

EVOLUCIÓN QUÍMICA EN UN AÑO HÚMEDO DEL AGUA DE LA LAGUNA DE FUENTE DE PIEDRA (PROV. DE MÁLAGA)

F. Carrasco,¹ I. Gavilán¹ y P. Rodríguez Jiménez²

¹ Departamento de Geología y Ecología, Facultad de Ciencias. 29071 - Málaga.

² Departamento de Química Inorgánica, Cristalografía y Mineralogía. Facultad de Ciencias. 29071 - Málaga.

Palabras clave: Zonas húmedas, hidroquímica, provincia de Málaga.

ABSTRACT

In this project we have studied the evolution of concentration of the major dissolved ions in the water of Fuente de Piedra Lake in a period exceptionally wet when the lake reached its highest level after the copious rainfall during November in 1989.

Water samples have been collected from December 1989 to February 1991 on a point located in the eastern extreme. We have selected the 15 samples collected at the end of each month.

There is a progressive increase of salinity and concentration of analyzed ions along the hydrological cycle originated by the evaporation of retained water. The concentration of certain ions such as bicarbonates, sulphates and calcium suffers a relative diminution due to its precipitation.

INTRODUCCION

La laguna de Fuente de Piedra está situada al Norte de la provincia de Málaga. Tiene una superficie de unos 13 Km² y constituye el área de menor cota de una cuenca endorréica de 150 Km² de superficie. Su altitud es de 410 m. (Fig. 1).

Se trata de una laguna salina de fondo muy horizontal, con una lámina de agua que no llega a superar los dos metros. En épocas de sequía queda completamente desecada originándose depósitos salinos por precipitación de las sales disueltas en el agua.

En el balance hídrico, su alimentación se produce por agua de lluvia directa sobre la laguna, por la escorrentía de su cuenca, aportada por los diferentes arroyos que a ella confluyen y por la descarga subterránea de los acuíferos de su entorno, mientras que la principal salida se realiza por la evaporación (Linares, 1990).

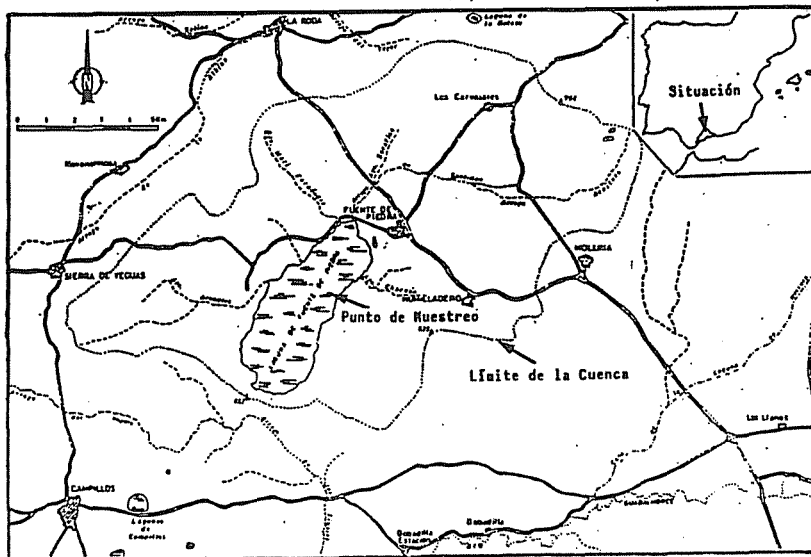


Fig. 1: Mapa de situación.

En este trabajo se estudia la evolución de la salinidad del agua de la laguna, en un periodo excepcionalmente húmedo (1989-90), precedido de un año más seco en el cual tuvo lugar su desecación. Con él iniciamos el estudio hidrogeoquímico de la laguna de Fuente de Piedra, siguiendo la línea de los trabajos realizados en otras regiones endorréicas de la Península Ibérica, como los efectuados por Pueyo (1978) en la comarca de los Monegros y Bajo Aragón y los de Comín *et al.* (1990) en la laguna de Gallocanta (Aragón). Aquí solamente abordamos la evolución hidroquímica de la Laguna estando en fase de estudio la mineralogía de los minerales precipitados.

