

Discontinuidades estratigráficas en el Jurásico de Sierra Gorda (Subbético interno, Provincia de Granada)

M. GARCÍA-HERNÁNDEZ⁽¹⁾, E. LUPIANI⁽²⁾ y J.A. VERA⁽¹⁾

(1) Departamento de Estratigrafía y Paleontología. - Facultad de Ciencias. Universidad. - Granada. - (2) INGENISA. Granada.

RESUMEN

En el Jurásico de la unidad de Sierra Gorda (Subbético interno, prov. Granada) se reconocen cinco discontinuidades estratigráficas: en el Carixiense, en la base del Dogger, en la base del Calloviense, en la base del Oxfordense y en el Kimmeridgiense.

En el sector septentrional de la unidad se detectan por superficies de omisión y hardgrounds, mientras que en el borde meridional muestran gran desarrollo de diques neptúnicos.

Palabras clave: Discontinuidades. Paleokarst. Umbral pelágico. Jurásico. Subbético.

ABSTRACT

Five stratigraphic unconformities are distinguished in the Jurassic of Sierra Gorda (Internal Subbetic, Granada province, Southern Spain). They are located in the Carixien, the bottom of the Dogger, the base of the Callovian, the base of the Oxfordian and the Kimmeridgian. In the northern part of the unit they are detected by hardgrounds, omission surfaces and palaeontological criteria. In the southernmost part they show well-developed neptunian dykes, related to a subaerial palaeokarst, and filled in partly with pelagic sediment. All these phenomena are explained in relation with extension movements in a passive margin.

Key words: Unconformities. Palaeokarst. Pelagic swells. Jurassic. Subbetic.

INTRODUCCIÓN

Durante el Jurásico se produjo una diferenciación muy neta en surcos y umbrales dentro del margen continental de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas (Vera, 1981) lo que se refleja en una notable variabilidad en las series jurásicas que han permitido definir diferentes dominios paleogeográficos (Azema *et al.*, 1979; García-Hernández *et al.*, 1980). La Sierra Gorda de Loja (prov.

de Granada) corresponde al Subbético interno (ver fig. 1), el cual constituía durante el Jurásico (a partir del Domerense) uno de los umbrales más característicos de la cuenca subbética.

En este trabajo se estudian las discontinuidades estratigráficas que afectan a los materiales jurásicos, y se tipifican e interpretan en el contexto de la evolución de un umbral sedimentario sometido a cambios relativos del nivel del mar, en parte controlados por factores tectónicos.

ESTRATIGRAFÍA: LAS SECUENCIAS MAYORES EN LA UNIDAD DE SIERRA GORDA

La serie jurásica de Sierra Gorda se caracteriza por presentar dos grandes unidades litoestratigráficas: una inferior constituida por una potente formación carbonatada propia de medios someros (Lias infradomerense) y otra superior, poco potente, de edad Dogger y Malm, con diversas facies pelágicas (dominando el «ammonítico rosso») depositadas en un umbral sedimentario poco subsidente.

En la fig. 1 se marca la localización de las 8 secciones estudiadas; por su parte, el gráfico de la fig. 2 muestra las 8 columnas levantadas y sus correlaciones realizadas a partir de las discontinuidades mayores que las afectan. Las características estratigráficas más representativas son:

a.- Presencia de una formación carbonatada infradomerense (más de 500 metros de espesor), dolomitizada hacia la base y formada por calizas blancas con pasadas finas

de crinoiditas hacia el techo. Se trata de carbonatos de plataforma poco profundos, que hacia el sur muestran abundantes diques neptúnicos y rellenos de brechas calcáreas.

b.- Escasa representación en todo el dominio de Sie-

rra Gorda de los materiales del Lias superior-Aalenense. Solamente en dos cortes: 5 (de la figs. 1 y 2) con 20 a 30 cm de espesor y en el corte 6 (1,5 m) se ha reconocido una «caliza fosilífera pelágica» con fauna de ammonites del Toarcense superior-Aalenense.

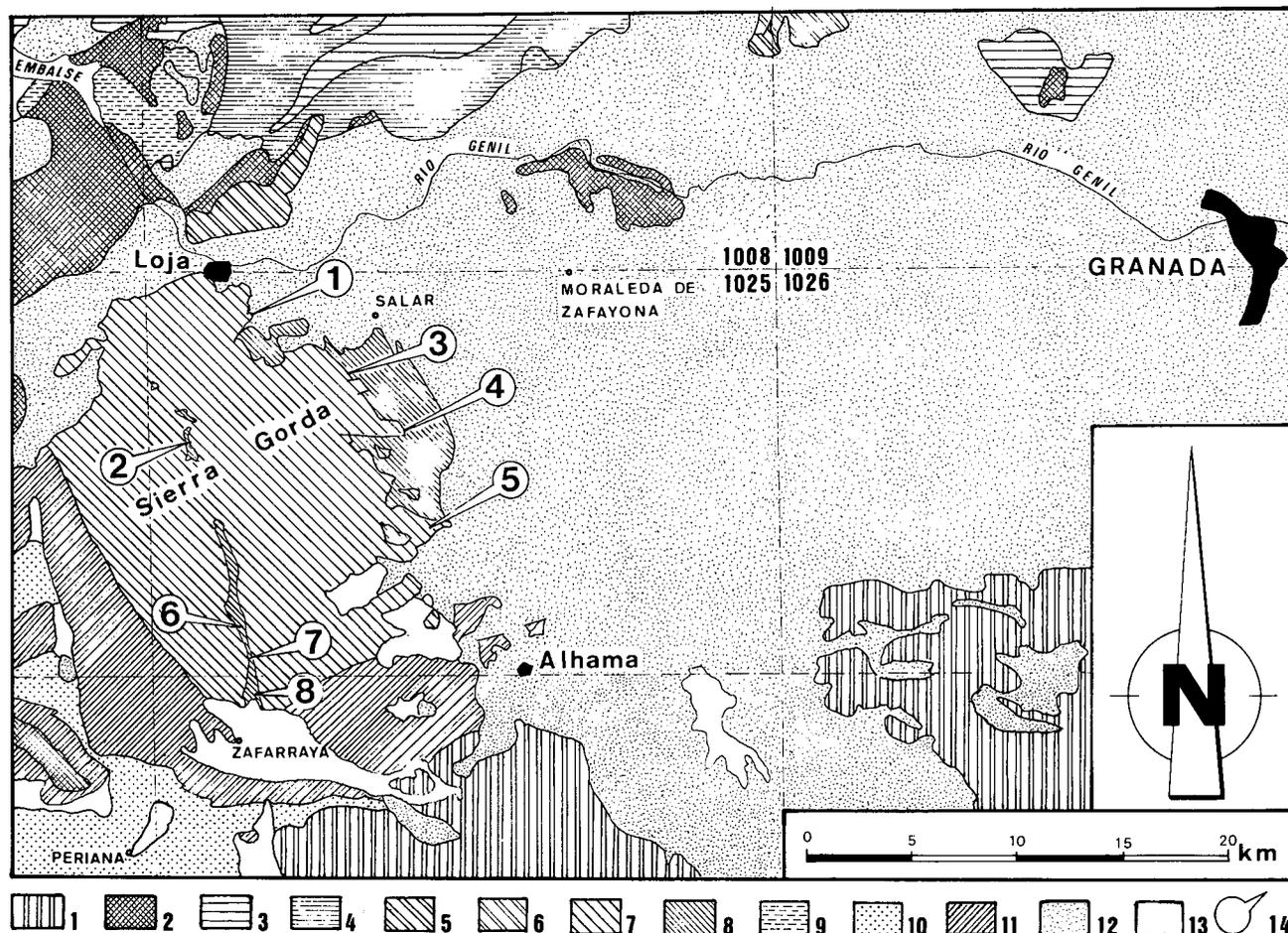


Figura 1.- Mapa de localización de las secciones estratigráficas estudiadas con indicación de las coordenadas U.T.M..

