

ESTUDIO SEDIMENTOLOGICO DEL KEUPER INFERIOR, A PARTIR DEL ANALISIS DE FACIES, EN EL SECTOR CENTRAL DE LA CORDILLERA BETICA. ALGUNAS CONSIDERACIONES PALEOGEOGRAFICAS*

A. Pérez López** y M. López Chicano***

RESUMEN

En el Keuper inferior del sector central de la Cordillera Bética hay un predominio de materiales arcillosos, de colores abigarrados, con niveles intercalados de areniscas de grano fino, yesos y carbonatos.

A partir del análisis estratigráfico y sedimentológico se han interpretado estos materiales como pertenecientes a un cortejo fluviocostero. Este análisis ha permitido, previamente, diferenciar diversas asociaciones de facies que caracterizan varios ambientes sedimentarios. Esencialmente, se enmarcan en un *mud flat*, dentro de una extensa llanura costera parcialmente afectada por mareas. A ésta llegan sedimentos detríticos continentales (arenas finas) mediante corrientes fluviales efímeras.

Dentro de este mismo medio costero aparecen ambientes de marisma, *salt pans*, *sabkha*, laguna, etc.

La evolución en el tiempo y en el espacio de estas facies está controlada principalmente por el clima y por las frecuentes incursiones del mar sobre la llanura costera, las cuales están facilitadas por la fisiografía plana de la costa.

Palabras clave: *Triásico, Keuper, mud flat, sabkha, llanura de mareas, corrientes efímeras, sheet-flow, marismas, salt pans, yesos, Cordillera Bética.*

ABSTRACT

The lower Keuper of the central sector of Betic Cordillera shows a predominance of clays with variegated colours. They have intercalations of thin layers of sandstones (fine grain), gypsum and carbonates.

Through sedimentological and stratigraphic analysis we can conclude that these materials are from a systems tract fluvioacoastal further more it allows us to distinguish some different facies types which characterize the following subenvironments. They are set in a framework of mud flat, found on a vast tidal coastal lutitic plain. Terrigenous sediments (fine sands) from the mainland are deposited on the lutitic plain by ephemeral streams.

In this coastal environment there are subenvironments of salt marsh, salt pans, sabkha, coastal lagoons, etc.

The distribution in time and space of these facies was mainly controlled by the climate and the frequent incursions of the sea over the coastal plain, facilitated by the flat geographical nature of coastline.

Key words: *Triásico, Keuper, mud flat, sabkha, tidal flat, ephemeral stream, sheet-flow, salt marsh, salt pans, gypsum, Betic Cordillera.*

* Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto PB 85-0385 «El Triásico de las Cordilleras Béticas», financiado por la CAICYT.

** Departamento de Estratigrafía y Paleontología. Facultad de Ciencias. 18002 Granada.

*** Instituto Andaluz de Geología Mediterránea (C.S.I.C. Universidad de Granada). Facultad de Ciencias. 18002-Granada.

Introducción

Numerosos autores han estudiado el Keuper de España. No obstante, el Keuper inferior (entendido como el tramo inferior detrítico-evaporítico del Triás superior, limitado por abajo por las facies Muschelkalk y por arriba por las areniscas y arcillas rojas del Keuper medio) pocas veces ha sido motivo de un estudio detallado, y menos en el ámbito de las Zonas Externas de la Cordillera Bética (fig. 1).

La litología del Keuper ha sido descrita ampliamente en la Cordillera Bética, aunque en ocasiones atribuyéndola al Buntsandstein. Algunos de los autores que han tratado este tema son: Busnardo (1975), Foucault (1971), López Garrido (1971), García Rosell (1973), Sanz de Galdeano (1973), Peyre (1974), Cruz San Julián (1974), Gil (1986), Gil *et al.* (1987), Martín Algarra (1987), López Chicano *et al.* (1988). Sin embargo, ninguno de ellos hace una interpretación paleoambiental de detalle. Hay autores que, para las facies Keuper en general, aluden a medios de sedimentación tales como mares epicontinentales, mares restringidos, zonas de costa, etc.

Busnardo (1975) habla de un mar poco profundo y de zonas costeras con influencia continental, en un clima tropical. Martín Algarra (1987) interpreta las facies Keuper como propias de una llanura costera, muy extensa y llana, en condiciones climáticas áridas, con subambientes de *sabkha*. Gil (1986) y Gil *et al.* (1987) realizan un análisis de facies y asignan al Keuper un ambiente sedimentario de costa (llanura lutítica) con influencias continentales y zona de *sabkha*.

Algunos trabajos realizados en otros dominios de la Península son de interés para la interpretación de estas facies, sobre todo: Hernando (1977) que indica para el Keuper de la región de Ayllón-Atienza una sedimentación restringida y de características lagunares, con secuencias fluviales en algún sector; García Gil *et al.* (1987) que considera la existencia de una llanura evaporítica de tipo *sabkha* para el Keuper de Medinaceli-Somaen; Hernando *et al.* (1987), en la Sierra de la Demanda, relacionó las facies del Keuper con un medio intermareal siliciclástico con zonas más restringidas hipersalinas; Salvany *et al.* (1987), para los Catalánides, constata secuencialmente que en el Keuper inferior se establece un régimen regresivo, proponiendo como modelo la implantación de un *lagoon* evaporítico sobre una llanura lutítica, a través de una zona de *sabkha*.

Ramos (1979) definió la unidad «Limos y areniscas abigarrados de Torete» en la zona situada al O de Molina de Aragón. Aunque son facies del Buntsandstein, éstas se asemejan a las del Keuper por sus litofacies y por su posición estratigráfica, pues, están en continuidad con las facies del Muschelkalk. Para esta autora son facies de llanura de mareas. Pérez Arlucea *et al.* (1983) interpretan esta misma unidad, en la Sierra de Albarracín, como de un medio de transición con neta influencia marina.

Por correlación litoestratigráfica y por su posición en la serie, el Keuper inferior —objeto de este trabajo— se podría asignar a la formación K1 que define Ortí Cabo (1974) en el Triás del Levante. Este autor interpreta el K1 como el depósito de un área marginal continental muy aplanada, en la que se pue-

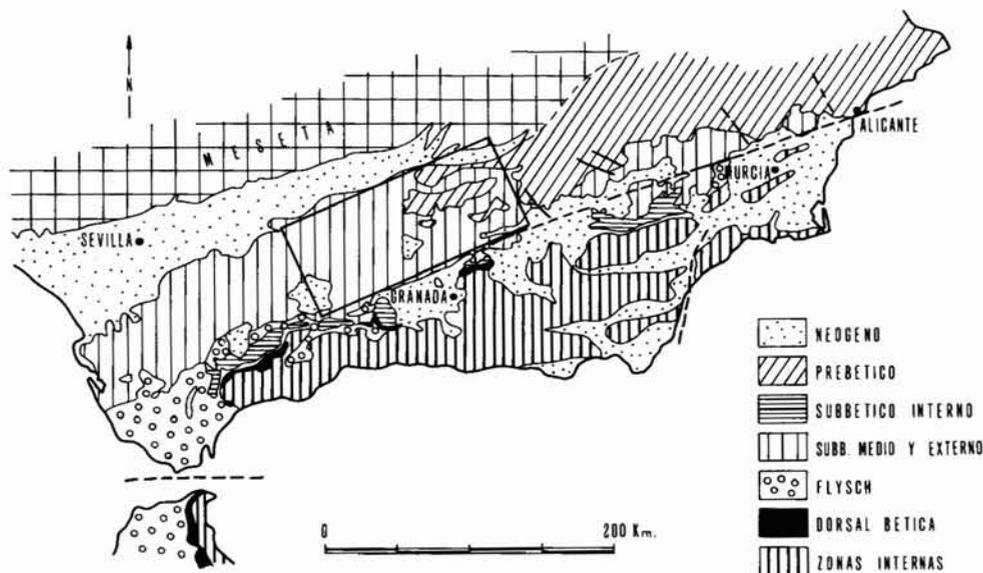


Fig. 1.—Localización de la zona de estudio dentro del marco estructural de la Cordillera Bética. Esquema obtenido a partir de los mapas de A. Foucault (1976), A. C. López Garrido y J. Vera (1979).

