

Tectònica extensiva d'edat juràssica a l'illa de Cabrera (Balears)*.

per F. SABAT I MONTSERRAT i P. SANTANACH I PRAT

Departament de Geomorfologia y Tectònica. Universitat de Barcelona. Gran Via, 585, 08007 Barcelona.

RESUM

A Cabrera l'extensió juràssica causà la ruptura de la plataforma liàsica i l'aprofundiment de la conca pelàgica durant el Dogger, el Malm i el Cretaci inferior. Conseqüència d'aquesta extensió en són: La discordança de la sèrie pelàgica sobre els materials de plataforma, la presència d'olistòlits i olistostromes a la part baixa de la sèrie pelàgica i un sistema de falles normals conjugades sincròniques de la sedimentació pelàgica.

ABSTRACT

Jurassic extensional tectonics caused the breakup of the liassic carbonate shelf and the deepening of the pelagic basin at Cabrera (Balearic Islands) during Dogger, Malm and Early Cretaceous. As a result of this extensional event we found an angular unconformity of the pelagic rocks over the shelf carbonates, the presence of olistolites and olistostromes in the lower part of the pelagic sequence, and a synsedimentary system of conjugate normal faults.

Paraules clau: Discordança, Olistostroma, Falla normal, Juràssic-Cretaci inferior, Balears.

INTRODUCCIÓ

A partir del Retià tot l'àmbit de la Mediterrània occidental fou ocupat per una plataforma carbonàtica soma de gran extensió (Bernouilli i Jenkyns, 1974). Durant el Lias aquesta plataforma es va fracturar i es desmembrà; la fracturació de la plataforma és un fet general

a tot el Mediterrani, però la seva edat varia des de l'Hettangià fins al Domerià, segons les regions (Bernouilli i Jenkyns, 1974).

La ruptura de la plataforma i l'evolució posterior de la conca han estat interpretades com el resultat d'una tectònica extensiva lligada a l'obertura de l'Atlàntic (*Riftwrench system*, Dewey et al., 1973) que es prolongà, com a mínim, fins al Cretaci mitjà (Patriat et al., 1982). A l'àmbit de la Mediterrània aquesta extensió es va traduir en una estructura de horsts i grabens —delimitats per falles normals— que definien diferents dominis paleogeogràfics; en els dominis subsidents la sedimentació típica de plataforma va canviar bruscament a una de pelàgica (Trümpy, 1960; Fontboté, 1970); en nombrosos indrets aquest pas brusc ve remarcant per la presència d'una encrineta i d'un fons endurit —*hard-ground*— (Azéma et al., 1979).

En el cas concret de la Serralada Bètica la ruptura es produí durant el Carixià (García-Hernández et al., 1976). La Zona Prebètica és un domini paleogeogràfic on, posteriorment a la ruptura, va continuar l'ambient propi de plataforma carbonàtica soma, mentre que la Zona Subbètica és un domini paleogeogràfic que, a grans trets, va esdevenir subsident (Azéma et al., 1979).

A les illes de Mallorca i Cabrera (figura 1), prolongació vers el NE de la Serralada Bètica, la ruptura de la plataforma també s'inicià durant el Carixià (Arbona et al., en premsa).

L'illa de Cabrera, que geològicament pot és-

* Aquest treball forma part dels programes C.A.I.C.Y.T. n.º 0871, «Estudio geológico de las Serres de Llevant de Mallorca», i C.I.R.I.T. «Estructura geológica de l'illa de Cabrera i del massís de Randa (Mallorca)».

Morobutí, s'observa l'aprimament lateral de la llosa massissa de calcàries oolítiques intercalada a les calcàries noduloses, així com la seva bretxificació progressiva; lateralment la llosa és substituïda per bretxes i aquestes, al seu torn, per slumps (figura 5). Els slumps són vergents vers l'est i llurs eixos tenen una direcció de 025. Localment la llosa de calcàries oolítiques suporta un conjunt de pocs metres de gruix constituït per una alternança de grains-tones d'òolits i fragments d'equinoderms, i wackestones de filaments, els quals ocasionalment contenen també alguns òolits.

