

Formaciones salinas de las cuencas triásicas en la Península Ibérica: caracterización petrológica y geoquímica

F. ORTÍ *, J. GARCÍA-VEIGAS **, L. ROSELL *,
M.^a J. JURADO *** y R. UTRILLA ***

* *Departament de Geoquímica, Petrologia i Prospecció Geològica,
Facultat de Geologia, Universitat de Barcelona,
Zona Universitària de Pedralbes, Barcelona 08071*

** *Serveis Científic-Tècnics,
Universitat de Barcelona,*

Zona Universitària de Pedralbes, Barcelona 08071

*** *Institut de Ciències de la Terra (Jaume Almera),
C/ Martí i Franquès, s/n, Barcelona 08028*

RESUMEN

Se estudian muestras de sal y anhidrita triásicas procedentes de sondeos y, en menor medida, de algunos afloramientos y galerías de mina. Las características texturales y de litofacies indican la existencia de procesos de recristalización en la halita con pérdida de las texturas primarias de tipo *hopper* y *chevron*, que son en parte sinsedimentarios y en parte de diagénesis de enterramiento. Adicionalmente, en las zonas diapirizadas la recristalización es más intensa y la brechificación frecuente. Los contenidos en bromo de la halita y las composiciones isotópicas de las anhidritas en las diferentes formaciones estudiadas son relativamente homogéneos, indicando el origen marino de las salmueras y la estabilidad en la alimentación oceánica, a pesar del carácter generalizado de transición de los medios sedimentarios. De acuerdo con estas texturas y contenidos elementales de la halita, y por comparación con los encontrados en otras cuencas triásicas europeas y del N de África, las condiciones de sedimentación del conjunto de formaciones salinas triásicas de la Península Ibérica parecen muy uniformes, propias de cuencas poco profundas en las que no se pone de manifiesto, desde el punto de vista geoquímico, una influencia de aguas continentales. Las importantes acumulaciones salinas y

de sulfatos registradas en estas cuencas son los mejores indicadores de la fuerte subsidencia generada por el proceso de *rifting* triásico.

Palabras clave: halita, anhidrita, Petrología, Geoquímica, Triásico, Península Ibérica.

ABSTRACT

Triassic salt and anhydrite samples coming from boreholes and in minor degree from mine galleries and outcrops are studied. Lithofacies and textural characteristics of halite suggest the existence of recrystallization processes leading to the loss of primary features such as hopper and chevrons, which are in part synsedimentary (early diagenetic) and in part of deep burial origin. Moreover, in the diapiric zones recrystallization becomes severe and brecciation appears very frequently. Both bromine content of halite and isotopic composition of anhydrite are relatively homogeneous in the various basins studied, thus proving the marine origin of mother brines and a stable inflow from the ocean, despite the fact that sedimentation took place in generalised transitional environments. According to these textures and geochemical contents, and in comparison with those exhibited in other Triassic basins of Europe and North África, it can be stated that conditions governing salt precipitation in the Iberian Peninsula during Triassic times were rather uniform and corresponded to shallow basins in which the possible influence of continental water can not be proved from the geochemical point of view. Important chloride and sulphate accumulations recorded in these basins may be held as the best indicator of continuous subsidence controlled by the Triassic rifting.

Key words: halite, anhydrite, Petrology, Geochemistry, Triassic, Iberian Peninsula.

INTRODUCCIÓN

Durante el Triásico las cuencas sedimentarias con facies germánicas instaladas sobre la Placa Ibérica registraron varios episodios salinos comprendidos entre el techo de las facies Buntsandstein y la base de las facies del Lías. Las potencias de estas formaciones con cloruros oscilan entre varias decenas y varios centenares de metros y reflejan momentos de fuerte subsidencia diferencial, muy superior a la registrada durante los

episodios carbonatados, facilitando así la sedimentación química en las cuencas.

Las principales áreas receptoras de sedimentación salina triásica se muestran en la figura 1. Estas son: la cuenca Cántabro-Navarra, la cubeta de Ballobar (en la Depresión del Ebro), la cubeta del Maestrat, la cuenca de Valencia-Cuenca y el amplio dominio Prebético-Subbético. En general, la definición de estas cuencas salinas no siempre es precisa debido tanto a la insuficiente información de subsuelo disponible como a la frecuente acción distorsionadora del diapirismo y a la existencia de grandes áreas alóctonas (Surpirenaica y Subbética, principalmente).

El trabajo de Castillo Herrador (1974) sentó las bases para el conocimiento de las principales cuencas evaporíticas triásicas peninsulares. Las unidades triásicas donde se desarrolla la sal corresponden, de base a techo, a (Fig. 2): 1) facies Röt (techo del Buntsandstein), 2) Muschelkalk medio, 3) Keuper inferior, 4) Keuper superior y 5) base del Lías. De un modo más excepcional, cantidades menores de sal pueden encontrarse en sondeos o en mina en el seno de alguna unidad carbonatada (Fm. Imón) o sulfatada (unidad K5 del Keuper).

Algunas de estas unidades salinas pasan lateralmente a formaciones de sulfatos cálcicos hacia los bordes de cuenca. Sin embargo, puede decirse que de un modo global la sal se encaja entre lutitas y sulfatos en el Buntsandstein, Muschelkalk y Keuper, y entre sulfatos y carbonatos en la Fm. Imón y en la base del Lías. Dentro de las unidades sulfatadas destaca, por su importancia, la Anhidrita de Carcelén (Zona de Anhidrita).

Para el estudio de este conjunto de unidades evaporíticas conviene hacer una distinción entre los dominios triásicos separados, en primera aproximación, por el «alto paleogeográfico de Ateca-Castellón» (Figs. 1 y 2):

A) *Dominio Prebético-Valenciano* (parte meridional de la Rama Castellana de la Cordillera Ibérica, Mesa manchega y zona de enlace Ibérico-Prebética, y sectores Prebético y Subbético orientales) (Fig. 3).

En este amplio dominio las unidades salinas principales se sitúan en el Keuper inferior y el Keuper superior, y en menor medida en la base de la Anhidrita de Carcelén (Fig. 2). La zona mejor conocida es la de la cuenca manchega que se desarrolla entre Valencia-Cuenca, de la cual una correlación de sondeos detallada fue ofrecida por Bartrina, Hernández & Serrano (1990), que aquí se reproduce en la figura 3 (existen ciertas diferencias en la interpretación de algunas unidades evaporíticas entre esta figura y las columnas litológicas originales de perforación, recopiladas en IGME, 1987).

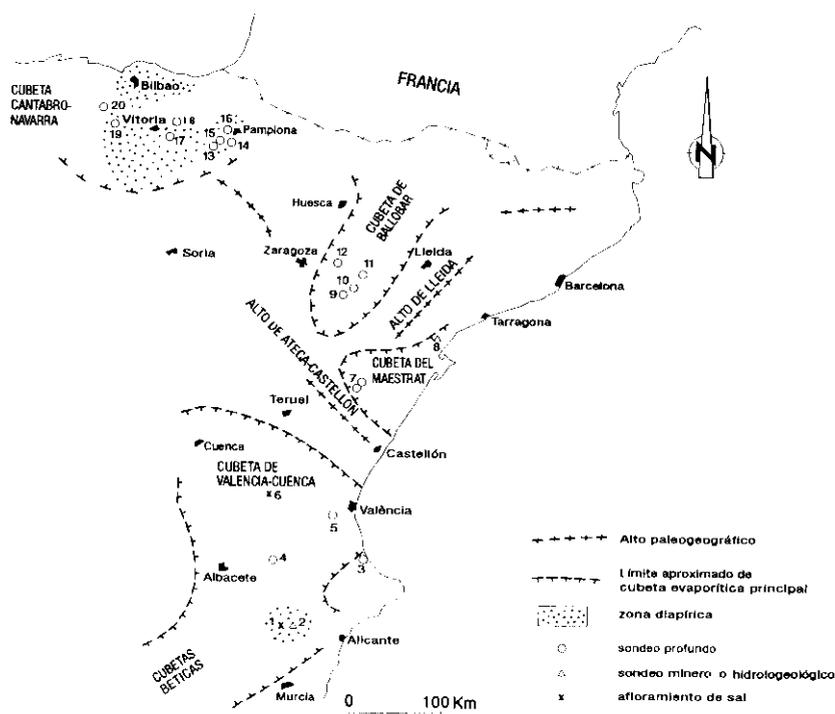


Fig. 1.—Esquema de situación de cubetas evaporíticas peninsulares durante el Triásico, basado en Castillo Herrador (1974). Se indica las localidades y sondeos de los que procede el muestreo realizado: 1. cantera salina del domo de La Rosa (Jumilla, Murcia); 2. sondeos mineros de reconocimiento S2 y S6 del domo de Pinoso (Ortí & Pueyo, 1983); 3. sondeo profundo Jaraco-1; 4. sondeo profundo Carcelén-1; 5. sondeo profundo Perenchiza; 6. afloramiento salino de Minglanilla (Cuenca); 7. sondeos hidrogeológicos de reconocimiento 7R, 6S y 2E (Ortí & Bayó, 1977); 8. sondeos profundos Bobalar-1 y 2; 9. sondeo profundo La Zaida-1; 10. sondeo profundo Bujaraloz-1; 11. sondeo profundo Ballobar-1; 12. sondeo profundo Monegrillo-1; 13. sondeo profundo Zufía-1; 14. sondeo profundo Pamplona Sur-1; 15. sondeo profundo Allos-1; 16. sondeo profundo Pamplona-2; 17. sondeo profundo Aitauri-1; 18. sondeo profundo Aitzgorri-1; 19. sondeo profundo La Hoz-2; 20. sondeo profundo Vivanco-1.

