

# Caracterización petrológica y geoquímica de la Unidad Salina messiniense de la cuenca de Lorca (sondeos S4 y S5)

## Petrological and geochemical characterization of the Messinian Saline Unit in Lorca basin (boreholes S4 and S5)

J. García-Veigas (\*), F. Ortí (\*\*), L. Rosell (\*\*) y M. Inglès (\*\*)

(\*) LIFS-GPPG, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08071 Barcelona

(\*\*) Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica, Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona, 08071 Barcelona

### ABSTRACT

The mineralogical, petrological and geochemical characteristics of this saline unit indicate that the halite sedimentation took place in a subsiding shallow marine basin where contributions of continental and minor hydrothermal waters were available. Starting from the bromine distribution and fluid inclusions composition in the halite samples a correlation of both boreholes is proposed.

**Key words:** evaporite, halite, fluid inclusion, Messinian, Lorca basin.

Geogaceta, 15 (1994), 78-81

ISSN: 0213683X

### Introducción

La cuenca de Lorca presenta un importante registro evaporítico messiniense. La evolución tectosedimentaria ha sido resumida en Montenat *et al.* (1990) y Rodríguez Estrella *et al.* (1992), y el

relleno sedimentario ha sido estudiado por Geel (1976), Rouchy (1982) y Pérez Lorente *et al.* (1992). En el centro de la cuenca el relleno incluye una potente serie margosa basal, de edad Tortonienense, sobre la que descansa una serie evaporítica. Esta última está constituida, en

superficie, por una unidad pre-evaporítica basal (con diatomitas, pizarras bituminosas, azufre, etc.), de más de 100 m de potencia, y una unidad de yesos laminados a techo (Yesos de La Serrata), de unos 60 m de potencia (fig.1). Una introducción a la serie evaporítica de Lorca se ofrece en Ortí (1990) y una correlación con la serie evaporítica de la cuenca de Fortuna-Mula en Ortí *et al.* (1993).

Varias campañas de perforación minera realizadas en la cuenca de Lorca han revelado la existencia, en profundidad, de una Unidad Salina intercalada entre las unidades pre-evaporítica y yesífera (IGME, 1982). Dicha unidad ha sido cortada por 2 de los 16 sondeos realizados mostrando una potencia muy variable: 49 m en el sondeo S5, de posición más marginal, y 235 m en el sondeo S4, de posición más de centro de cuenca (figs. 1 y 2). El registro salino del sondeo S4 ha sido estudiado, en varios trabajos, en relación a la mineralogía y geoquímica del bromo (García Veigas *et al.*, 1990, 1991), las inclusiones fluidas de la halita (García Veigas, 1993), y la modelización de las salmueras (Ayora *et al.*, 1994).

En el presente trabajo se aborda el estudio del registro halítico del sondeo S5 con objeto de completar la información y discutir la correlación entre los sondeos. Una limitación a nuestro estudio ha sido el no disponer de una testificación continua de los sondeos, contan-

