

# Aporte de solutos por cursos superficiales a la laguna de Fuente de Piedra (Málaga)

Solute contributions from streamwater to the Fuente de Piedra lake (Málaga)

J. Benavente, J. Reyes y M. Rodríguez

Instituto del Agua. Universidad de Granada. C/ Rector López Argüeta, s/n. 18071 Granada

## ABSTRACT

The abnormally wet conditions of the 1996 and 1997 years have induced the streamwater flow to the Fuente de Piedra salt lake (Málaga). Samples of water from the main streams have been collected and analysed, showing different hydrochemical features which reflect natural (lithology) and anthropogenic (sewage) influences. The input of salts to the lake system from the streamwater during the 1996 - 1998 period is responsible of an average content of around 2 g/l. This is far less than the observed salinity, suggesting other sources as the main causes for the mineralisation of the lake water.

**Key words:** streamwater chemistry, sewage, solute budget, Fuente de Piedra salt lake.

Geogaceta, 24 (1998), 51-54  
ISSN: 0213683X

## Introducción. Objetivos y métodos

La laguna salada de Fuente de Piedra, situada al norte de la provincia de Málaga, es una de las mayores de España, con casi 14 km<sup>2</sup> de superficie inundable y 150 km<sup>2</sup> de cuenca vertiente (Fig. 1).

Debido a su localización en un área de clima mediterráneo con tendencia semiárida, el régimen de la laguna comprende una fase de almacenamiento de agua, generalmente en invierno y primavera, y otra de secado estival, que se prolonga más o menos entrado el otoño de acuerdo con la distribución pluviométrica de cada año hidrológico concreto. Esta última fase suele ir acompañada del depósito de una costra salina (Rodríguez Jiménez *et al.*, 1993).

El año 1996-97 ha supuesto una anomalía en dicho funcionamiento, como consecuencia de las importantes aportaciones pluviométricas invernales (391 mm en diciembre y enero, cuando la media de esos dos meses es de unos 110 mm y la media anual de unos 440 mm). Como consecuencia de ello, la laguna no se ha secado durante el periodo de estiaje, sino que ha mantenido una lámina de agua de aproximadamente 1,2 m. Esta situación no se registraba desde el verano de 1990, debido a las importantes aportaciones de finales de 1989.

El régimen de los arroyos que vierten a la laguna es muy irregular, de manera que las aportaciones son prácticamente nulas si el año es de pluviometría baja o media. Solo en años de pluviosidad elevada pueden mantener caudales medibles y susceptibles de ser muestreados con fines hidroquímicos. Este tipo de información es la que constituye el objeto del presente trabajo. Se pretende con ello obtener una aproximación cuantitativa del aporte total de solutos a la laguna procedente del flujo superficial canalizado hacia la misma. Existe, además, un flujo subterráneo hacia la laguna, caracterizado por un incremento progresivo en la mineralización a medida que se consideran secciones más próximas a la misma (Linares, 1990). En particular, en los sectores de borde es patente la transición entre este tipo de aguas y la salmuera subyacente a la laguna (Benavente *et al.*, 1993).

El único antecedente respecto al quimismo de las aguas de superficie corresponde al muestreo (constituyentes mayoritarios) realizado en febrero de 1990 al final de los principales arroyos por F. Carrasco e I. Gavilán, de la Universidad de Málaga. Estos datos son analizados en el trabajo de Almécija (1997). Destaca la variabilidad de facies hidroquímicas identificadas y las diferencias en mineralización (conduc-

tividad entre 1.7 y 3.5 mS/cm).

En la figura 1 se incluye la situación de los puntos de muestreo y sus toponímicos. El área vertiente a los puntos 5, 7 y 8 es comparativamente despreciable respecto a los demás. Las escasas aportaciones de estos tres cursos se deben a pequeñas surgencias. En los puntos 3 y 9 existe influencia de las aguas residuales de los núcleos urbanos de Fuente de Piedra y Humilladero, respectivamente.

Con la excepción de la cuenca del arroyo de Arenales (nº 6), en la que afloran materiales margosos paleógenos, la litología predominante en el área corresponde a materiales arcillosos triásicos con evaporitas, los cuales afloran al sur de la laguna y al noreste del núcleo de Fuente de Piedra. En el resto del área tales materiales se encuentran cubiertos por depósitos neógenos (areniscas calcáreas) y cuaternarios (aluviones) poco potentes. En el extremo oriental de la cuenca afloran materiales carbonatados jurásicos.