MATERIAL Y MÉTODOS

Se han recogido muestras semanales de agua en una orilla del extremo oriental de la laguna, en el paraje denominado Cortijo de San Luis. Las muestras se tomaron en la superficie, a unos 10 cm. de profundidad. El periodo de muestreo comprende desde Diciembre de 1989 hasta el final de Febrero de 1991, con un total de 88 muestras.

A las muestras recogidas se les ha determinado en el laboratorio, siguiendo los métodos indicados por APHA (1989) los principales parámetros físico-químicos: pH, conductividad, residuo seco, carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos, calcio, magnesio y sodio. También se han realizado ocasionalmente medidas in situ de pH, conductividad, temperatura, carbonatos y bicarbonatos.

Para la realización de este trabajo se han considerado tan sólo 15 muestras que corresponden a las recogidas al final de cada mes del periodo estudiado.

CLIMATOLOGÍA DEL PERIODO ESTUDIADO

Se han recopilado de Linares (1990) las precipitaciones en el Cortijo de La Herriza (situado en el borde occidental de la laguna) correspondientes a los años hidrológicos de 1948-49 a 1986-87 y del Boletín del Instituto Nacional de Meteorología desde esa fecha a la actualidad. La precipitación media para un periodo de 42 años es de 450.4 mm/año (Fig. 2).

El año anterior al de nuestro estudio (1988-89) la precipitación fué de 377.5 mm, por ello en el estiaje la laguna se secó. Al comienzo del año 1989-90, en los meses de Noviembre y Diciembre tuvieron lugar importantes precipitaciones, con lo que la lluvia anual fué de 713.5 mm, tan sólo superada en una ocasión en el tiempo analizado. Por lo tanto se puede considerar este estudio representativo de un periodo excepcionalmente húmedo. La precipitación mensual para el tiempo muestreado (Fig. 3A) presenta un máximo en Diciembre de 1989 con 312 mm, siendo mínima o nula en los meses de Febrero de 1990, de Mayo a Agosto del mismo año y en Enero de 1991.

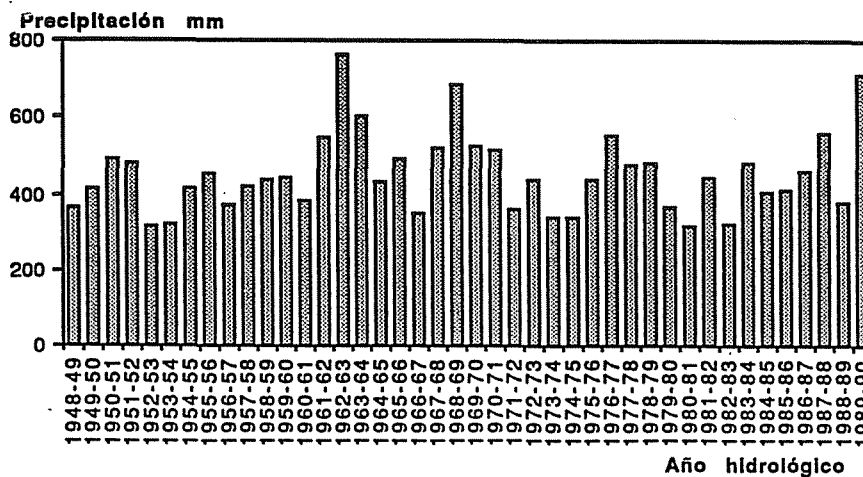


Fig. 2: Precipitaciones en el Cortijo de La Herriza.