Fig. 1.—Location of the evaporitic basins in the Iberian Peninsula during Triassic times, based on Castillo Herrador (1974). Localities and boreholes from which samples were taken are indicated: 1. Salt quarry in the La Rosa dome (Jumilla, Murcia province); 2. S2 and S6 mining exploratory boreholes in the Pinoso dome (Ortí & Pueyo, 1983); 3. Jaraco-1 deep (oil prospection) borehole; 4. Carcelén-1 deep (oil prospection) borehole; 5. Perenchiza deep (oil prospection) borehole; 6. Salt outcrop in Minglanilla (Cuenca province); 7. 7R, 6S and 2E hydrogeological exploratory boreholes (Ortí & Bayó, 1977); 8. Bobalar 1 and 2 deep (oil prospection) boreholes; 9. La Zaida-1 deep (oil prospection) borehole; 10. Bujaraloz-1 deep (oil prospection) borehole; 11. Ballobar-1 deep (oil prospection) borehole; 12. Monegrillo-1 deep (oil prospection) borehole; 13. Zufía-1 deep (oil prospection) borehole; 14. Pamplona Sur-1 deep (oil prospection) borehole; 15. Allos-1 deep (oil prospection) borehole; 16. Pamplona-2 deep (oil prospection) borehole; 17. Aitauri-1 deep (oil prospection) borehole; 18. Aitzgorri-1 deep (oil prospection) borehole; 19. La Hoz-2 deep (oil prospection) borehole; 20. Vivanco-1 deep (oil prospection) borehole.

La sal del Keuper inferior (perteneciente a la unidad K1, o «Serie Evaporítica Inferior») alcanza más de un centenar de metros, mientras que la sal del Keuper superior (subunidad K4b, perteneciente a la «Serie Evaporítica Superior») supera los 350 m. En esta amplia cuenca la sal de la Anhidrita de Carcelén es también importante, superando localmente los 200 m de potencia acumulada. Aunque en algún sondeo puede presentarse la serie triásica repetida o distorsionada, en general, la disposición salina es subhorizontal y poco deformada.

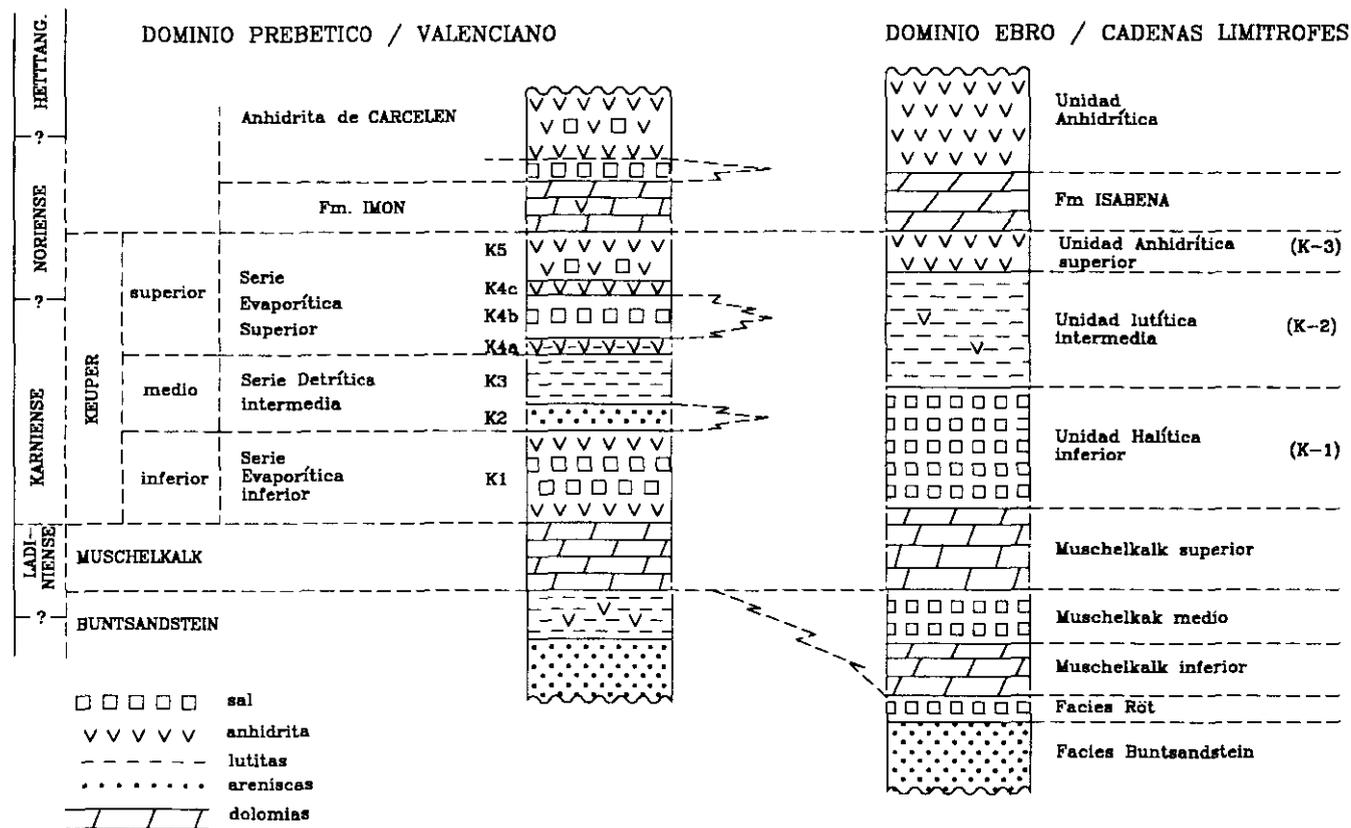
Por el contrario, en la zona Prebético-Subbética oriental y en la zona central valenciana, la deformación salina es considerable, existiendo varias zonas diapíricas. De ellas la mejor definida es la del límite Alicante-Murcia. Martínez del Olmo, Leret & Suárez (1986) han mostrado la importancia de la deformación salina triásica ocurrida desde el Cretácico, y en Ortí *et al.* (1994) se revisa el fenómeno diapírico en esta amplia zona. La serie triásica salina de la misma se supone bastante similar a la conocida en la cuenca de Valencia-Cuenca, pero no existen datos precisos que lo corroboren, en particular hacia el SW, hacia la zona central Subbética.

El principal desarrollo de sulfatos en todo este dominio parece corresponder a la cuenca de Valencia-Cuenca, donde la Anhidrita de Carcelén (Zona de Anhidrita) alcanza los 800 m de potencia (anhidrita, sal y dolomías subordinadas) en el surco de Ledaña-Carcelén (Castillo Herrador, 1974). Algunos afloramientos parciales de esta unidad anhidrítica son referidos en Pérez-López, Solé & Ortí (1994).

B) *Dominio del Ebro y cadenas periféricas* (subsuelo de la cuenca del Ebro, Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica y Maestrat, Catalánides, Alóctono Surpirenaico y cuenca Cántabro-Navarra) (Fig. 4).

Con posterioridad al trabajo de Castillo Herrador (*op. cit.*) las unidades salinas en este extenso dominio se conocen en detalle por las publicaciones de Jurado (1989, 1990) en el subsuelo de la cuenca del Ebro, de Klimowitz & Torrescusa (1990) en el Alóctono Surpirenaico de Tremp-Jaca, y de Bartrina *et al.* (1990) en la cubeta del Maestrat. Los trabajos de Serrano, Martínez del Olmo & Cámara (1989) y de Serrano & Martínez del Olmo (1990) muestran la compleja estructuración salina en la cuenca Cántabro-Navarra por el intenso diapirismo y deformación que la afecta. En consecuencia, sus series evaporíticas están poco conocidas desde el punto de vista estratigráfico.

