

# Características de los depósitos de la laguna de La Ratosa (Málaga)

*Study of the sediments of the La Ratosa lake (Malaga, Spain)*

J. Benavente(\*), C. Almécija(\*), M. Rodríguez(\*), F. Carrasco(\*\*) y P. Rodríguez(\*\*\*)

(\*) Instituto del Agua. Universidad de Granada. Edificio Fray Luis de Granada. 18071 Granada.

(\*\*) Departamento de Geología. Facultad de Ciencias. 29071 Málaga.

(\*\*\*) Departamento de Química Inorgánica, Mineralogía y Cristalografía. Facultad de Ciencias. 29071 Málaga.

## ABSTRACT

*The genesis of the La Ratosa lake (N of Málaga, Spain) can be related to the karstification of the evaporite-bearing triassic substratum. It presents a flooding regime typically seasonal. The clastic deposits on the lake floor (quartz and phyllosilicates, predominantly illite) are mainly of silty size or even lower. They exhibit a dense cracking in dessication periods. An organic wet black level underlies this sediment crust. The saline sedimentation (salt flat) is made up mainly of halite and gypsum. A transition exists between the phreatic brine below the lake and the less saline groundwater flowing to it from the watershed boundaries. The hydrologic and sedimentologic features of this wetland show similarities with those identified in other nearby cases (the Fuente de Piedra salt lake been the most outstanding).*

**Key words:** endorheism, playa lake, mud flats, wetlands hydrology, Triassic, Andalusia.

*Geogaceta*, 28 (2000), 19-22

ISSN: 0213683X

## Introducción. Descripción del área de estudio

La Reserva Natural de la laguna de La Ratosa se localiza a escasa distancia del núcleo de Alameda, al N de la provincia de Málaga (Fig. 1a). Esta laguna se sitúa aproximadamente 10 km al NNE de la de Fuente de Piedra, la más extensa de Andalucía y uno de los principales lagos salinos españoles. De hecho, su principal valor ecológico reside en su carácter complementario al mencionado importante humedal (A.M.A., 1991). La extensión de la Reserva, que corresponde a la superficie más frecuentemente inundable, es de unas 23 ha. La escorrentía superficial hacia la laguna es mayoritariamente difusa, con la excepción de un pequeño curso en su borde oriental. El régimen hidrológico típico de esta laguna es, al igual que en el caso de la de Fuente de Piedra, de inundación en otoño-primavera y desecación estival, aunque este modelo experimenta variaciones en respuesta a situaciones hidrometeorológicas de anormal pluviosidad o de sequía drástica. Esta laguna fue objeto de una descripción por parte de Dantín (1944), aunque algunas de las observaciones reflejadas en ese trabajo no son contrastables hoy día.

El endorreísmo generalizado es la principal característica hidrológica del área. La red de drenaje está muy débilmente encajada. En las inmediaciones de la laguna de La Ratosa existen otras zonas de encharcamiento más o menos prolongado, como la Herriza de Los Ladrones al N y la Serafina al SSO (Fig. 1a). La primera de estas áreas encharcadizas puede llegar a contactar con la laguna de La Ratosa en periodos de precipitaciones excepcionalmente elevadas; la segunda se encuentra drenada artificialmente. De la morfología suave que caracteriza al área (Fig. 1a), comprendida en su mayor parte entre las cotas 420 y 460 m s.n.m., destaca la elevación de la Sierra de La Camorra (686 m).

De acuerdo con la cartografía geológica (Fig. 1b: Martín Serrano, 1986), la laguna de La Ratosa y su prolongación septentrional ocasionalmente inundable se desarrollan sobre materiales triásicos, cuya litología característica es arcilloso-evaporítica. También afloran en el área con extensión significativa materiales calcáreo-arenosos del Mioceno superior. En la propia laguna y su entorno ambos tipos de materiales se encuentran recubiertos por formaciones superficiales de edad cuaternaria. Todo el vaso lagunar queda rodeado por un suelo de color rojo-

pardo que sirve de base al cultivo de olivar mayoritario en la zona. La orla de vegetación natural perilagunar está poco desarrollada y el laboreo agrícola llega a afectar a los propios límites de la laguna.