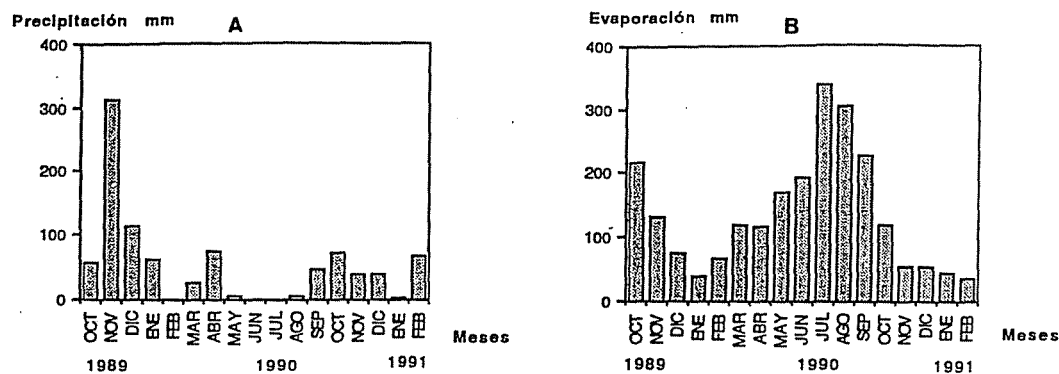


Fig. 3: Precipitación y evaporación en el Cortijo de La Herriza durante el periodo de muestreo.

Para el mismo periodo, la evaporación en la estación de La Herriza, (Fig. 3B) fué máxima en los meses del estiaje, con 333 mm en Julio de 1990.

En el verano del período muestreado no se produjo la desecación de la laguna, variando su nivel desde más de 2 m (completamente llena) correspondiente a la primera muestra recogida, a 0.50 m de profundidad al final del periodo analizado. Durante el estiaje la profundidad fué aproximadamente de 20 cm.

RESULTADOS OBTENIDOS

Los resultados obtenidos a las muestras recogidas se indican en la tabla nº 1.

Facies hidroquímica

El agua de la laguna ha sido a lo largo del tiempo estudiado de facies clorurada sódica con unas proporciones iónicas que para los aniones son: meq $\text{Cl}^- > \text{meq SO}_4^{2-} > \text{meq CO}_3\text{H}^-$, siendo mayoritarios los cloruros que representan del 81 al 92% de los miliequivalentes de los aniones. Los sulfatos representan del 8 al 18%, mientras que los bicarbonatos tan sólo representan del 0 al 0.5%. La fórmula iónica para los cationes es meq $\text{Na}^+ > \text{meq Mg}^{2+} > \text{meq Ca}^{2+}$, siendo mayoritario el sodio que representa del 60 al 67% del total de los miliequivalentes catiónicos. El magnesio está comprendido entre el 22 y el 28%, mientras que el calcio se encuentra en menos proporciones relativas, situadas entre el 6 y el 14%.

Muestras	Fecha	Conductividad	Res. seco	Alcalinidad	Cloruros	Sulfatos	Calcio	Magnesio	Sodio
1	29-12-89	14000	12800	90	5750	1124	397	458	2700
2	30-01-90	13000	11780	70	6040	1131	340	445	2358
3	23-02-90	14500	12920	80	6180	1251	528	588	2587
4	30-03-90	16460	15920	60	6750	1526	640	714	3162
5	27-04-90	17460	16580	10	7950	1716	536	651	3162
6	29-05-90	23700	20938	85	8875	2707	668	741	3783*
7	29-06-90	31500	27736	65	12070	2982	944	1040	5145*
8	31-07-90	50100	48589	15	20590	4730	1544	1720	8777*
9	31-08-90	78100	70972	10	35500	4697	1648	2926	15132*
10	28-09-90	92600	86336	105	43665	4880	1760	4034	18607*
11	30-10-90	88600	81190	130	40470	4886	1520	3694	17250*
12	13-11-90	98200	91782	140	42600	4756	1544	3873	18158*
13	25-12-90	89200	78864	155	37600	4720	1316	3473	16026*
14	29-01-91	95800	88520	205	39405	4809	1344	3796	16797*
15	26-02-91	88200	85894	140	38300	4857	1304	3455	16325*

* calculados

valores en mg/l. Conductividad en $\mu\text{S}/\text{cm}$

Tabla nº 1: Parámetros físico-químicos.

