

El Mioceno de la Sierra Norte de Mallorca (Sector centro-occidental)

por Antonio RODRIGUEZ PEREA y Lluís POMAR GOMÀ

Dep. de Geología de la Universidad de Palma de Mallorca

RESUMEN

Se estudian los depósitos burdigaliense-langhiense del sector centro-occidental de la Sierra Norte de Mallorca. Se reconocen en ellos dos secuencias deposicionales de carácter transgresivo. En la primera se depositan, sobre un basamento mesozoico alterado, sedimentos litorales y de plataforma. En la segunda y como consecuencia de un brusco aumento de la inestabilidad tectónica, se depositan secuencias turbidíticas que llegan a organizarse como abanicos submarinos de pequeñas dimensiones.

SUMMARY

The Sierra Norte of Mallorca is built up by Mesozoic (Triassic, Jurassic and Cretaceous) and Cenozoic (Oligocene, Lower and Middle Miocene) rocks, displaying a complex structure. Classically, this structure was thought to be the result of a postburdigalian tectonic event of NW trend, responsible for folding these materials. Different nappes, resulting of this tectonism are placed in three overthrusting series. The Miocene materials here described are the youngest sediments affected by this tangential tectonism. The results of the sedimentological studies over Miocene materials modify, partially at least, the existing ideas about the structure. Thus, a reinterpretation is possible for some of the nappes as being resedimented bodies in the burdigalian sediments. Moreover the tectosedimentary frame of the compressive event generating the structure of the Sierra Norte is defined.

In the studied area—central-western part of the Sierra Norte—two depositional sequences of transgressive character have been identified. These sequences reflect quite different tectosedimentary events. They are to be considered as “tectosedimentary units” (Garrido Mejias, 1973) or as “depositional sequences” (Mitchum & Vail, 1977). The deposition of the lower sequence (Calcarenitic Unit of Sant Telem) took place under tectonic stability, overlaying a mesozoic basement, previously weathered (breccia, palaeosoils, alluvial-fans, etc). The characteristic materials for this sequence are breccia, conglomerates and calcarenites, interpreted as near-shore and shelf deposits. The upper sequence (Turbiditic Unit of Banyalbufar) shows an abrupt increase of the tectonic instability, while the deposition of the turbiditic sequen-

ces. This turbiditic sediments, through channelized small basins become small-size submarine fans. Between the deposition of both sequences a break in the sedimentation took place, and is recorded by a hard ground and a partial erosion of the Calcarenitic Unit of Sant Telem. The Turbiditic Unit of Banyalbufar shows an angular unconformity over the underlying materials of the Calcarenitic Unit of Sant Telem, partially eroded.

INTRODUCCION

Situación geográfica

Los depósitos que se describen se sitúan en el área centro-occidental de la Sierra Norte de Mallorca—cordillera que forma la costa NW de la Isla de Mallorca, extendiéndose a lo largo de 89 km de NE a SW— y sus afloramientos principales se encuentran en los acantilados entre Es Port d'Es Canonge y Estellencs y en los valles de Esporles, Puigpunyent, Estellencs y Banyalbufar.

Marco geológico

El Mioceno inferior y medio de la Sierra Norte de Mallorca se encuentra discordante sobre un conjunto mesozoico, intensamente plegado, fracturado y brechificado, formado por un Triásico de facies germánicas, un Jurásico predominantemente dolomítico y un Cretácico margocalcareo. En algunos puntos se sitúa también sobre el Oligoceno conglomerático y sobre el Aquitaniense.

Estructuralmente se encuentra cabalgado—según Fallot (1914, 1922)— por las dolomías jurásicas y los materiales plásticos del Keuper, respondiendo a una fase

