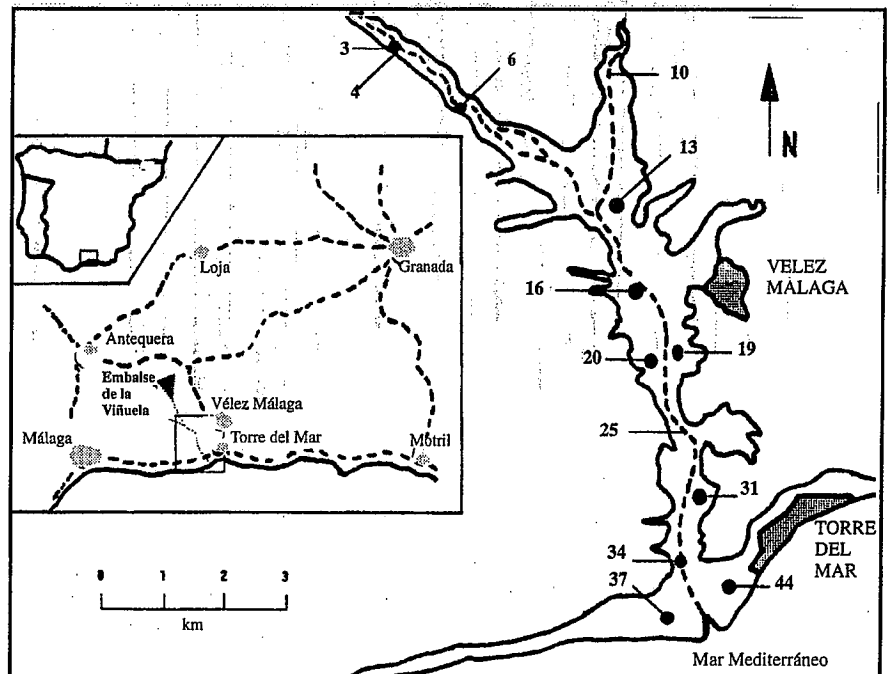


Fig. 1.- Situación geográfica del acuífero del Río Vélez y localización de las muestras analizadas.

Fig. 1.- Geographical setting of the Río Vélez aquifer and location of the analysed samples.