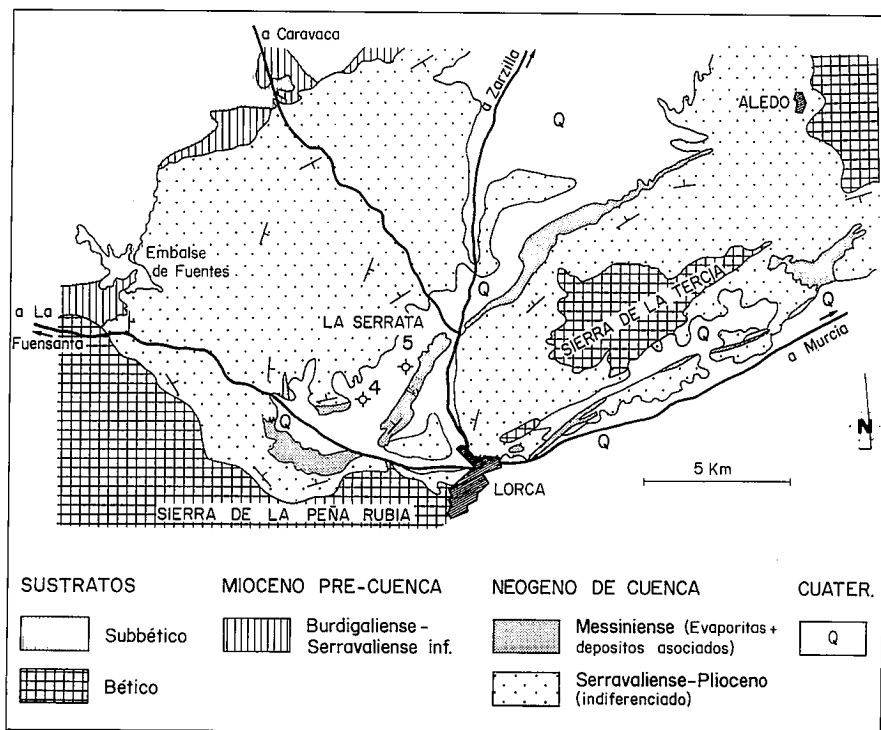


Fig. 1.— Mapa geológico simplificado de la cuenca de Lorca (Ortí, 1990, basado en Geel, 1976).

Fig. 1.— Geological simplified map of Lorca basin (Ortí, 1990, based on Geel, 1976).

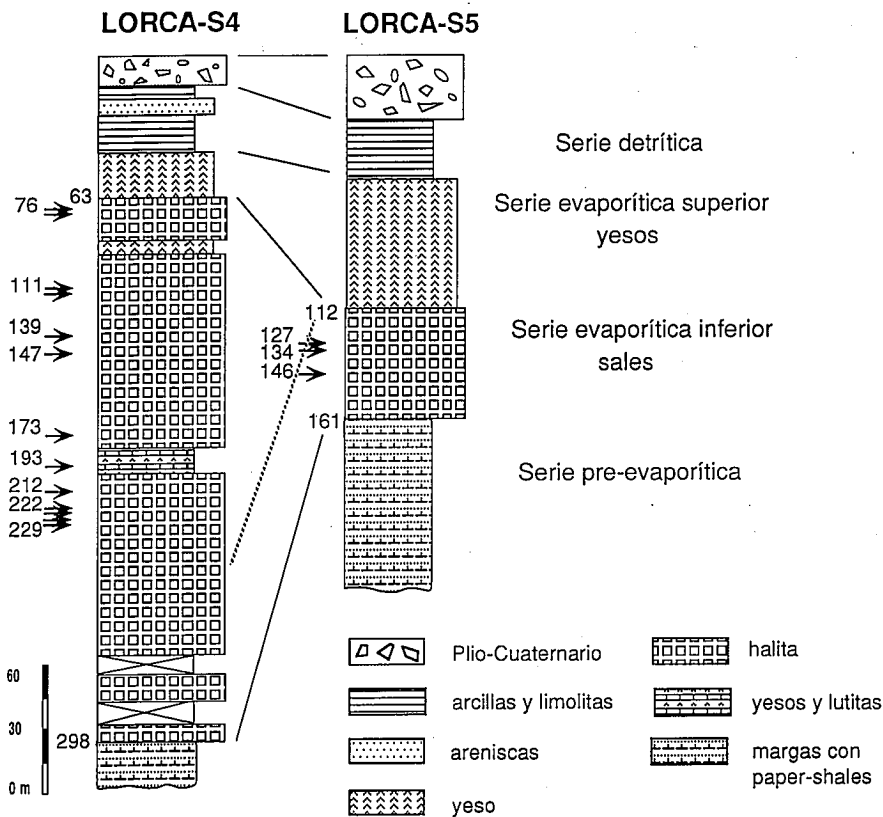


Fig. 2.— Columnas litoestratigráficas simplificadas de los sondeos S4 y S5 de Lorca.

Fig. 2.— Synthetic stratigraphic succession of Lorca S4 and S5 boreholes.

do con muestras del sondeo S4 entre los 76 y 244 m de profundidad, y entre los 126 y 146 m para el sondeo S5.