## Objetivos y métodos

El conocimiento de los depósitos de la laguna y de sus sectores adyacentes supone un aspecto de interés para interpretar su funcionamiento hidrogeológico y sus peculiaridades hidroquímicas. Con esta finalidad se instalaron en 1992, y se vienen controlando desde entonces con mayor o menor regularidad, una serie de dispositivos de investigación hidrológica. Estos dispositivos, cuya localización se esquematiza en la figura 1c, incluyen una escala limnimétrica, dos sondeos mecánicos de 100 mm de diámetro y profundidades de 24 m (nº 1) y 15 m (nº 2), perforados a rotoperCUSión y posteriormente instalados como piezómetros, entubados con PVC de 75 mm. Esto ha permitido el control de la altura de la lámina de agua libre y de los niveles freáticos, y analizar sus relaciones mutuas, así como la realización de ensayos de inyección en piezómetros. Todo lo anterior se ha complementado con el seguimiento hidroquímico sistemático en lagunas y piezóme-

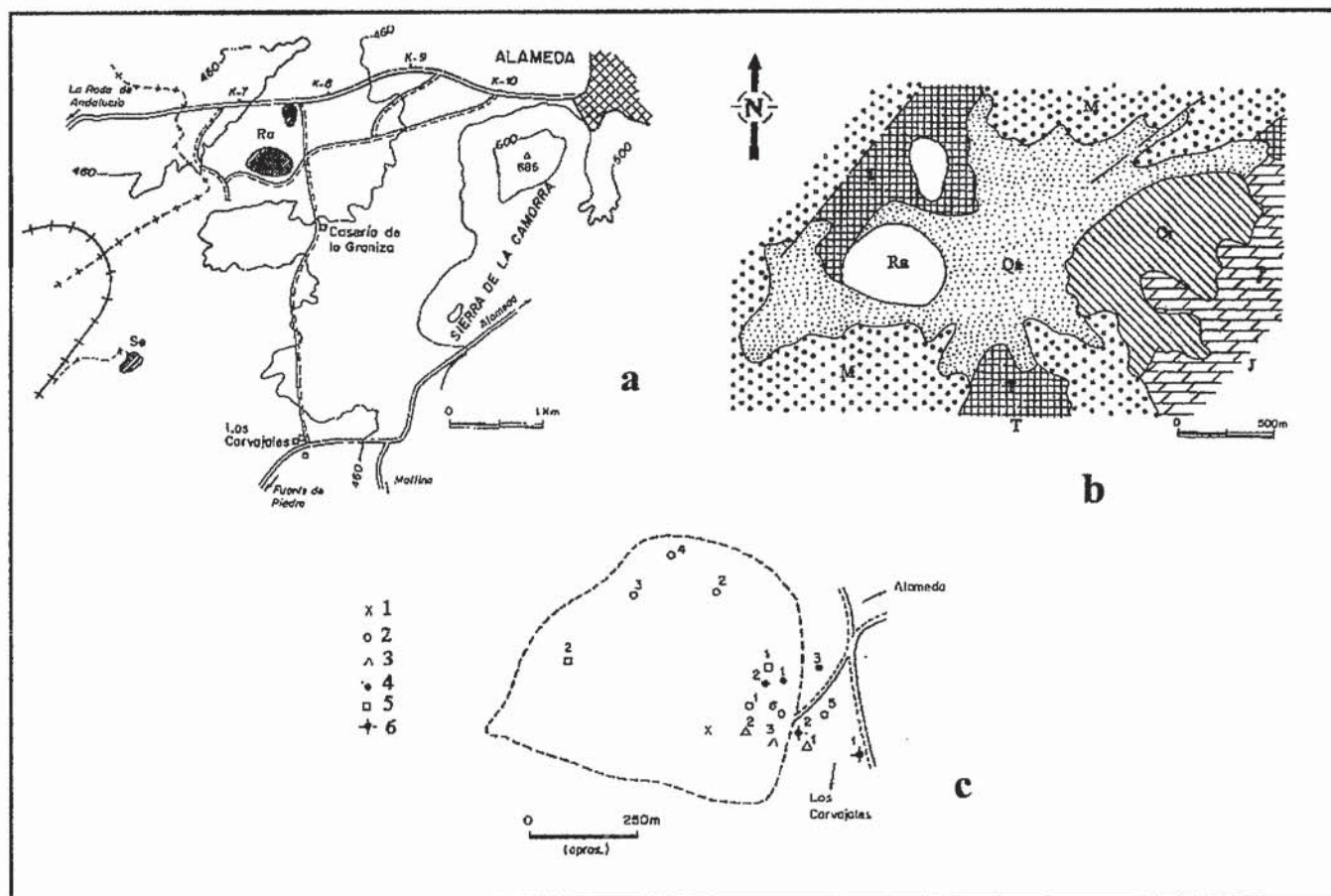


Fig. 1.- a: Localización de la laguna de la Ratoso (Ra) y topografía del área, incluyendo la situación de otras zonas inundables próximas. b: Esquema geológico (Martín Serrano, 1986). T: Trías, J: Jurásico, M: Mioceno, Qr: Depósitos de vertiente (Cuaternario), Qa: Depósitos aluviales (Cuaternario). c: Situación de los diferentes puntos de adquisición de datos. 1: Escala limnimétrica, 2: Muestras superficiales, 3: Infiltrometrías, 4: Sondeos hincados, 5: Catas, 6: Sondeos mecánicos.

Fig. 1.- a: Location of of the La Ratoso lake (Ra) and topographical setting. The situation of other nearby flooding sectors is also shown. b: Geological sketch (Martín Serrano, 1986). T: Triassic, J: Jurassic, M: Miocene, Qr: Slope deposits (Quaternary), Qa: Alluvial deposits (Quaternary). c: Monitoring framework. 1: Linnimetric gauge, 2: Soil surface samples, 3: Infiltration measures, 4: Hand-made drills, 5: Hand-made pits, 6: Mechanical drills.

tros (Almécija, 1997; Rodríguez-Rodríguez, 1999).