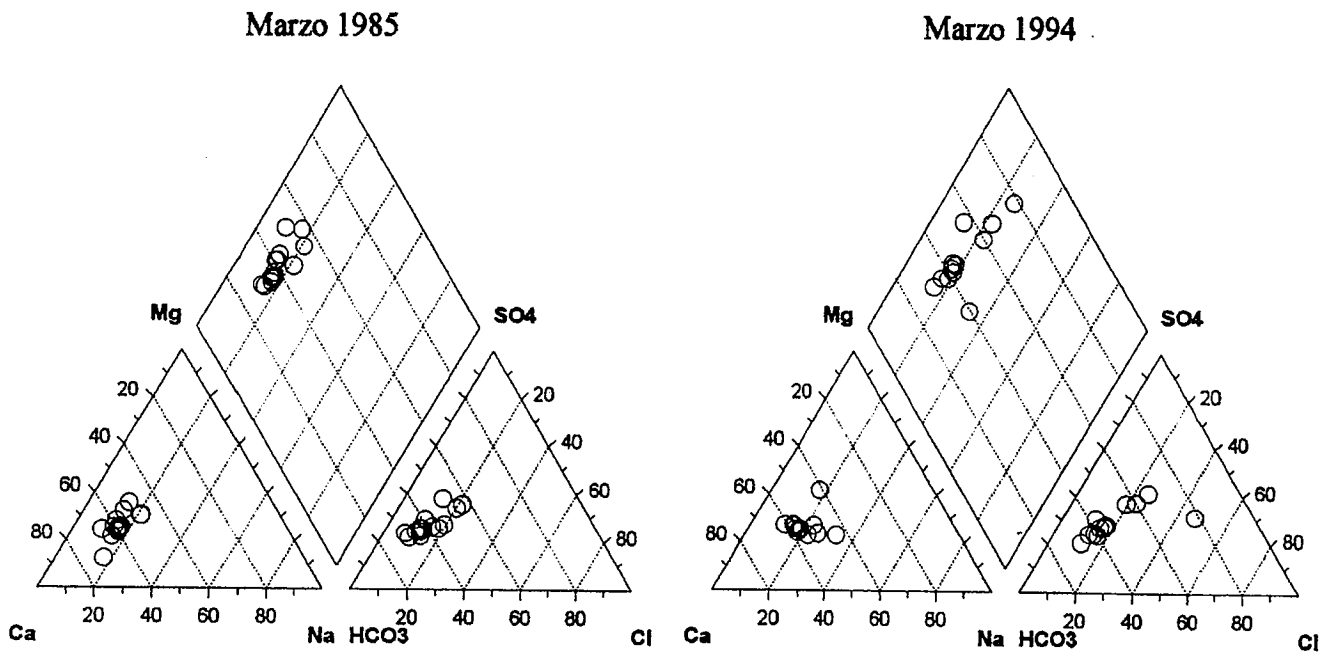


Fig. 2.- Representación de las facies hidroquímicas de las muestras analizadas mediante diagrama de Piper.

Fig. 2.- Piper's diagram showing the different hydrochemical facies of the analysed samples.

y Eh. Estos resultados permiten establecer una comparación entre la actual calidad del agua subterránea (Marzo de 1994) y la revelada por los análisis realizados sobre muestras recogidas en Marzo de 1985.

**Hidrogeoquímica**

Las muestras de agua del sector aluvial del acuífero detrítico del río Vélez, representadas en el diagrama de Piper de la figura 2, tienen una facies bicarbonatada cálcico-magnésica. En la zona del delta las aguas evolucionan desde bicarbonatadas cálcicas a cloruradas sódicas, según estén o no afectadas por la intrusión marina.

En las figuras 3, 4 y 5 se presentan los histogramas de conductividad, nitratos y cloruros en Marzo de 1985 y 1994. La comparación de dichos datos pone de manifiesto que en el acuífero aluvial la salinidad del agua en 1985 es parecida e incluso algo mayor a la registrada en 1994, en tanto que el contenido en nitratos ha sufrido un incremento importante en esta última fecha. La calidad del agua de recarga del acuífero aportada por los ríos Benamargosa y Vélez corresponde a los puntos 2 y 13, respectivamente, y se puede observar que es prácticamente idéntica en ambos muestreos. Por otra parte, la zona del delta se ha visto muy afectada por la intrusión marina, lo que se traduce en un importante aumento del

consumo humano, íntegramente de origen subterráneo, y unos 41 hm<sup>3</sup>/año para riego, de los que 33.4 hm<sup>3</sup>/año eran subterráneos (Escolano y Carrasco, 1988). Desde 1989, la recarga del acuífero está regulada artificialmente por la presa de la Viñuela, ubicada en el sector de cabecera del río Vélez (Fig. 1). El acuífero se recarga gracias a los desembalses y, en menor proporción, a la precipitación en la cuenca aguas abajo de la Viñuela y de la presa de derivación del río Benamargosa.

Hasta Agosto de 1994, los núcleos de población más importantes que se abastecían del acuífero eran Benamargosa, Benamocarra y Vélez Málaga. En conjunto, la población de estos núcleos sobrepasa los 60000 habitantes, cifra que en verano puede duplicarse. Con la entrada en funcionamiento de un canal de abastecimiento desde la presa de la Viñuela, en la fecha anteriormente mencionada, han sido las aguas superficiales las utilizadas de forma progresiva para el abastecimiento de la población.

En Marzo de 1985, la CHSE realizó un muestreo en 23 puntos del acuífero, de los cuales 14 se han vuelto a muestrear en Marzo de 1994 (Fig. 1), junto con otros 30 nuevos puntos de control. Durante esta última campaña se han determinado en laboratorio los contenidos en constituyentes mayoritarios, nitrógenados, fosfatos y boro, además de realizar in situ medidas de temperatura, conductividad, pH

contenido en cloruros (Fig. 5).