**Petrología y mineralogía del tramo salino**

En la Unidad Salina de Lorca se presentan dos principales litofacies: a/ bandeada, en capas de 5 a 20 cm de espesor, con texturas primarias de tipo *hopper* y *chevron* marcadas por zonaciones de inclusiones fluidas que indican precipitación en un medio muy somero, y con alternancia de diastemas arcilloso-sulfatados de hasta pocos centímetros; y b/ masiva (o caótica), donde el material arcilloso-sulfatado actúa de matriz entre cristales de halita de crecimiento intersticial, pobres en inclusiones fluidas y que frecuentemente muestran tendencias *cornet*. En el sondeo S4 domina la litofacies bandeada, presentándose la masiva por debajo de los 193 m de profundidad. Por el contrario, en el sondeo S5 domina la masiva, sugiriendo caídas de la lámina de agua, periódicas y regionales, a posiciones intersticiales.

Mineralógicamente, la anhidrita es el sulfato dominante en el sondeo S4, mientras que la polihalita se desarrolla en todo el registro del sondeo S5 y la parte basal (>222 m) del S4. Al microscopio se identifican cristales de yeso que se preservan como inclusiones sólidas en la sal o como fases atrapadas en el interior de las inclusiones fluidas. La paragénesis original debió ser de halita-yeso, siendo la anhidrita y la polihalita fases diagenéticas tempranas.

Debe también mencionarse la presencia de intercalaciones lutíficas grises con sulfatos, con grosores que varían desde láminas milimétricas a capas de hasta 15 cm. Estas intercalaciones son relativamente abundantes en determinados niveles del sondeo S4, y prácticamente ausentes en el sondeo S5. La mineralogía de las arcillas, en estas intercalaciones, está constituida por illita, palygorskita, interestratificados illita-esmectita y trazas de clorita. Esta mineralogía coincide, especialmente por la abundancia de palygorskita, con las lutitas de superficie muestreadas entre los yesos suprayacentes a la sal (cortes

de La Serrata y de Totana; Ortí *et al.*, 1993).

**Contenidos en bromo de la sal**

La Tabla 1 ofrece los contenidos promedio en bromo obtenidos para alícuotas de sal molidas en seco y en etanol (estas últimas para eliminar las salmueras retenidas en inclusiones fluidas). En el sondeo S4 se observa que los contenidos (en seco) son algo inferiores a los marinos iniciales (60-65 ppm), indicando la existencia de aportes continentales a la cuenca. Sin embargo, en el tramo superior (<139 m) los valores decaen indicando la continentalización del medio y el reciclaje de la halita en el seno de aguas meteóricas. Los diferentes contenidos en bromo de estos dos tramos no tienen ninguna expresión en la litofacies. En el sondeo S5 los contenidos en bromo son similares o ligeramente inferiores a los del tramo inferior del sondeo S4 (>139 m), observándose contenidos en Br muy bajos (inferiores a 40 ppm) en la mayor parte de las muestras de la base del sondeo S5 (>137 m). Todo ello indica también la precipitación a partir de una salmuera marina que recibe aportes continentales.

**Composición de las inclusiones fluidas**

El estudio de la composición de las inclusiones fluidas del sondeo S4 puso de manifiesto (García Veigas, 1993) la existencia de dos tramos halíticos con comportamientos geoquímicos diferentes (Tabla 2). De ellos, el inferior (>139 m) corresponde a una salmuera marina relativamente muy concentrada y rica en Mg, mientras que el superior (<139 m) corresponde a una salmuera sódica de menor salinidad. Por otro lado, las inclusiones del sondeo S5 (Tabla 2) corresponden a salmueras marinas de salinidad inferior a las del tramo basal del sondeo S4. Así pues, el estudio conjunto de las inclusiones de muestras de los dos sondeos nos permite distinguir tres tipos de salmueras en la evolución de la cuenca salina de Lorca:

A/ Salmuera marina de salinidad relativamente baja (330-335 g/l), fundamentalmente sódica pero con altos contenidos en K. Los contenidos en sulfato son progresivamente crecientes y comparables a los obtenidos a partir de la