La figura 4 muestra que el registro salino en este amplio dominio presenta claras variantes respecto al Prebético-Valenciano. Así, tomando como referencia principal la cubeta de Ballobar en el subsuelo de la Depresión del Ebro, Jurado (1990) observa que la intercalación salina del



Röt llega a los 50 m, la del Muschelkalk medio está próxima a los 250 m y la única reconocible en el Keuper (la del Keuper inferior, unidad K-1) supera los 400 m. Por el contrario, parece probable que la cantidad de sal registrada en la Zona de Anhidrita sea poco importante, y no existe registro salino en el Keuper «superior» (unidad K-2). En relación con los sulfatos, las principales unidades triásicas corresponden a la Zona de Anhidrita, con potencias que superan los 400 m.

En el caso de la cubeta del Maestrat también la sal del Muschelkalk medio está ampliamente desarrollada, más incluso que la del Keuper, alcanzando varios centenares de metros en su potencia original (Jurado, 1989; Bartrina *et al.*, 1990).

En el Alóctono Surpirenaico, Klimowitz & Torrescusa (*op. cit.*) admiten potencias originales superiores a los 400 m de sal en el Keuper (Keuper inferior).

En la cuenca Cántabro-Navarra la potencia original de la sal triásica es desconocida, aunque se admite del orden de varios cientos de metros. Se admite también que la sal es del Keuper, pero se desconoce su horizonte estratigráfico preciso.

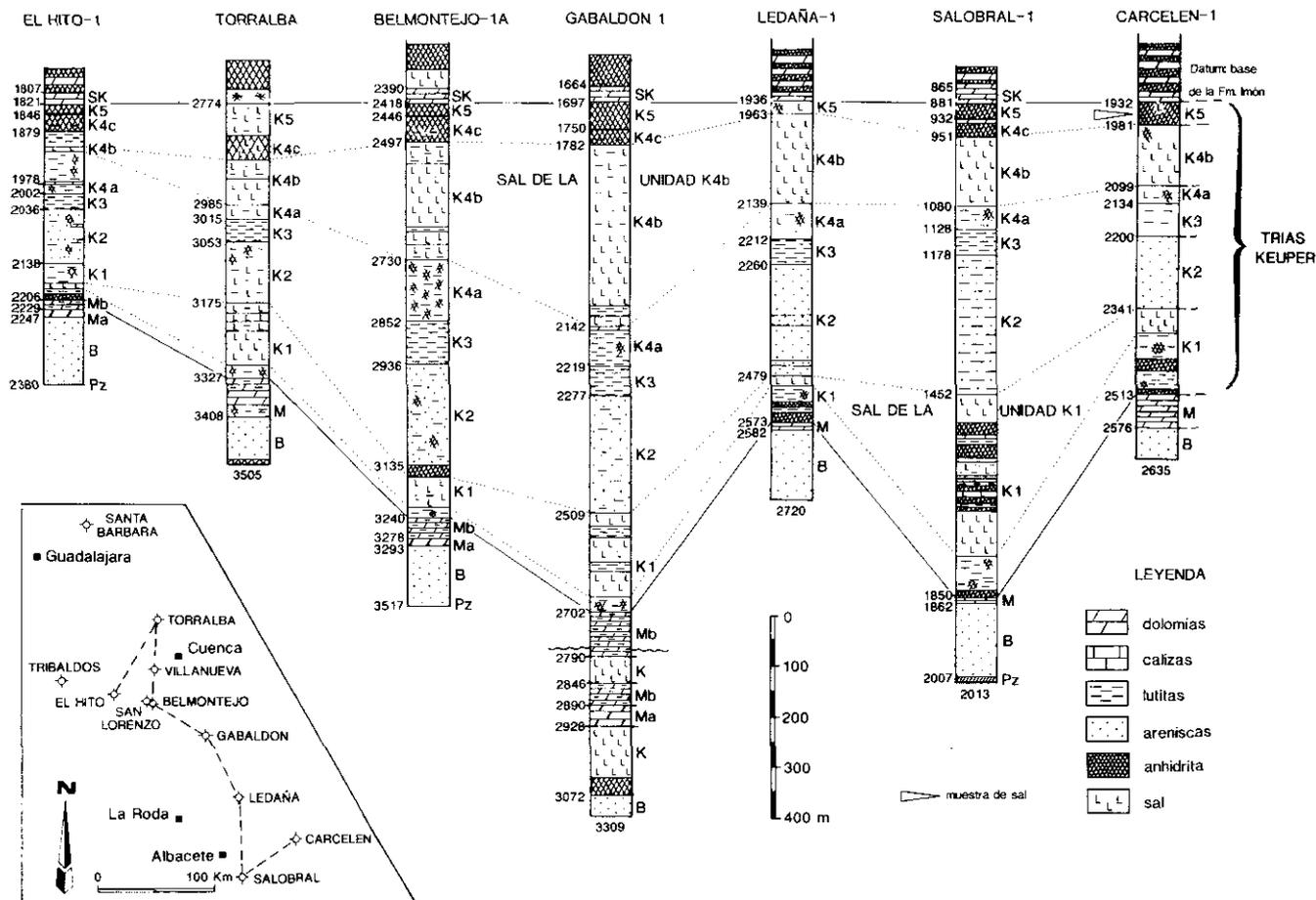
Conviene remarcar que en el dominio del Ebro y cadenas periféricas que ahora nos ocupa el desarrollo principal de la sal en el Keuper inferior es coincidente con el que ocurre en el resto de cuencas francesas y centroeuropeas, como en las cuencas de Aquitania (Stevaux & Winnock, 1974), París-Lorena (Marchal, 1983), del Jura, etc. Así, esta sal alcanza más de 500 m en Aquitania, siendo prácticamente desconocida la sal en el Keuper superior (unidad «Argiles variolées»). También la Zona de Anhidrita (acompañada de abundante sal) está extensamente desarrollada en la cuenca de Aquitania (Stevaux & Winnock, 1974), llegando localmente a superar los 800 m.

MATERIALES Y METODOLOGÍA

En trabajos anteriores se ha estudiado diferentes aspectos (litoestratigráficos, sedimentológicos, secuenciales, etc.) de las series evaporíticas

Fig. 2.—Comparación de las facies y unidades litoestratigráficas que incluyen términos salinos entre los dominios triásicos Prebético-Valenciano (basado en Ortí, 1987) y del Ebro y cadenas periféricas (basado en Jurado, 1990). La división cronoestratigráfica del primero de los dominios está tomada de Pérez-López *et al.* (1994). Sin escala.

Fig. 2.—Comparison of Triassic facies and lithostratigraphic units between the geological domains of Prebetic-Valencia (based on Ortí, 1987) and Ebro and peripheral chains (based on Jurado, 1990). The chronostratigraphic division for the first domain is taken from Pérez-López *et al.* (1994). Out of scale.



triásicas en superficie. Desde el punto de vista litológico se ha insistido principalmente en la petrogénesis del yeso secundario (Ortí, 1974, 1987) y en las fábricas cristalinas de la anhidrita (Ortí & Bayó, 1977; Ortí & Rosell, 1981).

En esta síntesis se ofrecen observaciones y datos petrológicos y geoquímicos de muestras halíticas y de anhidritas acompañantes, pertenecientes principalmente a sondeos tanto petroleros como de reconocimiento minero e hidrogeológico. Adicionalmente, se han estudiado muestras halíticas procedentes de superficie (Fig. 1) (cantera de sal del domo de La Rosa, en Jumilla; afloramiento de Minglanilla, en las antiguas minas) y de galerías de mina (minas del domo de Pinoso, hoy clausuradas).

Las cuencas y unidades litoestratigráficas triásicas de las que proceden las muestras son las siguientes: Ballobar (Röt, Muschelkalk medio, Keuper), Valencia-Cuenca (Keuper, Zona de Anhidrita), Prebético (Keuper), Maestrat (Muschelkalk medio) y Cántabro-Navarra (Keuper). Las figuras y tablas especifican los sondeos y testigos utilizados. Algunos resultados, que ya han sido parcialmente publicados en trabajos sectoriales, se integran ahora a nuevas determinaciones con objeto de elaborar un conjunto analítico que caracterice genéticamente a la sal triásica peninsular.

Se han realizado estudios de control petrográficos (en lámina delgada) y mineralógicos (DRX) en la mayoría de muestras. En las muestras de halita se ha analizado el contenido en bromo (en general, sobre muestra total finamente molturada en seco) y en algunos casos también los contenidos en Mg y K. El Br se ha analizado por fluorescencia de RX y los restantes elementos por técnicas espectroscópicas convencionales de vía húmeda. La determinación del estroncio en sulfatos se hizo mediante espectrofotometría de absorción atómica, con la metodología expuesta en trabajos anteriores (Ortí *et al.*, 1988). La determinación de la composición isotópica (^{18}O , ^{34}S) de la fase sólida de los sulfatos fue realizada por espectrometría de masas, según la metodología descrita por Longinelli & Craig (1967) para el oxígeno y por Filly, Letolle & Pusset (1975) para el azufre.