En general els slumps que es troben a la part baixa de la sèrie pelàgica tenen orientacions molt variables. Així, a diferència de l'esmentat, a la costa sud de l'illa, per exemple, el que hi ha enfront dels illots Ets Estells, de dimensió decamètrica i també associat a la llosa de calcàries oolítiques intercalada a les calcàries noduloses, és vergent cap al sud i la direcció del seu eix és 095 (figura 6).

El nivell de bretxes intercalat al mig del paquet de calcàries noduloses és discontinu. Els diversos cossos sedimentaris que el constitueixen són lenticulars i tenen un gruix màxim

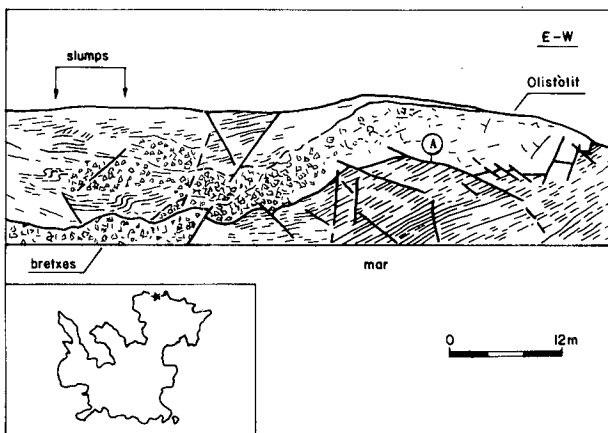


Figura 5. Olistòlit intercalat a la part baixa de la sèrie pelàgica, a la costa nord de Cabrera, a l'est d'Es cap des Morobutí. Observeu la bretxificació lateral de la llosa de calcàries oolítiques que constitueix l'olistòlit i els slumps que hi són associats, en els materials pelàgics. Dibuix fet a partir d'un muntatge fotogràfic.

Figure 5. Olistolite intercalated in the lower part of the pelagic series, at the northern coast of Cabrera Island (at the east of Es Cap des Morobutí). Note the lateral brecciation of the oolitic limestones which constitute the olistolite and the associate slumps in the pelagic materials. Drawing taken from a photographic composition.

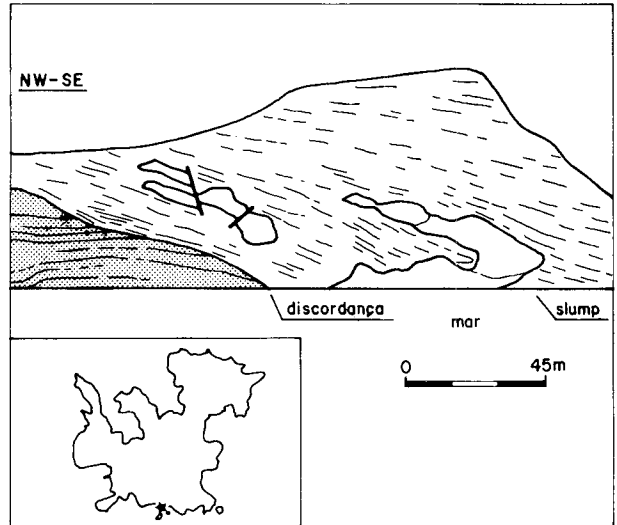


Figura 6. Discordança entre la sèrie pelàgica i els materials de la plataforma liàsica i slump a la part baixa de la sèrie pelàgica a la costa sud de Cabrera, enfront dels illots Ets Estells. Esquema dibuixat a partir d'una fotografia. Llegenda, igual que la de la figura 2.

Figure 6. Unconformity between the pelagic rocks and the materials of the liassic shelf. Slump at the lower part of the pelagic series at the southern coast of Cabrera, in front of the Ets Estells. Schematic drawing from a photograph. Legend: same as in figure 2.

d'uns vuit metres i una longitud de l'ordre de pocs centenars de metres; llurs bases són erosives i lleugerament acanalades. La majoria dels clasts són intraclasts —també hi ha alguns fragments d'ammonits— de mida decimètrica i poc arrodonits; localment presenten granoclasificació normal.

