

Cuadernos Geología Ibérica	Vol. 11	Págs. 363-382	Madrid, 1987
----------------------------	---------	---------------	--------------

## OBSERVACIONES SOBRE MINEROLOGIA Y GEOQUIMICA DE LUTITAS DEL KEUPER DE VALENCIA

POR

J. BASTIDA<sup>1</sup>, M. INGLÈS<sup>2</sup> y F. ORTÍ<sup>2</sup>

### RESUMEN

El Keuper de Valencia presenta dos series evaporíticas, una inferior (unidad K1) y otra superior (unidades K4 y K3). Se analizan lutitas de varias columnas y localidades en puntos centrales y marginales de la cuenca valenciana. En conexión con la sucesión de la serie detrítica intermedia a la evaporítica superior, se reconoce un cambio en la asociación de los minerales de la arcilla (principalmente, desarrollo de interestratificados de clorita-esmectita), que se interpreta como resultante del confinamiento progresivo, hecho que asimismo se refleja en el contenido en boro de las arcillas.

### ABSTRACT

The Keuper from Valencia presents two evaporitic series, lower series (unit K1) and upper series (units K4 and K3), both separated by intermediate detrital series (units K2 and K3). Clays from several stratigraphic sections and localities emplaced in central and marginal points of the Valencia basin have been studied. In relation with the succession from the intermediate detrital serie to the upper evaporitic one, a change in the clay mineral assemblage happens mainly represented by an increase of the mixed layered chlorite-smectite minerals. This change is interpreted as produced by a progressive restriction in

\* Departamento de Geología, Facultad de Químicas, Universidad de Valencia.

\*\* Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona.

the chemical environment, which is also reflected by the increase of the boron contents of the illitic clays.

## INTRODUCCION

Desde hace tiempo los materiales arcillosos del Trías español vienen siendo objeto de estudio por parte de diversos autores, habiendo llamado particularmente la atención los minerales arcillosos a 14 Å, frecuentes en la lutitas de las facies Keuper (MARTIN VIVALDI *et. al.*, 1957; MARTIN VIVALDI y MC EWAN, 1960).

En MILLOT *et al.* (1963), ATAMAN (1966) y LUCAS y ATAMAN (1968) se analizan conjuntamente la mineralogía y geoquímica de las arcillas en la cuenca del Jura. Observan dichos autores como desde la costa hacia el centro de cuenca se tiene una disminución de facies arenosas, paralelamente al desarrollo de interestratificados de clorita-esmectita, y de cloritas. El último de los trabajos citados señala que, hacia mar abierto, el contenido en MgO de los minerales de la arcilla aumenta, al mismo tiempo que disminuye la proporción relativa de los mismos. Igualmente observan contenidos en B del orden de 300 ppm, así como la existencia de una correlación positiva entre B y  $Al_2O_3$ .

En España existen trabajos de conjunto relativos a génesis de arcillas en el Trías, muy valiosos, como los de CABALLERO y MARTIN VIVALDI (1975) y RUIZ CRUZ y CABALLERO (1976), pero que no consideran el área valenciana. En LUCAS (1962) se ofrecen datos relativos a arcillas del Keuper de algunas áreas de España (Pirineo y Catalánides), pero tampoco de la zona valenciana. En otros ámbitos de la Cordillera Ibérica cabe señalar los trabajos de MARFIL (1970), GARCIA PALACIOS *et. al.* (1977), YEBENES *et. al.* (1977) y GARCIA PALACIOS y LUCAS (1977), estos dos últimos incluyendo datos geoquímicos. Recientemente CASTAÑO (1984) ha analizado lutitas pertenecientes al Keuper valenciano de una zona algo más meridional del área que nosotros estudiaremos con mayor énfasis.

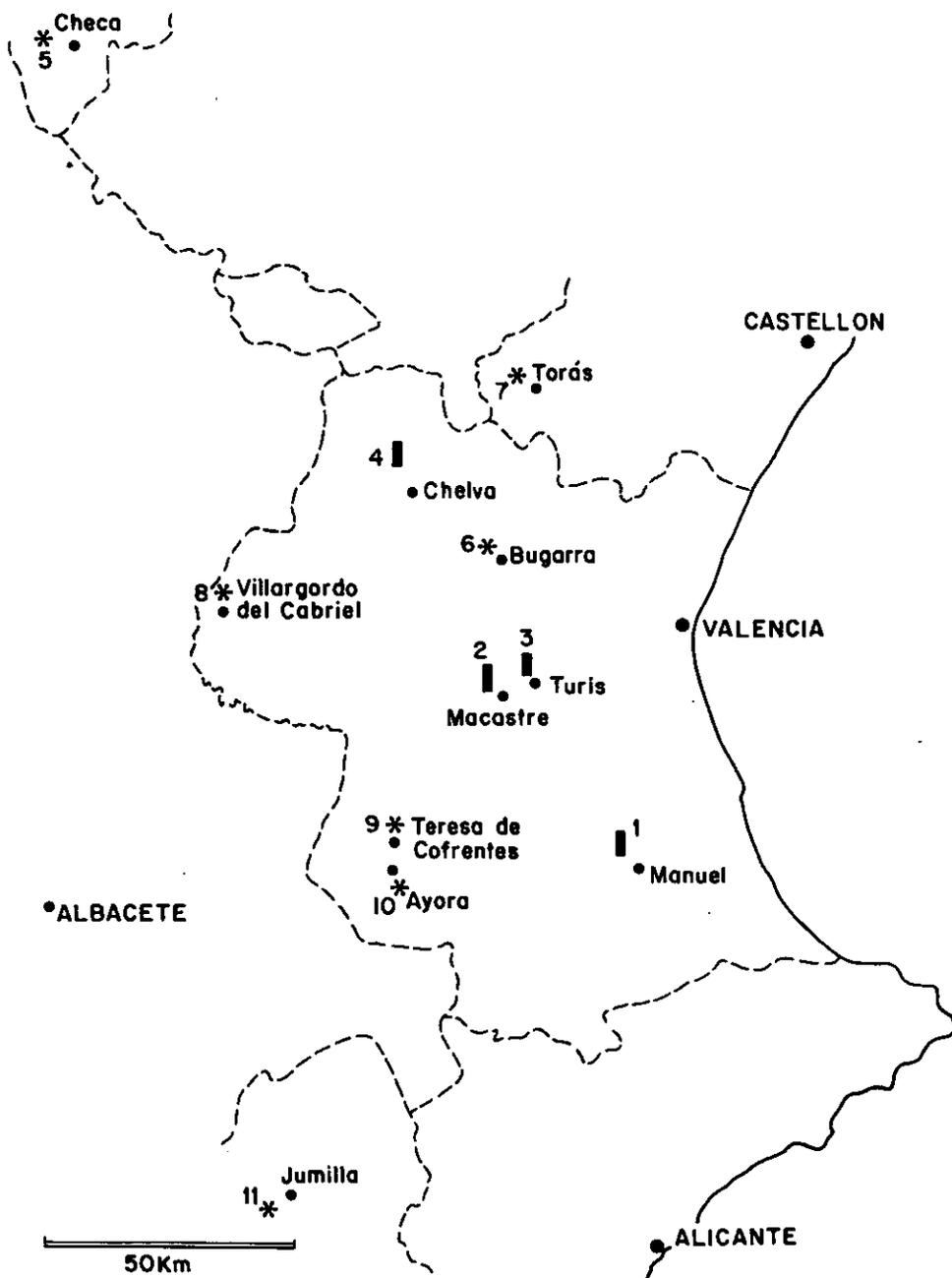
## MARCO ESTRATIGRAFICO Y SEDIMENTOLOGICO