Secciones: 1.- Fuente del Manzanil (UG996125). 2.- Cueva Horadada (UG963076). 3.- Cantera de «ammonítico rosso» del Cortijo del Torillo (VG034093). 4.- Cortijo del Cardador (VG054073). 5.- Venta Quesada (VG079018). 6.- Cañada de los Cazadores, norte (UF978977). 7.- Cañada de los Cazadores, sur (UF980962). 8.- Noroeste de El Almendral (UF987852).

Leyenda del mapa: 1.- Materiales de las Zonas Internas de las Cordilleras Béticas. 2.- Triásico subbético. 3.- Jurásico del Subbético medio. 4.- Cretácico del Subbético medio. 5.- Jurásico de la Unidad de Parapanda-Hacho de Loja (Subbético interno). 6.- Cretácico de la misma unidad. 7.- Jurásico de la Unidad de Sierra Gorda (Subbético interno).- 8.- Cretácico de la misma unidad. 9.- Paleógeno. 10.- Unidades del Complejo del Campo de Gibraltar y afines. 11.- Unidades del Subbético ultrainterno y afines a la dorsal bética. 12.- Neógeno (incluye el Cuaternario en depresiones). 13.- Materiales recientes. 14.- Secciones estudiadas.

Figure 1.- Localization of the stratigraphic sections: 1.- Fuente del Manzanil (UG996125). 2.- Cueva Horadada (UG963076). 3.- Quarry of «ammonítico rosso» limestones. Cortijo del Torillo (VG034093). 4.- Cortijo del Cardador (VG054073). 5.- Venta Quesada (VG079018). 6.- Cañada de los Cazadores, north (UF978977). 7.- Cañada de los Cazadores, south (UF980962). 8.- Northwest of El Almendral (UF987852).

Map key: 1.- Internal Zones of the Betic Cordillera. 2.- Subbetic Triassic. 3.- Middle Subbetic Jurassic. 4.- Middle Subbetic Cretaceous. 5.- Jurassic of the Parapanda-Hacho de Loja Unit (Internal Subbetic). 6.- Cretaceous of the same unit. 7.- Jurassic of the Sierra Gorda (Internal Subbetic). 8.- Cretaceous of the same unit. 9.- Paleogene. 10.- Gibraltar Complex Units and related units. 11.- Units of the Utrainternal Subbetic and related units to the Betic Dorsal. 12.- Neogene (including the Quaternary in the postorogenic basins). 13.- Recent materials.- 14.- Studied sections.

c.- Desarrollo de una megasecuencia transgresiva desde el Jurásico medio a la base de Cretácico, compleja en el sur, de carácter pelágico, con sucesivas discontinuidades mayores y lagunas estratigráficas. Los tipos de facies y el registro de las discontinuidades varían de forma notable de los sectores meridionales a los septentrionales con las consiguientes consideraciones sedimentarias y paleogeográficas que aquello comporta.

Características estratigráficas del Jurásico medio y superior del sector septentrional

La unidad superior, de edad Dogger-Malm, en este sector corresponde a una serie caliza condensada de potencia inferior a los 20 m, en la que se han reconocido la mayor parte de las zonas de ammonites a partir de Bathonense. La secuencia se inicia mediante una discontinuidad (localmente discordancia) correspondiente a la ruptura de la base del Dogger, con un par de metros de caliza beige con «filamentos» que por su posición estratigráfica y su microfacies puede ser atribuida al Bajocense. A partir del Bathonense la serie continúa con calizas nodulosas, predominantemente brechoides («ammonítico rosso calizo» *sensu* Aubouin, 1964), con abundante fauna de ammonites, de color rojo bastante generalizado a partir del Kimmeridgense. Intercalan bancos no nodulosos de biomicrocritas pelágicas condensadas (uno de los más representativos es el «banco calloviense» delimitado por dos discontinuidades) lo que confiere a la serie un carácter rítmico y una estratificación bien patente; estos bancos suelen situarse en la parte superior de las secuencias elementales cuyo techo corresponde en muchos casos a superficies de omisión y, a veces, a verdaderos *hard-grounds*.

A partir del Tithónico superior y hasta el Berriasense inferior, aparece un conjunto más finamente estratificado de calizas nudulosas rojas y blancas margoso-fluidales, con intercalaciones de margas y margocalizas. El paso a la rítmica margoso calcárea neocomiense es progresivo.

Características estratigráficas del sector meridional

Las columnas levantadas en este sector (6,7 y 8 de la fig. 2) presentan notables diferencias entre sí y todas ellas con respecto al sector septentrional. Muestran un gran desarrollo de diques neptúnicos y de brechas calcáreas en las calizas del infradomerense. Los mayores volúmenes de brechas se han localizado en el corte 8, donde las calizas blancas terminan en más de 50 m de brechas desorganizadas tamaño bloque, discordantes sobre las propias calizas liásicas. La serie suprayacente es progresivamente más incompleta hacia el sur. El Lías superior (Toarcense superior) sólo ha sido reconocido en la localidad 6 con 1,5 m de «caliza pelágica condensada» de color pardo.

El Jurásico medio lo constituyen calizas, con microfacies de «filamentos», en la base con bancos gruesos, que progresivamente pasan a calizas con nódulos de sílex negro, bien estratificadas (60 cm de media), a veces con marcado carácter noduloso fluidal; son frecuentes hacia el techo los niveles con cantos brechoides centimétricos de calizas infradomerenses. Los límites inferior y superior vienen marcados por discontinuidades, por lo que no siempre aparecen estos materiales.

El Jurásico superior se inicia con conglomerados intraformacionales (cortes 6, 7 y 8 de la fig. 2) de color beige que rellenan y sellan diques y superficies irregulares excavadas en calizas infrayacentes. Asociados, a estos conglomerados irregulares, aparecen lechos discontinuos de biomicrocritas beiges muy compactas, ricas en *Saccocoma* y ammonites con conchas neomórficas conservadas, que permiten constatar en una serie extremadamente condensada (1,75 m) la presencia desde el Kimmeridgense inferior (zona de Strombecki) a la zona de *Verruciferum* del Tithónico inferior (Checa, comunicación oral). El Tithónico-Berriasense inferior muestra gran continuidad lateral y es una serie bien estratificada de unos 20 m de espesor. La base se corresponde con un Ammonítico rosso calizo, mientras que el Tithónico superior Berriasense inferior es un Ammonítico rosso margoso, con turbiditas calcáreas finas con sílex.