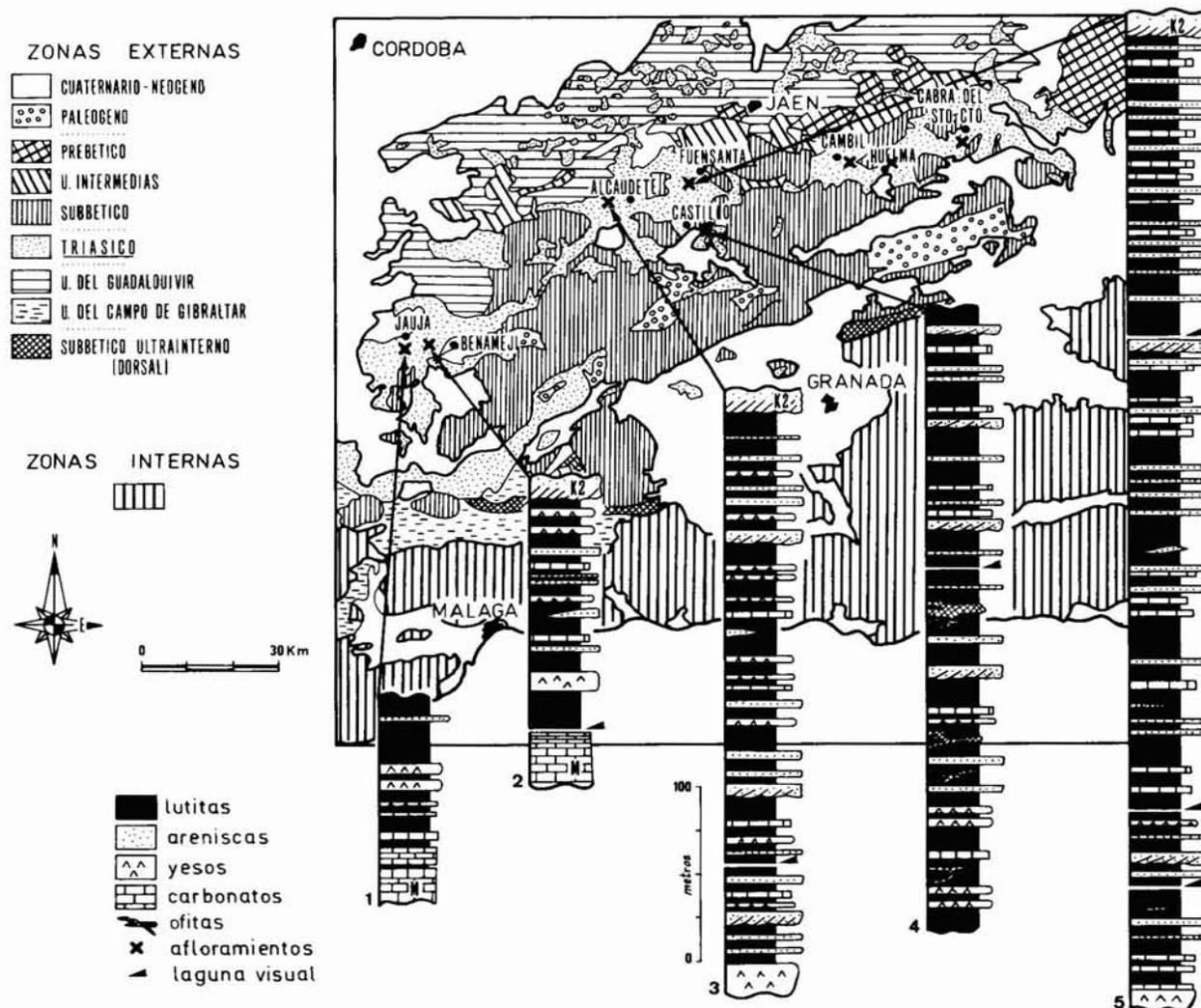


Fig. 2.—Situación de los afloramientos más representativos del Keuper inferior y de las series estratigráficas estudiadas, dentro del mapa de unidades de las Zonas Externas de la Cordillera Bética (A. C. López Garrido y J. A. Vera, 1979). Dentro de las series se han representado las facies Muschelkalk (M) y la Formación de areniscas del Keuper medio (K2) (cfr. Ortí Cabo, 1974) cuando se ha visto su relación con las facies del Keuper inferior.

den instalar *lagoons* salobres muy someros. Hacia arriba de la serie se intercalan niveles detríticos con flora continental, y carbonatos con fauna lagunar. El clima sería de tipo mediterráneo cálido, con un marcado carácter de humedad.

En el presente trabajo se hace un estudio de las secuencias, a escala decimétrica, reconocidas en los afloramientos más representativos del Keuper inferior del área de estudio (fig. 2). Estos afloramientos más significativos son de E a O los siguientes: a 3,2 km. al S de Cabra del Santo Cristo (Jaén); a 1,7 km. al SO de Fuensanta de Martos (Jaén); a 4,5 km. al ESE de Castillo de Locubín (Jaén); a 5,5 km. al O de Alcaudete (Jaén); a 9 km. al O de Benamejí (Córdoba); y a 1,5 km. al SO de Jauja (Córdoba).

En la región de Benamejí (Córdoba) se han datado estos materiales a partir de un primer análisis palinológico que se ha hecho con la colaboración de Solé de Porta. Se ha encontrado en la parte inferior de estos materiales (en el tránsito a las facies Muschelkalk) polen que data Ladiniense sup.- Karniense, sin más precisión; y en las areniscas superiores se ha podido datar claramente el Karniense. Su edad está comprendida, entonces, entre el Ladiniense superior y Karniense.

Con la tinción y el estudio de láminas delgadas se han reconocido los diversos tipos de microfácies, que junto con el análisis de facies han permitido interpretar distintos subambientes. A su vez, se ha pretendido profundizar en la interrelación de todos estos ambien-

tes, haciendo especial énfasis en la interpretación de las areniscas, que por su relativa abundancia son muy significativas en esta región.

Facies del Keuper inferior

En el Keuper inferior de las Zonas Externas de la Cordillera Bética se distinguen cuatro tipos litológicos fundamentales que son: lutitas, areniscas, yesos y carbonatos.

Tomando como modelo la simbología de Miall (1978) se han diferenciado los siguientes tipos de facies:

Facies arenosas

- Sm areniscas masivas.
- St areniscas con estratificación en artesa (*trough*).
- Sp areniscas con estratificación cruzada planar.
- Sc areniscas con laminación de *ripples* de corriente (*current ripples*).
- Sw areniscas con laminación de *ripples* de oscilación (*wave-ripples*).
- Sh areniscas con laminación horizontal.