Los gráficos de las figuras 3, 4 y 5 equivalen a perfiles hidroquímicos a lo largo del flujo subterráneo. Como puede observarse, las mineralizaciones más débiles corresponden a la zona del río Vélez antes de la confluencia con el río Benamargosa, que presenta una mineralización más alta. A partir de la confluencia de ambos ríos aumenta fuertemente la conductividad de las aguas, hasta alcanzar los valores máximos en el seno de los materiales deltaicos, ya que el acuífero se ve afectado por la intrusión marina.

Por lo que respecta a la distribución espacial del contenido en nitratos, en la figura 6 se pueden identificar aquellas zonas del acuífero más contaminadas en el mes de Marzo de 1994. La mayor concentración se alcanza en el área central del acuífero (307 mg/l, punto 20), aguas arriba del sector en el que los afloramientos de materiales paleozoicos producen una disminución considerable de la anchura de los materiales permeables (Fig. 1). Este sector es objeto de un intenso aprovechamiento agrícola, con fuertes aportes de abonos nitrogenados y riego por inundación.

Por otro lado, también se detectan altos contenidos en nitratos en el sector deltaico, probablemente ligados a la transformación de los cultivos tradicionales de caña de azúcar en cultivos hortícolas intensivos. Sin embargo, el foco principal

de contaminación de las aguas en este sector radica en la salinización debida a la intrusión marina: son frecuentes las pérdidas de cosechas por riego con agua con salinidad superior a 5 g/l.

**Calidad de las aguas**

El deterioro de la calidad del agua para consumo humano se debe fundamentalmente al incremento del contenido en nitratos experimentado entre 1985 y 1994. De los cinco pozos muestreados que bombean agua para abastecimiento (puntos 2, 6, 13, 31 y 34), sólo dos presentan en la actualidad afecciones significativas. En el punto 31 (utilizado hasta Agosto de 1994 como parte del abastecimiento a Torre del Mar) la característica hidroquímica más preocupante es la relativa a las altas concentraciones de nitratos, superiores al límite de 50 mg/l establecido por la R.T.S. de 1991. Por otro lado, el bombeo en el punto 34 ha favorecido el progreso de la intrusión marina, hasta el extremo de que la captación llegó a ser afectada por la salinización del agua antes de interrumpirse la extracción, a principios de 1994.

En cuanto a la calidad del agua para usos agrícolas, se ha considerado la clasificación del U.S. Salinity Laboratory Staff, basada en la conductividad eléctrica en ms/cm (a 25°C) y en el índice S.A.R. La mayor parte de las muestras quedan englobadas dentro del grupo C3S1, esto es, aguas con un peligro alto de salinización del suelo y bajo de alcalinización.

En lo que concierne al boro, los contenidos registrados no plantean problemas de fitotoxicidad, al quedar muy por debajo de 3 mg/l.

**Conclusiones**

Tradicionalmente ha existido circulación superficial en los ríos Vélez y Benamargosa, pero la entrada en funcionamiento de la presa de la Viñuela y la prolongada sequía, unidas a la proliferación de numerosos puntos de bombeo en el acuífero, han provocado que los niveles piezométricos experimenten un apreciable descenso hasta los valores mínimos de los que existe registro. La reducción de las aportaciones está derivando, en determinados sectores, hacia un aumento de la salinidad de las aguas debido al ciclo de extracción-evaporación-concentración-infiltración-extracción.

La contaminación de las aguas subterráneas en el acuífero del río Vélez está relacionada fundamentalmente con