En el límite sur de Sierra Gorda (serie 8), la mayor parte de la serie del Jurásico superior, aparece sobre una superficie extremadamente irregular excavada sobre brechas calizas infradomerenses. En el interior de esta cavidad se reconocen los conglomerados intraformacionales de color beige del Kimmeridgense-Tithónico inferior seguidos de una caliza pelágica roja.

De todo lo expuesto sobre la estratigrafía de la parte sur de Sierra Gorda se deduce que la sucesión del Jurásico medio y superior corresponde a una megasecuencia pelágica compleja transgresiva, constituida por dos secuencias transgresivas a su vez: la inferior del Dogger (que puede llegar a faltar) y la superior, siempre presente, del Malm-Berriasense; ambas están separadas por una gran discontinuidad infrakimmeridgense.

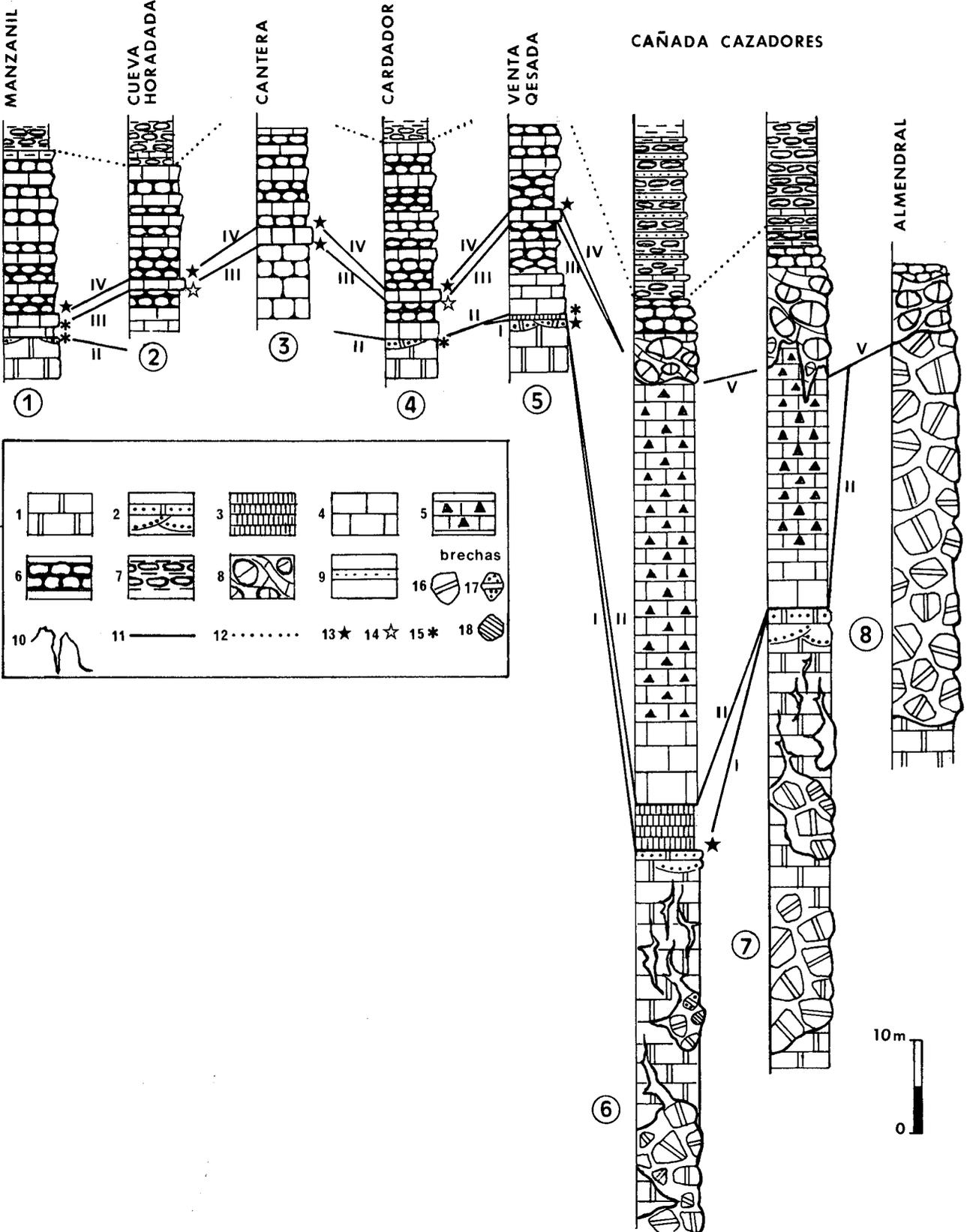
ANÁLISIS DE FACIES E INTERPRETACIÓN DE LOS SEDIMENTOS JURÁSICOS

La formación carbonatada infracarixiense

En la parte superior de la serie se han constatado numerosas secuencias somerizantes elementales de varios metros, propias de una plataforma carbonatada poco profunda. Dichas secuencias comprenden: calizas fosilí-

N

S



feras (foraminíferos bentónicos aglutinantes y algas, ver González-Donoso *et al.*, 1975; García-Hernández *et al.*, 1979a; Azema *et al.*, 1979) en bancos gruesos, niveles más tableados con abundantes fenestras y calizas laminadas con grandes pisoides que terminan en una superficie de interrupción sedimentaria. La existencia de condiciones deposicionales y diagenéticas tempranas de tipo vadoso resultan evidentes hacia la parte superior; los argumentos para esta interpretación son: laminaciones criptocristalinas alternando con pisoides a menudo gradados inversamente, superficies erosivas que incluyen pisoides redepositados con recubrimientos múltiples, gran desarrollo de cemento estalactítico y sedimento secundario (*silt vadose*) inversamente gradado.

Ammonitico rosso y facies asociadas

Representa el material más característico del Jurásico medio y superior de Sierra Gorda norte, aunque también aparece al sur. Dos son los tipos de ammonitico rosso reconocibles: las calizas nodulosas brechoides del Bathonense al Tithónico inferior y las calizas nodulosas margosas del Tithónico superior-Berriasense inferior, que equivalen al ammonitico rosso calizo y margoso, respectivamente, de Aubouin (1964).