Facies lutíticas

- F lutitas / a veces con bioturbación.
- Fl lutitas con laminación fina.
- Fg lutitas con yesos.

Facies evaporíticas

- Gm yesos con textura masiva.
- Gl yesos con textura laminada.
- Gn yesos con textura nodular (entre lutitas).

Facies carbonatadas

- Cm carbonatos (*mudstones-wackestones*).
- Ct carbonatos terrígenos.
- Cl carbonatos con laminación ondulada.
- Cc calcarenita, a veces con laminación cruzada.
- Ce carbonatos con moldes de evaporitas.
- CG yesos con carbonatos (facies heterolíticas).
- CF lutitas carbonatadas.

Otras facies

- L lignitos.
- C carniolas.
- Cr costras o carbonatos pedogenéticos.

Asociación de facies y ambientes de sedimentación

Existen casi todas las combinaciones posibles entre las distintas facies, lo cual, responde a una estrecha y amplia interrelación de facies en la vertical y en la horizontal.

No obstante, se pueden destacar las siguientes asociaciones de facies, como más significativas (fig. 3):

Tipo I: F - (Fg) - (Gn) - (CG / Cm) - Gl - (Cr)

Entre sedimentos lutíticos grises, masivos o laminados, suelen aparecer yesos con textura laminada y en algunas ocasiones, con porfiroblastos. A veces, se observa una costrificación en el techo de algunos niveles. También pueden intercalarse niveles de carbonatos o asociarse con los yesos a escala milimétrica o centimétrica. En raras ocasiones se ha encontrado algún tramo de lutitas con yesos rojos nodulares. La potencia de estos niveles de yesos laminados oscila entre 5 y 60 cm. y a veces presentan una escasa continuidad lateral. Es significativo que en algunos afloramientos se pongan en contacto con niveles de areniscas.

Estas facies están relacionadas con «salinas» o lagunas evaporíticas costeras (Salvany *et al.*, 1987), quizá con un control algal (Ortí Cabo, 1974). En cualquier caso indican una lámina de agua muy delgada que se renueva constantemente a partir de aguas marinas que, junto con la intensa evaporación, provocan la concentración y precipitación de sulfatos. Por otra parte, es muy probable que la llegada esporádica de agua dulce continental modifique la salinidad de estas lagunas, favoreciendo la precipitación de carbonatos y decantación de limos. A estas lagunas se les puede asociar una zona vadosa de *sabkha*, aunque muy mal desarrollada, con episodios oxidantes que determinan la formación de los yesos nodulares rojos.

Los tonos grises de las lutitas que se intercalan y, en muchos casos incluso, el mismo color de los yesos, hacen pensar en unas condiciones reductoras de depósito.

Tipo II: a) F - St - Sp - Sc - (Fl) b) F - (Sp) - Sc - (F) - (Cm/C/Cr) c) F - (Cm/Gm) - F - Fl - Sc/Sh - Fl

a) Es una secuencia poco frecuente. De 0,5 m. de espesor, aunque a veces algunas amalgamaciones hacen que el tramo alcance hasta los 5 m. Con un contacto neto, algo erosivo, sobre unas lutitas se sobrepone unas areniscas con estratificación en artesa (*trough*), con estructuras de corriente de energía decreciente hacia el techo de la secuencia (fig. 4.5). En la base aparecen cantos blandos y restos de plantas.

b) Esta, por el contrario, es una secuencia bastante frecuente. Son niveles tabulares, entre lutitas, de areniscas finas. Su espesor oscila entre los 10 y 30 cm. Están limitados por superficies más o menos netas, y presentan estructuras de corriente de pequeña escala, a veces con abundantes restos de plantas. En alguna ocasión estos cuerpos de areniscas tienen forma lenticular (fig. 4.10). Pueden aparecer niveles finos de carbonatos (con o sin moldes de evaporitas) y costras calcáreas al final de la secuencia.

c) Corresponden a materiales detríticos con laminación cruzada de *ripples* (*current ripples* y *climbing ripples*) y/o laminación ondulada u horizontal (fig. 4.1). Presentan secuencias cíclicas *coarsening upward - fining upward*, entre niveles lutíticos.

Estos tres tipos de secuencias están muy interrelacionados pudiendo aparecer sobreimpuestos, amalgamados o de forma repetitiva.

Se pueden atribuir al depósito de relleno de canal (tipo II.a), de desbordamiento y derrame (tipos II.b y II.c) de un sistema fluvial arenoso de tipo *braided*, efímero. Este sistema distribuye los sedimentos en la llanura lutítica, o los vierte en una laguna evaporítica, *salt pans*, etc., o llegan hasta el mar. Los distintos tipos de secuencias corresponden, respectivamente, a subambientes de proximal a distal.

Los mecanismos de *sheet flow* son fundamentales en este medio sedimentario, como pueden darse en los *ephemeral stream deposits* (Reineck *et al.*, 1980), al desbordarse el canal y al expan-