En el Keuper de Valencia se ha distinguido (ORTI, 1974) cinco unidades litoestratigráficas, de edad carniense (SOLE DE PORTA y ORTI,

---

FIG. 1.—Localización de las columnas estratigráficas (barras) y otros puntos de muestreo (estrellas) de lutitas del Keuper de Levante, recogidas para el presente trabajo.

Map of the sections (bars) and sampling localities (stars) of the Levante Keuper siltstones.



1982), y con rango de formación, denominadas abreviadamente con los subíndices de K1, K2, K3, K4 y K5. Dicho autor distingue en este conjunto dos series evaporíticas, una inferior representada por la unidad K1, y otra superior constituida por las unidades K4 y K5, estando ambas separadas por una serie detrítica intermedia (unidades K2 y K3).

La serie evaporítica inferior (K1) representa la fase regresiva que sigue al Muschelkalk, sobre cuya plataforma carbonatada se instala una llanura arcillosa colonizada por un mosaico de salinas y cubetas carbonatado-evaporíticas. La unidad K2 representa la gradual interrupción de esta situación evaporítica anterior, como consecuencia de una reactivación fluvial determinada por factores tectónicos o climáticos. El posterior cese de dicha actividad fluvial conduce al desarrollo de una llanura lutítica distal roja (K3) con influencias marinas, patentes por la intercalación de algunos niveles carbonatados. Los depósitos de la unidad K4 corresponden ya al avance transgresivo de una sabkha costera sobre la anterior llanura distal, y los de la unidad K5 al afianzamiento de un lagoon evaporítico predominantemente sulfatado. Este último precede claramente a los carbonatos de régimen marino de la Fm. Imón, de probable edad Noriense (ORTI, 1974, 1982-83, 1985).

El objeto del presente trabajo es contrastar mediante datos de mineralogía y geoquímica de lutitas la evolución sedimentaria que se acaba de referir sucintamente, y situar en ese contexto litológico la información sobre la génesis de arcillas que pueda extraerse del análisis de las asociaciones minerales.

A tal efecto se ha analizado las lutitas muestreadas (fig. 1) en las columnas estratigráficas y localidades que a continuación se detallan, referidas a las Hojas del Mapa Geográfico Nacional, a escala 1:50.000:

- 1) Columna de Manuel. Hoja 795. Potencia medida: 160 m. Muestras: 20.
- 2) Columna de Macastre. Hoja 721. Potencia medida: 71 m. Muestras: 12.
- 3) Columna de Turis. Hoja 721. Potencia medida: 17 m. Muestras: 9.
- 4) Columna de Chelva. Hoja 666. Potencia medida: 77 m. Muestras: 6.
- 5) Muestreo de Chequilla. Hoja 540. Potencia medida: 24 m. Muestras: 2.
- 6) Muestreo de Bugarra. Hoja 695. Potencia medida: 50 m. Muestras: 4.

TABLA 1

Contenido en elementos traza (en ppm) y porcentaje de  $K_2O$  de lutitas correspondientes a algunas de las columnas muestreadas en el Keuper de Levante para el presente trabajo.

Trace elements content (ppm.) an  $K_2O$  percentage in the biltstones of some Levante Keuper sections.

Unidad	Muestra	B	Li	Rb	$K_2O$	B/ $K_2O$	
<i>Columna de Manuel</i>							
	K4	1/450	295	81	115	13,23	22
	K4	1/449	355	93	131	13,56	26
	K3	1/447	370	59	103	11,00	33
	K2	1/446	425	47	97	10,24	41
	K2	1/442	380	58	120	11,11	34
	K2	1/445	335	81	122	12,94	26
	K2	1/439	291	91	135	12,19	24
	K1	1/437	325	77	102	11,13	29
	K1	1/433	340	58	129	12,98	26
	K1	1/430	315	61	100	12,84	25
		1/431	415	88	134	13,11	32
<i>Columna de Macastre</i>							
	K3	1/218	395	68	86	10,50	37
	K1	1/221	305	84	117	13,39	23
<i>Columna de Turis</i>							
	K3	1/63	370	57	108	13,13	28
	K3	1/54	420	54	81	10,70	39
<i>Columna de Chelva</i>							
	K3	1/204	625	60	115	14,21	44
	K1	1/205	610	89	142	15,27	40
	K1	1/206	610	89	81	13,66	45
	K1	1/208	550	69	119	13,80	40
	K1	1/207	890	84	129	14,89	60
	K1	1/210	590	112	121	11,71	50

- 7) Muestreo de Torás. Hoja 639. Potencia medida: 54 m. Muestras: 2.
- 8) Muestreo de Villagordo del Cabriel. Hoja 693. Potencia medida: 93 m. Muestras: 4.
- 9) Muestreo de Teresa de Cofrentes (cantera Abarca). Hoja 768. Muestras: 2.
- 10) Muestreo de Ayora (cantera). Hoja 768, Muestras: 3.
- 11) Muestreo de Jumilla (cantera). Hoja 869. Muestras: 1.

En la fig. 1 puede verse la localización aproximada de dichos puntos dentro del área considerada. Las figs. 2, 3, 4 y 5 recogen los datos correspondientes a las muestras de las cuatro columnas (1 a 4), y la Tabla 2 los correspondientes a los muestreos de las restantes localidades. Todas las columnas han sido levantadas a escala 1:50 ó 1:100 (incluso aquéllas a las que corresponden los muestreos numerados entre 5 y 8), y abarcan potencias de Keuper comprendidas entre 17 y 160 m.