El primer tipo hace alusión a la estructura predominantemente brechoide, con nódulos irregulares, a menudo corroides, variablemente empaquetados y diferenciados de la matriz. Esta es de naturaleza calcárea, finamente bioclástica, siendo la roca una biomicrota muy fosilífera. La fauna bentónica es frecuente aunque predomina la planctónica («protoglobigerinas», *Globochaetae*, *Saccocoma* y calpionéllidos, según la edad) y necónica (cefalópodos que se encuentran siempre en estado

de molde y diversamente fragmentados y erosionados). La velocidad de sedimentación se ha calculado en 1,5 a 3,5 mm/1.000 años. Sobre la génesis son aplicables las ideas de Jenkyns (1974), Hallam (1975) Seyfried (1979, 1981) y Bourbon (1982) entre otros. Se trata de depósitos propios de altos fondos pelágicos y sobre todo la parte superior de los taludes relacionados con ellos, donde la acción de las corrientes ejerce una gran influencia sobre los sedimentos.

En la serie 5 aparecen dos tipos de facies asociadas al ammonitico rosso calizo. De una parte las biomicrotas condensadas no nodulosas en estrecha relación secuencial que presentan caracteres comunes, y tránsitos graduales con el ammonitico rosso, y del que se diferencian por la ausencia del carácter noduloso. El segundo tipo son biocalcareniticas finas en bancos gruesos que corresponden a la base de la megasecuencia transgresiva del Jurásico medio y superior; se presentan sobre la discontinuidad mayor del Dogger basal. Muestran bancos gruesos, a veces con megaripples, *grainstones* y *packstones* peletoidales con bioclastos de crinoides y filamentos lo que permite interpretarlas como depósitos de plataforma abierta.

El segundo tipo reconocido, tanto al norte como en el sur de Sierra Gorda, a partir del Tithónico superior es el ammonitico rosso margoso. Se corresponde con sucesiones más arcillosas en general más finamente estratificadas y con brechas sinsedimentarias incluidas en una matriz margosocalcárea de estructura fluidal. Es muy característico en el sur de Sierra Gorda (corte 6) la presencia de turbiditas calcáreas finas con nódulos de silex, en lechos a menudo lenticulares, en los que dominan la laminación paralela y los ripples. Estas características hacen pensar en sedimentos más profundos depositados en la parte inferior de pendientes submarinas.

Figura 2.- Correlaciones entre las diferentes secciones estratigráficas.

Leyenda: I. - Discontinuidad del Carixiense. II. - Discontinuidad de la base del Dogger. III. - Discontinuidad de la base del Calloviense. IV. - Discontinuidad de la base del Oxfordense. V. - Discontinuidad del Kimmeridgiense. 1.- Calizas de medios marinos someros del Lias infracarixiense. 2.- Calizas de Crinoides del Carixiense. 3.- Calizas fosilíferas pelágicas. 4.- Calizas pelágicas. 5.- Calizas con silex y filamentos, del Dogger. 6.- Facies «ammonitico rosso» calizo. 7.- Facies «ammonitico rosso» margoso. 8.- Brechas y conglomerados intraformacionales. 9.- Turbiditas. 10.- Superficie de paleokarst. 11.- Discontinuidades jurásicas (I a V antes relacionadas). 12.- Límite Tithónico inferior-Tithónico superior. 13.- Hardgrounds 14.- Superficies de omisión. 15. - Discordancia. 16.- Cantos de caliza blanca. 17.- Cantos de caliza de crinoides. 18.- Cantos de calizas pelágicas del Lias superior.

Figure 2.- Correlations between stratigraphic sections.

Key: I.- Stratigraphic unconformity of the Carixian. II.- Stratigraphic unconformity of the base of the Dogger. III.- Stratigraphic unconformity of the base of the Callovian. - IV.- Stratigraphic unconformity of the base of the Oxfordian. V.- Stratigraphic unconformity of the base of the Kimmeridgian. 1.- Shallow limestones, infracarixian Liassic. 2.- Crinoid limestones, Carixian. 3.- Pelagic fossiliferous limestones. 4.- Pelagic limestones. 5.- Limestones with chert and «filaments», Dogger. 6.- Calcareous «ammonitico rosso» facies. 7.- Marly «ammonitico rosso» facies. 8.- Intraformational breccias and conglomerates. 9.- Turbidites. 10.- paleokarst surface. 11.- Jurassic stratigraphic unconformities (I to V formel y related). 12.- Lower Tithonian/Upper Tithonian boundary. 13.- Hardgrounds. 14.- Omission surface. 15.- Angular unconformity. 16.- Pebbles of the white limestones. 17.- Pebbles of the crinoid limestones. 18.- Pebbles of the pelagic limestones, Upper Liassic.

Otros tipos de sedimentos pelágicos

Las calizas fosilíferas pelágicas constituyen un tipo de facies que aparecen tan solo puntualmente (cortes 5 y 6) en Sierra Gorda (en el Toarcense superior-Aalanense pro parte) en relación con discontinuidades estratigráficas. Son niveles condensados bioclásticos con abundante fauna bentónica, ricos en cefalópodos, con conchas neomórficas preservadas; se interpretan como sedimentos pelágicos muy poco profundos en relación con altos fondos (Schlager, 1974; Seyfried 1979; 1981; Fursich 1979). En el borde meridional de Sierra Gorda se desarrollan en el Jurásico medio y superior sedimentos pelágicos de extensión y potencia muy variable en un contexto de inestabilidad tectónica y en relación con discontinuidades mayores. En el Jurásico medio aparecen calizas con abundantes nódulos de sílex negro en bancos regulares, a menudo con estructura nodulosofluidal; hacia la parte superior incluyen brechas con cantos de calizas liásicas diversas. La textura es finamente bioclástica con abundantes filamentos, peloides, *Globochaete* y restos de crinoides; no se han encontrado ammonites. Consideramos estos materiales como depósitos pelágicos en áreas deprimidas, delimitadas tectónicamente, y posiblemente aisladas, dentro del alto fondo general de Sierra Gorda, desarrolladas hacia el sur y alimentadas desde los altos adyacentes.

En el Jurásico superior (Kimmeridgense-Tithónico inferior) aparecen desigualmente en el sur de Sierra Gorda conglomerados intraformacionales que rellenan y fosilizan diques neptúnicos. Se trata de cuerpos geométricamente irregulares, con bloques desorganizados, de caliza compacta (biomicritas de *Saccocoma* y *Globochaete*). Incluyen, además, estratos bien configurados, discontinuos, de caliza pelágica fosilífera con abundantes ammonites. Se interpretan como sedimentos que engloban materiales diversamente consolidados, procedentes de las partes superiores de los taludes adyacentes y redepositados por acción de deslizamientos gravitacionales. Estos fenómenos acontecen en un contexto de profundización progresiva que se acentúa en este sector a partir del primer Kimmeridgense.