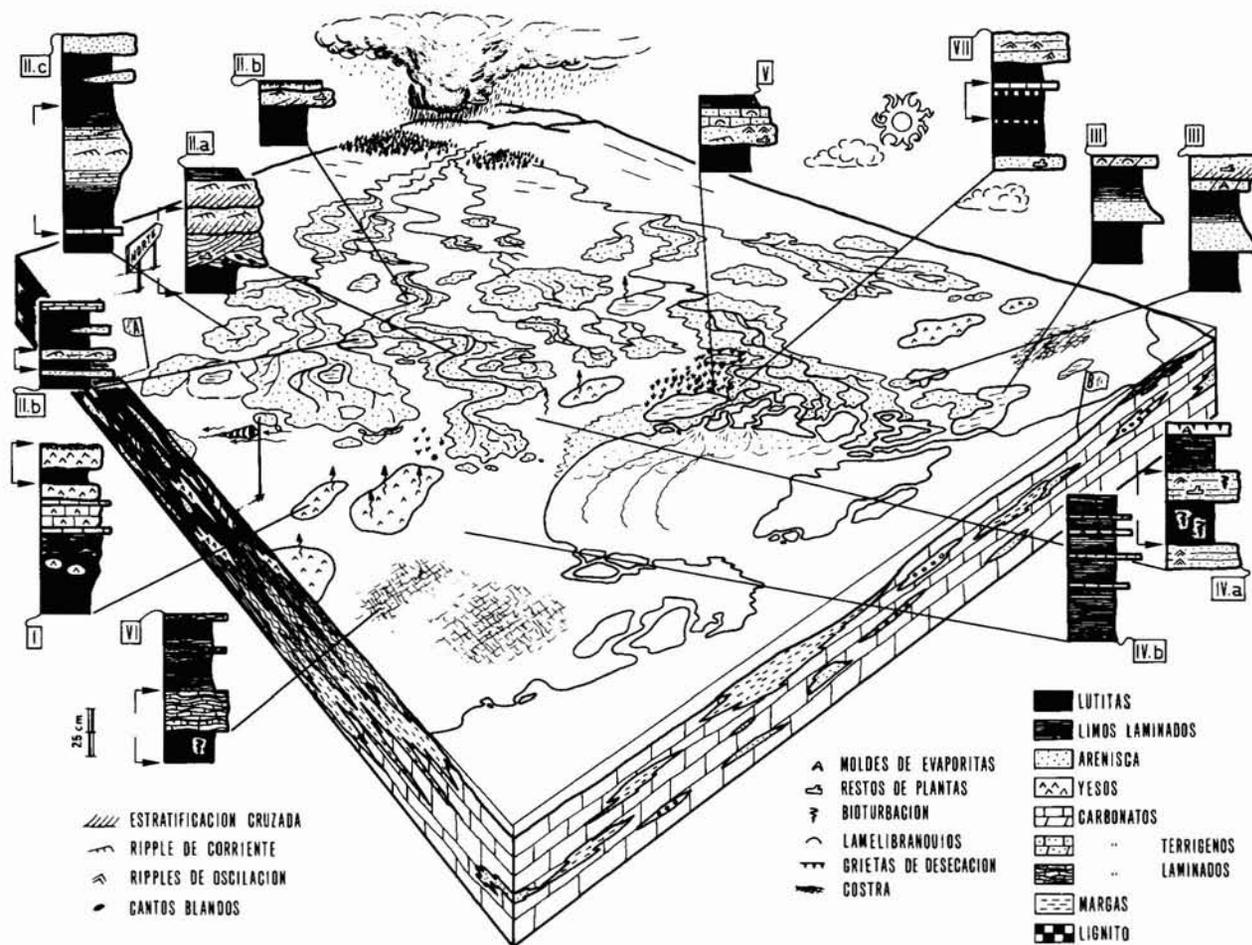


Fig. 3.—Interpretación paleoambiental del cortejo fluvio-costero para las facies del Keuper inferior en el sector Central de la Cordillera Bética. Entre flechas se indican las secuencias elementales.

dirse la corriente en un área llana, esparciéndose el sedimento. Se caracterizan, sobre todo, por la ausencia de estructuras de canal, por la pequeña potencia de los *sets* (de 5 a 30 cm. de espesor) y por presentar estructuras de corriente de pequeña escala (a veces, precedidas de alguna de mayor escala), con numerosas superficies de reactivación. Algunos de estos *sets* presentan laminación de *climbing ripples*, que evidencian la rápida pérdida de la energía del flujo al expandirse la corriente cargada de sedimento. Por otra parte, es notable la gran interdigitación que presentan con los demás ambientes de depósito, observándose frecuentes acunamientos laterales e interestratificaciones con otras litologías (yesos, carbonatos, lutitas).

Tipo III: F - (Sm) - (Fl) - Ct - Sc/Sp

Esta secuencia está formada por lutitas, carbonatos más o menos detríticos y areniscas.

En algunas ocasiones, sobre unas lutitas algo carbonatadas aparecen, a través de un contacto neto, unas areniscas masivas con una secuencia *fining upward*, a las que les siguen unos limos laminados. Por encima se depositan carbonatos terrígenos con restos de lamelibranquios y gasterópodos. Estos niveles pueden pasar gradualmente a niveles más detríticos con estructuras de corriente de pequeña escala y con restos de plantas.

Puede darse otra secuencia semejante a ésta, formada por unos carbonatos detríticos con moldes de evaporitas, que con un contacto neto pasan a una arenisca con estratificación cruzada.

En cualquier caso se pueden interpretar estas facies, como las correspondientes al depósito en una laguna litoral con vida marina, situada en la zona supramareal pero frecuentemente comunicada con el mar, en la que se depositan unos carbonatos contaminados por los aportes terrígenos (más o menos constantes y escasos) de arenas finas procedentes del medio fluvial efímero. Esporádicamente, alguna corriente vierte una mayor cantidad de arenas que da lugar a cuerpos detríticos de cierta entidad dentro de la laguna, llegando incluso a colmatarla, desecándola, al menos en algunas zonas. Esta desecación es la causante de la precipitación de algunas sales sobre las areniscas.

Tipo IV: a) Fl - Sw - (CF) - (Cr) b) Fl - (Cm) - (Gl) / (Sm)

a) Son secuencias de facies areniscosas con ripples de oscilación (fig. 4.4) a techo de cada nivel (tipo IV.a), que suelen ser bastante delgados (no más de 10 cm.). Cada término de esta secuencia se puede repetir varias veces sucesivamente. Algunos niveles están bioturbados (fig. 4.9). Los últimos términos suelen

ser más lutíticos y carbonatados con algunos rasgos de prolongada exposición subaérea.

En estos tramos muy raramente se han observado estratificaciones lenticulares, ni tampoco es clara la presencia de estratificaciones de tipo *wavy*, ni estratificaciones cruzadas bipolares. Se podría pensar que el desarrollo de un ambiente de llanura mareal detrítica es muy escaso.

Podría ser una secuencia de carácter somerizante de un depósito de llanura de mareas o de uno retrabajado en el litoral por el oleaje.

b) Existe en muchos afloramientos el desarrollo de unas secuencias o facies «heterolíticas» que son esencialmente lutíticas con una neta laminación milimétrica (fig. 4.3), con esporádicas pasadas (de no más de 1 cm.) de carbonatos, yesos o arenas muy finas. Estas facies se pueden atribuir a una zona supramareal que se relacionan lateralmente con potentes tramos lutíticos masivos —a veces, claramente bioturbados— de la zona intermareal (*coastal mud flats*), como se observa hoy en la llanura mareal del Río Colorado (Thomson, 1975). La laminación se puede interpretar, aunque con reservas, como el resultado de las sucesivas corrientes de mareas que paulatinamente superan la zona intermareal, barriendo los sedimentos de la llanura lutítica, en los días de tormenta.

Tipo V: F - Sw - Cc

A unas lutitas le siguen con un contacto neto unas areniscas con *ripples* de oscilación. Estas areniscas pueden preservar restos de flora (*equisetites* sp.). Por encima se sitúan niveles calcareníticos terrígenos con algunos bioclastos de lamelibranquios.

Estos sedimentos podrían relacionarse con una zona del litoral, algo detrítica, donde los sedimentos son retrabajados por el oleaje, como sucede con las facies de tipo IV. Aunque cabe la posibilidad de que este retrabajamiento pueda darse en el interior de una laguna con una delgada capa de agua que es agitada por el viento, lo cual, ocasiona indirectamente los *ripples* de oscilación.

Tipo VI: Fl - Cl - (Cr)

Aparecen unos niveles delgados (de 2 a 10 cm.) de carbonatos (dolomías) que presentan una fina laminación ondulada, a veces con moldes de evaporitas, estructuras *tepees* y costrificaciones a techo (fig. 4.7). Suelen estar relacionados con niveles lutíticos laminados más o menos carbonatados de colores oscuros. Miller (1975) asocia estas facies a lagunas saladas (*salt pans*); zonas deprimidas de unos centenares de metros de diámetro y con no más de diez centímetros de espesor.

Son niveles de *criptalgalmínites* que se sitúan en la zona intermareal-supramareal (Halley, 1975), como ya se pudo interpretar para el corte de Jauja (Córdoba) (Pérez López, 1988).

Illing *et al.* (1965) señaló que las facies de dolomías corresponden lateralmente a las evaporitas con textura laminada.