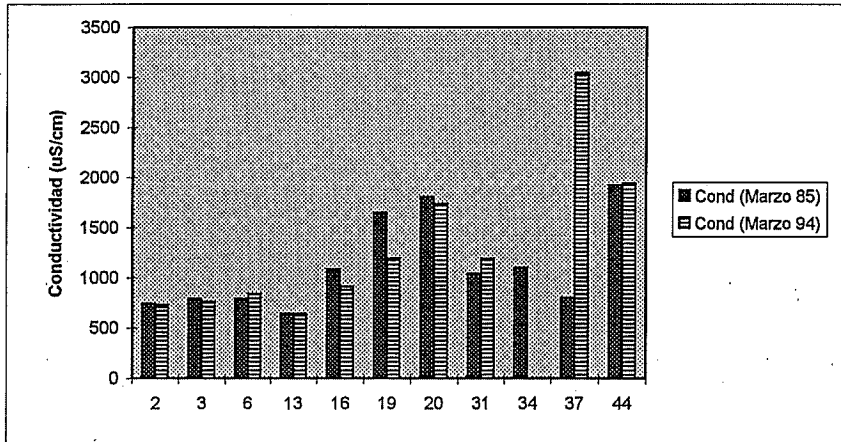


Fig. 3.- Evolución de la conductividad eléctrica.

Fig. 3.- Evolution of electric conductivity.

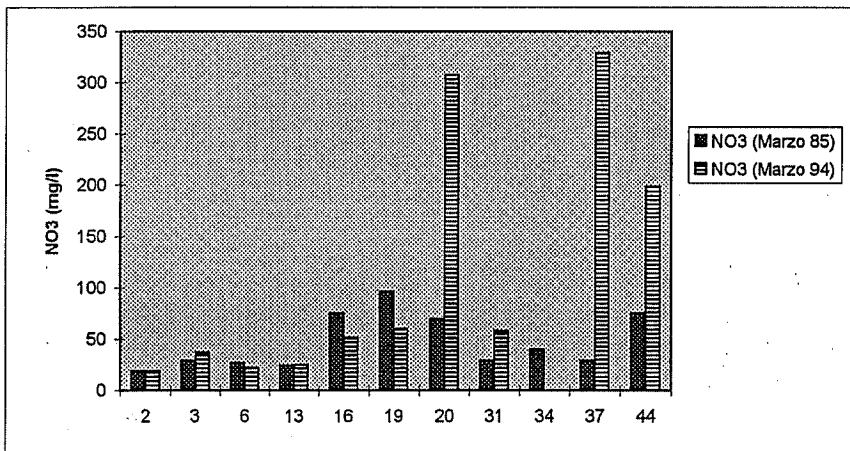


Fig 4.- Evolución del contenido en nitratos.

Fig. 4.- Evolution of nitrate contents.

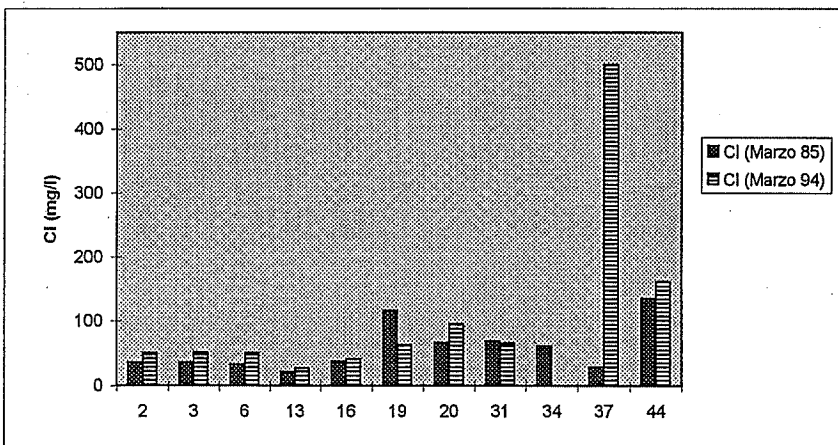


Fig. 5.- Evolución del contenido en cloruros.

Fig. 5.- Evolution of chloride contents.