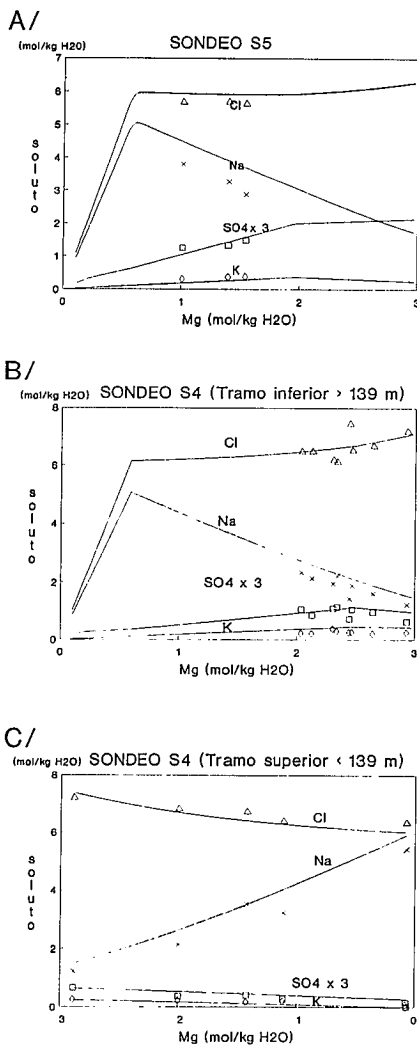


Fig. 3.— Modelos evolutivos de composición de salmueras en cuencas evaporíticas abiertas (Ayora *et al.*, 1994) y composición de las inclusiones fluidas de: (A) sondeo S5, (B) tramo inferior del sondeo S4; y (C) Tramo superior del sondeo S4.

Fig. 3.— Calculated evolution models of the solute content in evaporitic open basins (Ayora *et al.*, 1994) and fluid inclusions composition of: (A) S5 borehole; (B) lower part of S4 borehole; and (C) upper part of S4 borehole

evaporación de agua marina (McCaffrey *et al.*, 1987). Esta salmuera corresponde al sondeo S5.

B/ Salmuera marina de salinidad relativamente alta (333-339 g/l), progresivamente más evolucionada, enriqueciéndose en Mg y empobreciéndose en Na. A diferencia del caso anterior, se detecta un descenso importante y continuo en la concentración de sulfato. Corresponde al tramo inferior del sondeo S4 (>139 m).

C/ Salmuera continental de baja salinidad (317-329 g/l), de composición esencialmente sódica y con cantidades muy bajas de Mg y K. Corresponde al tramo superior del sondeo S4 (<139 m).

La modelización de la evolución hidroquímica de las salmueras en los dos tramos del sondeo S4 ha sido presentada por Ayora *et al.* (1994) y está representada en la figura 3 (b y c). Utilizando aquí el mismo modelo que estos autores, la figura 3a muestra la evolución que para los principales componentes se obtendría durante la evaporación de una salmuera marina en una cuenca hidrologicamente abierta, es decir, donde la cantidad de agua perdida por evaporación es compensada por cantidades equivalentes de aportes (marinos, continentales, etc.). Debido al carácter conservativo del Mg se han considerado las concentraciones de este componente como indicadores del grado de evaporación. El modelo propuesto considera que la cuenca es alimentada por aportes fundamentalmente marinos (90-99% del agua evaporada), y en menor proporción continentales (1-10%), y que una pequeña parte de la salmuera es eliminada por reflujos hacia mar o por infiltración subterránea (1%). Este modelo simula correctamente la evolución registrada por las inclusiones fluidas del sondeo S5.

En relación con el sondeo S4, la figura 3b muestra el modelo propuesto en Ayora *et al.* (1994) donde se considera la misma configuración hidrológica anterior, pero donde se ha recurrido a la incorporación de una pequeña proporción (1% del agua evaporada) de un fluido enriquecido en CaCl<sub>2</sub> (1 mol/kg H<sub>2</sub>O) con el propósito de justificar el descenso progresivo en sulfato detectado en las inclusiones. La modelización presentada por estos autores para el tramo superior del sondeo S4 (fig. 3c) considera que la cuenca queda aislada y no recibe aportes marinos. De esta forma la acumulación de sucesivas capas de sal se realiza mediante la incorporación de aportes continentales enriquecidos en NaCl como resultado de sucesivos procesos de disolución de la halita previamente depositada.