Se han efectuado medidas "in situ" (conductividad, pH y contenido en oxígeno disuelto) en los puntos de muestreo en distintas ocasiones desde finales de diciembre de 1996 a finales de febrero de 1998. También se han tomado muestras para analizar constituyentes químicos mayoritarios y algos



minoritarios y trazas. Estos análisis se han llevado a cabo mediante cromatografía iónica, espectrofotometría previa digestión (N y P) y absorción atómica (metales) en el laboratorio del Instituto del Agua de la Universidad de Granada.

**Resultados y discusión.**

En la tabla 1 se sintetizan los resultados de las variables registradas "in situ" y en la tabla 2 los principales datos analíticos obtenidos. Se advierte, en primer lugar, que la mineralización de las aguas de los arroyos varía según la localización de éstos. También se identifican variaciones significativas de la

	Fecha	Punto en el que se realiza la medida								
		1	2	3	4	5	6	7	8	9
<b>C.E (mS/cm)</b>	26/12/96	3,5	2,6	3,6	3,8	3,1	1,5		2,2	1,8
	16/01/97	3,1	3,1	2	3,7	1,4	1,3		2,1	2,2
	28/08/97							3,8		
	10/10/97			1,1			1,4			3,1
	18/11/97			1,5	3,8		2,4			2,6
	25/02/98			3,9	4	3,2	1,7	3,8		2,1
	Media			2,4	3,8		1,7			2,4
<b>pH</b>	mínimo	8,2	8,1	7,6	8,05	8,15	8,05	7,2	8,2	7,6
	máximo	8,2	8,2	9,05	8,25	8,55	9,15	7,2	8,3	9,25
<b>Ox. dis. (mg/l)</b>	mínimo			1,5	6,5	6	6			1
	máximo			4,5	14,5	6	10			4

Tabla 1- Variables físico-químicas determinadas "in situ".

Table 1- Physico-chemical variables determined "in situ".

Punto muestreo	Fecha	miliequivalentes / litro						ppm						ppb		
		Na	K	Mg	Ca	Cl	SO4	HCO3	NO3	NH4	N	P	Mn	Zn	Cu	
<b>3. Santillán</b>	10/10/97	5.0	0.8	2.7	3.8	2.9	1.6	6.9	0.2	7.4	18.5	5.8	0.113	0.045	0.003	
	18/11/97	4.7	0.3	4.4	3.0	4.7	2.7	4.8	0.2	5.9	13.1	4.7	0.346	0.005	0.005	
<b>4. M<sup>a</sup> Fernández</b>	18/11/97	16.1	<0.1	7.3	8.1	23.2	4.6	2.8	24.0	<0.1	8.0	<0.1	0.037	0.003	0.003	
	<b>6. Arenales</b>	10/10/97	5.5	0.8	2.7	5.2	5.8	5.2	2.5	33.0	<0.1	13.3	<0.1	0.019	0.025	0.003
	18/11/97	12.6	0.1	4.0	5.0	14.1	3.5	3.5	40.0	<0.1	12.7	<0.1	0.015	0.003	0.003	
<b>7. Las Latas</b>	28/08/97	17.4	4.6	14	32.9	11.6	44.7	5.2			12.1	0.1	13.19		4.640	
<b>9. Charcón</b>	10/10/97	13.6	1.8	8.2	9.5	20.0	8.4	3.1	0.2	<0.1	9.3	0.3	0.014	0.002	0.001	
	18/11/97	15.3	3.1	4.6	9.7	23.4	6.2	2.5	0.2	7.3	37.5	16.5	0.740	0.004	0.019	

Tabla 2- Concentraciones de especies analizadas.

Table 2- Analyzed species contents.

salinidad en el tiempo, aunque no puede establecerse relación entre los valores de conductividad y la situación hidrológica concreta (crecida o estiaje). Ello refleja la influencia de la litología del área drenada y el efecto de las aguas residuales a partir de fuentes de suministro que captan las aguas de mejor calidad del área (carbonatos jurásicos).