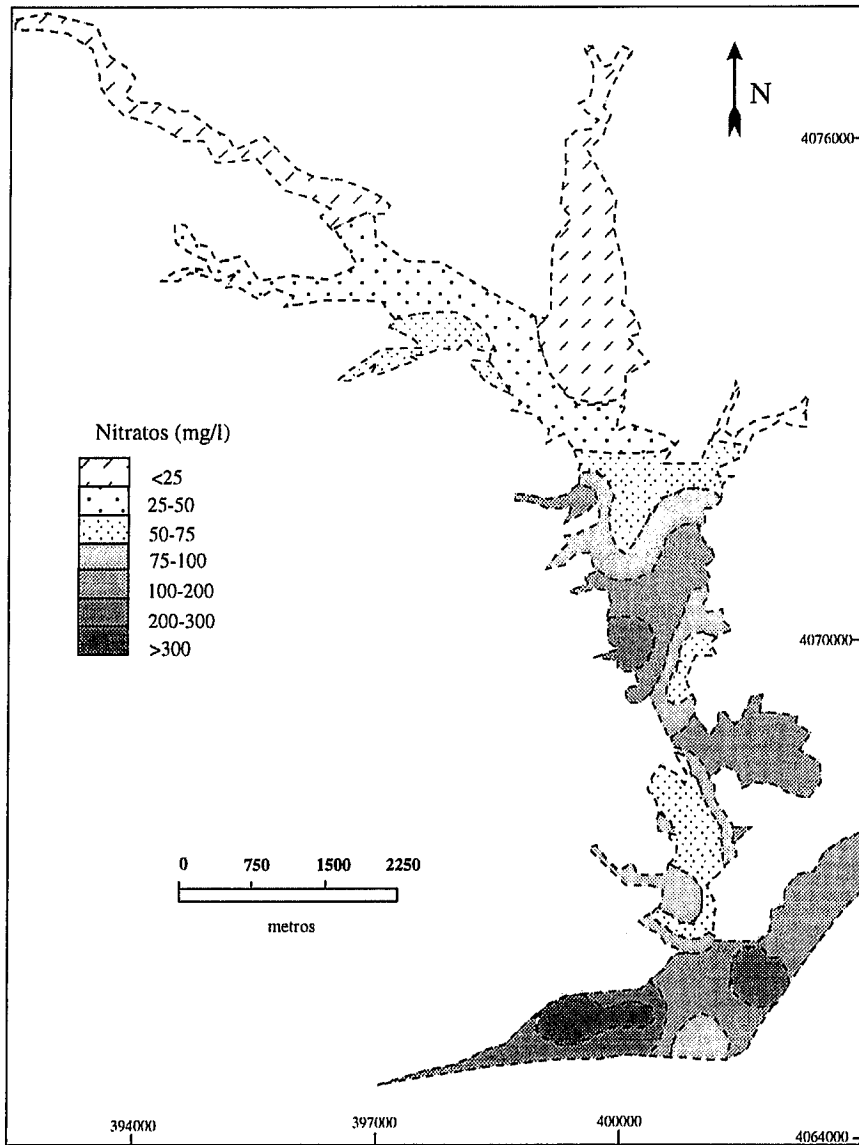


Fig. 6.- Mapa de isocontenidos en nitratos (mg/l) para Marzo de 1994.

Fig. 6.- Distribution of groundwater nitrate contents (mg/l) in March 1994.

las actividades agrícolas y con la intrusión marina. El acuífero está contaminado por nitratos de forma generalizada, desde unos kilómetros aguas abajo de la confluencia de los ríos Vélez y Benamargosa hasta la desembocadura del río Vélez. La intrusión marina afecta al acuífero hasta el sector en el que está situado el pozo número 34 (a un kilómetro de la costa), aunque la salinización resulta ser mayor en la margen derecha del río que en la izquierda. En esta última los valores de conductividad del agua no han experimentado apenas aumento respecto a los registrados en 1985.

**Referencias**

CHSE, 1987. *Proyecto 12/87*. Dirección General de Obras Hidráulicas.  
 Escolano, A. y Carrasco, F., 1988. *Tecnología de la Intrusión en Acuíferos Costeros*. Almuñécar (Granada), 267-286.  
 Müller, H., 1992. *Dipl. Arbeit FU Berlin*. 50 S. Berlín (unveröff).  
 Navarrete, P., Marín, A., Escolano, A., Albert J.F., Niñerola, S. y Pinós, J., 1986. *II Simposio sobre el agua en Andalucía*, vol. II, 135-150.  
 Rusch, K., 1993. *Dipl. Arbeit. Freie Universität Berlin*. 57 S.  
 Schulz, H.D., 1983. *Rev. Madrider Mitteilungen*, 24, 59-64.