Además, se han realizado medidas de la capacidad de infiltración del suelo mediante un dispositivo de doble anillo y se han tomado muestras superficiales de sedimentos para su estudio granulométrico (por tamizado) y mineralógico (por difracción y fluorescencia de rayos X y por microscopía electrónica de barrido). Cuando el análisis granulométrico lo ha permitido, se ha estimado la conductividad hidráulica de los depósitos mediante expresiones empíricas. Por último, se han realizado manualmente tres perforaciones de 2 m de profundidad, obteniendo testigos mediante un tomamuestras de tipo bipartido, y dos catas de 1 m de profundidad (Fig. 1c).

Las observaciones directas, las catas e infiltrometrías y la toma de muestras de sedimentos de las lagunas se han visto favorecidas por las condiciones de sequía imperantes en el área desde finales de 1992 a finales de 1995, que ha permitido el acceso a sectores de las lagunas frecuentemente inundados. Durante las fases de almacenamiento de agua en este periodo, la altura de la lámina libre apenas superó los 50 cm sobre el fondo. Por el contrario, en los estiajes de 1990 y 1991 la laguna mantuvo agua como consecuencia de las importantes lluvias del año hidrológico 1989-90.

### Resultados y discusión

Los dos sondeos mecánicos indican una litología fundamentalmente arcillo-

sa. Los siete primeros metros, con un contenido variable en arenas y eventualmente con cantos carbonáticos, deben corresponder a depósitos cuaternarios. A continuación y hasta el final de los sondeos se identifican unas arcillas verdes y rojas que se atribuyen al Trías.

La observación de los depósitos de la laguna en el estiaje de 1993 permite identificar sectores diferentes que se disponen en forma de orla, no siempre continua. En el sector central, el suelo, de color rojizo-amarillento, es una fina costra bajo la cual aparece un lodo orgánico húmedo de color negro. Todo el material se ve afectado por grietas de desecación. En conjunto se reconocen numerosas depresiones subcirculares de tamaño métrico, con los bordes li-

geramente elevados, albergando en el interior restos de sales precipitadas. La muestra 1, tomada en este sector, presenta un 92% de partículas finas (diámetro inferior a 0.074 mm). Observaciones complementarias de carácter cualitativo (resistencia en estado seco y plasticidad, básicamente) indican que el porcentaje de arcilla es superior al de limos.