**Correlación entre los sondeos S4 y S5**

La sedimentación de la Unidad Salina de Lorca responde a una importante restricción de la cuenca, debido muy probablemente a un descenso generalizado del nivel marino. Por la diferencia de potencias no hay duda de que el sondeo S4 registra una zona más subsidente que la del S5, a pesar de que la distancia entre ellos es de sólo 2 km.

Muestra (m)	n	Br(s)	Br(a)	Muestra (m)	n	Br(s)	Br(a)
<b>SONDEO S4</b>				<b>SONDEO S5</b>			
78	2	---	---	126	1	45	33
102	1	---	---	127	3	46	31
108	2	32	22	129	1	52	31
111	2	20	---	130	1	58	25
112	2	26	---	131	1	44	22
139	2	48	32	132	1	63	57
140	2	55	38	133	1	57	40
147	2	59	41	134	1	61	52
182	2	61	37	135	1	45	33
193	2	57	31	136	3	53	35
212	2	59	40	137	1	34	16
226	2	49	35	139	1	41	20
227	2	48	39	140	1	37	15
229	4	50	38	142	1	38	---
244	2	53	45	143	1	50	41
				144	3	35	18
				145	4	36	18
				146	3	38	22

Tabla 1.— Contenidos promedio en Br (ppm) de la sal, molidura en seco (s) y en alcohol (a), de muestras de los sondeos S4 y S5 de Lorca.(--- contenidos inferiores a 13 ppm).

Table 1.— Bromine average contents (ppm) in halite samples, dry powdered (s) and powdered in alcohol (a), from Lorca S4 and S5 boreholes. (--- contents below 13 ppm).

Muestra (m)	n	Na	Mg	SO <sub>4</sub>	Cl	K
<b>SONDEO S4</b>						
<b>Tramo superior</b>						
76	2	5.41		0.05	6.34	
77	3	5.43			6.33	0.09
111	4	3.23	1.12	0.09	6.39	0.2
112	5	3.53	1.42	0.13	6.73	0.17
139	3	2.13	2.01	1.12	6.81	0.22
<b>Tramo inferior</b>						
147	3	1.21	2.93	0.21	7.19	0.25
173	3	1.42	2.46	0.24	7.45	0.25
193	7	1.6	2.65	0.32	6.68	0.21
212	3	2.13	2.13	0.28	6.48	0.21
222	3	1.95	2.32	0.36	6.2	0.37
226	6	2.33	2.03	0.35	6.49	0.22
228	9	1.88	2.47	0.35	6.52	0.27
229	7	2.21	2.35	0.38	6.12	0.29
<b>SONDEO S5</b>						
127	7	3.17	1.54	0.49	5.62	0.38
134	7	3.63	1.39	0.44	5.68	0.36
146	8	4.25	1.01	0.38	5.67	0.31

Tabla 2.— Composición promedio (mol/kg H<sub>2</sub>O) de las inclusiones fluidas de los sondeos de Lorca S4 y S5.

Table 2.— Average composition (mol/kg H<sub>2</sub>O) of fluid inclusions in halite samples from Lorca S4 and S5 boreholes

Las características petrológicas y mineralógicas de la sal permitirían una correlación entre el conjunto del sondeo S5 y el tramo basal del S4, por debajo de los 193 m de profundidad (fig.2). Por otro lado, los datos de bromo sugerirían una posible correlación entre la parte superior del sondeo S5 (< 137m) con el tramo inferior del sondeo S4 (>139 m) (Tabla 1). Sin embargo, el análisis de inclusiones fluidas pone de manifiesto que el tramo salino registrado en el sondeo S5 no es equivalente al del sondeo S4, ni siquiera con el tramo inferior estudiado por nosotros. Con la limitación que significa el no poseer muestras de la base del sondeo S4 y considerando la importancia que sobre el resto de indicadores geoquímicos tiene la composición de las inclusiones fluidas, podemos suponer que todo el tramo salino del sondeo S5 debería correlacionarse con el tramo basal, de más de 50 m no muestreados, del sondeo S4 (>244 m) (fig.2).