## METODOLOGIA ANALITICA

De las lutitas muestreadas (un total de 65) se ha efectuado análisis mineralógico por difracción de Rayos X sobre polvo de muestra total (tamizada a 50  $\mu$ ) y sobre agregados orientados de fracción arcilla. Las condiciones de trabajo han sido: difractómetro Siemens D500, a 40 Kv y 20 mA; velocidad de goniómetro: 1° (2 $\theta$ )/min.; velocidad de papel:

FIG. 2.—Mineralogía y contenido en B (ppm) de muestras de lutitas en la columna de Manuel. Leyenda:

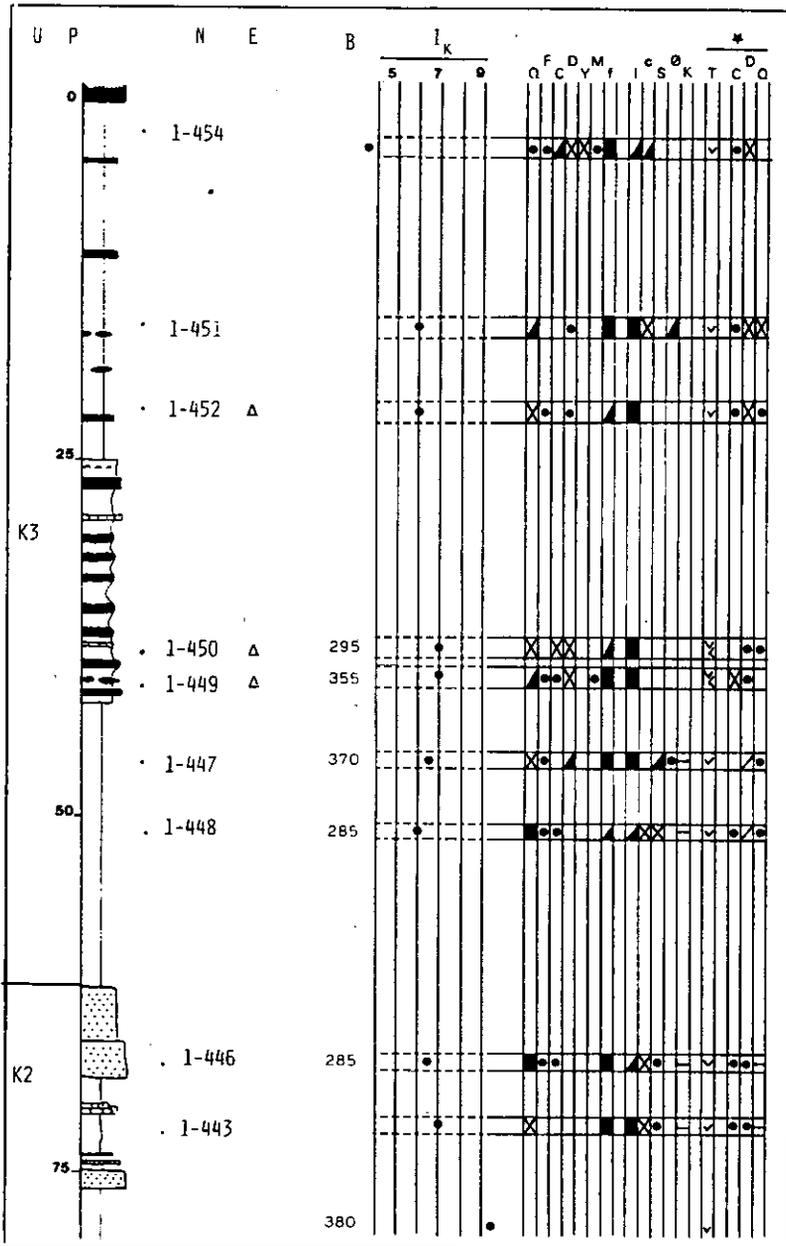
1: yesos; 2: calizas; 3: dolomía; 4: areniscas; 5: lutitas, más o menos margosas; 6: margas; 7: color rojo; 8: verde; 9: amarillento; 10: negro; 11:  $I_v$ ; 12:  $I_s$ ; 13:  $I_c$ ; 14: intermedio entre  $I_v$  e  $I_s$ ; 15: valor salido de escala (flechas).

N: núm. de muestras; E: color; Q: cuarzo; F: feldespatos; C: calcita; D: dolomita; Y: yeso; M: magnesita; f: filosilicatos; I: illita; c: clorita; S: esmectita; C-S: interstratificado irregular clorita-esmectita; K: caolinita; B: contenido en ppm de boro;  $I_k$ : índice de Kubler de la illita; t: tipo de illita abierta.

FIG. 2.—Mineralogy and B content (ppm.) in samples of the Manuel section. Legend:

1: Gypsum; 2: Limestones; 3: Dolomites; 4: Sandstones; 5: Marly Siltstones; 6: Marl Colours; 7: Red; 8: Green; 9: Yellowish; 10: Black; 11:  $I_v$ ; 12:  $I_s$ ; 13:  $I_c$ ; 14: intermediate  $I_v$ - $I_s$ ; 15: out of scale (arrows).

N: sample number; E: colour; Q: quartz; F: feldspar; C: calcite; D: dolomite; Y: gypsum; M: magnesite; f: phyllosilicates; I: illite; c: chlorite; S: smectite; c-S: chlorite-smectite irregular interstratificate; K: Kaolinite; B: Boron content (ppm.);  $I_k$ : Kubler index for illite; t: open-type illite.