Hacia el exterior de la laguna se identifica una franja de unos 7 m de ancho con un material detrítico de color amarillento que aparece ligeramente encostrado en superficie. A este sector corresponde la muestra número 3, que puede clasificarse también como de grano fino, aunque con mayor proporción (37%) de partículas gruesas que la anterior. En el sector noreste de la laguna, en la citada franja aparece una acumulación de material de aspecto suelto y tonos pardos, con morfología semilunar en planta a lo largo de 30 m de longitud y 2 o 3 m de anchura. La muestra 2, obtenida en este enclave, indica un material con predominio neto (94%) de la fracción fina; la proporción de limos, sin embargo, parece superar a la de arcillas; también presenta partículas salinas. Este tipo de morfologías y materiales, identificados también en otros enclaves próximos (lagunas de Campillos y de Fuente de Piedra), se han relacionado con el transporte eólico de los depósitos del sector central, una vez perdida la cohesión al secarse (Benavente *et al.*, 2000).

En la banda más externa de la laguna, en parte colonizada por la vegetación, localmente cultivada, y diferenciable, además, por un ligero cambio de pendiente respecto a la anterior, se han tomado las muestras 4 y 5. Estas muestras indican un predominio (alrededor del 60%) de granos de tamaño arena media. Parece existir, pues, en lo que se refiere a los depósitos clásticos, una tendencia de tamaños de grano decrecientes hacia el interior de la laguna.

La mineralogía de los depósitos clásticos superficiales identificada en la zona externa (muestra 6) indica filosilicatos y cuarzo en proporciones próximas al 50%. La mineralogía de las arcillas indica un predominio de illita (49%) seguido de paligorskita y esmectitas en proporciones de aproximadamente 15% cada una; en proporción inferior al 5% se encuentran caolinita e interstratificados. Esta asociación pone de manifiesto una relación estrecha con materiales triásicos, al igual que se ha constatado en las lagu-

nas de Campillos (Benavente *et al.*, 2000).

La sedimentación salina, cuando sucede, se concentra en el sector central de la laguna y se relaciona sobre todo con fases de desecación posteriores a periodos prolongados con almacenamiento abundante de agua, lo que no ha sido generalmente el caso en el periodo de referencia. A partir de muestras recogidas en septiembre de 1992, se constata la presencia de yeso y halita en prácticamente la misma proporción, incrementándose este último mineral hacia el interior de la laguna. En las fases inmediatamente previas a la desecación, sobre todo en charcos aislados, se han observado placas flotantes de cristales cúbicos de halita de varios mm de arista característicos de estos medios (Pueyo y de la Peña, 1991). La precipitación salina de tipo eflorescente no se ha identificado en esta laguna tan claramente como en otros casos cercanos (Fuente de Piedra, por ejemplo).

En lo que se refiere a la zonación vertical, estudiada a partir de la información suministrada por los sondeos hincados y las catas, parece ser similar en los distintos sectores reconocidos de la laguna. El yeso sólo se identifica en las muestras de superficie, mientras que la calcita se incrementa en profundidad. No se identifica la presencia de dolomita ni en superficie ni hasta las profundidades reconocidas. Filosilicatos y cuarzo disminuyen ligeramente su importancia relativa con la profundidad.

En cuanto a las características hidrológicas, de los tres ensayos de infiltración realizados, sólo el número 2 ha dado resultados interpretables, obteniéndose una capacidad final de infiltración de unos 3 m/día. A partir de las características granulométricas de las muestras números 4 y 5 se obtienen valores de conductividad hidráulica comprendidos entre 1 y 10 m/día, es decir, congruentes con el anterior. El ensayo de inyección realizado en el piezómetro número 2, interpretado por diferentes métodos, indica en todos los casos un valor de dicha variable próximo a 10 cm/día. La diferencia de dos órdenes de magnitud entre los dos tipos de medidas debe traducir sobre todo el efecto de discontinuidades verticales, como las grietas de retracción producidas por la desecación superficial de sedimentos con alto grado de humedad.