DISCONTINUIDADES ESTRATIGRÁFICAS

Discontinuidad intracarixiense

Esta ruptura se ha descrito e interpretado en la Zona Subbética (Vera, 1981, 1984) sobre todo en el Subbético medio (García-Hernández *et al.*, 1976, 1979b), separando las calizas de plataforma infradomerenses del resto de la serie pelágica suprayacente. En Sierra Gorda se observa

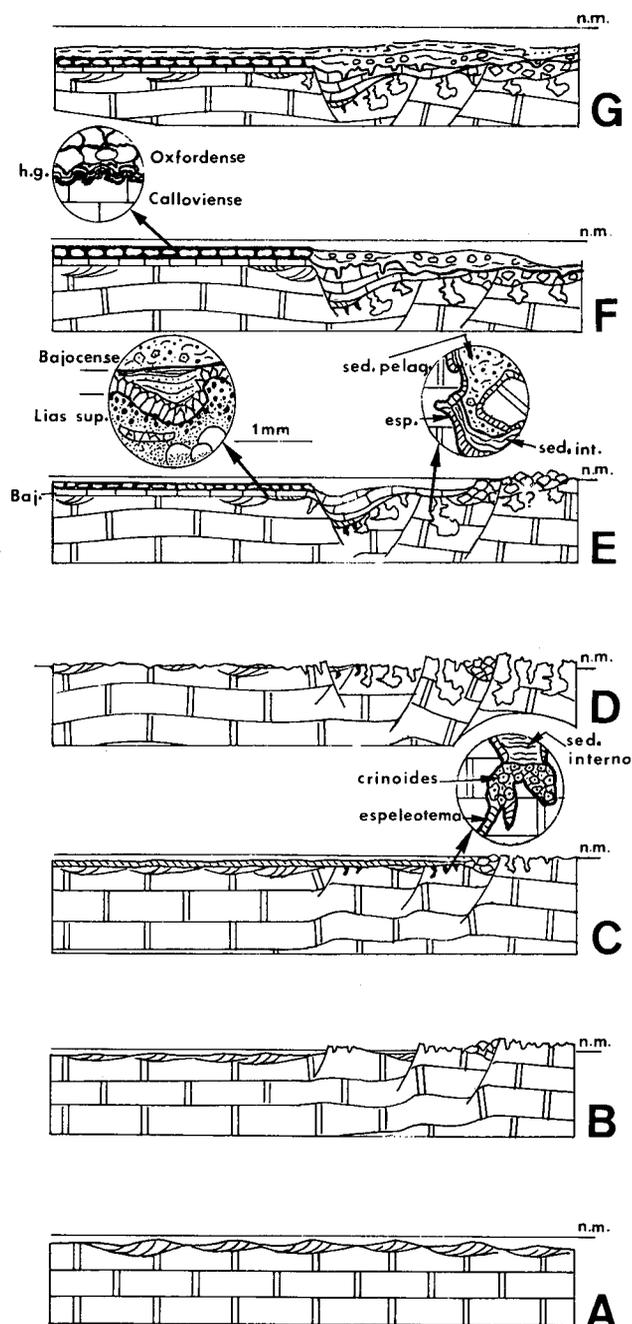


Figura 3.- Génesis de las discontinuidades estratigráficas en el Jurásico de Sierra Gorda. A.- Infradomerense. B.- Carixiense. C.- Lias superior. D.- Base del Jurásico medio. E.- Jurásico superior. G.- Tithónico superior-Berriasense. (Explicación en el texto).

Figure 3.- Genesis of the stratigraphic unconformities in the Jurassic of the Sierra Gorda. A.- Infradomerian. B.- Carixian. C.- Upper Liasic. D.- Bases of the Middle Jurassic. E.- Upper Jurassic. G.- Upper Tithonian-Berriasian. (Explanation in the text).

solo puntualmente, ya que por lo general queda borrada por otras discontinuidades jurásicas más modernas, de gran desarrollo en este sector, de modo que materiales del Dogger o Malm reposan directamente sobre la formación carbonatada infrayacente. En los cortes 5 y 6 se reconoce una caliza pelágica condensada, de espesor centimétrico del Toarcense superior-Aalenense pro parte. La karstificación jurásica que afectó a Sierra Gorda y que comenzó a partir de esta discontinuidad impidió la formación y/o preservación del *hardground* (fig. 3).

Pequeños diques neptúnicos afectan a la parte superior de las calizas blancas (fig. 3 B, C) y aparecen rellenos de sedimentos liásicos (crinoidita y caliza fosilífera pelágica). Las evidencias de este fenómeno son aún mayores en el corte 8 puesto que volúmenes importantes de brechas de caliza blanca, que descansan sobre las propias calizas, presentan una matriz de crinoidita.

Discontinuidad de la base del Dogger

Corresponde a una de las rupturas mejor representadas; su datación se realiza, en las series más completas (6 y 7). En Sierra Gorda norte se constata, a veces, como una verdadera discordancia (corte 4) mediante la cual los bancos bajocenses se apoyan sobre distintos términos de las calizas liásicas; el contacto entre ambos (corte 5) viene jalonado por la presencia de un cemento de calcita en «dientes de perro» y un relleno de sedimento interno continental, lo cual pone de manifiesto condiciones subaéreas en el desarrollo de esta discontinuidad.

La ruptura de la base del Dogger representa también un intervalo de tiempo importante en la formación de cavidades kársticas en las calizas del Lias, al sur de Sierra Gorda. Se trata de grietas y cavidades que pueden superar los 100 m de profundidad, medidos desde el techo de las calizas; su morfología se caracteriza por presentar anchura centimétrica en las partes superiores mientras que a partir de los 30 m de profundidad se ensanchan hasta valores métricos mostrando una clara morfología kárstica, y asociándose a volúmenes importantes de brechas, con cantos mayoritariamente de caliza blanca liásica, seguidos en abundancia por cantos de crinoiditas y, rara vez, de caliza del Lias superior. Las paredes en los diques y, con frecuencia, las superficies de los cantos aparecen recubiertos por espeleotemas de espesor centimétrico. El primer sedimento que rellena las cavidades es un material limoso calcáreo laminado por decantación, azoico, que se interpreta como material de origen continental. El resto del relleno de los diques neptúnicos y matriz de las brechas corresponde a sedimento pelágico con peloides y filamentos, con la misma microfacies que los niveles estratificados suprayacentes del Jurásico medio.

Los datos expuestos sobre estos diques neptúnicos nos permiten concluir que en la parte meridional de Sierra Gorda se desarrolló una intensa karstificación durante el Jurásico; estos procesos se iniciaron coincidiendo con la discontinuidad intracarixiense, y prosiguieron hasta el inicio del Dogger, lo que contrasta con la sedimentación marina, más continua, del sector septentrional. Las cavidades (excavadas siempre en calizas del Lias infradomerense) originadas en condiciones subaéreas se rellenaron, sobre todo, por material pelágico del Jurásico medio, y excepcionalmente por sedimentos del Lias medio y superior. Por su parte los cuerpos de brechas, no incluidos como relleno de diques, y que se disponen irregularmente como masas no estratificadas sobre las calizas del Lias, se interpretan como brechas autoclásticas alimentadas por los relieves activos adyacentes, afectados por la karstificación; los mismos argumentos (espeleotemas y sedimento interno) encontrados también en las brechas sirven para afirmar que se trata de un depósito continental.