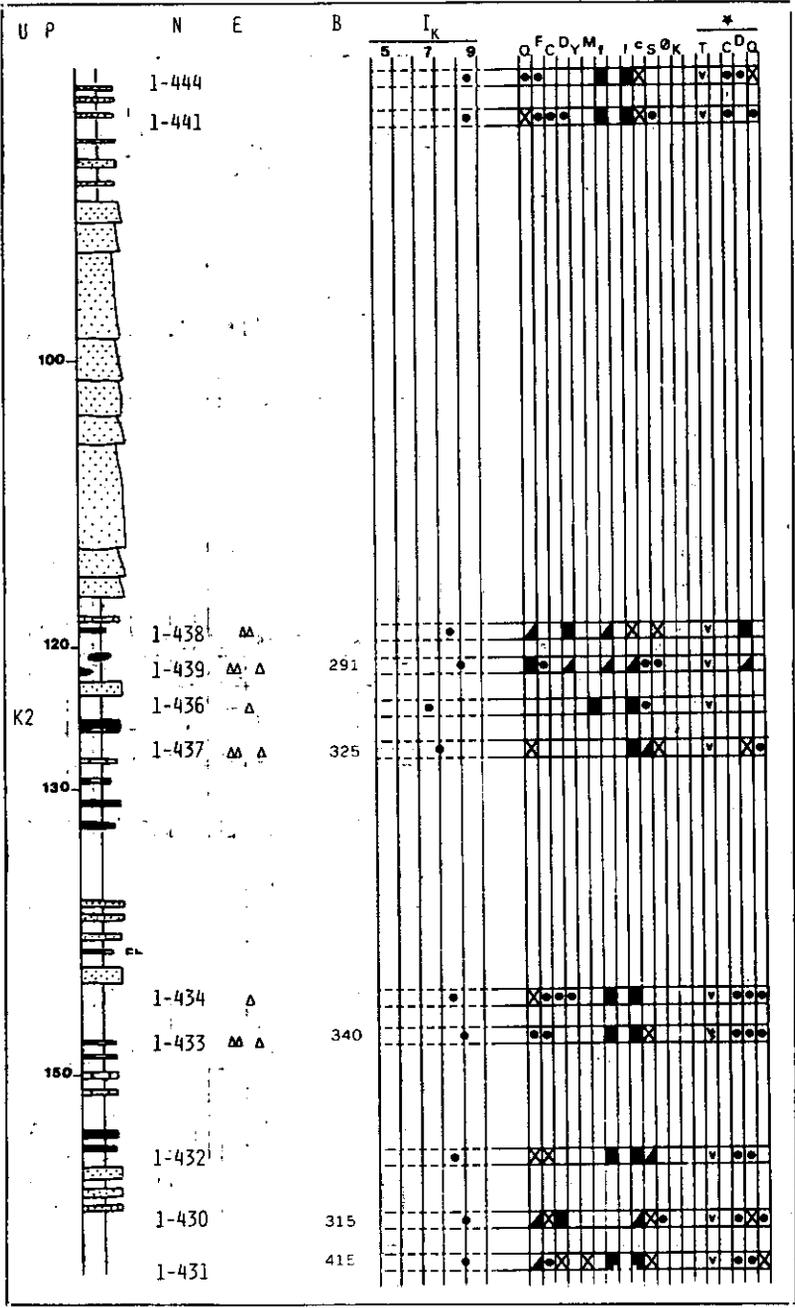


FIG. 3

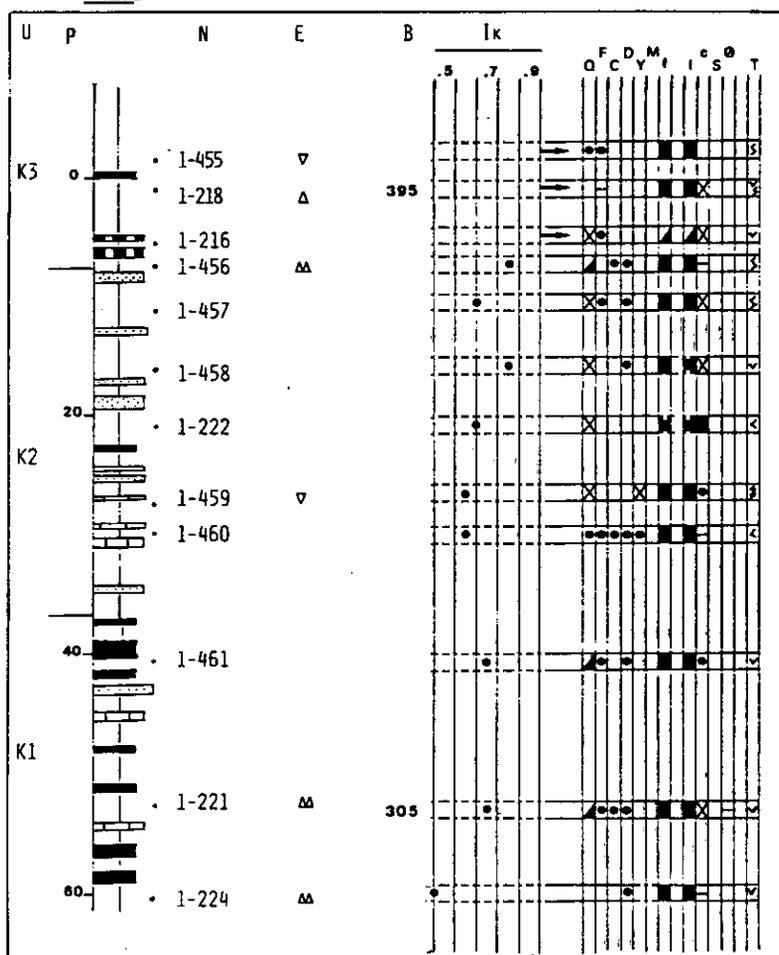


FIG. 3.—Mineralogía y contenido en B (ppm) de muestras de lutitas en la columna de Macastre. Leyenda como en la fig. 2.

Mineralogy and B content (ppm.) in samples of the Macastre section. Legend as fig. 2.

lcm/min.; ventanas, sensibilidad y constante de tiempo, variables según muestras e intervalos angulares; patrón interno para corrección de decalajes mecánicos: el cuarzo de la propia muestra, o Si metálico añadido, en caso necesario. Las medidas del índice de Kubler de cristalinidad de la illita se han normalizado respecto a la anchura a media altura del pico a 6.59 Å del tetradecanol utilizado como patrón externo.

Como criterios de clasificación de filosilicatos se han empleado los de WARSHAW y ROY (1961), y los de LUCAS (1962) y THOREZ (1976)

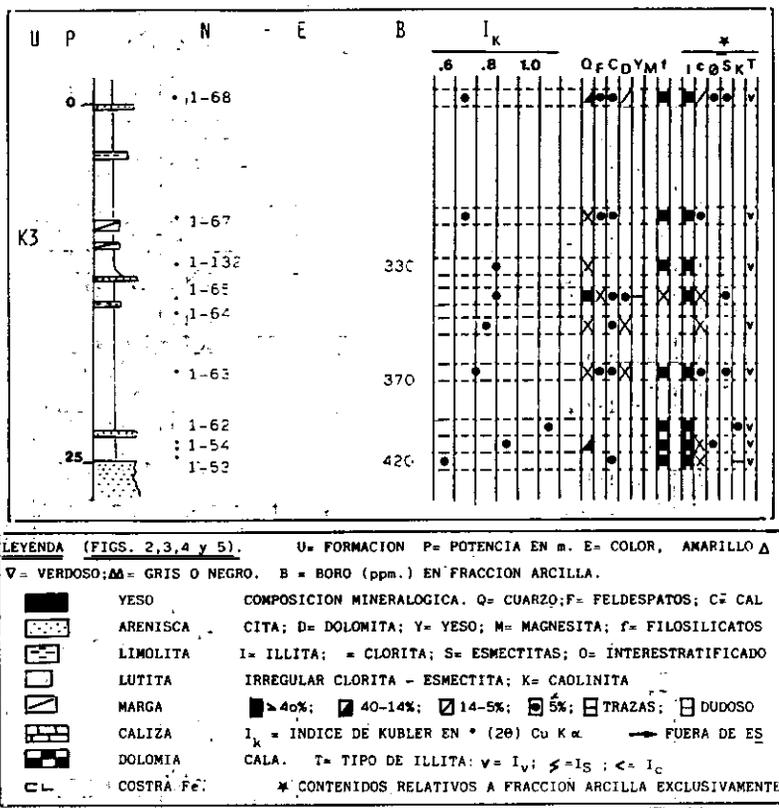


FIG. 4.—Mineralogía y contenido en B (ppm) de muestras de lutitas en la columna de Turis. Leyenda como en la fig. 2.

Mineralogy and B content (ppm.) in samples of the Turis section. Legend as fig. 2.

en el caso de los interestratificados. Para la determinación de los minerales acompañantes se han utilizado las tablas recopiladas en BRINDLEY y BROWN (1980).