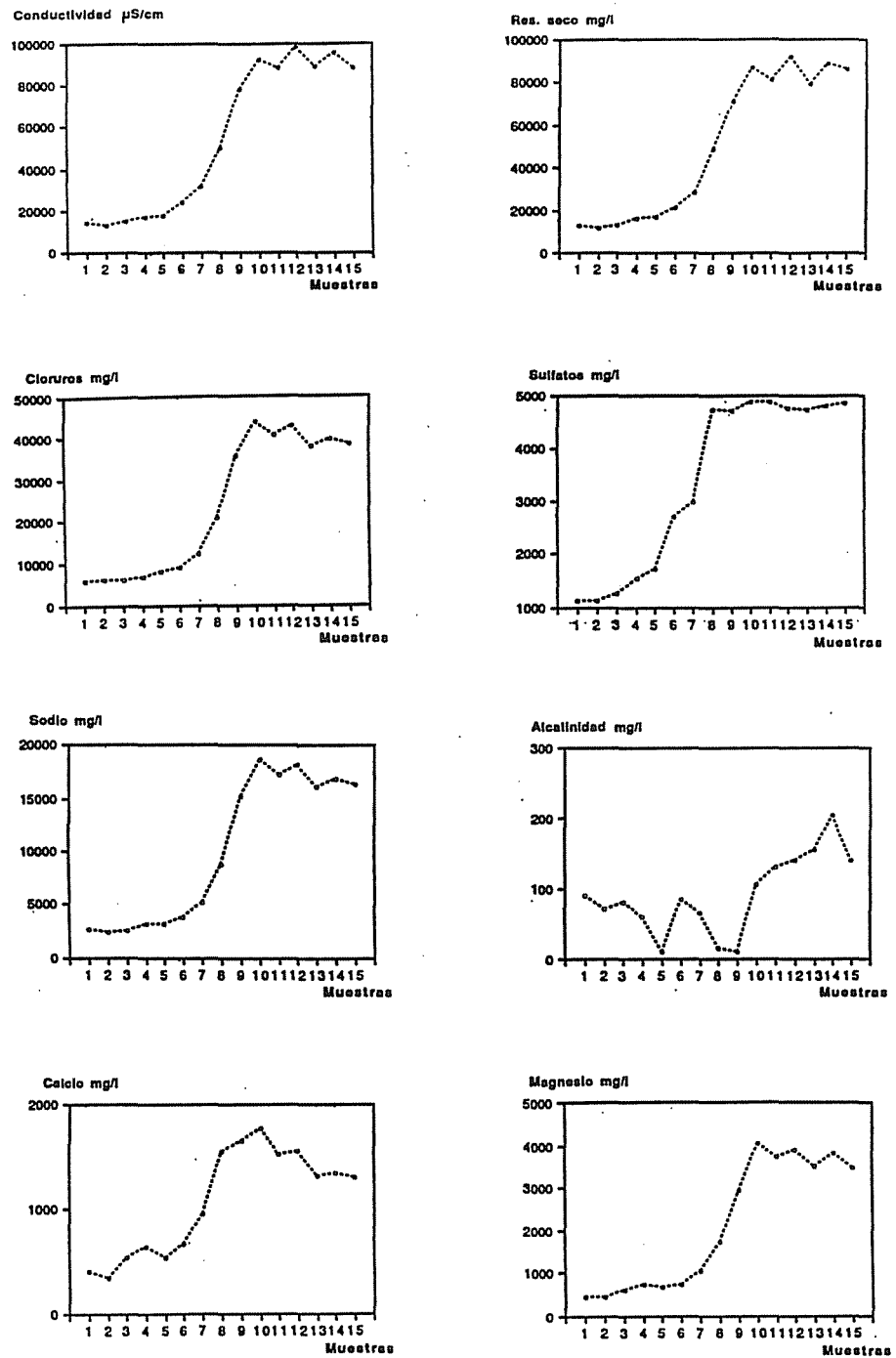


Fig. 4: Evoluciones hidroquímicas.