Els dipòsits descrits ja havien estat observats per Pomar (1976), el qual els havia interpretat com a resultat de *delapsions* ocorregudes durant el Mosozoic. Les nostres observacions confirmen aquesta hipòtesi. Les descripcions donades permeten d'interpretar la llosa de calcàries oolítiques com un olistòlit —o conjunt d'olistòlits— de grans dimensions i el nivell de bretxes com un olistostroma. Aquests materials, despresos de la plataforma i de la part alta d'un talús respectivament, foren resedimentats al peu d'aquest talús on s'hi desenvolupava una sedimentació pelàgica.

Cal remarcar que els mecanismes de resedimentació no van ésser els mateixos a Mallorca i a Cabrera. Durant el Dogger i el Malm, a les Serres de Llevant de Mallorca, la resedimenta-

ció es produïa gra a gra (Alvaro et al., 1983; Fornós et al., 1984); durant aquest mateix interval de temps, a Cabrera, la resedimentació es realitzava mitjançant olistòlits i olistostromes. A més, a Cabrera es pot observar l'evolució dels mecanismes de resedimentació al llarg del temps: Olistòlits de grans dimensions durant el trànsit del Bathonià inferior al Bathonià mitjà; olistostromes en un moment mal determinat comprès entre el Bathonià mitjà i el Kimmeridgià; i resedimentació gra a gra en un interval de temps més llarg comprès entre el Titonià superior i el Berriasià.

En general, els processos de resedimentació van associats amb activitat tectònica o bé amb descensos del nivell del mar. En el cas de Cabrera la segona hipòtesi és força improbable: els intervals de temps durant els quals es produeixen les resedimentacions no coincideixen pas amb els moments de descens del nivell del mar establerts per Vail et al. (1977). Si hom accepta, doncs, que la causa de la resedimentació és tectònica, l'evolució que n'ha estat observada a Cabrera i a la serra de So Na Moixa (Fornós et al., 1984), indica una disminució, amb el temps, de l'energia implicada en aquests processos. Aquesta disminució de l'energia està di-

rectament relacionada amb la disminució del pendent. Això pot ésser degut a un afebliment de l'activitat tectònica generadora del pendent o bé un allunyament de l'àrea de resedimentació respecte de l'àrea tectònica activa.

FALLES NORMALS D'EDAT JURASSICA

Al llarg de tota la costa abunden les falles normals. Es manifesten amb especial claretat en els materials de la sèrie pelàgica i la majoria són de mida mètrica o decamètrica, però també n'hi ha d'hectomètriques que afecten tot el penya-segat.

Algunes de les característiques d'aquestes falles normals indueixen a pensar que la seva formació és deguda a l'extensió juràssica, tot i que moltes, de ben segur, han tornat a jugar posteriorment.

a) Les falles es disposen en un sistema conjugat, simètric respecte de l'estratificació, que respon a una extensió paral·lela a l'estratificació. Aquesta disposició es manté quan les capes són basculades. D'altra banda aquestes falles són tallades per d'altres falles normals posteriors relacionades amb una extensió horitzontal, però ja oblíqua respecte l'estratificació.