Fig. 3.—Correlación entre sondeos de las dos unidades salinas del Keuper (K1, K4b) en la cuenca de Valencia-Cuenca. Simplificado de Bartrina *et al.* (1990; Fig. 2). Pz: Paleozoico; B: Buntsandstein; M: Muschelkalk; K: Keuper; SK: «Suprakeuper».

Fig. 3.—Borehole correlation between the two saline Keuper units (K1, K4b) in the Valencia-Cuenca basin. Simplified from Bartrina *et al.* (1990, fig. 2). Pz: Paleozoic; B: Buntsandstein; M: Muschelkalk; K: Keuper; SK: «Suprakeuper».

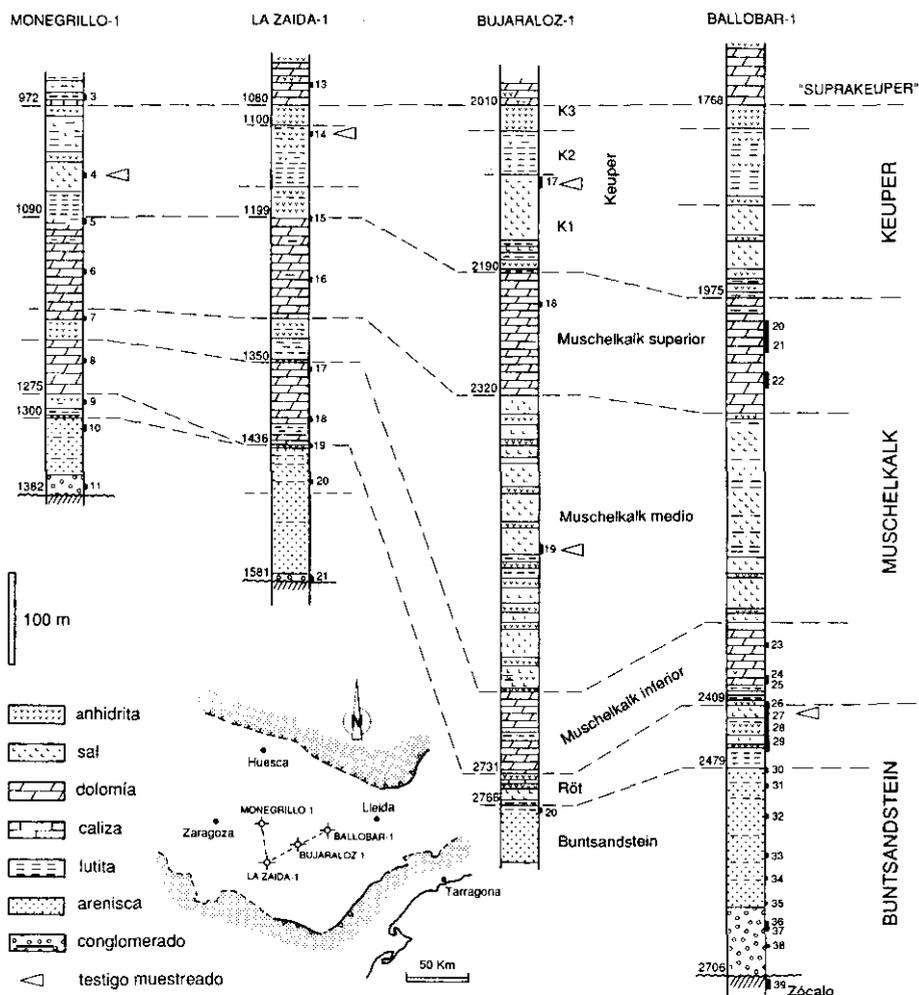


Fig. 4.—Correlación entre sondeos de las unidades triásicas del subsuelo de la Depresión del Ebro (basado en Jurado, 1989). Se excluye la Zona de Anhidrita. Se indica la posición de las muestras salinas (testigos) estudiadas.

Fig. 4.—Borehole correlation between the Triassic subsurface units of the Ebro Depression (based on Jurado, 1989). The Anhydrite Zone is excluded. The position of the halite samples studied is indicated.

Debemos insistir, no obstante, en que los muestreos realizados para cada unidad no son completos y están limitados a los escasos testigos de sal disponibles en los diferentes sondeos. Por ello, los resultados aquí ofrecidos no son exhaustivos y han de considerarse sólo representativos.

CARACTERÍSTICAS PETROGRÁFICAS Y DE LITOFACIES

En el estudio litológico de la halita triásica peninsular conviene hacer una primera distinción, por dominios, entre formaciones estratiformes (las del subsuelo del Ebro y de Valencia-Cuenca) y formaciones fuertemente deformadas por halocinesis o halotectónica (las del Maestrat, Prebético y zona Cántabro-Navarra).

En las formaciones no perturbadas la halita muestra un bandeo de orden centimétrico a decimétrico, alternando con diastemas arcillosos difusos y, ocasionalmente, con láminas de sulfatos microcristalinos. La textura halítica es gruesa, con cristales de talla milimétrica a centimétrica. Estos son transparentes, sin apenas estructuras primarias marcadas por inclusiones fluidas (*hoppers*, *chevrons*, etc.). El bandeo salino suele ser grisáceo, pero también presenta tonos rosados, rojizos o anaranjados. En la proximidad a las diastemas arcillosas el tamaño cristalino y la transparencia de la halita suelen aumentar, sugiriendo ello la existencia de procesos de disolución-reprecipitación. Incluso algunas muestras presentan el encajante arcilloso-sulfatado disperso entre sal gruesa y transparente, indicando recristalización intersticial (halita «caótica» o *muddy*).

En las formaciones con perturbación diapírica o estructural el tamaño cristalino es aún mayor, existiendo brechificación y mezcla de halita con fragmentos de los niveles de insolubles (sulfatos, lutitas, margas, ofitas, carbonatos, etc.). Las texturas halíticas son masivas, porfiroblásticas y esquistosas, propias todas ellas de recristalización intensa en relación con la halocinesis y/o halotectónica.

Los sulfatos que acompañan a la halita son la anhidrita y en menor grado la polihalita (yeso ocasionalmente, sólo detectable en DRX). Los carbonatos son calcita y dolomita y, menos frecuentemente, magnesita y aragonito.

La generalización de las estructuras cristalinas gruesas y transparentes de la halita en las formaciones estratiformes sugiere que a la existencia de un mecanismo sinsedimentario de modificación textural (reprecipitación en diagenésis temprana) se suma la de un proceso de recristalización tardía, ligado posiblemente a la subsidencia de enterramiento.

Llama la atención el hecho de que en otras cuencas triásicas europeas, como la de Lorena, donde el bandeo salino y las texturas cristalinas gruesas son similares, se preservan frecuentemente los cristales *hopper* y las fábricas *chevron* (Geisler, 1979) e incluso es posible distinguir una ciclicidad entre halita clara o primaria (con inclusiones fluidas) y halita oscura (de recristalización diagenética temprana), similar a la encontrada por nosotros.

En relación con las anhidritas, la distinción principal que puede hacerse es entre aquellas formaciones en las que dominan las litofacies laminadas y aquéllas en las que lo hacen las litofacies nodulares. Aunque no puede generalizarse, se aprecia una tendencia al predominio de las litofacies laminadas en las anhidritas del Muschelkalk medio y Keuper, y de las litofacies nodulares en las de la Zona de Anhidrita (Ortí, 1987). Este hecho, no obstante, también podría depender de los dominios paleogeográficos. En los diapiros la recristalización de la anhidrita es notoria, alcanzando tallas cristalinas gruesas (superiores al mm) y fábricas tanto esquistosas como granulares. En algunos diapiros la anhidrita llega a aflorar al no haber sido totalmente rehidratada y puede estudiarse bien las referidas texturas.

RESULTADOS GEOQUÍMICOS

Contenidos elementales de la halita. El esfuerzo principal se ha centrado en la determinación de los contenidos en bromo, por su interés como indicador de paleosalinidad (Holser, 1966). La Tabla 1 recoge, entre otros, los valores obtenidos en muestras de diferentes sondeos petroleros que, por su profundidad, no deben estar afectadas por posibles disoluciones por aguas meteóricas superficiales. Puede observarse que, en general, los valores son relativamente homogéneos en su conjunto y también para cada formación separadamente, y se sitúan principalmente en el intervalo entre 100 y 200 ppm. Este hecho indica el carácter marino de las salmueras originales para todos los episodios salinos estudiados, desde el Röt hasta la Zona de Anhidrita.