Salinidad

La salinidad del agua viene representada por la conductividad o por el residuo seco. La conductividad evoluciona desde 14.000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ hasta 88.200 $\mu\text{S}/\text{cm}$ caracterizándose la curva de la evolución (Fig. 4) por un crecimiento lento hasta el mes de Julio y posteriormente un crecimiento muy rápido hasta final de Septiembre, relacionado directamente con la evaporación de la laguna. A continuación la salinidad del agua sigue siendo alta, existiendo algunas oscilaciones relacionadas con las precipitaciones. A destacar que al final del muestreo la salinidad no ha descendido a los valores iniciales.

El residuo seco está directamente relacionado con la conductividad, durante el mismo periodo ha crecido desde 12.8 g/l hasta 85.4 g/l, con un máximo de 91.7 g/l en el mes de Noviembre de 1990. Su evolución (Fig.4) es igual a la de la conductividad.

Cloruros

Los cloruros son los aniones mayoritarios que determinan la elevada salinidad del agua. Los valores obtenidos oscilan entre 5.7 g/l y 38.3 g/l con un máximo de 43.6 g/l en el mes de Septiembre. Su evolución (Fig. 4) es completamente paralela a la de la conductividad. Su concentración tiene un notable incremento con la evaporación del agua de la laguna durante el estiaje.

Sulfatos

Los sulfatos han oscilado entre 1.1 g/l y 4.8 g/l. Su concentración sigue una evolución similar a la de los cloruros pero presenta algunas diferencias. Principalmente se diferencia en que el incremento notable de su concentración comienza antes que la de los cloruros (final de Abril) y también se llega antes a la concentración máxima (final de Julio). Posteriormente, aunque continúa la evaporación de la laguna, no existe un aumento de la concentración debido probablemente a que se ha llegado a la saturación, realizándose la precipitación de sulfatos. Esta precipitación queda también puesta de manifiesto por la relación de meq Cloruros / meq Sulfatos que sufre un importante incremento al final de Julio (Fig. 5).

Alcalinidad

La alcalinidad del agua viene determinada por su contenido en carbonatos y bicarbonatos. La alcalinidad ha permanecido bastante constante a lo largo del tiempo con valores comprendidos entre 90 mg/l y 140 mg/l, hay que destacar los descensos producidos en el mes de Abril y en el periodo Julio-Agosto de 1990 que pueden estar relacionados con una precipitación de carbonatos, aspecto que habrá de determinarse en posteriores investigaciones.

Sodio

El sodio presenta una evolución muy similar a la de los cloruros (Fig. 4). Su elevada concentración motivó problemas de determinación en el fotómetro de llama por lo que parte de los datos se han obtenido por correlación con los cloruros.

Calcio y Magnesio

Ambos cationes siguen una evolución muy parecida (Fig. 4) con una concentración creciente hasta final de Septiembre y una disminución posterior, que se hace más patente para el calcio. En la relación meq Ca / meq Mg (Fig. 5) se observa una precipitación del calcio probablemente en forma de sulfato, mientras que el magnesio permanece en solución.

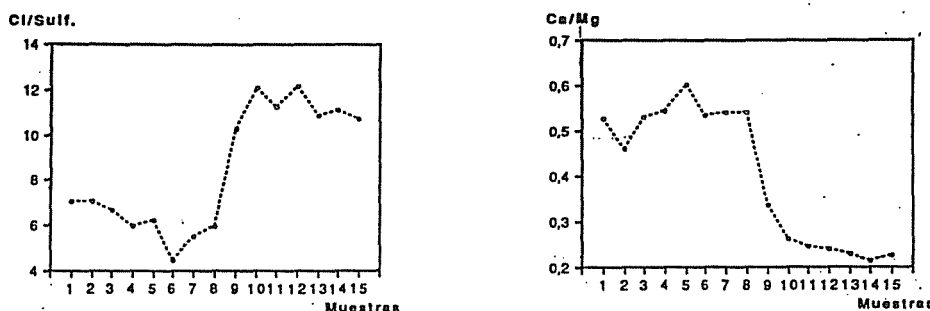


Fig. 5: Relaciones iónicas.