Con la excepción del punto nº 7, cuyo caudal debe proceder casi en su totalidad de una surgencia próxima ubicada en materiales yesíferos triásicos, el pH medido es generalmente superior a 8,0. Los valores inferiores se han obtenido en los dos puntos con posible influencia de aguas residuales. Esto también se advierte en las medidas de febrero de 1990, lo que puede reflejar la existencia de procesos de generación de CO<sub>2</sub> por descomposición de materia orgánica (Almécija, 1997). En estos dos puntos se han medido también los valores más bajos de oxígeno disuelto (Tab. 1), lo que corrobora el proceso anterior.

La figura 2 refleja la variabilidad hidroquímica a que se ha hecho alusión anteriormente, con facies predominantes cloruradas y/o mixtas. Son características similares a las identificadas en la mayoría de las aguas subterráneas de

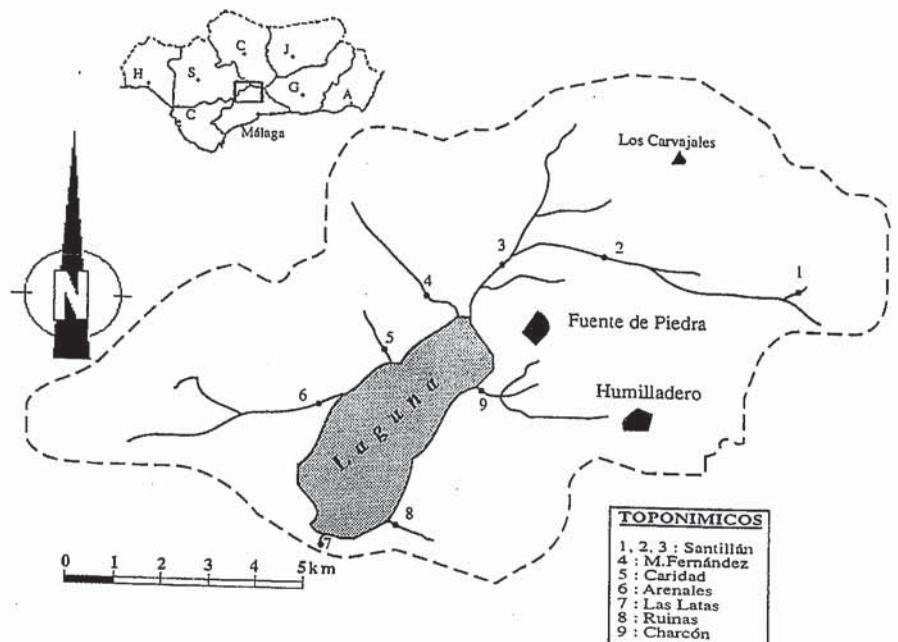


Fig. 1- Localización general, límites de la cuenca, principales arroyos y situación de los puntos de muestreo.

Fig. 1- General location, basin boundaries, main streams and situation of sampling points.

la cuenca (Linares, 1990). La situación del punto nº 7 refleja su relación más directa con terrenos yesíferos.

Como se desprende de la tabla 2, los contenidos en N total no son muy diferentes de unos puntos a otros. La procedencia ligada a los efluentes urbanos es patente en los puntos 3 y 9 por los valores altos de la relación  $\text{NH}_4^+/\text{NO}_3^-$ , asociados también a los contenidos superiores en P total. En estos dos puntos también se identifican valores relativamente altos en los metales pesados analizadas; a este respecto, el punto nº 7 presenta valores relativamente elevados. En los otros puntos muestreados la especie nitrogenada más abundante es el  $\text{NO}_3^-$ , procedente del arrastre de fertilizantes aplicados al terreno. A este respecto, Linares (1990) señala contenidos de nitratos superiores a 100 ppm en las aguas subterráneas de buena parte de la cuenca.

#### Estimación de la aportación salina por cursos superficiales

Habida cuenta de la importancia relativa de las cuencas drenadas y de los valores de C.E. de la tabla 1, se obtiene un valor medio ponderado representativo del flujo superficial de 2,5 mS/cm.

A partir de los valores de C.E. medidos "in situ" de las campañas de 1990 y de 1996 - 98 y de los resultados analíticos, se ha obtenido una ecuación que expresa el total de sales disueltas (TSD) en función de la conductividad.