Las estimaciones semicuantitativas recogidas en las figs. 2 a 5 y en la Tabla 1, se basan en la utilización de los poderes reflectantes recopilados por BARAHONA (1974) y por SCHULTZ (1964) para muestra total, y por CABALLERO y MARTIN VIVALDI (1975) para filosilicatos de la arcilla.

En las muestras de la columna 1 (fig. 2) se ha comprobado la presencia de minerales del grupo de la caolinita mediante espectros de I.R. utilizando la banda de  $3690\text{ cm}^{-1}$  como criterio de identificación.

De un conjunto de muestras se ha efectuado análisis de B, Li, Rb y K en la fracción arcilla. El boro se ha determinado mediante espectrografía de emisión de arco (espectrógrafo Jarell Ash, tipo Ebert 3,4 m., modelo Mark IV), utilizando el vidrio sintético VS-N como patrón. Se ha empleado galio como «carrier» y germanio como patrón interno. El litio y el rubidio se han analizado por espectrofotometría de emisión de llama. Para evitar la interferencia del fondo las mediciones se han efectuado por barrido, habiéndose utilizado sodio como tampón de ionización en la determinación del Rb.

En la Tabla 1 y en las figs. 2 a 5 se recogen los valores de los contenidos en B, Li y Rb (en ppm) y en  $K_2O$  (en %), así como las relaciones B/ $K_2O$  para muestras de las columnas de Manuel, Macastre, Turis y Chelva.

## RESULTADOS

### ANÁLISIS DE LAS COLUMNAS

*Columna de Manuel.* Existe calcita, aunque en pequeñas proporciones, a lo largo de toda la columna, y lo mismo ocurre con la dolomita. Aparece magnesita en relación con tramos evaporíticos, a base y a techo. En la fracción arcilla los contenidos en carbonatos son bajos a lo largo de toda la columna, siendo más abundante la dolomita que la calcita, particularmente en el tramo evaporítico de la base del gran paquete arenoso de la unidad K<sub>2</sub> (muestras 438, 439, 436 y 437). Destaca la aparición de esmectitas (o bien de interestratificados irregulares illita-esmectita, ricos en láminas esmectíticas) en el tramo lutítico potente (muestras 443, 447, 448, 449 y 450). La aparición de estas esmectitas coincide con la desaparición de cuarzo en la fracción arcilla. En la parte alta de la unidad K<sub>2</sub> y en la base de la unidad K<sub>3</sub> existen minerales del grupo de la caolinita. En general, predomina la illita, la cual es principalmente del tipo I<sub>v</sub> (de LUCAS, 1962, *in* THOREZ, 1976). Las menores cristalinidades de la illita (índice de Kubler mayores de 0,9) se han medido hacia el techo de la unidad K<sub>2</sub> (muestras 441 y 444).

*Columna de Macastre.* La fracción arcilla presenta contenidos moderados en cuarzo. La illita es mayoritaria y la clorita subordinada. La illita es predominante, de tipo I<sub>s</sub>. Eventualmente existen esmectitas. Los mayores valores de índices de Kubler de la illita se sitúan en la base de la unidad K<sub>3</sub>.

*Columna de Turis.* Los contenidos en cuarzo son moderados, siendo altos en muestras limosas, como la 65. Junto a illita se presentan clo-

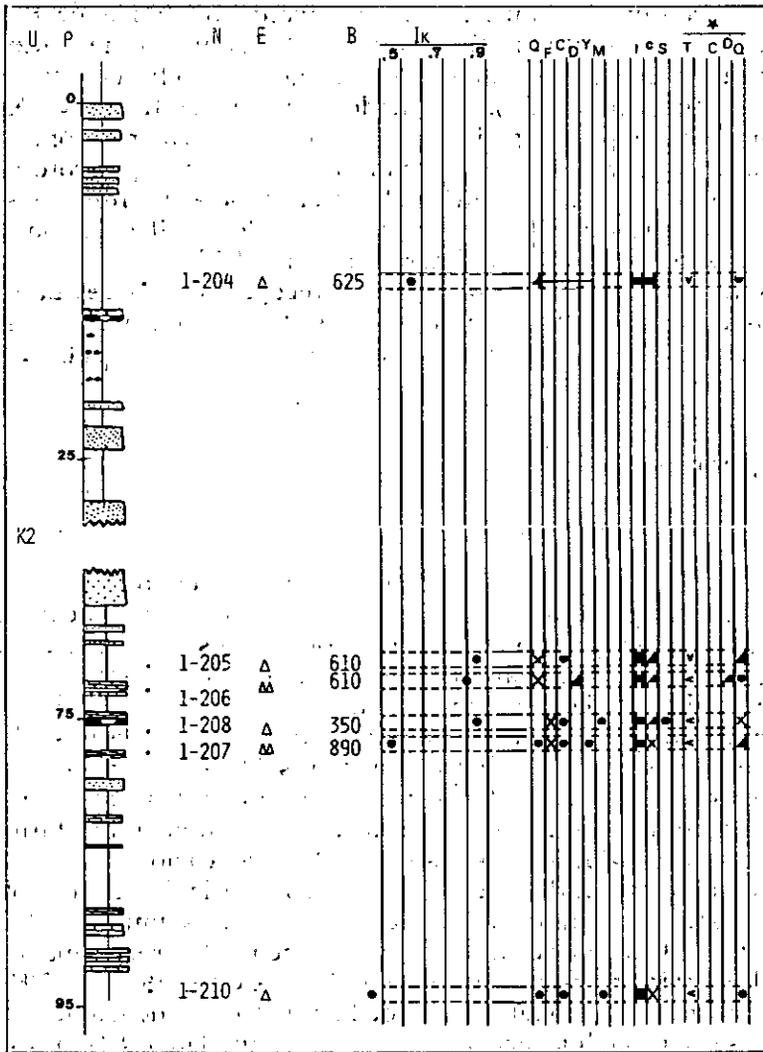


FIG. 5.—Mineralogía y contenido en B (ppm) de muestras de lutitas en la columna de Chelva. Leyenda como en la fig. 2.

Mineralogy and B content (ppm.) in samples of the Chelva section. Legend as fig. 2.

ritas y eventualmente esmectitas y minerales del grupo de la caolinita. La illita es del tipo Iv.

**Columna de Chelva.** Respecto de las columnas anteriores, destaca la relativa abundancia de cloritas. El cuarzo está presente de modo

considerable en la fracción arcilla. Parece observarse una tendencia a disminuir los índices de Kubler hacia la base y hacia el techo de la columna. Los contenidos en B son superiores a los que se observan en las columnas precedentes para las unidades K1, K2 y K3.

Las *muestras de Bugarra* presentan características asimilables a las descritas en las columnas de Macastre y Turís.

En las *muestras de Torás* (unidad K2) destacan los contenidos relativamente altos de cloritas, y en relación con este hecho, cristalinidades también relativamente altas en la illita (índices bajos).