Los niveles de agua medidos en los piezómetros a lo largo del periodo 1992-1995 indican, en términos generales, una evolución semejante al de la lá-

mina libre de la laguna y un gradiente de la superficie freática dirigido hacia la laguna, similarmente a lo observado en Fuente de Piedra (Linares, 1990).

En los periodos de estiaje el nivel freático bajo la laguna alcanza profundidades de alrededor del metro bajo la superficie del suelo, según las observaciones efectuadas en las catas, en cuyas aguas se han medido valores de conductividad del orden de 165 mS/cm. En los piezómetros se encontraban valores entre 8 y 10 mS/cm hasta los 6 m de profundidad; a partir de ahí la conductividad ascendía gradualmente hasta valores comprendidos entre 20 y 30 mS/cm al final de las perforaciones. Esto indica la existencia de una salmuera freática bajo la laguna y una zona de transición respecto a las aguas subterráneas menos mineralizadas fluyentes desde los sectores periféricos, similarmente a lo identificado en lagunas próximas (Benavente *et al.*, 1994).

## Conclusiones

El origen de la laguna de La Ratosa se relaciona con la karstificación de evaporitas incluidas en los materiales arcillosos del sustrato triásico. El entorno hidrogeológico incluye también formaciones cuaternarias, de permeabilidad baja, desarrolladas en una gran proporción sobre tales materiales.

Los depósitos superficiales predominantes en la laguna son de naturaleza clástico-evaporítica. Los materiales detríticos son mayoritariamente de grano fino, algo más gruesos en los sectores perimetrales, bajo los que existe un nivel negro de lodos orgánicos. Mineralógicamente están integrados sobre todo por cuarzo y filosilicatos con illita predominante. Estos depósitos clásticos, en fases de desecación, aparecen típicamente agrietados, y sometidos a una removilización eólica. Estas circunstancias deben favorecer la infiltración en los primeros episodios lluviosos.

El régimen hidrológico, junto al contenido en sales del sustrato, condicionan las características de la precipitación salina observada. La magnitud de este tipo de precipitación está relacionada con la alimentación hídrica previa a la fase de desecación. Se han identificado yeso y halita prácticamente en iguales proporciones.

Tanto la génesis como los rasgos hidrológicos y sedimentológicos identificados en el área de estudio presentan similitud con los observados en otros humedales próximos, igualmente protegidos bajo la figura de Re-

serva Natural, como las lagunas Salada de Campillos y de Fuente de Piedra.

#### Agradecimientos

A F. Alcalá, por la interpretación de los análisis de arcillas. A la Consejería de Medio Ambiente de la Junta de Andalucía (Proyecto SINAMBA) y al Dr. M. Rendón, director-conservador de la Reserva Natural de la laguna de La Ratosa, por su colaboración. Trabajos con financiación a cargo de los siguientes proyectos CICYT: NAT91-0598, AMB94-0611 e HID98-0983.

#### Referencias

- Almécija, C. (1997): *Tesis Doctoral* Univ. de Granada (inédita). 518 p.
- A.M.A. (1991): *Guía de los Espacios Naturales de Andalucía*. Ed. Incafo, Madrid. 192 p.
- Benavente, J., Almécija, C. y Carrasco, F. *et al.* (1994): *Análisis y evolución de la contaminación de las aguas subterráneas* (L. F. Rebollo, ed.) T.11: 111-122. Ed. AIH-GE.
- Benavente, J., Almécija, C., Rodríguez, M., Carrasco, F., Rodríguez, P. y Cruz San Julián, J.J. *et al.* (2000): *Geotemas*, 1(2): 155-158.
- Dantín, J. (1944): *Estudios Geográficos*, 14: 21-26.
- Linares, L. (1990): *Tesis Doctoral* Univ. Granada (inédita). 343 p.
- Martín Serrano, A. (1986): *Mapa Geológico de España E. 1:50000 (Hoja 1023)*. IGME, Madrid. 48 p.
- Pueyo, J.J. y de la Peña, J.A. (1991): En: *Génesis y formaciones evaporíticas. Modelos andinos e ibéricos* (coord. J.J. Pueyo). Univ. Barcelona: 164-192.
- Rodríguez Rodríguez, M. (1999): *Memoria Proyecto para Consejería de Medio Ambiente de la J.A. (inédita)*. 167 p.