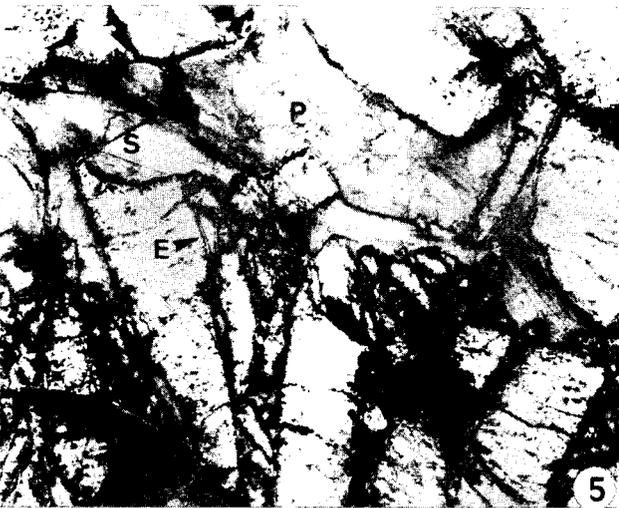
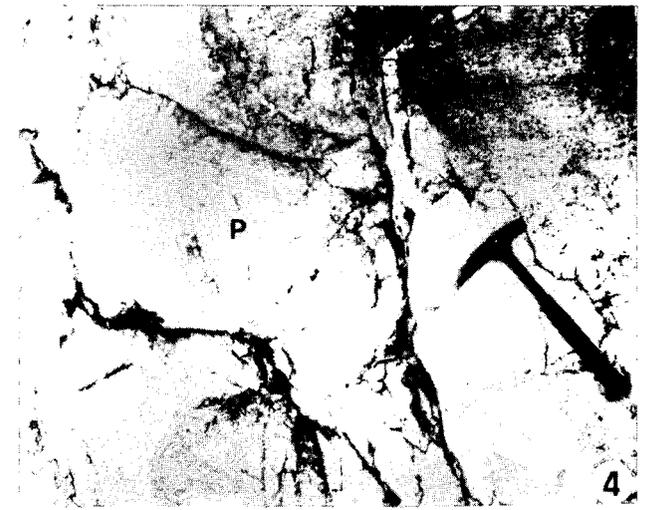
En el Jurásico medio quedaron fosilizados estos accidentes, ya que las calizas con silex del Dogger reposan directamente sobre los materiales carbonatados liásicos.

Discontinuidad finibathonense-base del Calloviense

En Sierra Gorda norte sobre las calizas nodulosas del Bathonense está presente siempre una discontinuidad estratigráfica, diversamente registrada; sobre ella se encuentra el banco calloviense. Dicha discontinuidad es, cuando menos, una superficie de omisión; otras veces (corte 3) corresponde a un *hardground*; en el corte 1 el blanco calloviense llega a disponerse prácticamente sobre las calizas liásicas, y en el corte 5 corta, en ligera discordancia, a las calizas nodulosas del Bathonense (Linares y Vera, 1965). Además esta discontinuidad conlleva una laguna estratigráfica que afecta, en todos los cortes, al Bathonense superior y Calloviense inferior (Sequeiros, 1974, 1979; Sandoval, 1979, 1983). En la parte meridional, la falta de precisión estratigráfica en los materiales del Dogger ha impedido reconocer esta discontinuidad. No obstante es muy probable que haya quedado borrada por la ruptura infrakimmeridgense.

Discontinuidad del Oxfordense inferior

El borde septentrional de Sierra Gorda permite reconocer de forma general esta discontinuidad, que se manifiesta siempre por la presencia de un *hardground* bien desarrollado. Este *hardground* situado sobre el banco calloviense, contiene estromatolitos pelágicos impregnados en óxidos de manganeso y ammonites con la concha neo-



mórfica parcialmente conservada. Asociada a esta discontinuidad aparece siempre una laguna estratigráfica que afecta en todos los casos al Oxfordense inferior y con frecuencia al Calloviense terminal (Sequeiros y Oloriz, 1979).

Discontinuidad infrakimmeridgense

Se observa en la localidad 7 como una superficie erosiva extremadamente irregular con diques neptúnicos que penetran varios metros en las calizas del Dogger. Mas al sur (localidad B) dicha superficie aparece excavada sobre las brechas liásicas. Los materiales situados sobre la discontinuidad (conglomerados intraformacionales y niveles de calizas compactas con *Saccocoma*) han sido datados como Kimmeridgense inferior (zona de Strombecki); sin embargo no se tienen faunas en los rellenos de los diques, que pudieran ser más antiguos. Por otra parte y puesto que no se han podido datar en este sector el Calloviense y el Oxfordense, no se puede destacar que esta discontinuidad incluya a las dos precedentes.

EVOLUCIÓN PALEOGEOGRÁFICA Y CONCLUSIONES

El conjunto de fenómenos descritos anteriormente tuvieron lugar en un dominio de umbral pelágico, de manera análoga a como describen Seyfried (1979, 1981), Farinacci *et al.* (1981) y Vera *et al.* (1984), entre otros, para diversos dominios alpinos mediterráneos, o Wendt *et al.* (1984), en otro contexto.

En el caso estudiado en este trabajo la evolución paleogeográfica se refleja en la fig. 3. Se parte (3A) de la

etapa de sedimentación de plataforma marina somera (Lias inferior). La primera interrupción sedimentaria, fig. 3B, (intracarixiense) se produce relacionada con la ruptura de la gran plataforma carbonatada e implica individualización de bloque por fracturación, con emersión y karstificación, sobre todo al sur de Sierra Gorda. Durante el resto del Lias (fig. 3C) inicialmente se rellenan las pequeñas cavidades kársticas (diques neptúnicos) con crinoiditas y posteriormente tiene lugar una sedimentación pelágica. Durante la base del Dogger (fig. 3D) acaeció una importante etapa de emersión (que erosionaría la mayor parte de los sedimentos pelágicos condensados del Lias superior), seguida de una fase de erosión y karstificación. De la morfología de las cavidades se deduce que la emersión del sector meridional debió ser de más de 100 metros. Este hecho se interpreta relacionado con la actuación de fallas lítricas que permiten la emersión de bloques basculados a manera de islas, en el mar jurásico. Concretamente en Sierra Gorda queda delimitando, a partir de este momento y hasta el inicio del Cretácico, el sector meridional del septentrional, con historias sedimentarias diferentes, en el mismo contexto general de umbral pelágico.

A partir del Bajocense en el sector septentrional la historia sedimentaria se desarrolla en un umbral pelágico hasta el Tithónico superior y es relativamente simple y uniforme (figura 3 D, E, F y G) con depósito de «*ammónico rosso*» en el que quedan registradas algunas discontinuidades de rango superior por *hardgrounds*, superficies de omisión y/o lagunas estratigráficas, todo ello en condiciones marinas.