Las *muestras de Villagordo del Cabriel* (unidad K4), Teresa de Cofrentes (unidades K4 y K5), Ayora (unidad K5) y Jumilla (unidad K5), tienen como característica destacada la presencia de yeso, el predominio de interestratificados regulares clorita-esmectita y la abundancia de clorita e illita. Los índices de Kubler son bajos. Estos mismos hechos pueden observarse en las muestras correspondientes a la unidad K5, si bien presentan mayor dispersión en las medidas de cristalinidad de la illita.

#### ANÁLISIS MINERALÓGICO

*Carbonatos.* En conjunto predomina la dolomita, tanto en la fracción fina como en las mayores. No se ha observado la asociación especial de calcita a una determinada litología o formación. Se ha hallado magnesita en la unidad K5, pero también en las K1 y K2, en relación con tramos evaporíticos. De acuerdo con la bibliografía señalada en GARCIA PALACIOS y LUCAS (1977), la dolomita y la magnesita serían de origen diagenético temprano.

*Filosilicatos.* Es frecuente la presencia de minerales del grupo de la caolinita, tanto en la unidad K2 como en la K3, lo cual se relaciona con el carácter detrítico de estas lutitas. La illita es el mineral predominante en la serie detrítica intermedia (unidades K2 y K3), predominando las illitas abiertas de tipo I<sub>v</sub>, si bien eventualmente se presentan del tipo I<sub>s</sub>, sin que exista por ello control litológico sobre dicha aparición. Los mayores índices de Kubler se han observado hacia el techo de la unidad K2 y la base de la K3, y los menores valores, en la base de la columna de Macastre (unidad K1), así como en illitas de comportamiento I<sub>c</sub>. En relación con la presencia de interestratificados clorita-esmectita se han medido índices medio-bajos (de 0,35 a 0,6) (la presencia de tipos I<sub>c</sub> y I<sub>v</sub> ya fue señalada por RUIZ CRUZ y CABALLERO, 1976, en las series triásicas de Albendiego y Noviercas (Rama Castellana de la Cordillera Ibérica)).

FIG.6

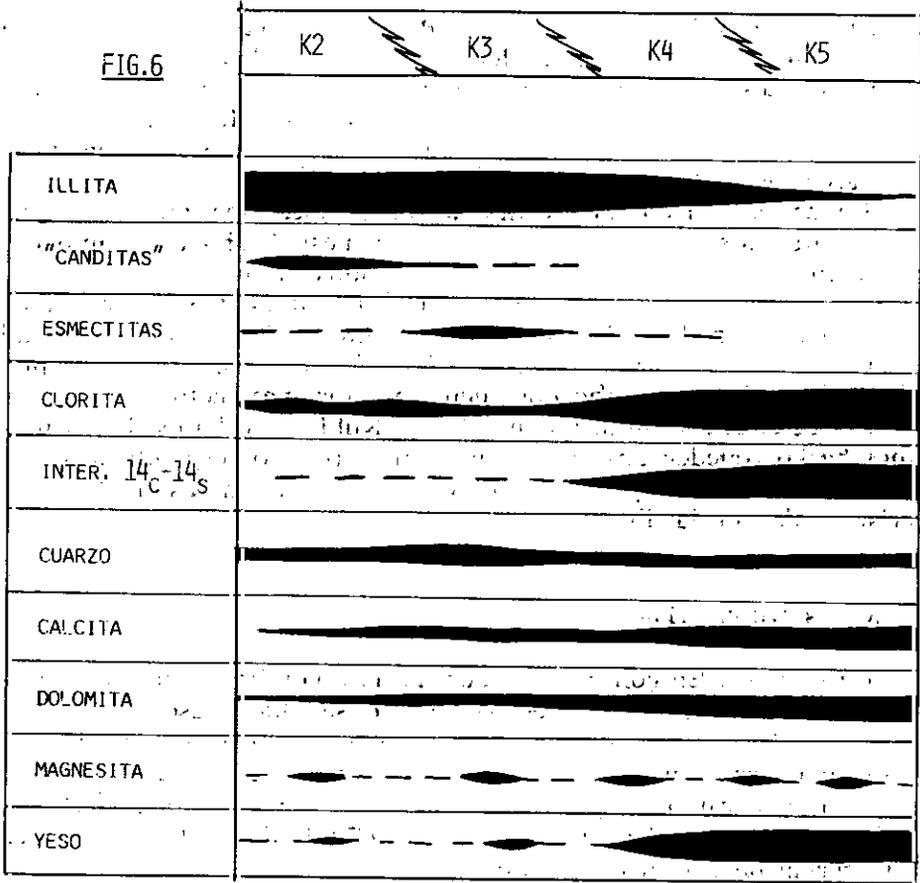


Fig. 6

En general parece observarse más abundancia de interestratificados irregulares clorita-esmectita hacia el techo de la unidad K3, teniéndose interestratificados regulares clorita-esmectita como minerales predominantes en las unidades (K4 y K5) de la serie evaporítica superior.

Las cloritas suelen presentarse como subordinadas en abundancia, y únicamente se han hallado como predominantes en una muestra de la unidad K5. Como consecuencia de ello no se ha estudiado su composición. Según CASTAÑO (1984) las cloritas existentes serían referibles a clinocloro.

Aunque minoritarias, se ha hallado esmectitas en las unidades K1, K2 y K3, pero no en las K4 ni K5.

Sólo en un caso (unidad K3) se ha hallado sepiolita, siendo ésta minoritaria.

La fig. 6 intenta sintetizar la distribución de minerales en las cinco formaciones del Keuper.

#### ELEMENTOS TRAZA

Los datos preliminares de contenido en elementos traza de la fracción arcilla muestran que las concentraciones de boro se sitúan entre 300 y 900 ppm, valores similares a los registrados por GARCIA PALACIOS y LUCAS (1977) en otras áreas. En general el intervalo de valores hallados coincide con el señalado por HERDER (1959) para arcillas de facies salinas.

Para hacer comparables los resultados no se consideran los valores absolutos de boro sino la relación  $B/K_2O$ . El potasio se utiliza como indicador del contenido en illita (SPEARS, 1965), no habiéndose encontrado otros minerales potásicos en la fracción fina analizada. De este modo se corrigen diferencias en el contenido total de boro debidas a la composición mineralógica de la arcilla puesto que la illita es el principal fijador de boro (COUCH y GRIM, 1968; HARDER, 1970, JASMUND y LINDER, 1972; BROCKAMP, 1973).

Los valores más elevados de la relación  $B/K_2O$  se han hallado en la unidad K5 y en las muestras de Chelva y Chequilla. Los valores absolutos de boro en las arcillas de la unidad K5 son bajos debido a que la illita es minoritaria, sin embargo corrigiendo este elemento en relación al contenido en potasio se obtiene la mayor concentración de boro de todas las muestras analizadas. Cabe reseñar que los menores contenidos de boro, con relación al potasio, registrados, corresponden a lutitas de la unidad K2 de la columna de Manuel. Las arcillas de las arenas arcillosas de esta unidad (muestra 446) tienen contenidos del mismo orden que el de las capas lutíticas.