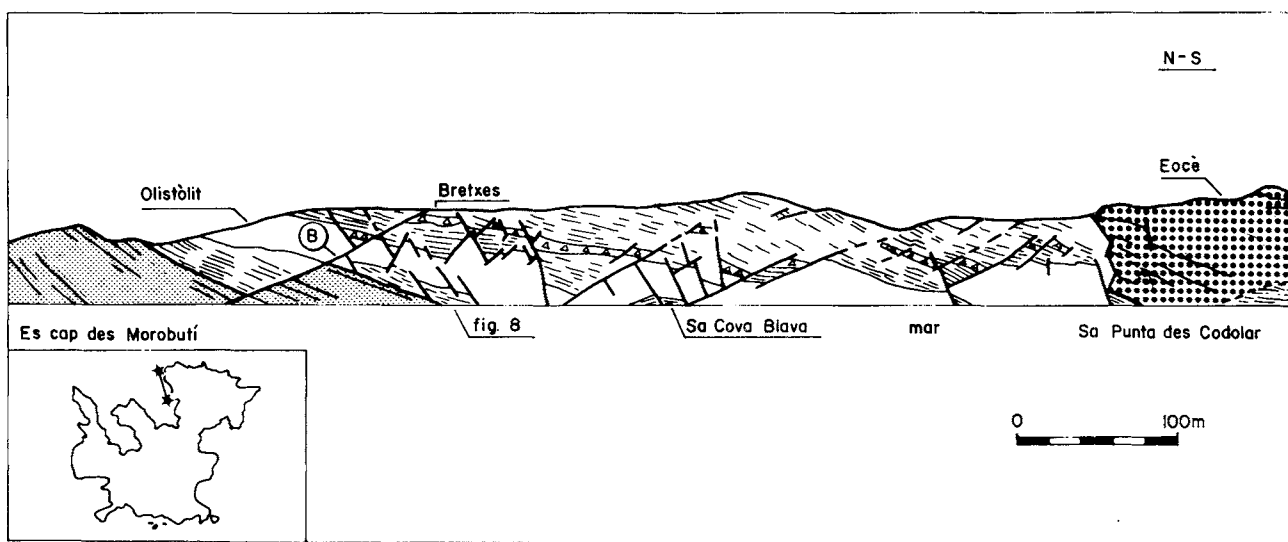


Figura 7. Penya-segat entre Es cap des Morobutí i Sa Punta des Codolar. Hi destaca el sistema de falles conjugades que tallen la sèrie mesozoica. El contacte entre el Mesozoic i l'Eocè també és per falla. Esquema realitzat a partir d'un muntatge fotogràfic. Els materials de plataforma han estat puntejats. Vegeu explicació més detallada en el text.

Figure 7. Cliff between Es Cap des Morobutí and Sa Punta des Codolar. The conjugated fault system which affects the Mesozoic serie is clear. The contact between the Mesozoic and the Eocene is also due to a fault. Schematic drawing from a photographic composition. The shelf materials are dotted. Detailed explanation within the text.