Tipo VII: F - L - (Cm)

En el corte de Jauja y, sobre todo, en el del Barranco de la Mina (al E de Castillo de Locubín) afloran unos lignitos intercalados entre lutitas grises. A veces, aparecen relacionados con algún nivel carbonatado, y más raramente con areniscas. En cualquier caso los niveles de carbón son muy delgados. Se han observado en las lutitas algunas estructuras debidas a raíces de planta.

Corresponden a un medio sedimentario vadoso o subacuoso de aguas tranquilas que favorecen las condiciones reductoras. Quizá sería excesivo hablar de una zona palustre, pues, la vegetación *in situ* parece ser muy escasa. Más bien se podría hablar de una zona de marismas supramareal (*salt marsh*, en el sentido de Knight *et al.*, 1975) con alguna laguna salobre o/y *salt pans*.

Otras asociaciones de facies

Es relativamente frecuente la presencia de niveles carniolares junto a niveles carbonatados, arenosos o incluso entre lutitas. A veces, las estructuras cavernosas que presentan son poliédricas. En algunos casos se preservan cantos de arcillas en su interior. Hay también carniolares con estructura nodular y brechoide. Son facies propias de zonas vadosas, encharcadas, con frecuentes oscilaciones del nivel freático debido a la llegada de aguas continentales y marinas, y a una intensa evaporación.

Se pueden encontrar niveles carbonatados muy finos con moldes de halita (fig. 4.8), y finos niveles de yesos, dispersos, con costras carbonatadas. En niveles lutíticos carbonatados se han observado unas grietas de desecación (fig. 4.7) —de tipo «no ortogonal», «incompletas», según la clasificación de Allen (1982)— con moldes de evaporitas. Este tipo de facies se forman, según Halley (1975) a partir de la evaporación de aguas marinas estancadas en la zona supramareal.

Todas estas facies son propias de la zona supramareal, aunque cercana a la zona intermareal, pues, la influencia marina es notoria. La presencia, aunque escasa, de niveles finos (de 5 a 10 cm.) de calizas oolíticas y bioclásticas —propias de una plataforma carbonatada— entre las lutitas de la llanura costera, evidencian las intrusiones marinas sobre la costa.

Interpretación del sistema deposicional para el Keuper inferior

A partir del análisis de facies realizado, se entiende que los materiales del Keuper inferior se puedan atribuir a un cortejo fluviocostero en sentido lato (fig. 3). Se trata de una llanura costera, plana y extensa, sobrepuesta a la plataforma carbonatada del Ladinense (Muschelkalk).

Hay un predominio claro de las facies lutíticas con niveles de yesos de laguna evaporítica, lo cual coincide con otras áreas (Gil *et al.*, 1987; Salvany *et al.*, 1987 entre otros). El origen marino de estas evaporitas ya es conocido para diversas cuencas españolas (Ortí Cabo, 1987). Los datos geoquímicos son definitivos a este respecto. Ortí Cabo y Pueyo (1983) muestran el contenido típicamente marino (en Br y K) de la sal triásica del domo de Pinoso (Alicante). Más recientemente Utrilla *et al.* (1987) dan a conocer nuevos datos isotópicos que confirman la procedencia marina de la anhidrita de los sondeos realizados en el Triásico de las cuencas de Valencia-Cuenca, Ebro, Catalánides.

Un rasgo peculiar de los afloramientos del Trías Subbético, como ya se ha señalado, es la abundancia relativa de delgados cuerpos tabulares y lenticulares de areniscas con laminación cruzada (en la mayoría de los casos de pequeña escala), con muy pocas estructuras de canal. La procedencia de estas areniscas es claramente continental, pues, tienen restos de plantas continentales (p.e. *Equisetites*), que Busnardo (1975) relaciona con zonas húmedas de agua dulce. Forman parte del sistema fluvial efímero que se expande por varias zonas de la llanura costera. Muy probablemente este medio fluvial se encontraba mejor desarrollado hacia el interior del continente, interco-

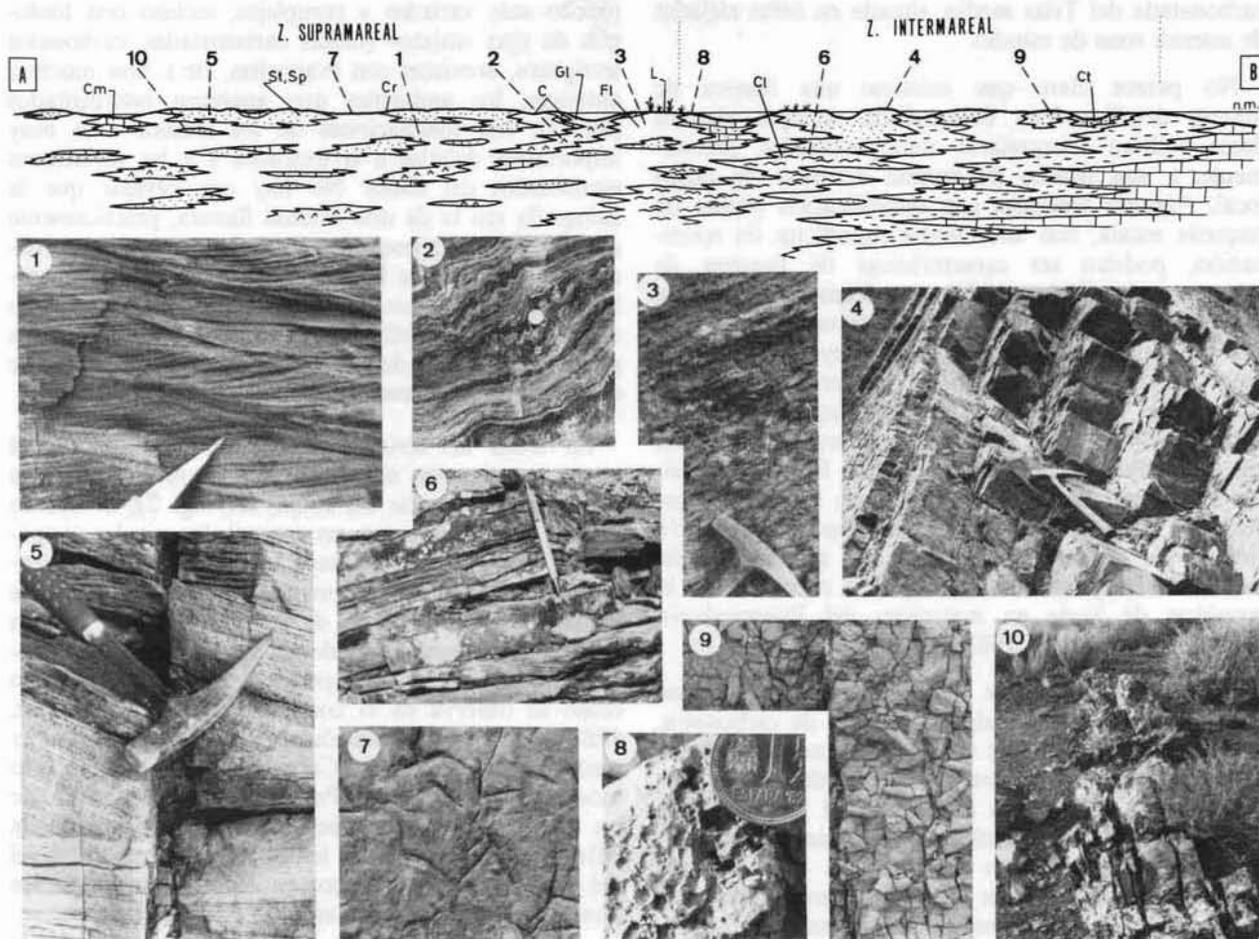


Fig. 4.—Corte conceptual realizado a partir del bloque diagrama de la figura 3, con las facies más significativas:

1. *climbing ripples* y *current ripples* con superficies de reactivación, propios de los mecanismos de *sheet flow*.
2. Yesos con textura laminada de lagunas evaporíticas.
3. Lutitas laminadas, con intercalaciones de areniscas y carbonatos, que se sitúan en la zona intermareal-supramareal.
4. Niveles de areniscas con *waves ripples*, algunos con bioturbación a techo, propios de una llanura de mareas.
5. Areniscas con estructuras de corriente con energía decreciente a techo, de un relleno de canal del medio fluvial.
6. Dolomías con laminación ondulada (*criptoalgalaminites*) de la zona intermareal-supramareal.
7. Lutitas carbonatadas con grietas de desecación de tipo «no ortogonal», irregulares e incompletas (según la clasificación de Allen, 1982), correspondientes a la zona supramareal.
8. Moldes cúbicos de halita en un nivel carbonatado entre lutitas, atribuible a *salt-pans* o también al borde de una salina.
9. Bioturbación en el techo de areniscas finas de la zona intermareal.
10. Acuñaamiento lateral, entre lutitas, de un banco de areniscas con abundantes superficies de reactivación. Corresponden a un lóbulo de desbordamiento de canal fluvial.

nectándose con un medio aluvial, como ocurre en otras regiones (Aracil *et al.*, 1988 b).

Muchas veces, estas corrientes efímeras descargaban el sedimento en las charcas o lagunas costeras, contaminando los sedimentos de precipitación química. Otras veces, llegaban al mar. Es cuestionable si alguna vez formaron pequeños cuerpos deltaicos progradantes. No se descarta la posibilidad de que estas mismas facies puedan pertenecer a lagunas muy cercanas al mar, con fauna marina, en las que los vientos agitaban sus aguas formando los *ripples* de oscila-

ción. Esto es avalado por los *ripples* que aparecen en yesos lagunares (Ortí Cabo, 1974). En tal caso se puede decir que el litoral y el *lagoon* fuesen margoso y carbonatado, sin importantes aportes continentales.

La presencia de un fino nivel de caliza oolítica, entre lutitas, en uno de los afloramientos, hace pensar en posibles intrusiones marinas en la llanura lutítica que transportaba hacia el interior material de los *shoals* de la zona submareal carbonatada. Por otra parte, además, hay niveles de calizas con lamelibránquios, que delatan la persistencia de la plataforma

carbonatada del Triás medio, situada en áreas alejadas de nuestra zona de estudio.

No parece claro que existiese una llanura de mareas detrítica bien desarrollada, aunque algunos datos podrían interpretarse como asociados, precisamente, a una llanura de mareas detríticas de rango local. Algunas areniscas con estratificación planar de pequeña escala, con abundantes superficies de reactivación, podrían ser características de llanuras de mareas según Klein (1977) (en Ramos, 1979). En todo caso, se puede decir que se trata de una costa de tipo «mixto» en el sentido de Selley (1985, página 169). Hay un pequeño aporte de terrígenos por la escorrentía limitada y/o escasa disponibilidad de sedimento, y la costa tiene una pendiente muy suave, con una zona intertidal muy extensa. Sólo se depositan sedimentos terrígenos alrededor de las desembocaduras de ríos en llanuras mareales tipo estuario. Un ejemplo de depósitos de estuario, en un medio sedimentario semejante a éste, se puede encontrar en la provincia de Soria en materiales del Buntsandstein superior (Aracil *et al.*, 1988 a).

No menos importantes son las facies de yesos, que junto con los lignitos y algunos niveles de carbonatos, indican la abundancia de zonas encharcadas y vadosas que existían, con una notable variabilidad en la salinidad, según su cercanía al litoral y al medio fluvial. Lateralmente a estas facies, en la zona intermareal-supramareal, cuando no llegaban los terrígenos, se desarrollaban *algal mats*. En estos casos, como en otros muchos, los carbonatos son dolomías, muy probablemente de origen primario según los criterios de Martín (1980).

En cuanto al clima, hay varios indicios que sugieren, en principio, un clima cálido, semiárido: abundantes capas de yesos, carbonatos con moldes de evaporitas (sulfatos y haluros), costras de exudación, carniolas. El medio fluvial, aunque efímero, y los restos de plantas, provenientes del continente, indican estaciones húmedas o lluvias torrenciales en el interior del continente.

Dada la abundancia de yesos, es necesaria la evaporación de una gran cantidad de agua que sólo es posible si hay una constante entrada de agua a las zonas encharcadas y vadosas, y si el clima es muy árido o, lo más probable en este caso, si existían fuertes vientos, que favorecían la intensa evaporación.

Evolución de los medios de sedimentación, e interpretación paleogeográfica

En este trabajo se han definido varias facies típicas del Keuper inferior y se han integrado en las secuencias más significativas. No obstante, las relaciones son

mucho más variadas y complejas, incluso con litologías de tipo «mixto» (lutitas carbonatadas, carbonatos terrígenos, areniscas con evaporitas, etc.). Son muchos, entonces, los ambientes que aparecen interdigitados (fig. 3). Las fluctuaciones de los medios eran muy importantes debidas a la tectónica y a las variaciones estacionales del clima. No hay que olvidar que la fisiografía era la de una extensa llanura, prácticamente a nivel del mar: pequeñas variaciones tectónicas, climáticas o eustáticas harían variar los distintos subambientes sedimentarios en la horizontal. Al menos esto es lo que queda reflejado en las series estratigráficas por la abundancia de delgados niveles competentes de distinta litología intercalados entre lutitas (fig. 2).

En todas las series se puede apreciar que en el tramo superior son más frecuentes los niveles arenosos (excepto en el corte de Jauja, cfr. fig. 2), al mismo tiempo que disminuyen, en general, los niveles evaporíticos, sin que por ello haya una ostensible continentalización del medio sedimentario: todas las series se enmarcan en un ámbito de costa con más o menos influencia marina. Es evidente, que el paso del Muschelkalk al Keuper corresponde a un evento regresivo como se observa en el corte de Jauja (Pérez López, 1988), y que la formación de areniscas del Keuper medio (K2 de Ortí Cabo, 1975) supone otro momento de regresión. Pero durante el depósito de las facies del Keuper inferior va en aumento la influencia continental sin haber un descenso del nivel del mar del mismo rango: en el corte de Jauja los niveles de yesos aparecen en todo el tramo del K1.

En comparación con otras áreas adyacentes se puede observar que en este sector central de la Cordillera es donde dominan los materiales lutítico-evaporíticos, quedando los conglomerados y brechas restringidos a áreas próximas a la Meseta (fig. 5). Dentro del dominio Subbético, la potencia de los materiales lutíticos disminuye hacia el oeste, a la vez que aumentan los niveles evaporíticos en toda la serie. Se trata de una zona de menor subsidencia, constantemente más cercana al litoral, más estable en definitiva.