La laguna de Fuente de Piedra es una cubeta cerrada cuyos aportes hídricos provienen principalmente del agua de lluvia, de la escorrentía de su cuenca y de los acuíferos circundantes, siendo los materiales triásicos, que constituyen el sustrato de la región los que suministran mayores aportes salinos al sistema. Es conocido que al Sur de esta cuenca (Carrasco, 1986) existen, relacionados con el Triás, manantiales con aguas de elevada salinidad de facies clorurada sódica así como otros de aguas salobres de facies sulfatada cálcica.

Generalmente en la laguna la evaporación excede cuantitativamente a las entradas de agua por ello a lo largo del ciclo hidrológico aumenta progresivamente la salinidad del agua embalsada, llegando frecuentemente a evaporarse totalmente, depositando una costra salina, hecho que no llegó a producirse en el estiaje del periodo analizado debido a su alta pluviometría.

Al ser la laguna un medio muy somero su comportamiento está muy ligado a las características particulares de cada balance hidrológico anual y para definir sus peculiaridades es necesario efectuar estudios a largo plazo que integren todos sus estados posibles (García Jiménez, 1991).

En este primer trabajo hemos puesto de manifiesto la evolución química del agua de la laguna de Fuente de Piedra en un periodo excepcionalmente húmedo, en el que las lluvias ocurridas inmediatamente antes de los muestreos la llenaron totalmente. La disolución de las sales precipitadas en el estiaje anterior y el aporte de sales procedentes de materiales triásicos origina que a pesar del importante volumen embalsado a comienzos de nuestro estudio la salinidad del agua ya sea elevada, del orden de 10 g/l, con facies clorurada sódica.

Posteriormente a lo largo del ciclo hidrológico hemos podido constatar un aumento progresivo de la salinidad y de la concentración de los diferentes iones analizados debido a la evaporación. Esta evolución puede ser modificada por lluvias esporádicas y también determinados iones, especialmente bicarbonatos, sulfatos y calcio, pueden sufrir una disminución relativa, en su concentración, producida por la separación del sistema debido principalmente a su precipitación.

Posteriormente al periodo aquí analizado el nivel de la laguna ha seguido disminuyendo en relación con la evaporación de la misma y en Junio de 1991 se llegó a su total desecación, depositándose una capa salina, en su mayor parte de cloruro sódico, cuya mineralogía está siendo analizada actualmente.

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos a D. Manuel Rendón, Director-Conservador de la Reserva Natural de la laguna de Fuente de Piedra que nos ha facilitado la realización de nuestra investigación y a D. Antonio Arroyo, Guarda de la laguna, que nos ha recogido las muestras.

REFERENCIAS

- APHA-AWWA-WPCF, 1989. Standard methods for the examination of water and wastewater. APHA, Washington. 1134 pp.
- Carrasco, F. 1986. Contribución al conocimiento de la cuenca alta del río Guadalhorce: El medio físico. Hidrogeoquímica. Tesis Doct. Univ. Granada. 435 pp.
- Comin, F.A.; Julia, R.; Comin, M.P. y Plana, F. 1990. Hydrogeochemistry of lake Gallocanta (Aragón, NE Spain). Hydrobiologia n° 197. pp 51-66.
- García Jiménez, C 1991. Estudio de un medio acuático fluctuante: La Laguna atalasoalina de Fuente de Piedra (Málaga). Tesis Univ. Málaga. 300 pp.
- Instituto Nacional de Meteorología. Boletín Mensual Climatológico de la Cuenca Sur Mediterránea.
- Linares, L. 1990. Hidrogeología de la Laguna de Fuente de Piedra (Málaga). Tesis Doct. Univ. Granada. 343 pp.
- Pueyo, J.J. 1978. La precipitación evaporítica actual en las lagunas saladas del área: Bujuraloz, Sástago, Caspe, Alcañiz y Calanda (provincias de Zaragoza y Teruel). Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona n° 33, pp 5-56.