Se dispone, más aisladamente, de datos de Mg y K de algunos sondeos (zona Cántabro-Navarra; domo de Pinoso, Ortí & Pueyo, 1983), pero sin que aporten informaciones sustancialmente diferentes de las ya suministradas por el bromo.

En los sondeos de la cuenca del Ebro el conjunto de valores de bromo se sitúa entre 103 y 204 ppm, con medias de 157 ppm (Bujaraloz-1) y 134 ppm (Monegrillo-1). Estos valores, junto con el de 130 ppm de Ballobar-1, indican una gran homogeneidad en las salmueras de la totalidad de las formaciones salinas triásicas.

En la cuenca de Valencia-Cuenca únicamente se dispone de valores para una intercalación halítica presente en la unidad superior del Keuper (K5), con una media de 125 ppm Br. En el sector Prebético los valores del Keuper en los dos sondeos del domo de Pinoso tienen medias de 114

y 97 ppm Br, oscilando entre 57 y 145 ppm. Se desconoce a qué horizonte salino pertenece la halita, aunque por el contexto estratigráfico puede suponerse que pertenece preferentemente a la subunidad K4b.

En la cuenca Cántabro-Navarra el promedio de 6 valores del Keuper (indiferenciado) es de 150 ppm Br. Sin embargo, para otros 4 valores los contenidos son inferiores a 13 ppm Br (patrón más bajo utilizado en la calibración del espectrómetro de FRX para la mayoría de los análisis aquí incluidos), lo cual no podemos explicar satisfactoriamente.

Por el contrario, en el caso de la cubeta del Maestrat los dos sondeos Bobalar que cortan un potente Muschelkalk medio salino ofrecen un promedio relativamente bajo, de 60 ppm Br, distribuido en el intervalo entre 27 y 108 ppm.

Valores en bromo claramente inferiores a los anteriormente citados (13 ppm) únicamente se encontraron (Ortí & Pueyo, 1983) en algunas de las muestras próximas a superficie (pequeñas galerías de mina) del domo de Pinoso, que lógicamente sí pueden estar afectadas por disolución-reprecipitación en aguas meteóricas (Tabla 1).

A efectos comparativos podemos añadir que la halita de las formaciones continentales de las cuencas terciarias peninsulares, como las del Tajo y Ebro, presentan contenidos en bromo inferiores, en general, a 13 ppm (Ortí & Pueyo, 1980; García-Veigas, 1993).

Referencia a otras cuencas triásicas. En la cuenca de Lorena, Geisler (1979) encuentra en el Keuper inferior salino contenidos en Br aproximados entre 70 y 120 ppm para las muestras de halita primaria (sal clara) y entre 120 y 200 ppm para las de halita diagenética (sal oscura), admitiéndose una evolución deposicional y diagenética siempre en medio subacuático. En el Muschelkalk medio de dicha cuenca esta misma autora (Geisler, 1982) encuentra valores comprendidos entre 30 y 70 ppm de Br para el conjunto de muestras de halita clara y oscura, lo que se interpreta como una disolución y reprecipitación sinsedimentaria de la halita marina en el seno de salmueras empobrecidas en Br, es decir, en aguas marinas apenas previamente concentradas por evaporación.

En el Keuper inferior de Polonia, Gajewska, Peryt & Tomassi-Morawiec (1985) ponen de manifiesto el origen marino de la halita, con contenidos en Br relativamente bajos que oscilan entre 6 y 80 ppm. De acuerdo con ello, estos autores interpretan que gran parte de la halita procede de reciclaje en agua marina.

En la cuenca triásica de Khémisset (N de Marruecos), Et Touhami (1992) estudia la serie salina, de unos 700 m de potencia, que se encuentra dividida en dos formaciones por una intercalación basáltica (similar-

CUENCA	SONDEO	Testigo	Prof.(m)	Muestra	Br (ppm)	Unidad litostr.
VALENCIA-CUENCA	Carcelén-1	12	1941,1-1944,4	3	104	K5
		12	1944,4-1947,4	6	152	K5
		12	1944,4-1947,4	8	140	K5
		12	1944,4-1947,4	11	105	K5
EBRO	Bujaraloz-1	15	1919-1934	2	103	base Zona Anh.
		17	2086-2098	1	159	Keuper inf. (K1)
		17	2086-2098	2	156	Keuper inf. (K1)
		17	2086-2098	3	204	Keuper inf. (K1)
		19	2485-2496	1	162	Musch. medio
	Monegrillo-1	4	1044-1050	1	148	Keuper inf. (K1)
		4	1044-1050	2	133	Keuper inf. (K1)
		4	1044-1050	3	122	Keuper inf. (K1)
MAESTRAT	Baliobar-1	26	2420	1	130	Röt (Buntsandstein)
	Bobalar-1	10	1788,3-1789,3	M-7	62	Musch. medio
		10	1789,3-1790,3	M-8	83	Musch. medio
		10	1790,3-1791,3	M-9	57	Musch. medio
		10	1791,3-1792,3	M-10	108	Musch. medio
		10	1792,3-1793,3	M-11	43	Musch. medio
		11	1856-1857	M-12	27	Musch. medio
		11	1858-1859	M-14	85	Musch. medio
	Bobalar-2	4	2239,2-2240,2	M-15	61	Musch. medio
		4	2242,2-2243,2	M-16	64	Musch. medio
		4	2243,2-2244,2	M-17	61	Musch. medio
		4	2244,2-2245,2	M-18	40	Musch. medio
		4	2245,2-2246,2	M-19	58	Musch. medio
		4	2246,2-2247,2	M-20	43	Musch. medio
		4	2249,2-2250,2	M-21	67	Musch. medio
4		2252,2-2253,2	M-22	45	Musch. medio	
CANTABRO-NAVARRA	Aitzgorri-1	4	2425	GS1	<13	Keuper indif.
		7	3886	GS2	<13	Keuper indif.
	Alloz-1	10	2082	GS5	183	Keuper indif.
		22	3207	GS10	<13	Keuper indif.
	Atauri-1	1	558	GS11	108	Keuper indif.
	La Haz-2	9	2656	GS15	<13	Keuper indif.
	Vivanco-1	18	3163	GS32	99	Keuper indif.
	Zufia-1	2	1052	GS33	128	Keuper indif.
	Pamplona-2	15	1402	GS21	168	Keuper indif.
	Pamplona Sur-1	20	?	GS20	213	Keuper indif.
PREBETICA	Pinoso-2		33,7		57	Keuper indif.
			54,3		105	Keuper indif.
			69		116	Keuper indif.
			80,4		112	Keuper indif.
			114		118	Keuper indif.
			126,8		118	Keuper indif.
			150		116	Keuper indif.
			172,9		108	Keuper indif.
			194,1		145	Keuper indif.
			230,6		119	Keuper indif.
	Pinoso-6		265		108	Keuper indif.
			293,6		125	Keuper indif.
			298,1		115	Keuper indif.
			322,4		129	Keuper indif.
			62,5		65	Keuper indif.
			66,05		76	Keuper indif.
			138,1		112	Keuper indif.
			146,3		73	Keuper indif.
			220,68		122	Keuper indif.
			247,8		132	Keuper indif.
Domo Pinoso		276,7		115	Keuper indif.	
		352,15		83	Keuper indif.	
		superficie	P	11	Keuper indif.	
			P-1	11	Keuper indif.	
			P-2	7	Keuper indif.	
			P-4	85	Keuper indif.	
			P-6	72	Keuper indif.	
			P-6	127	Keuper indif.	
		P-8	75	Keuper indif.		