Hay un predominio claro de carbonatos en las áreas más meridionales (Penibético, Alpujárrides), para esta misma edad. Hacia el centro de la cuenca (dominio Alpujárride) durante todo el Triásico hubo un depósito de materiales carbonatados, dada la mayor influencia marina en esta zona, hasta el Karniense que fue cuando hubo una importante pulsación regresiva, que supuso el depósito de materiales detríticos, incluso en esta zona (fig. 5.B). Este hecho coincide con el dominio de las facies de areniscas en todo el ámbito Subbético, que ha quedado reflejado en el depósito de la Formación K2 (definida en Ortí Cabo, 1974).

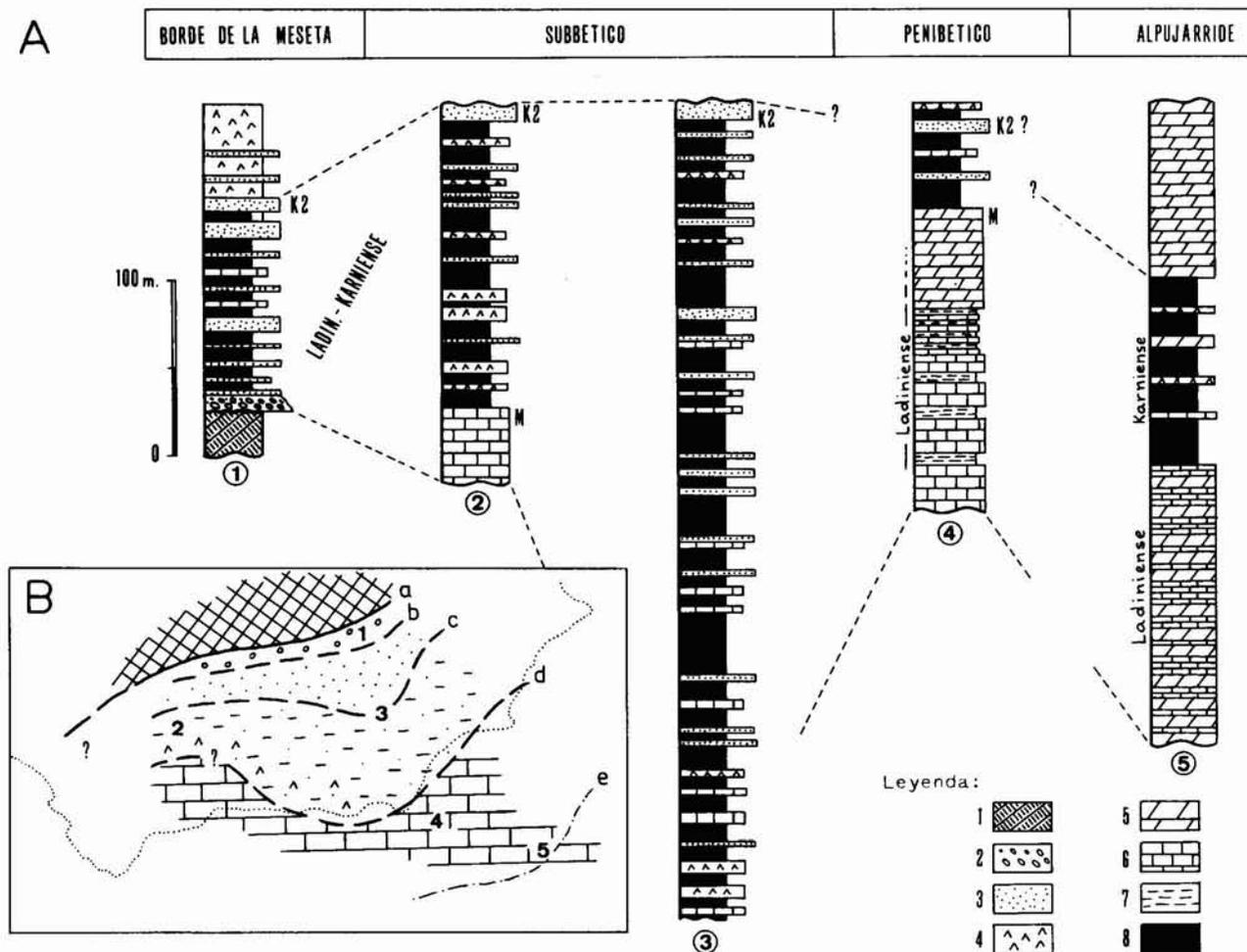


Fig. 5.—A) Columnas sintéticas del Triásico de la Zona Subbética y áreas adyacentes:

1. Alcaraz (cfr. Fernández y Dabrio, 1985).
2. Benamejí (Córdoba).
3. Alcaudete (Jaén).
4. Ronda (Málaga) (cfr. Martín Algarra, 1987).
5. Baza (Granada) (cfr. Martín y Braga, 1986).

Leyenda: 1, Zócalo Hercínico; 2, conglomerados; 3, areniscas; 4, yesos; 5, dolomías; 6, calizas; 7, margocalizas; 8, lutitas.

B) Distribución relativa de las litofacies predominantes durante el Ladinense Superior-Karniense: a, límite de la Meseta; b, límite de la sedimentación conglomerática; c, límite de la sedimentación de arenas; d, límite de la sedimentación de lutitas (llanura lutífica) y e, situación hipotética del litoral en la pulsación regresiva del Karniense.

Con los números del 1 al 5 se han situado la posición de las áreas correspondientes a las columnas comparadas.

Conclusiones

El Keuper inferior del sector central de la Cordillera Bética está caracterizado por materiales lutíticos, de colores abigarrados, con abundantes intercalaciones de niveles poco potentes de areniscas, yesos y carbonatos. Son depósitos propios de un medio sedimentario fluviocostero. Los ambientes de depósito más significativos son los de *salt marsh*, *salt pans*, lagunas y charcas evaporíticas, integrados dentro de una extensa llanura lutífica (*mud flat*). Lateralmente se relacionan

con la zona intermareal, lagunas saladas y albuferas. Y sobre todos estos ambientes de depósito se superpone —interdigitándose y «contaminándolos»— un sistema fluvial arenoso efímero que esporádicamente llega hasta el mar.

Los factores más significativos que controlan estos ambientes de depósito son el clima —cálido y seco, con estaciones húmedas—, las intrusiones marinas y el viento, y de modo más indirecto la tectónica.

Es probable la persistencia de la plataforma carbonatada de facies *Muschelkalk*, aunque bastante reti-

rada hacia el centro de la cuenca. No obstante, en el momento máximo de la regresión Karniense hubo un predominio de las facies detríticas en casi toda la cuenca Bética.

AGRADECIMIENTOS

Al Dr. Juan Fernández por la revisión crítica de este manuscrito.