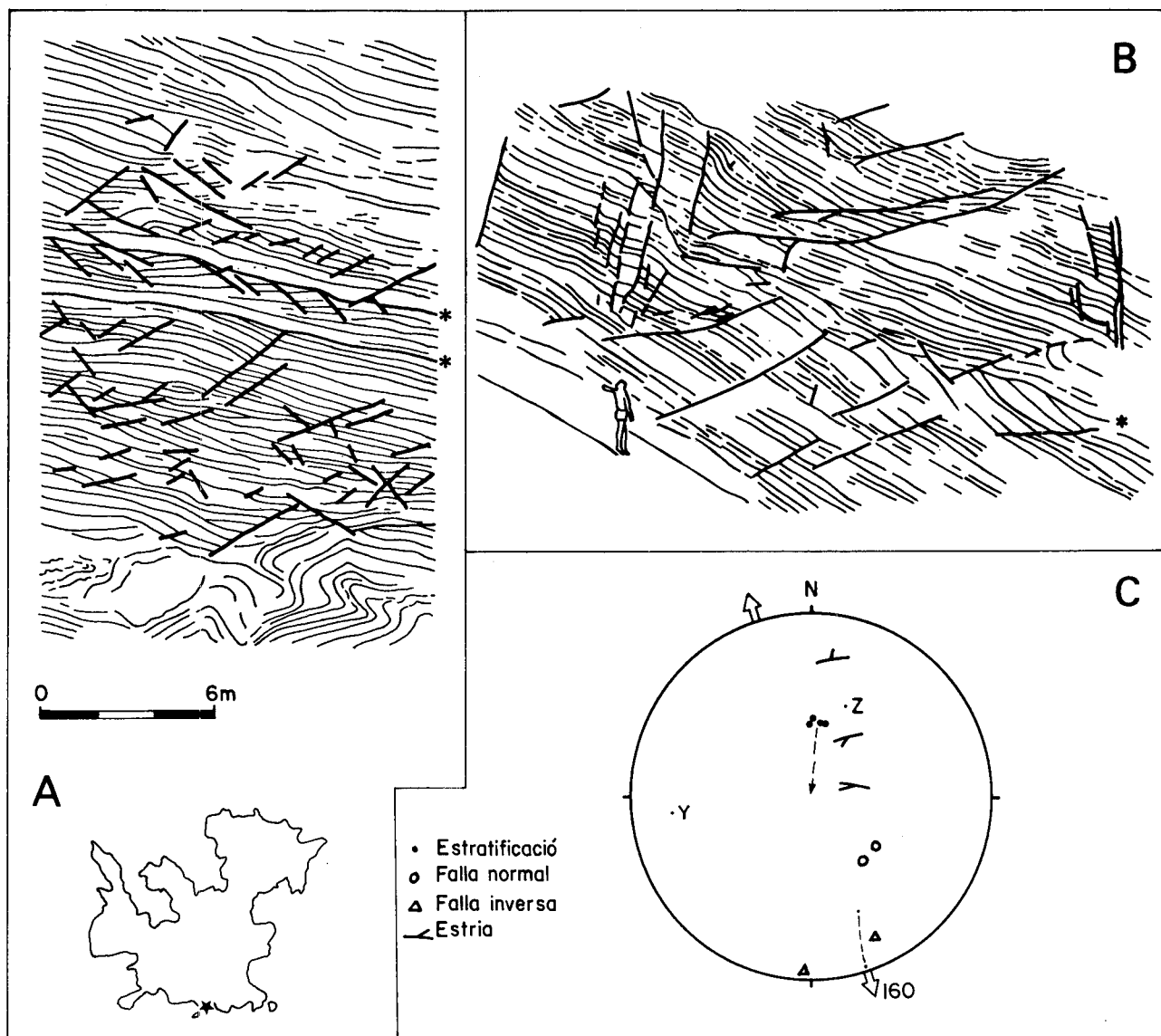


Figura 8. Discordances internes a la sèrie pelàgica (han estat assenyalades amb un asterisc). A) Slump, falles normals i discordances a la costa sud. B) Sistema conjugat de falles normals i discordança a prop de Sa Cova Blava. Situació a la figura 7. C) Estereograma dels elements estructurals de l'aflorament de la figura 8b. Els esquemas A i B han estat dibuixats a partir de fotografies.

Figure 8. Internal unconformities in the pelagical rocks (marked by an asterisc). A) Slump, normal faults and unconformities at the southern coast. B) Conjugated system of normal faults and unconformity near Sa Cova Blava (location shown in figure 7). C) Stereoplot of the structural data of the outcrop shown in figure 8b. Schematic drawing A and B from photographs.

Així doncs, com a mínim hi ha falles relacionades amb una extensió anterior al basculament de les capes.

En el penya-segat entre Es cap des Morobuti i Sa Punta des Codolar hom pot observar clarament la disposició general de les falles conjugades i la seva relació amb l'estratificació (figura 7). Aquesta cabussa entre 15 y 30° vers el

sud i és bisectriu de l'angle diedre obtús format per les dues famílies de falles. Les falles que cabussen vers el nord tenen un salt superior al de les falles de l'altra família; així, doncs, el basculament de l'estratificació està estretament relacionat amb el moviment de les falles conjugades. A més, el contacte entre el Mesozoic i l'Eocè es fa mitjançant un sistema

de falles normals conjugades de disposició i característiques diferents que les de les falles que només es troben en el Juràssic. Per exemple, en el contacte Mesozoic-Eocè, les dues famílies de falles presenten cabussaments semblants i les que cabussen cap al sud tenen salts superiors als de les que cabussen cap al nord.

b) En els materials de la sèrie pelàgica hi ha petites discordances internes, que si bé en alguns casos poden correspondre a l'ompliment de cicatrius de slump, en qualsevol cas fossilitzen diferents estadis del basculament de les capes que hauria provocat els slumps esmentats. Si almenys una part del basculament és doncs juràssic, i si aquest és genèticament lligat amb les falles descrites a l'apartat anterior, les falles haurien d'ésser juràssiques. De fet alguna falla mètrica d'aquest sistema acaba contra alguna discordança. Això semblaria confirmar l'edat juràssica de les falles, però donada la mida d'aquestes falles, i per tant del seu salt, cal no sobrevalorar aquest fet.