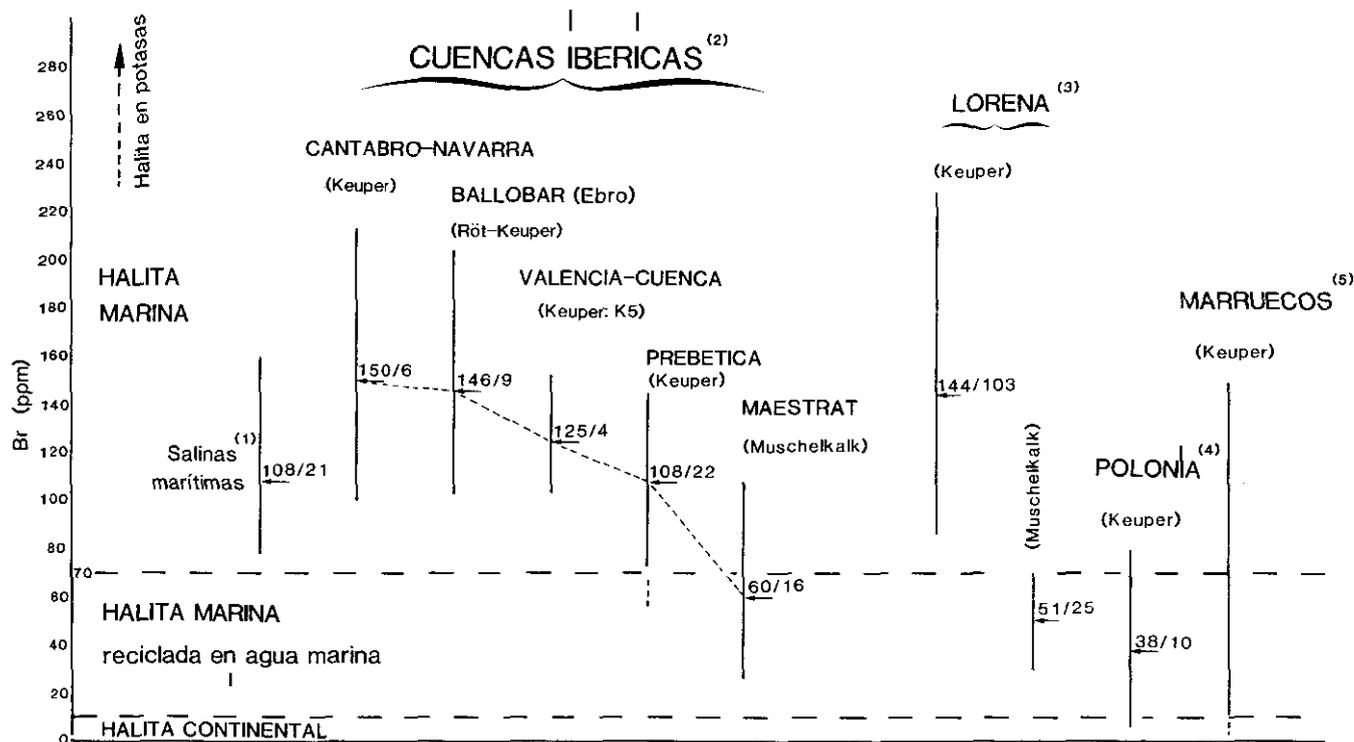
mente a lo que ocurre en la cuenca de Aquitania). La unidad inferior (Muschelkalk sup.-Keuper inf.) incluye sales potásicas y presenta un perfil en bromo continuo y creciente, con valores inferiores a 13 ppm en su mitad inferior y de hasta 150 ppm en el techo. La unidad salina superior (Keuper) muestra una tendencia similar con valores muy bajos en la base (inferiores a 13 ppm) y que alcanzan los 70-80 ppm en el techo. Al contrastar estos contenidos elementales con las características texturales de ambas unidades salinas, este autor interpreta: 1) un origen marino generalizado para ambas unidades salinas, aunque localmente con reciclajes de la halita en salmueras marinas pobres en Br (base de la unidad inferior), y 2) un origen continental para la halita de la base misma de la unidad superior.

La figura 5 compara estos contenidos en bromo de las formaciones salinas triásicas, no ibéricas, con los encontrados por nosotros en las diferentes cubetas peninsulares. Se aprecia en estas últimas una homogeneidad de valores mucho mayor, dentro siempre de los niveles admitidos como marinos (mínimo de 70 a 75 ppm) y no afectados significativamente por la posible influencia de aguas continentales. Puede observarse en la figura 5 que los máximos valores en Br encontrados pertenecen a las cuencas Cántabro-Navarra y de Ballobar, que son similares a los del Keuper de Lorena. Valores más moderados, similares a los encontrados en algunas salinas marítimas, están presentes en la cuenca Prebética. Valores que implican un reciclaje limitado de la halita en agua marina están representados por las cuencas del Maestrat y del Muschelkalk de Lorena. Reciclajes más intensos están implicados en el Keuper de Polonia y el de Marruecos (Khémisset).

Algunos valores de Br son relativamente altos y sugieren la proximidad al estadio potásico-magnésico de las salmueras triásicas, en particular en la cuenca Cántabro-Navarra. En ese sentido, la única cita publicada que hace referencia a este hecho se debe a Klimowitz & Torrescusa (1990) en el Alóctono Surpirenaico de Tremp-Jaca, donde a partir de

Tabla 1.—Contenidos en bromo (ppm) de muestras salinas triásicas de testigos de sondeo. Sintetizado de: Ortí & Pueyo (1983) (sondeos 2 y 6 del domo de Pinoso); Ortí (1990) (sondeos de Valencia-Cuenca y subsuelo de la Depresión del Ebro); y presente trabajo (sondeo Ballobar, sondeos Bobalar del Maestrat y sondeos de la zona diapírica Cántabro-Navarra). (Localización de los sondeos en la Fig. 1).

Table 1.—Bromine content (in ppm) of Triassic halite from borehole samples. Summarized from: Ortí & Pueyo (1983)(borehole 2 and 6, Pinoso dome); Ortí (1990) (boreholes from the Valencia-Cuenca basin and subsurface of the Ebro Depression); and present work (Ballobar borehole, Bobalar boreholes in the Maestrat, and boreholes of the Basque-Cantabrian diapiric zone (see location in fig. 1).



diagrafías interpretan la intercalación de niveles de sales potásicas de espesores entre 1 y 5 m hacia el techo del Keuper (entre los 2.700 y 2.750 m de profundidad) en el sondeo Pirenaica-1. Este hecho podría tener relación con la presencia de sales potásicas (silvita, carnalita, kieserita) en varios sondeos y yacimientos de la vertiente pirenaica francesa y cuenca de Aquitania (Stevaux & Winnock, 1974).

Inclusiones fluidas. La existencia generalizada de texturas recristalizadas en la halita triásica impide el estudio de inclusiones fluidas. Estas, aunque ocasionalmente están presentes, son en general escasas y de tamaño demasiado pequeño como para permitir estudios sistemáticos. Por ello, la composición de las salmueras triásicas originales no ha podido ser investigada por nosotros.

Dubessy *et al.* (1983) estudian mediante microsonda RAMAN el contenido en sulfato de las inclusiones fluidas de la halita del Keuper de la mina de Varangéville (Lorena), poniendo de manifiesto los bajos contenidos en este ión (entre 45 y 55.10^{-3} mol/Kg H_2O) si se comparan con los encontrados en las inclusiones fluidas de la sal actual de las salinas de evaporación mediterráneas.

Aunque sólo sean orientativos, estos resultados de Dubessy *et al.* (*op. cit.*), junto con el tipo de paragénesis de minerales de K-Mg presentes en las cuencas francesas y marroquíes (en estas últimas silvita, carnalita, rinneita; Et Touhami, 1992), sugieren la posibilidad de que las salmueras originales del Trias tiendan a ser del tipo empobrecido en sulfato magnésico.

Contenido en agua. En relación con el contenido total en agua, de las Cuevas & Pueyo (1991) han presentado datos pertenecientes a muestras de halita triásica de los sondeos del domo de Pinoso (Alicante). Los contenidos son del orden de 0,08 %, de los que la mitad corresponde a agua intergranular y la otra mitad a inclusiones fluidas. Estos valores son francamente bajos frente a los encontrados en formaciones salinas estratiformes.

Fig. 5.—Contenidos en bromo (ppm) de sal de formaciones triásicas en cuencas de la Península Ibérica comparadas con otras cuencas de Europa y Norte de África. Se marca los intervalos de valores: sobre la flecha se indica los valores promedio y, tras la barra, el número de muestras estudiadas: (1) sal de los cristalizadores de las salinas de Santa Pola y Almería (según Ortí *et al.*, 1984); (2) presente trabajo; (3) según Geisler (1985); (4) según Gajewska *et al.* (1985); (5) según Et Touhami (1992).

Fig. 5.—Bromine content (in ppm) of halite formations in the Triassic basins of the Iberian Peninsula in comparison with basins of Europe and North Africa. The value ranges are indicated by a vertical bar. The arrow points out the average value which is specified by the first number above; the second number corresponds to the number of samples analyzed: (1) halite from the crystallizers of the Santa Pola and Almería salt works (after Ortí *et al.*, 1984); (2) present work; (3) after Geisler (1985); (4) after Gajewska *et al.* (1985); (5) after Et Touhami (1992).

CUENCA	SONDEO	Unidad litoestr.	nº muestras	Intervalo valores	media (ppm)	desviación típica
VALENCIA-CUENCA	Carcelén-1	Trias+Z.Anh.	38	472-2951	1092	525
	Perenchiza-1	Z.Anh.	19	587-1385	948	179
EBRO	La Zalda-1	Trias+Z.Anh.	9	611-1097	732	147
	Bujaraloz-1 + Monegrillo-1	Trias+Z.Anh.	8	480-1654	998	379
CATALANIDES	Baix Ebre 6S	Musch.med.	10	255-1130	709	313
	Baix Ebre 2E	Keuper	9	190-1000	673	263
	Baix Ebre 7R	Keuper	5	260-1055	766	287

Tabla 2.—Contenidos en estroncio (ppm) de muestras de anhidrita de testigos de sondeo. Sintetizado de Salvany (1986) y de Ortí et al. (1988).