Por el contrario en el sector meridional la historia sedimentaria es más compleja y tiene lugar en áreas de ba-

LAMINA I

Figura 1.- Discordancia correspondiente a la ruptura de la base del Jurásico medio (flechas), entre calizas liásicas infradomerenses y el banco bajocense seguido de calizas nodulosas (N) del Bathonense. Cortijo del Cardador.

Figuras 2, 3 y 4.- Diques neptúnicos en calizas liásicas infradomerenses al sur de Sierra Gorda (localidades 6 y 7). E: Espeleotemas. S: Sedimento interno continental y pelágico del Lias superior. C: Crinoiditas. F: Sedimento pelágico del Jurásico medio.

Figura 5.- Brechas con bloques de calizas liásicas envueltos por espeleotemas (E). Rellenos de sedimento interno y del Lias superior (S), además de sedimento del Jurásico medio (P). Sierra Gorda sur.

Figura 6.- Dique neptúnico en calizas con sílex del Dogger relleno de conglomerados kimmeridgienses. Sur de Sierra Gorda (sección 7).

PLATE I

Figure 1.- Angular unconformity (arrows) in the stratigraphic break of the base of the Middle Jurassic. Below of the surface: Infradomerian liassic limestones. Above of the surface: Massive limestones (Bajocian) and nodular limestones (Bathonian).

Figures 2, 3 and 4.- Neptunian dykes into the infradomerian limestones at the south Sierra Gorda (localities 6 and 7). E: Speleothems. S: Continental sediments and pelagic limestones of the Upper Liassic. C: Crinoid limestones. P: Pelagic sediments of the Middle Jurassic.

Figure 5.- Breccias with blocks of the liassic limestones and speleothem cover (E). Infills. S: continental sediment and the pelagic limestones of the Upper Liassic. P: Pelagic limestones, Middle Jurassic. South Sierra Gorda.

Figure 6.- Neptunian dyke in cherty limestones of the Middle Jurassic infilled by the Kimmeridgian conglomerates. South Sierra Gorda (section 7).

timetría muy diferente relacionadas con bloques basculados, depositándose calizas con sílex pelágicas y brechas relacionadas con escarpes de fallas (3E). Tras una etapa de erosión submarina se forman diques neptúnicos y depósitos margoso calcáreos con turbiditas calcáreas (3F, G). Todo ello tuvo lugar en una fase de transgresión generalizada (aunque con fluctuaciones del nivel del mar) que conlleva una profundización progresiva de las facies.

Fenómenos similares de interrupción sedimentaria han sido descritos, para las mismas edades, en otros umbrales pelágicos, de las Cordilleras Béticas, como en el Subbético externo (Seyfried, 1979; Vera *et al.*, 1984; Molina *et al.*, 1985), el Penibético (González-Donoso *et al.*, 1983; Company *et al.*, 1982) y en la unidad de la Almola (Martín-Algarra *et al.*, 1983). Se constata la presencia de las mismas discontinuidades, aunque con variaciones notables en la envergadura de su registro. Este hecho hace pensar que se combinen en la génesis de estos procesos factores eustáticos, con factores tectónicos locales.

En otros dominios alpinos como Alpes, Apeninos y Sicilia se han descrito fenómenos semejantes (Lemoine, 1985; Farinacci *et al.*, 1981; Fazzuoli *et al.*, 1981; Wendt, 1971) lo que han permitido interpretarlos en relación con accidentes (fallas lístricas entre otros) que afectaban simultáneamente a los márgenes continentales de tipo pasivo (Vera, 1981, 1984) en los diversos dominios durante el Jurásico.

La coincidencia en el tiempo de los fenómenos permite ligarlos a fluctuaciones del nivel relativo del mar, en especial, a cambios eustáticos, que afectan a los umbrales en unos casos dejándolos emergidos temporalmente y en otros en unas condiciones submarinas donde la erosión domina sobre cualquier otro proceso. Los factores tectónicos locales igualmente pueden influir y controlar algunas de las interrupciones.

Si comparamos la edad de las discontinuidades descritas en este trabajo y las curvas propuestas de fluctuaciones del eustáticas (Hallam, 1978), podemos constatar que todas aquellas coinciden con bajadas del nivel del mar, seguidas de episodios rápidos de subidas. Las cinco más importantes caídas del nivel del mar que Vera (1984) propone para la Cordilleras Béticas coinciden con las cinco discontinuidades aquí descritas.

Los hechos más generalizados que afectan a regiones más amplias de los dominios alpinos serían:

a) Inicio de movimientos distensivos con actuación de fallas transformantes que originan la penetración progresiva del Tethys hacia el oeste y el desarrollo de un *rift* intracontinental que ocasiona la fragmentación de la gran plataforma carbonatada, acontecimiento que en nuestro

caso queda reflejado en la discontinuidad intracarixiense.

b) Intensificación de los movimientos distensivos en relación con fallas transformantes (entre ellas la de Gibraltar-Sicilia, de Lemoine 1985), que llegan a individualizar bloques, dando lugar a las discontinuidades del Dogger y de la base del Oxfordense. Vera *et al.*, (1984) han constadado un sistema de fracturas en el Subbético externo relacionado con el movimiento de esta transformante.

c) Formación de una banda de corteza oceánica que separa la placa ibérica de la africana, que posiblemente coincida con la ruptura kimmeridgiense, lo que se refleja en el gran desarrollo de radiolaritas, depósitos turbidíticos (Ruiz-Ortiz, 1983) y de deslizamientos gravitacionales (Seyfried, 1979) en dominios de surco de las Cordilleras Béticas.

La transgresión que se constata a partir del inicio del Dogger puede relacionarse con la elevación general del nivel del mar durante el Jurásico medio y superior, que Hallam (1978) valora en unos 100 m.

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido realizado dentro del proyecto 1224/84 financiado por la C.A.I.C.Y.T. a quien se agradece la ayuda prestada. Se han contado con datos inéditos de informe sedimentológico de la hoja 1025 (Loja) realizado por INGEMISA, para el IGME.

BIBLIOGRAFÍA

- AUBOUIN, J., 1964: Réflexions sur la facies "ammonitico rosso". *Bull. Soc. Geol. France*, (7) VI: 475-501.
- AZEMA, J., FOUCAULT, A., FOUCADE, E., GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., GONZÁLEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A., LINARES, D., LÓPEZ-GARRIDO, A.C., RIVAS, P. y VERA, J.A., 1979: Las microfacies del Jurásico y Cretácico de las Zonas Externas de las Cordilleras Béticas. *Secr. Public. Univ. Granada*, 83 p.
- BERNOULLI, D. y JENKYNS, H.C., 1974: Alpine, Mediterranean and Central Atlantic Mesozoic facies relation to early evolution of the Tethys. In: R.H. Dott y R.H. Shaver, eds: *Modern and ancient geosynclinal sedimentation*. Sp. Publ. SEPM, 19: 129-160.
- BOURBON, M., 1982: La genese des calcaires noduleux en Briançon (Hautes-Alpes): Une consequence de l'instabilité tectonique de ce domaine au Malm inferieur. In: *Livre Jubilaire 6. Lucas: Geologie sedimentaire*, Mem. Geol. Univ. Dijon, 7: 129-138.
- COMPANY, M., GONZÁLEZ-DONOSO, J.M., LINARES, D., MARTÍN-ALGARRA, A. REBOLLO, M., SERRANO, F., TAVERA, J.M. y VERA, J.A., 1982: Diques neptúnicos en el Cretácico del Penibético: Aspectos genéticos y etapas de relleno. *Cuader. Geol. Ibérica*, 8: 347-367.
- FARINACCI, A., MARIOTTI, M., NICOSIA, U., PALLINI, G. y SCHIAVINOTTO, F., 1981: Jurassic sediments in the Umbro-Marchean, Apenines: An alternative model. In: A. Farinacci y S. Elmi, eds: pp 335-398. *Proc. Rosso Ammonitico Symposium*, Roma, Ed. Technoscienza.