Referencias

- Allen, J. R. L. (1982). Sedimentary structures. Their character and physical basis, II, *Developments in sedimentology*, 30B Elsevier, Amsterdam, 663 págs.
- Aracil, E. y Hernando, S. (1988 a). Las facies de transición del Buntsandstein al Muschelkalk entre Cuevas de Ayllón y Termancia (provincia de Soria). *Rev. Soc. Geol. España*, 1, 89-96.
- Aracil, E. y Hernando, S. (1988 b). Las facies Keuper al SW de la provincia de Soria. *Estudios Geol.*, 44, 211-217.
- Busnardo, R. (1975). Prébétique et Subbétique de Jaen à Lucena (Andalousie). Introduction et Trias. *Docum. Lab. Geol. Fac. Sci. Lyon.*, 65, 183 págs.
- Cruz-Sanjulián, J. J. (1974). *Estudio geológico del sector Cañete La Real-Teba-Osuna*. Tesis Doctoral. Univ. de Granada, 431 págs.
- Fernández, J. y Dabrio, C. (1985). Fluvial Architecture of the Buntsandstein-facies Redbeds in the Middle to Upper Triassic (Ladinian-Norian) of the Southeastern Edge of the Iberian Meseta (Southern Spain). In: *Aspects of fluvial sedimentation in the Lower Triassic Buntsandstein of Europe. Lecture Notes in Earth Sciences* (D. Mader, edit.). Springer-Verlag, Berlin, 4, 411-435.
- Foucault, A. (1971). *Etude géologique des environs des sources du Guadalquivir (province de Jaen et de Grenade, Espagne méridionale)*. Tesis Univ. Paris. 633 págs.
- García Gil, S. y Sopeña, A. (1987). Estratigrafía y sedimentología del Triásico en el sector Medinaceli-Somaen (provincia de Soria). *Cuad. Geol. Ibérica*, 11, 707-735.
- García Rossell, L. (1973). *Estudio geológico de la transversal Ubeda-Huelma y sectores adyacentes*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 549 págs.
- Gil, A. (1986). *Análisis de facies del Triásico de la Zona Prebética y Borde de la Meseta en el sector Hornos-Biensevrida (Provincia de Jaén y Albacete)*. Tesis de Licenciatura, Univ. Granada. 170 págs.
- Gil, A.; Fernández, J. y López Garrido, A. C. (1987). Evolución de facies en el Triás de la Zona Prebética y borde de la Meseta. Transversal Orcera-Puente Genave (Prov. de Jaén). *Cuad. Geol. Ibérica*, 11, 403-420.
- Halley, R. B. (1975). Peritidal lithologies of Cambrian Carbonate Islands, Carrara Formation, Southern Great Basin. In: *Tidal Deposits* (R.N. Ginsburg, edit.). Springer-Verlag, New York, 279-288.
- Hernando Costa, S. (1977). Pérmico y Triásico de la región Ayllón-Atienza (Provincia de Segovia, Soria y Guadalajara). *Sem. de Estratigrafía*, 2, 408 págs.
- Hernando, S. y Rincón, R. (1987). El Triásico del sector de Mansilla (Demanda Suroriental-La Rioja). *Cuad. Geol. Ibérica*, 11, 691-706.
- Illing, L. V.; Wells, A. J. and Taylor, J. C. M. (1965). Penecontemporary dolomite in the Persian Gulf. In: *Dolomitization and Limestone Diagenesis: a Symposium Soc. Econ. Paleontologists Mineralogists* (L.C. Prayand and R.C. Murray, edit.), Spec. Publ., 13, 89-111.
- Knight, R. J. and Dalrymple, R. W. (1975). Intertidal sediments from the south shore of Cobequid Bay, Bay of Fundy, Nova Scotia, Canadá. In: *Tidal Deposits* (R.N. Ginsburg, edit.) Springer-Verlag, New York, 47-55.
- López Chicano, M. y Fernández, J. (1988). Las facies del Triás Medio y Superior en la región de Alcaudete (Zona Subbética). *II Congreso Geológico de España. Comunicaciones*, 1, 103-106.
- López Garrido, A. C. (1971). *Geología de la Zona Prebética, al NE de la Provincia de Jaén*. Tesis Doctoral, Univ. Granada. 317 págs.
- Martín Algarra, A. (1987). *Evolución geológica alpina del contacto entre las Zonas Internas y las Zonas Externas de la Cordillera Bética*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 1171 págs.
- Martín, J. M. (1980). *Las dolomías de las Cordilleras Béticas*. Tesis Doctoral, Univ. Granada, 201 págs.
- Martín, J. M. y Braga, J. C. (1987). Alpujarride carbonate deposits (Southern Spain). Marine sedimentation in a Triassic Atlantic. *Palaeogeogr., Palaeoclimatol., Palaeoecol.*, 59, 243-260.
- Miall, A. D. (1978). Lithofacies types and vertical profile models in braided rivers: a summary; In: *Fluvial Sedimentology* (A. D. Miall, edit.). Can. Soc. Petrol. Geol. Mem., 5, 597-604.
- Miller, J. A. (1975). Facies characteristic of laguna Madre wind-tidal flats. In: *Tidal Deposits* (R.N. Ginsburg, edit.). Springer-Verlag, New York, 67-73.
- Ortí Cabo, F. (1974). El Keuper del Levante Español. Litoestratigrafía, Petrología y Paleogeografía de la cuenca. *Estudios Geol.*, 30, 7-46.
- Ortí Cabo, F. (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.
- Ortí Cabo, F. y Pueyo Mur, J. J. (1983). Origen marino de la sal triásica del domo de Pinoso (Alicante, España). *Act. Geol. Hispanica*, 18, 139-145.
- Peyre, Y. (1974). Géologie d'Antequera et de sa région (Cordillères Bétiques-Espagne). *Lab. Géol. Méditerranée*, Tesis Doctoral, Univ. Paris, 528 págs.
- Pérez Arlucea, M. y Sopeña, A. (1983). Estudio estratigráfico y sedimentológico de los materiales pérmicos y triásicos en el noroeste de la Sierra de Albarracín (Provincia de Guadalajara). *Estudios Geol.*, 39, 329-343.
- Pérez López, A. (1988). Tránsito de facies Muschelkalk-Keuper en el Triás de la Zona Subbética del sector central de la Cordillera Bética. *II Congreso Geológico de España, Comunicaciones v. 1*, 153-156.
- Ramos, A. Estratigrafía y paleogeografía del Pérmico y Triásico al oeste de Molina de Aragón (Provincia de Guadalajara). *Seminarios de Estratigrafía*, 6. Univ. Complutense de Madrid y CSIC, 313 págs.
- Reineck, H. E. and Singh, I. B. (1980). *Depositional sedimentary environments*. Springer-Verlag, Berlin, 549 págs.
- Salvany, J. M. y Ortí Cabo, F. (1987). El Keuper de los Catalánides. *Cuad. Geol. Ibérica*, 11, 215-236.
- Sanz de Galdeano, C. (1973). *Geología de la transversal Jaén-Frailes (Provincia de Jaén)*. Tesis doctoral, Univ. Granada, 273 págs.
- Selley, R. C. (1985). *Ancient Sedimentary Environments (3.ª ed.)*. Chapman and Hall, London, 317 págs.

Thonson, R. W. (1975). Tidal-flat sediments of the Colorado River delta, northwestern Gulf of California. In: *Tidal deposits* (R.N. Ginsburg, edit.). Springer-Verlag, New York, 57-65.

Utrilla Casal, R.; Pierre, C.; Ortí Cabo, F.; Rosell Ortiz, M.; Ingles Urpinell, M. y Pueyo Mur, J. J. (1987). Estudio iso-

tópico de los sulfatos en formaciones evaporíticas mesozoicas marinas y terciarias continentales. Aplicación a la cuenca del Tajo. *II Congreso de Geoquímica de España*. Comunicaciones, 91-94.

Recibido el 13 de marzo de 1989
Aceptado el 5 de septiembre de 1989