Table 2.—Sr content (in ppm) in anhydrite samples from boreholes. Summarized from Salvany (1986) and Ortí et al. (1988).

mes y más modernas, como la Fm. Zaragoza (Mioceno) y la halita de la Cuenca Potásica Catalana (Eoceno superior), cuyos contenidos están próximos al 0,4 %.

Esta marcada diferencia está en concordancia con el carácter fuertemente recristalizado de la halita triásica de los diapiros, debido a lo cual tanto la mayor parte de las inclusiones fluidas, como gran parte del agua intercrystalina original han sido progresivamente expulsadas por mecanismos de migración de fluidos.

Geoquímica de los sulfatos. Los estudios geoquímicos de sulfatos triásicos se encuentran con la limitación de que no se conserva el yeso original (primario), debiéndose practicar todos los análisis sobre fases diagenéticas (anhidrita y yeso secundario).

En relación con el estudio elemental de los sulfatos cálcicos, el esfuerzo principal se ha centrado en la determinación de los contenidos en estroncio como posibles indicadores paleoambientales o diagenéticos. La Tabla 2 recoge los datos existentes sobre anhidritas triásicas de sondeo. Sobre este particular ha podido comprobarse que los contenidos en Sr de la anhidrita triásica, con medias comprendidas entre 673 y 1.092 ppm para los diversos sondeos, no son en su conjunto muy diferentes a los encontrados en los yesos primarios del Mioceno de varias cuencas peninsulares, así como de las salinas marítimas actuales.

Datos adicionales de anhidritas triásicas aflorantes en canteras a lo largo de los Catalánides ofrecen valores muy similares, entre 270 y 1.140, con una media de 752 ppm Sr (Salvany, 1986).

Sin embargo, se registra una pérdida en Sr superior al 40 %, aproximadamente, en la hidratación final de la anhidrita triásica en yeso secun-

CUENCA	SONDEO	Testigo	Prof.(m)	$\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$	$\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$	Unidad
VALENCIA-CUENCA	Carcelén-1	5	1015	12,3	19,2	Z.Anh.(Lias)
		5	1018	11,1	18,9	Z.Anh.(Lias)
		9	1242	12,6	16,3	Z.Anh.(Trias)
		9	1247	13,9	14,8	Z.Anh.(Trias)
		11	1522	9,7	14,8	Z.Anh.(Trias)
		11	1525	10,2	13,3	Z.Anh.(Trias)
		12	1948	8,9	13,9	K5
		12	1949	9	13,5	K5
		13	2350	9,4	13,8	Z.Anh.(Trias)
EBRO	Jaraco-1	7	1184,8	11,5	16,6	Musch.med.
		4;5	556	12,2	14,5	Z.Anh.(Trias)
	La Zaida-1	7	696	12,6	12,9	Z.Anh.(Trias)
		9	839	10,9	12,9	Z.Anh.(Trias)
		14	1107	10,4	12,5	Keuper (K2)
	Bujaraloz-1	13	1460	12,5	11,5	Z.Anh.(Trias)
		14	1605	12,4	12,2	Z.Anh.(Trias)
	Monegrillo-1	2	889	13,5	11,9	Z.Anh.(Trias)
	PREBETICA	Pinoso-6		168,3	11,5	12,5
			318,85	10,9	15,8	Keuper ind.
CATALANIDES	Baix Ebre 6S		72	13,8	14,1	Musch.med.
	Baix Ebre 2E		78	13,1	10,2	Keuper ind.

Tabla 3.—Composiciones isotópicas (en ‰) de anhidritas triásicas de sondeos. Basado en Utrilla (1989).

Table 3.—Isotopic composition (in ‰) of Triassic anhydrite samples from boreholes. Based on Utrilla (1989).

dario cerca de la superficie, con medias comprendidas entre 331 y 542 ppm para varias secciones estudiadas en los Catalánides por Salvany (1986) (véase Ortí *et al.*, 1988). En consecuencia, el posible interés de la utilización de este indicador elemental en el caso del Triásico parece limitado a los aspectos diagenéticos tardíos (en relación con la exhumación de las formaciones anhidriticas) más que a los propiamente deposicionales.

Por lo que se refiere a las composiciones isotópicas de los sulfatos ($\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$, $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$) acompañantes de la sal, o que forman unidades genéticamente relacionadas con ella, la Tabla 3 recopila los valores existentes para muestras de anhidritas triásicas de sondeo, que oscilan entre 10,2 y 16,6 ‰ $\delta^{34}\text{S}_{\text{CDT}}$ y entre 8,9 y 13,2 ‰ $\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$. En general, puede observarse que los valores obtenidos concuerdan bien con los datos ofrecidos en la bibliografía para el Triásico (Claypool *et al.*, 1980) y confirman el origen marino de las aguas que dieron lugar a la precipitación de estos sulfatos.

Por su parte, los valores existentes en la bibliografía sobre las composiciones isotópicas de los yesos secundarios triásicos peninsulares suelen coincidir con los arriba citados para las anhidritas (Utrilla *et al.*, 1992). Únicamente en el testigo 5 del sondeo Carcelén-1, perteneciente ya al Lías «medio-superior», la composición isotópica $\delta^{34}\text{S}$ es del orden de 19 ‰ e indica ya claramente una afinidad jurásica (Tablas 1 y 3).

La homogeneidad de los resultados obtenidos debe estar en relación con el suministro marino ininterrumpido de salmueras a las cubetas evaporíticas. En este sentido, la no preservación del agua de composición original de los yesos triásicos impide conocer mediante los datos isotópicos ($\delta^{18}\text{O}_{\text{SMOW}}$, $\delta^2\text{H}_{\text{SMOW}}$) cualquier posible aporte de aguas continentales a las salmueras marinas.

CONCLUSIONES

El conjunto de caracteres de litofacies, mineralógicos, petrológicos y geoquímicos de la halita y anhidrita triásicas muestra una gran homogeneidad en las diferentes formaciones investigadas, tanto al ser éstas consideradas por separado como globalmente.

Las fábricas cristalinas de la halita están afectadas por procesos de recristalización, con pérdida de texturas primarias y de inclusiones fluidas, aunque manteniendo en general la litofacies bandeada. En las formaciones estratiformes tales procesos pueden atribuirse, en parte, a causas meramente sedimentarias (disolución-reprecipitación) y, en parte, a un proceso general de recristalización por enterramiento profundo. Adicionalmente, en las formaciones diapirizadas las recristalizaciones son muy intensas.

Tanto los contenidos elementales (Br) de la halita como la composición isotópica ($\delta^{18}\text{O}$, $\delta^{34}\text{S}$) de las anhidritas indican el carácter marino generalizado de las salmueras para todas las unidades evaporíticas analizadas en las diferentes cuencas, desde el Röt a la Anhidrita de Carcelén.

En ocasiones el contenido en Br encontrado es alto y sugiere la proximidad de las salmueras al estadio potásico-magnésico.

En algunas formaciones (Muschelkalk medio del Maestrat) los contenidos en Br son relativamente bajos, entre 30 y 60 ppm, indicando ello cierto reciclaje sinsedimentario de la halita en aguas marinas no previamente concentradas por evaporación (pobres en Br). Sin embargo, en ningún caso se ha puesto de manifiesto, mediante los indicadores geoquímicos estudiados, la influencia de aguas continentales en el reciclaje de la halita triásica.

Los resultados obtenidos indican una gran uniformidad en las condiciones de sedimentación de las diferentes cuencas salinas y una cierta estabilidad en las condiciones de alimentación marina al amplio medio de transición de las facies germánicas.

Las anteriores condiciones parecen tener más relación con la subsidencia continuada de unas cubetas someras que con el relleno químico de unas cubetas profundas preexistentes a los episodios salinos. En este sentido, las importantes acumulaciones puntuales de sal y anhídrita parecen reflejar bien la fuerte razón de subsidencia experimentada en determinadas zonas y momentos de la etapa triásica de *rifting*.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo se ha realizado en el marco del proyecto DGICYT PB90-0485. Las muestras de los dos sondeos Bobalar fueron cedidas por ENIEPSA en 1987. Los datos de bromo correspondientes a los sondeos de la zona diapírica Cántabro-Navarra se incluyen con la autorización de ENRESA.