- FAZZUOLI, M., MARCUCCI-PASSERINI, M. y SGUAZZONI, G., 1981: Ocurrence on «Rosso Ammonitico and paleokarst sink-holes on the top of the «Marni Fm.» (Lower Liassic) Apuane Alps, Northern Apennines. In A. Farinacci y S. Elmi, eds. pp 399-417 *Proc. Rosso Ammonitico Symposium*. Roma, Ed. Technoscienza.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., LÓPEZ-GARRIDO, A.C., RIVAS, P. SANZ DE GALDEANO, C. y VERA, J.A., 1980: Mesozoic paleogeographic evolution of the External Zones of the Betic Cordillera. *Geologie en Mijnbouw*, 59: 155-168.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., RIVAS, P. y VERA, J.A., 1977a: El Lias infracarixiense de la Zona Subbética. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10: 367-374.
- GARCÍA-HERNÁNDEZ, M., RIVAS, P. y VERA, J.A., 1977b: El Carixiense de la Zona Subbética. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10: 375-382.
- GONZÁLEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A. y RIVAS, P., 1975: El Lias inferior y medio de Poloria (Serie del Zegri, Zona Subbética, Norte de Granada). *Estudios Geológicos* 30: 639-654.
- GONZÁLEZ-DONOSO, J.M., LINARES, D., MARTÍN-ALGARRA, A., REBOLLO, M., SERRANO, F. y VERA, J.A., 1983: Discontinuidades estratigráficas durante el Cretácico en el Penibético (Cordillera Bética). *Estudios Geológicos*, 39: 71-116.
- HALLAM, A., 1975: *Jurassic Environments*. Cambridge, Univ. Press., 369 p.
- HALLAM, A., 1978: Eustatic cycles in the Jurassic. *Palaeogeogr. Palaeoclimatol. Palaeoecol.* 23: 1-32.
- JENKYN, H.C., 1974: Origin of red nodular limestones (Ammonitico rosso, Knollenkalke) in the Mediterranean Jurassic: a diagenetic model. In: K.J. Hsu y H.C. Jenkyns (eds): *Pelagic sedimentation: Land and under the sea*. sp. pub. I.A.S. 1: 249-271.
- LEMOINE, M., 1985: Structuration jurassique des Alpes occidentales et palinspastique de la Tethys Ligure. *Bull. Soc. Geol. France* (8), 1: 126-137.
- MARTÍN-ALGARRA, A., CHECA, A., OLORIZ, F. y VERA, J.A., 1983: Un modelo de sedimentación pelágica en cavidades kársticas: La Almola (Cordillera Bética). *X Congreso Nacional de Sediment.*, Mahón, 3: 21-25.
- MOLINA, J.M., RUÍZ-ORTÍZ, P.A. y VERA, J.A., 1985: Sedimentación marina somera entre sedimentos pelágicos en el Dogger del Subbético externo (Sierras de Cabra y de Puente Genil, Prov. de Córdoba). *Trabajos de Geología. Univ. Oviedo*, 15: 127-146.
- RUIZ-ORTIZ, P.A., 1983: A carbonate submarine fan in a fault-controlled basin of the Upper Jurassic, Betic Cordillera, Southern Spain. *Sedimentology*, 30: 33-48.
- SANDOVAL, J., 1979: El Bathonense en la Zona Subbética. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 1: 441-451.
- SANDOVAL, J. 1983: Bioestratigrafía y Paleontología del Bajocense y pathonense en las Cordilleras Béticas. *Tesis Doctoral Univ. Granada*, 613 p.
- SCHLAGER, W., 1974: Preservation of cephalop skeletons and carbonate dissolution on ancient Tethyan sea floors». In: K. J. Hsu y H.C. Jenkyns (eds): *Pelagic sedimentation: Land and under the sea*, sp. pub. I.A.S. 1: 49-70.
- SEQUEIROS, L., 1974: *Paleobiogeografía del Calloviense y Oxfordense en el sector central de la Zona Subbética*. *Bioestratigrafía y Paleontología*, Tesis Doctoral Univ. Granada, 635 p.
- SEQUEIROS, L., 1979: El Calloviense en la Zona Subbética. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10: 453-462.
- SEQUEIROS, L. y OLORIZ, F., 1979: El Oxfordense en la Zona Subbética. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10: 463-474.
- SEYFRIED, H., 1979: Ensayos sobre el significado paleogeográfico de los sedimentos del Jurásico de las Cordilleras Béticas orientales. *Cuad. Geol. Univ. Granada*, 10: 317-348.
- SEYFRIED, H., 1981: Genesis of «regressive» and «transgressive» pelagic sequences in the Tethyan Jurassic. In A. Farinacci y S. Elmi, (eds): pp 547-579. *Proc. Rosso Ammonitico Symposium*, Roma, Ed. Technoscienza.
- VERA, J.A., 1981: Correlación entre las Cordilleras Béticas y otras cordilleras alpinas durante el Mesozoico. In: Programa Internacional de Correlación Geológica P.I.C.G., *Real Acad. Cien. Exact. Fis. Nat. Madrid*, 2: 219-260.
- VERA, J.A., 1984: Aspectos sedimentológicos en la evolución de los dominios alpinos mediterráneos durante el Mesozoico. In: A. Obrador, ed. Libro Homenaje al Prof. Sanchez de la Torre, Grup. Esp. Sedimentología, *Publicaciones de Geología*, Univ. Auton. Barcelona, 22: 25-54.
- VERA, J.A., MOLINA, J.M. y RUIZ-ORTIZ, P.A., 1984: Discontinuidades estratigráficas, diques neptúnicos y brechas sinsedimentarias en la Sierra de Cabra (Mesozoico, Subbético externo). In: A. Obrador ed. Libro homenaje al Prof. Sanchez de la Torre. Grup. Esp. Sedimentología., *Publicaciones de Geología*, Univ. Auton. Barcelona, 22: 141-162.
- WENDT, J., 1971: Genese und fauna submariner sedimentairer spaltenfulungen im Mediterranean Jura. *Palaeontographica*, A. 136: 122-192.