No hay duda de que, debido probablemente a una fuerte subsidencia diferencial en el fondo de la cubeta salina, la

zona del sondeo S5 ha podido permanecer emergida y sin registro en los momentos de intensa sedimentación en la zona del sondeo S4. En este sentido, Rodríguez Estrella *et al.* (1992) han puesto de manifiesto el control que ejercen las fracturas de zócalo que cruzan el centro de la cuenca de Lorca sobre la sedimentación neógena. En nuestra interpretación, tras la sedimentación del conjunto salino del sondeo S5 y de la base (no muestreada) del S4, habría tenido lugar una importante reactivación de la subsidencia diferencial en el centro de la cuenca. Este fenómeno habría favorecido el aporte de fluidos enriquecidos en CaCl<sub>2</sub> a lo largo de las fracturas de zócalo, provocando el consumo de sulfato registrado en el tramo inferior del sondeo S4. La relajación en el ritmo de subsidencia y el relleno salino habrían conducido a la cuenca hacia el aislamiento definitivo con respecto al mar, facilitando con ello la invasión por aportes meteóricos y el reciclaje salino en el sondeo S4 (y posiblemente en el S5). Finalmente la sedimentación de la serie yesífera de La Serrata, expansiva

sobre la sal, y que se extiende hasta la cuenca de Fortuna, supone una importante entrada de agua marina a la cuenca de Lorca y el establecimiento de una segunda fase evaporítica messiniense en la misma.

#### Agradecimientos

Trabajo realizado en el marco del proyecto DGICYT PB90-0485. Los autores agradecen al ITGE la cesión de las muestras de los sondeos.

#### Referencias

- Ayora, C.; García Veigas, J.; y Pueyo, J.J. (1994): *Geochim. Cosmochim. Acta*, 58: 43-55.
- García Veigas, J.; Rosell, L.; Utrilla, R. y Ortí, F. (1990): *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas, y de la zona de Levante*, ENRESA - Univ. Barcelona, 257-266.
- García Veigas, J.; Rosell, L. y Ortí, F. (1991): *Bol. Soc. Esp. Min.*, 14-1:122-123.
- García Veigas, J. (1993): Tesis Doctoral, Universidad de Barcelona, 259p.
- Geel, T. (1976): *Mem. Soc. Geol. Italia*, 26: 369-385.
- IGME (1982): *Ampliación de la investigación de pizarras bituminosas en la zona de Lorca (Murcia)*, 166p.
- McCaffrey M.A.; Lazar, B. y Holland H.D. (1987): *Jour. Sed. Petrol.*, 57:928-937.
- Montenat, Ch.; d'Estevou, P.O. y Delort, T. (1990): *Doc. et Trav. IGAL*, 12-13:261-280.
- Ortí, F. (1990): *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas, y de la zona de Levante*, ENRESA Univ. Barcelona, 297-298.
- Ortí, F.; García Veigas, J.; Rosell, L.; Rouchy, J.M.; Ingles, M.; Gimeno D.; Kasprzyk A. y Playa E. (1993): *Geogaceta*, 14: 98-101
- Perez Lorente, F.; Rodríguez Estrella, T.; Serrano, F.; Mancheno, M.A.; Guillén Mondejar, F.; Arana, R. y Fernández Tapia, M.T. (1992): *III Congr. Geol. Esp. y VII Congr. Latin. Geol.*, SGE, Actas I: 185-190.
- Pierre, C. (1982): *Thèse de Doctorat d'Etat*, Univ. Paris-Sud, 222p.
- Rodríguez Estrella, T.; Mancheno, M.A.; Guillén Mondejar, F.; Lopez Aguayo, F.; Arana, R.; Fernández Tapia, M.T.; y Serrano, F. (1992): *III Congr. Geol. Esp. y VII Congr. Latin. Geol.*, SGE, Actas I: 201-206.