Agradecemos la colaboración prestada por la dirección y el personal técnico de los Servicios Científico-Técnicos de la Universidad de Barcelona.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- BARTRINA, T.; HERNÁNDEZ, E. & SERRANO, A. (1990): «Estudio del subsuelo del Triás salino en la Depresión Intermedia», en F. Ortí y J. M. Salvany (eds.) *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante*, ENRESA-Univ. Barcelona: 232-238.
- CASTILLO HERRADOR, F. (1974): «Le Trias évaporitique de la Vallée de l'Ebre et de Cuenca», *Bull. Soc. Géol. France*, 7 série, 16 (6): 666-675.
- CLAYPOOL, G. G.; HOLSER, W. T.; KAPLAN, J. R.; SAKAI, H. & ZAK, I. (1980): «The age curves of sulfur and oxygen isotopes in marine sulfate and their mutual interpretation», *Chemical Geology*, 28: 199-260.
- DUBESSY, J.; GEISLER, D.; KOSZTOLANYI, C. & VERNET, M. (1983): «The determination of sulfate in fluid inclusions using MOLE. Raman microprobe. Application to a Keuper halite and geochemical consequences», *Geochimica et Cosmochimica Acta*, 47: 1-10.
- DE LAS CUEVAS, C. & PUEYO MUR, J. J. (1991): «Caracterización y cuantificación termogravimétrica de los diferentes tipos de agua presentes en formaciones salinas», *Bol. Soc. Esp. Mineralogía*, 14: 15-21.
- ET TOUHAMI, M. (1992): *Le Trias évaporitique du bassin de Khémisset (Maroc central)*. Thèse de Doctorat, Univ. Claude Bernard-Lyon I: 242 pp.
- FILLY, A.; LETOLLE, R. & PUSSET, M. (1975): «L'analyse isotopique du soufre. Aspects techniques», *Analysis*, 3: 197-200.
- GAJEWSKA, I.; PERYT, T. M. & TOMASSI-MORAWIEC, H. (1985): «Bromine content of the Keuper (Upper Triassic) salts in Central Poland indicates their marine (mainly second cycle) origin», *N. Jb. Geol. Paläont. Mh.*, 6: 349-356.

- GARCIA-VEIGAS, F. J. (1993): *Geoquímica de inclusiones fluidas en formaciones salinas. Microanálisis Cryo-SEM-EDS*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 260 pp.
- GEISLER, D. (1979): «Problèmes posés par la géochimie du brome dans les niveaux salifères du Keuper inférieur Lorrain», *Sciences de la Terre*, 23 (2): 23-38.
- (1982): «Muschelkalk moyen de Lorraine. Données géométriques, sédimentologiques et géochimiques», *Sciences de la Terre*, 25 (2): 71-90.
- (1985): *Approche sédimentologique et géochimique des mécanismes générateurs de formations évaporitiques actuelles et fossiles*. Thèse Docteur es Sciences Naturelles, Univ. Nancy I, 297 pp.
- HOLSER, W. T. (1966): «Bromide geochemistry of salt rocks», en J. L. Rau (ed.) *Proc. Second Symposium on Salt*, Cleveland, Northern Ohio Geological Society: 248-275.
- IGME (1987): *Contribución de la exploración petrolífera al conocimiento de la geología de España*, Ministerio de Industria, Madrid, 465 pp. y planos.
- JURADO, M. J. (1989): *El Triásico del subsuelo de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral, Univ. Barcelona, 259 pp.
- (1990): «El Triásico y el Liásico basal evaporíticos del subsuelo de la cuenca del Ebro», en F. Ortí y J. M. Salvany (eds.), *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante*, ENRESA-Univ., Barcelona: 21-28.
- KIJMOWITZ, J. & TORRESCUSA, S. (1990): «Notas sobre la estratigrafía y facies de la serie triásica en el Alóctono Surpirenaico», en F. Ortí y J. M. Salvany (eds.), *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante*, ENRESA-Univ., Barcelona: 29-33.
- LONGINELLI, A. & CRAIG, H. (1967): «Oxygen-18 variations in sulfate ions in sea-water and saline lakes», *Science*, 156: 1436-1438.
- MARCHAL, C. (1983): «Le gîte salifère keupérien de Lorraine-Champagne et les formations associées», *Sciences de la Terre*, Mém. 44, 139 pp.
- MARTÍNEZ DEL OLMO, W.; LERET, G. & SUÁREZ, J. (1986): «La estructuración diapírica del Sector Prebético», *Geogaceta*, 1: 43-44.
- ORTÍ, F. (1974): «El Keuper del Levante español», *Estudios Geológicos*, 30: 7-46.
- (1987): «Aspectos sedimentológicos de las evaporitas del Triásico y del Liásico inferior en el E de la Península Ibérica», *Cuad. Geol. Ibérica*, 11: 837-858.
- (1990): «Introducción al Triásico evaporítico del sector central valenciano», en F. Ortí y J. M. Salvany (eds.), *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante*, ENRESA-Univ., Barcelona: 205-211.
- ORTÍ, F. & BAYO, A. (1977): «Características litoestratigráficas del Triásico medio y superior en el "Baix Ebre"», *Cuad. Geol. Ibérica*, 4: 223-238.
- ORTÍ, F. & PUEYO, F. F. (1980): «Polihalita diagenética en una secuencia evaporítica continental (Mioceno, Cuenca del Tajo, España)», *Rev. Inst. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 34: 209-229.
- ORTÍ, F. & ROSELL, L. (1981): «Fábricas cristalinas de la anhidita nodular y laminada», *Acta Geológica Hispanica*, 16: 235-255.
- ORTÍ, F. & PUEYO, J. J. (1983): «Origen marino de la sal triásica del domo de Pinoso (Alicante, España)», *Acta Geol. Hispanica*, 18: 139-145.
- ORTÍ, F.; PUEYO, J. J.; GEISLER, D. & DULAU, N. (1984): «Evaporite sedimentation in the coastal salinas of Santa Pola (Alicante, Spain)», *Rev. Inv. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 38/39: 169-220.

- ORTÍ, F.; ROSELL, L.; SALVANY, J. M.; PUEYO, J. J.; UTRILLA, R.; INGLÉS, M. & GARCÍA VEIGAS, J. (1988): «Contenido en estroncio en los sulfatos cálcicos evaporíticos. Su utilización como indicador deposicional y diagenético», *II Congr. Geol. España*, Granada, 1988. Comunicaciones, 1: 417-420.
- ORTÍ, F.; PÉREZ-LÓPEZ, A.; GARCÍA VEIGAS, J. & MORATA, D. (1994): «El Triásico superior de Levante», *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico de España*, Cuenca, 1994. Libro-Guía de Excursiones: 1-63.
- PÉREZ-LÓPEZ, A.; SOLÉ DE PORTA, N. & ORTÍ, F. (1994): «Facies carbonato-evaporíticas del Trias Superior en Levante: litología y aspectos cronoestratigráficos», *III Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Pérmico y Triásico en España*. Cuenca, 1994. Comunicaciones (en prensa).
- SALVANY, J. M. (1986)» *El Keuper dels Catalànids. Petrologia i sedimentologia*. Tesis de Licenciatura, Univ. Barcelona, 128 pp.
- SERRANO, A.; MARTÍNEZ DEL OLMO, W. & CÁMARA, P. (1989): «Diapirismo del Trias salino en el dominio Cántabro-navarro», en AGGEP (ed.), *Libro Homenaje a Rafael Soler*. 115-121.
- SERRANO, A. & MARTÍNEZ DEL OLMO, W. (1990): «Tectónica salina en el Dominio Cántabro-Navarro: evolución, edad y origen de las estructuras salinas», en F. Ortí y J. M. Salvany (eds.), *Formaciones evaporíticas de la Cuenca del Ebro y cadenas periféricas y de la zona de Levante*, ENRESA-Univ. Barcelona: 39-53.
- STÉVAUX, J. & WINNOCK, E. (1974): «Les bassins du Trias et du Lias inférieur d'Aquitaine et leurs épisodes évaporitiques», *Bull. Soc. Géol. France*, 7 série, 16: 679-695.
- UTRILLA, R. (1989): *Les composicions isotòpiques (^{18}O i ^{34}S) del sulfat, com a indicadors de l'origen de les evaporites del Mesozoic i del Cenozoic de la Península Ibèrica i les Illes Balears*, Tesis Doctoral, Univ. Barcelona: 276 pp.
- UTRILLA, R.; PIERRE, C.; ORTÍ, F. & PUEYO, J. J. (1992): «Oxygen and sulphur isotope compositions as indicators of the origin of Mesozoic and Cenozoic evaporites from Spain», *Chemical Geology (Isotope Geoscience Section)*, 102: 229-244.

Manuscrito recibido: 27 junio 1994

Manuscrito aceptado: 16 febrero 1995