De acuerdo con el modelo hidrológico de Almécija (1997), en años húmedos como el 1996-97 las aportaciones superficiales a la laguna pueden representar algo menos de 25 hm<sup>3</sup>/año. A partir de dicha cifra y de la conversión a TSD del valor medio de C.E. citado, se obtiene una aportación salina de casi 40.000 t/año. Esta aportación es del orden de 100 veces superior a la procedente de la lluvia, de acuerdo con los datos analíticos al respecto que se incluyen en el trabajo de Almécija (1997).

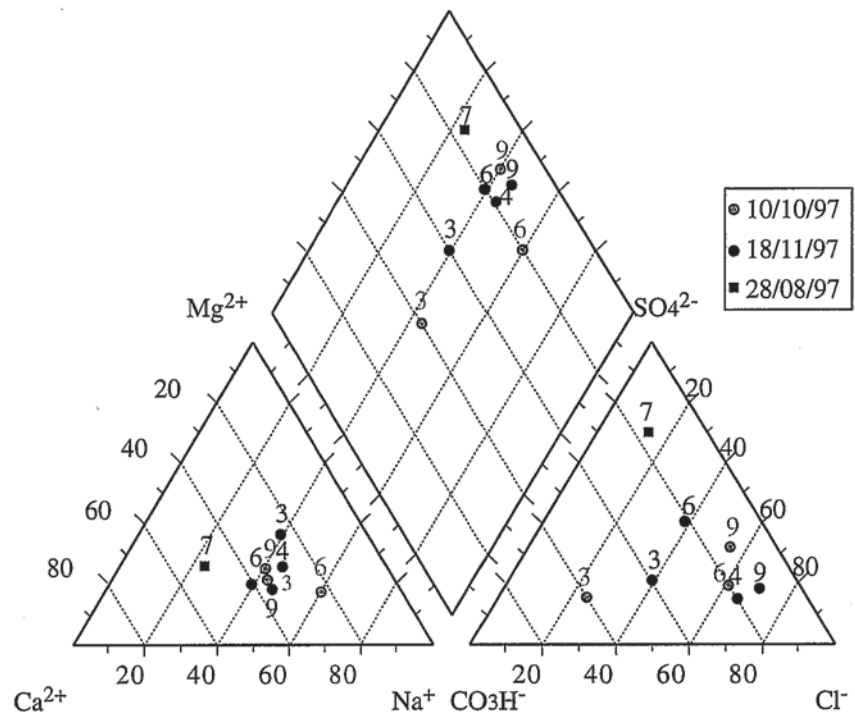


Fig. 2- Diagrama de Piper de las muestras analizadas.

Fig. 2- Piper diagram of analyzed samples.

En función del volumen de agua almacenado en 1996-97, dicha aportación salina implicaría una concentración media en el agua de la laguna de algo menos de 2 g/l. En este periodo la salinidad del agua de la laguna es unas 20 veces superior a dicha cifra, lo que indica que el principal origen de su salinidad debe estar en la disolución de la costra superficial y/o en la mezcla con la salmuera freática subyacente.

#### Agradecimientos

Investigación financiada por la CICYT (Proyecto AMB94.611) y por la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (Proyecto "Caracterización hidroquímica y calidad ambiental de las zonas húmedas de la provincia de Málaga y su inclusión en el

sistema de información ambiental de Andalucía, SINAMBA").

Agradecemos al Prof. Dr. F. Carrasco la cesión de datos hidroquímicos previos inéditos y al Director-Conservador de la Reserva Natural de Fuente de Piedra (Dr. M. Rendón) su colaboración.

#### Referencias

- Almécija, C. (1997): *Tesis Doctoral* Univ. Granada (inédita). 518 p.
- Benavente, J., Carrasco, F., Almécija, C., Rodríguez Jiménez, P. y Cruz San Julián, J. (1993): *Geogaceta*, 14: 6 - 8.
- Linares, L. (1990): *Tesis Doctoral* Univ. Granada (inédita). 343 p.
- Rodríguez Jiménez, P., Carrasco, F., Benavente, J. y Almécija, C. (1993): *Geogaceta*, 14: 18 - 20.