Llama la atención los altos contenidos en boro de la columna de Chelva, lo que parece indicar una gran extensión hacia el W de áreas restringidas en el ciclo evaporítico inferior, en el cual se localizan las sales del Keuper de Valencia, según observa ORTI (1974), aunque no de un modo exclusivo.

El litio muestra concentraciones relativamente homogéneas (entre 50 y 100 ppm) en todas las muestras excepto en las de la unidad K5 que tienen concentraciones comprendidas entre 200 y 350 ppm). El aumento de litio coincide con la presencia de arcillas magnésicas (interestratificados clorita-esmectita) y con las concentraciones de boro más elevadas. En sedimentos de medios hipersalinos el comportamiento del litio, semejante al del boro, así como la relación de este elemento con arcillas magnésicas, ha sido puesto de manifiesto por diversos autores (ORDHOF, 1968; RONO *et al.*, 1970).

## DISCUSION Y CONCLUSIONES

El conjunto de la serie detrítica intermedia y la evaporítica superior reconocido en el Keuper de Valencia presenta una sucesión de facies en relación con la cual se pueden interpretar las correspondientes asociaciones de minerales de la arcilla, de acuerdo con la propuesta de FISHER y JEANS (1981, pág. 81, 3), en el sentido de adaptar el estudio de las asociaciones a un ciclo sedimentario completo.

Las asociaciones observadas son las siguientes, para la serie detrítica intermedia (unidades K2 y K3): illita,  $\pm$  clorita,  $\pm$  esmectitas,  $\pm$  grupo de la caolinita,  $\pm$  interestratificados irregulares clorita-esmectita,  $\pm$  sepiolita; y para la serie evaporítica superior (unidades K4 y K5): illita,  $\pm$  clorita,  $\pm$  interestratificados regulares clorita-esmectita.

En conjunto las asociaciones observadas en las cuatro unidades anteriores parecen indicar una secuencia de confinamiento químico progresivo similar al descrito por GARCIA PALACIOS y LUCAS (1977) en el Trías superior del Teroleja (Rama Castellana de la Cordillera Ibérica). En nuestro caso, sin embargo, las sucesiones de carbonatos no se adaptan a la evolución general de los medios locales, y lo mismo podría decirse respecto de la aparición de sepiolita.

En el inicio de esta secuencia, tal como se observa en la columna de Manuel (muestras 443, 446, 447, 448 y 449) la desaparición de minerales del grupo de la caolinita y la aparición de esmectitas refleja una aridificación del clima (BARSHAD, 1966). Paralelamente, se registra en primer lugar un descenso continuo de la cristalinidad de la illita (muestras 450 a 453) seguido de un aumento de cristalinidad de la misma (muestras 450 a 454) y en conexión con este aumento, el desarrollo de interestratificados clorita-esmectita. La misma conexión parece observarse al considerar las asociaciones de la unidad K4 en relación a las de la K3 (tabla 1). Estos hechos los consideramos indicativos de transformaciones en el sentido de LUCAS (1962).

El aumento de confinamiento desde la unidad K3 a la K5 en los casos estudiados, se pone de manifiesto también en el aumento del contenido en B de las lutitas de similar contenido en illita (4/89, 4/91 de las localidades de Jumilla y Teresa de Cofrentes, Tabla 2) respecto al resto (salvo las muestras de la columna de Chelva).

Los altos contenidos en B registrados en la columna de Chelva, así como el tipo de asociación de filosilicatos puede interpretarse como correspondientes a situaciones de alto confinamiento en la parte alta de la serie evaporítica inferior.

La variedad de litofacies a las que se asocian las lutitas no permite establecer aquí un modelo general de génesis de minerales de la arcilla.

TABLA 2

Mineralogía y algunos contenidos en B (ppm) de muestras de lutitas de las localidades 5 a 11 (ver fig. 1). Leyenda: C-S: interstratificado regular clorita-esmectita; V: illita tipo I<sub>1</sub>; S: illita tipo I<sub>2</sub>; <: illita tipo I<sub>3</sub>; +: Predomina (>40 %); —: Abunda (14-40 %); /: 5-14 %; •: < 5 %.

Localidad	Unidad	Número de referencia	Índice de Kubler	Tipo de illita	Composición total						Composición <2				Boro (ppm)
					Cuarzo	Filosilicatos	Calcita	Dolomita	Yeso	Magnesita	Illita	C-S	Clorita	Esmectita	
Chequilla (5)	K3	2/82	0,8	V	/	+	+								445
	K1	2/81	0,9	V	/	—	/	—							520
Bugarra (6)	K3	1/211*	0,7	<V	/	+	/								520
	K2	1/212*	0,6	VS	/	+	/			+					305
	K2	1/215	0,7	<V	/	+	/	•			+		—		
	K1	1/214	0,65	<	/	+	—	•			+				
Toras (7)	K2	1/209	0,35	<	/	+	/	•				+		—	330
	K2	1/215	0,50	<	—	+	—	•				—		—	
Villagordo (8)	K4	2.12	0,45	S	/		X	/	+			+		—	
	K4	2.13	0,45	<		—			•			/		—	
	K4	2.14	0,65	S		+			•			+		—	
	K4	2.16	0,65	<		+			•			—	+	/	
Teresa (9)	K5	4/89	0,65	<		+	•	—	+			—	+	/	425
	K4	4/88	0,65	S		—	/		+	•		/	+	/	260
Ayora (10)	K5	4/85	0,6	V	/	+	/	—	/			+	—	/	
	K5	4/86	0,6	<		+			/			—	+	/	
	K5	4/87	0,55	S		—		+	/			+	—	/	
Jumilla (11)	K5	4/91	0,80	<		+	/	•	—			—	+	/	480

puede decirse, sin embargo, que existen evidencias de procesos de herencia, de transformación y de neoformación. Los primeros darían lugar a illitas, cloritas (en parte), minerales del grupo de la caolinita, y quizá también a esmectitas. Los segundos darían lugar a interestratificados clorita-esmectita y a cloritas, así como al rejuvenecimiento de illita. Los terceros darían lugar a sepiolita y en parte a esmectitas, como ya señalaban CABALLERO y MARTÍN VIVALDI (1975) (para KRUMM, 1969, darían lugar incluso a illitas). Una valoración más precisa de los diferentes procesos deberá establecerse para los distintos medios deposicionales y diagenéticos. Por el momento, entendemos que los hechos observados no permiten negar los procesos de transformación tal como ha propuesto JEANS (1978), a partir básicamente de su estudio del Keuper de Inglaterra.