A la costa meridional hi ha alguns exemples de falles menors que acaben contra petites discordances; la figura 8A en mostra un exemple. També pot ésser observada una discordança interna en una cova situada poc al nord de Sa Cova Blava (figura 8B). En aquest aflorament la disposició de les falles menors indica un allargament proper a NNW-SSE, exactament en la direcció 160 (figura 8C).

C) Algunes falles decamètriques que provoquen desplaçaments considerables de la base dels olistòlits s'acaben de sobte en el seu interior, en zones més o menys breixoses. D'altres desplacen bastants metres la base del nivell de bretxes olistostròmiques i amb prou feines desplacen el seu límit superior. Algunes fins i tot causen salts notoris a nivell del fons endurit i, en canvi, gairebé no afecten l'olistòlit que hi ha a la part baixa de la sèrie pelàgica. Aquests fets parlen a favor d'un caràcter sinsedimentari de les falles.

A l'est d'Es cap des Morobutí algunes falles desplacen considerablement la sèrie pelàgica i la base de l'olistòlit, però acaben bruscament a l'interior de l'olistòlit, el límit superior del qual no n'és afectat (falla A a la figura 5, per exemple). Al nord de Sa Cova Blava hi ha un bon exemple de falla que afecta amb un desplaçament notable el límit entre la sèrie de plataforma i els materials pelàgics i, en canvi, desplaça poc l'olistòlit que hi ha pocs metres per sobre,

intercalat entre les calcàries noduloses (falla B a la figura 7).

d) A més, cal indicar que sobre d'algunes d'aquestes falles hi han estat observades també estries horitzontals, tot i que presenten una disposició típica de falles normals conjugades coherents amb una extensió horitzontal. Això indica que, posteriorment a llur formació durant un règim netament extensiu, aquestes falles han estat sotmeses a d'altres camps d'esforços.

CONCLUSIONS

A l'illa de Cabrera l'extensió juràssica, que causà la ruptura de la plataforma liàsica de la Mediterrània occidental, no es manifesta només per una ruptura sedimentària —pas brusc de sedimentació de plataforma a sedimentació pelàgica a través d'un fons endurit— sinó que a més ho fa per:

1. Les discordances locals de la sèrie pelàgica del Dogger, Malm i Neocomià sobre els materials de la plataforma liàsica basculada i parcialment erosionada, com a conseqüència de la tectònica intrajuràssica.

2. La presència d'olistòlits i olistostromes de materials de plataforma intercalats en la sèrie pelàgica poc pel damunt de la ruptura sedimentària.

3. Les falles normals conjugades originades abans del basculament de les capes. Donat que l'edat del basculament és, almenys en part, juràssica com ho proven les petites discordances internes de la sèrie pelàgica, i que les falles esmentades són responsables del basculament, cal concloure que llur edat és juràssica. El joc sinsedimentari d'aquest sistema de falles és confirmat per les brusques variacions del desplaçament al llarg d'aquestes falles, fins i tot l'acabament brusc de certes falles amb salts considerables aprop de les seves terminacions.

En resum, a Cabrera, la tectònica extensiva mesozoica és la causa de: a) la ruptura de la plataforma liàsica i per tant de les discordances locals que hi són associades, b) la formació i l'aprofundiment de la conca pelàgica durant el Dogger, el Malm i el Cretaci inferior, i per tant de la inestabilitat dels talusos que delimiten els solcs de la conca, i c) la formació d'un sistema de falles normals conjugades.

El conjunt de fets descrits són del tot comparables amb els reportats d'altres indrets ho-

mòlegs (Trümpy, 1960; Dumont et al., 1984). Així doncs, un cop més apareix ben manifesta la importància de la tectònica extensiva durant el Mesozoic en el Sistema alpi.

AGRAÏMENTS

Agraïm a Ll. Pomar de la Universitat de Palma de Mallorca haver-nos introduït a Cabrera i facilitat les dades inèdites obtingudes en les seves campanyes. També a J.M. Fontboté i a A. Rodríguez, les suggerències fetes al manuscrit original.