## BIBLIOGRAFIA

- ATAMAN, G. (1966): «Géochimie des minéraux argileux dans les bassins sédimentaires marins. Etudes sur le bassin triasique du Jura». *Mem. Sév. Cart. Geol. d'Alsace et de Lorraine*, 25, 237 pp.
- BARAHONA, E. (1974): «Arcillas de ladrillería de la provincia de Granada: evaluación de algunos ensayos de materias primas». Tesis Doctorales de la Universidad de Granada, núm. 49.
- BARSHAD, I. (1966): «The effect of variation in precipitation on the nature of clay minerals formation in soils from acid and basic igneous rocks». *Proc. Int. Clay Conf.*, Jerusalem, 1, pp. 167-173.
- BRINDLEY, G. W., y BROWN, G. (1980): «Crystal Structures of Clay Minerals and their X-ray identification». The Mineralogical Society, London.
- BROCKAMP, O. (1973): «Fixation of boron by authigenic and detrital clays». *Geoch. Cosmoch. Acta*, 37, p. 1339 (1973).
- CABALLERO, M., y MARTÍN-VIVALDI, J. L. (1975): «Estudio mineralógico de la fracción fina del Triás español». *Memorias del I. G. M. E.*, t. 87, Madrid.
- CASTAÑO, R. M. (1984): «Estudio de los minerales de la arcilla del Keuper de Levante (Áreas de Jalance-Ayora y Bicornp-Quesa)». Tesis de Grado, Fac. Ciencias Geológicas, Univ. Complutense, Madrid, 118 pp.
- CASTILLO HERRADOR, F. (1974): «Le Trias évaporitique des bassins de la vallée de l'Ebre et de Cuenca». *Bull. Soc. Geol. France*, 7, sér., 16, pp. 666-676.
- COUCH, E. L., y GRIM, R. E. (1968): «Boron fixation by illites». *Clays Clay Minerals*, 16, pp. 249-256.
- FISHER, M., y JEANS, C. V. (1982): «Clay Minerals stratigraphy in the Permian-Triassic red bed sequences of BNOG 72/10-1A, Western Approaches, and the South Devon Coast». *Clay Minerals*, 17, pp. 79-89.
- GARCÍA PALACIOS, M. C.; LUCAS, J.; DE LA PEÑA, J. A., y MARFIL, R. (1977): «La cuenca Triásica de la rama castellana de la Cordillera Ibérica. I. Petrografía y Mineralogía». I Coloquio de Estratigrafía y Paleogeografía del Triás y Pérmico de España. *Cuad. Geol. Iber.*, 4, pp. 341-354.
- GARCÍA PALACIOS, M. C., y LUCAS, J. (1977): «Le bassin triasique de la Branche Castellane de la Chaîne Iberique. II. Géochimie». *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4, pp. 355-368.
- JASMUND, K., y LINDNER, B. (1972): «Experiments on the fixation of boron by clay minerals». *Proc. Int. Clay Conf.*, Madrid, 2, p. 43.

- HARDER, B. (1959): «Beitrag zur Geochemie des Bors. Teil II. Bor in sedimenten». *Nachdr. Akad. Wiss. Götting. Math. Phys. K. I*, 6, p. 123.
- HARDER, H. (1970): «Boron content of sediments as a tool in facies analysis». *Sedim. Geol.*, 4, pp. 153-175.
- JEANS, C. V. (1978): «The origin of the Triassic clay assemblages of Europe With special reference to the Keuper Marl and Rhaetic of England». *Phil. Trans. Roy. Soc.* 289 A, pp. 549-635.
- KRUMM, M. (1969): «A scheme of clay minerals stability in sediments based on clay minerals distribution in Triassic sediments of Europe». *Proc. Int. Clay Conf. Tokyo*, p. 313.
- LUCAS, J. (1962): «Les transformations des minéraux argileux dans la sédimentation. Etudes sur les argiles du Trias». *Mem. du Service de la Carte Geol. d'Alsace et de Lorraine*, núm. 23.
- LUCAS, J., y ATAMAN, G. (1968): «Mineralogical and geochemical study of clay minerals transformations in the sedimentary Triassic Jura Basin (France)». *Clays & Clay Minerals*, 16, p. 365.
- MARFIL, R. (1970): «Estudio petrogénico del Keuper en el sector meridional de la Cordillera Ibérica». *Estudios Geológicos*, 26, pp. 113-161.
- MARTÍN VIVALDI, J. L.; MCEWAN, D. M. C., y RODRÍGUEZ GALLEGU, M. (1957): «Triassic chlorites from the Jura and the Catalonian coastal range». *Clay Min. Bull.*, 3, pp. 177-189.
- MARTÍN VIVALDI, J. L., y MCEWAN, D. M. C. (1960): «Corrensite and swelling chlorite». *Clay Min. Bull.*, 4, pp. 173-181.
- ORDHOF, R. (1968): «Ein Beitrag zur Geochemie des Lithiums in Sedimentgesteinen». *Geochim. Cosmochim. Acta*, 32, pp. 191-208.
- ORTI, F. (1974): «El Keuper del Levante español». *Estudios Geológicos*, 30, pp. 7-46.
- ORTI, F. (1982-83): «Sur les conditions de dépôt, la diagenèse et la structure des évaporites dans l'Est de l'Espagne». *Sciences de la Terre*, 25 (2), pp. 179-199.
- ORTI, F. (1985): «Aspectos sedimentológicos de las evaporitas del Triásico y Lias inferior en el E de la Península Ibérica». *Cuad. Geol. Ibér.*, 11 (en prensa).
- RONOV, A. B.; MIGDISOV, A. A.; VOSKRESENKAYA, N. T., y KORZINA, G. A. (1970): «Geochemistry of lithium in the sedimentary cycle». *Geochemistry*, 7, pp. 75-102.
- RUIZ CRUZ, M. D., y CABALLERO, M. (1976): «Características mineralógicas, genéticas y de distribución de la fracción fina del Triás de la Cordillera Ibérica. II». *Boletín Geológico y Minero*, t. 87.
- SOLÉ DE PORTA, N., y ORTÍ CABO, F. (1982): «Primeros datos cronoestratigráficos de las series evaporíticas del Triásico superior de Valencia (España)». *Acta Geol. Hisp.*, t. 17 (núm. 3), pp. 185-191.
- SCHULTZ, L. G. (1964): «Quantitative interpretation of mineral composition from X-ray and chemical data for the Pierre Shale». *Geological Survey, Prof. Paper*, 391-C, pp. C1-C31.
- SPEARS, D. A. (1965): «Boron in some British Carboniferous sedimentary rocks». *Geochim. Cosmochim. Acta*, 29, pp. 315-328.
- THOREZ, D. A. (1976): «Practical identification of clay minerals». Ed. G. Lelotte, Dison (Bélgica).
- WARSHAW, C., y ROY, R. (1961): «Classification and scheme for the identification of layer silicates». *Geol. Soc. of America Bulletin*, 72, pp. 1455-1492.
- YÉBENES, A.; MARFIL, R.; SORIANO, J.; DE LA PEÑA, J. A., y DÍAZ MOLINA, M. (1977): «El Triás de Alcázar de San Juan (La Mancha)». *Cuadernos de Geología Ibérica*, núm. 4, pp. 495-508.