BIBLIOGRAFIA

- ALVARO, M., BARNOLAS, A., OLMO, P. i SIMO, A., 1983: «Depósitos de talud carbonático en el Dogger de la Sierra de Artá, Mallorca». *Com. X Congreso nacional de Sedimentología*, 4.10-4.12.
- ARBONA, J., FONTBOTE, J.M., GONZALEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A., OLORIZ, F., POMAR, L., RIVAS, P. i SABAT, F. (en premsa): «Precisiones bioestratigráficas y aspectos sedimentológicos del Jurásico-Cretácico basal de la Isla de Cabrera (Balears)». *Cuadernos Geol.*, 12: 169-186, Granada.
- AZEMA, J., FOUCAULT, A., FOURCADE, E., GARCIA-HERNANDEZ, M., GONZALEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A., LOPEZ-GARRIDO, A.C., RIVAS, P. i VERA, J.A., 1979: *Las microfácies del Jurásico y Cretácico de las zonas externas de las cordilleras Béticas*. Granada, Universidad de Granada, 83 p.
- BERNOUILLI, D. i JENKYNS, H.G., 1974: «Alpine Mediterranean and Central Atlantic Mesozoic facies in relation to early evolution of the Tethys». *Soc. Econ. Paleon. Min., Special publ.*, 19: 129-160.
- COLOM, G., 1980: «Estudios sobre las litofácies y micropaleontología del Lías inferior de la isla de Cabrera (Balears)». *Rev. esp. Micropaleontología*, 12 (1): 129-160.
- DEWEY, J.F., PITMAN, W.C., RYAN, W.B. i BONNIN, J., 1973: «Plate tectonics and the evolution of the Alpine System». *Bull. Geol. Soc. America*, 84: 3137-3180.
- DUMONT, T., LEMOINE, M. i TRICART, P., 1984: «Tectonique synsédimentaire triasico-jurassique et rifting téthysien dans l'unité prépiémontaise de la Rochebrune au Sud-Est de Briançon». *Bull. Soc. géol. France*, 1984, (7), XXVI: 921-933.
- FONTBOTE, J.M., 1970: «Sobre la historia preorogénica de las Cordilleras Béticas». *Cuadernos Geol.*, 1: 71-78, Granada.
- FORNOS, J.J., RODRIGUEZ, A. i SABAT, F., 1984: «El Mesozoico de la Serra de Son Amoixa (Serres de Llevant, Mallorca)». *I Congr. esp. Geología*, tomo 1, 173-185.
- GARCIA-HERNANDEZ, M., GONZALEZ-DONOSO, J.M., LINARES, A., RIVAS, P. i VERA, J.A., 1976: «Características ambientales del Lías inferior y medio de la Zona Subbética y su significado en la interpretación general de la cordillera». in Comisión Nacional para el Proyecto Geodinámico, *Reunión sobre la Geodinámica de la Cordillera Bética y el Mar de Alborán*, pp. 125-157, Granada, Universidad de Granada.
- PATRIAT, Ph., SEGOUFIN, J., SCHLICH, R., GOSLIN, J., AUZENDE, J.M., BEUZART, P., BONNIN, J. i OLIVET, J.L., 1982: «Les mouvements relatifs de l'Inde, de l'Afrique et de l'Eurasie». *Bull. Soc. géol. France*, 24 (2): 363-373.
- POMAR, L., 1976: «Tectónica de gravedad en los depósitos Mesozoicos, Paleógenos y Neógenos de Mallorca». *Bol. Soc. Hist. Nat. Baleares*, 21: 159-169.
- TRÜMPY, R., 1960: «Paleotectonic evolution of Central and Western Alps». *Geol. Soc. America Bull.*, 71: 843-908.
- VAIL, P.R., MITCHUM, R.M. i THOMSON, J.R., 1977: «Global cycles of relative Changes of Sea Level» in Ch. E. Payton, ed., *Seismic stratigraphy, applications to hydrocarbon exploration*, A.A.P.G. Memoir, 26: 83-97.

Rebut, gener 1985.