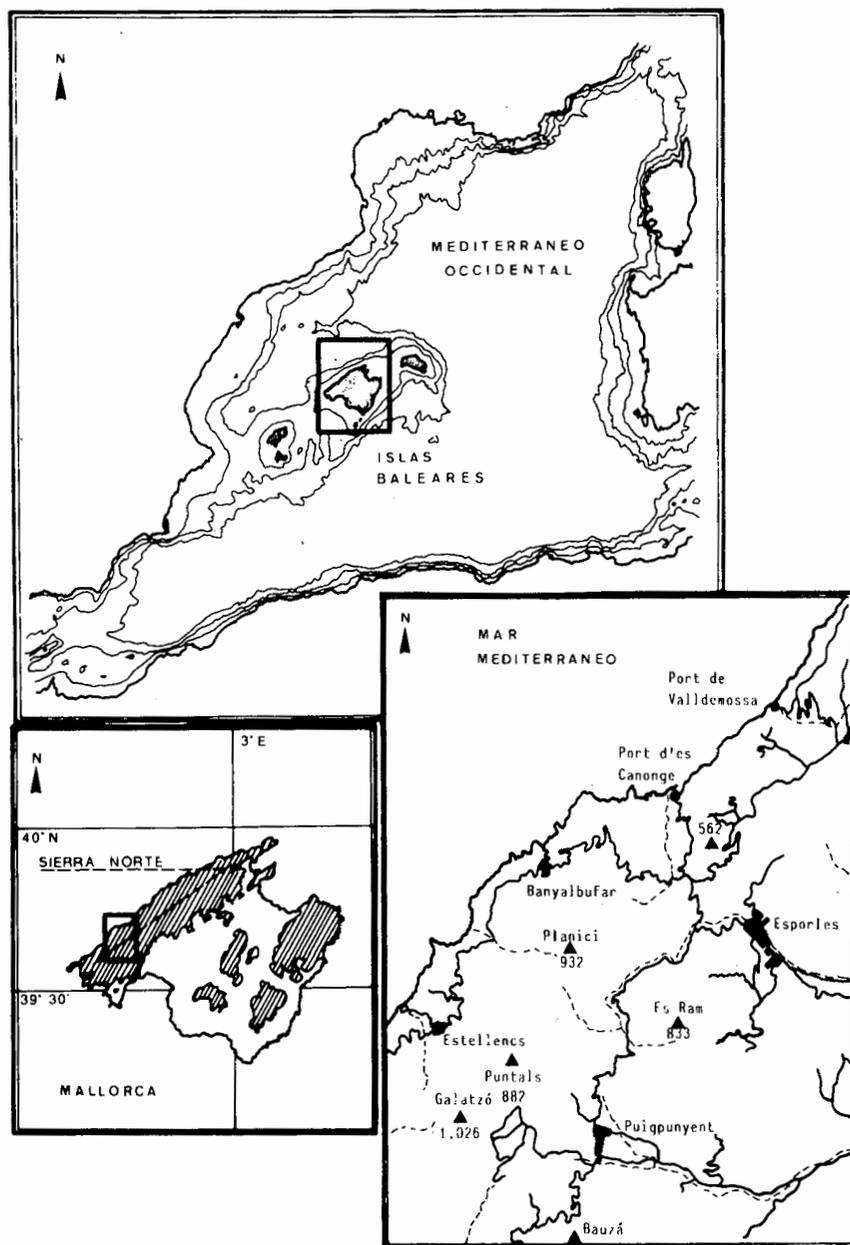


Figura 1. Situación geográfica

orogénica post-burdigaliense que pliega y falla los materiales mesozoicos y neógenos hasta formar un conjunto de escamas cabalgantes que según el citado autor constituye el almacén estructural de la Sierra Norte de Mallorca.

Antecedentes

Los depósitos estudiados corresponden a las "margas grises de Deiá" citadas por Haime (1855) quien ya las considera depositadas en pequeñas cuencas. Hermité

(1879) sitúa a las "calcareas con Clypeaster" de Deiá en la base de la secuencia miocena que Boffill (1899) atribuye al Burdigaliense. Fallot (1914) reconoce las "capas con Clypeaster" de Deiá a lo largo de toda la Sierra y distingue (Fallot, 1922) en el Mioceno inf. de la Isla de Mallorca dos facies: una septentrional, compuesta por areniscas, margas conglomerados y calizas, que sitúa a lo largo de la Sierra Norte y otra meridional, molásica, situada en el centro de la Isla. Estructuralmente este autor define la arquitectura de la Sierra Norte en base a tres series de escamas cabalgantes entre sí. La primera serie soportaría los mejores afloramientos miocenos: Son

Valentí (Es Port d'Es Canonge) muestra una serie de 100 m de potencia desde la base del Burdigaliense a un probable Helveciense. La segunda serie cabalgante no soporta afloramientos burdigalienses, mientras que sobre la tercera serie se hallarían ya, las facies meridionales. Para este autor la transgresión burdigaliense presenta características fliohoides y estaría regida por altos fondos y zonas deprimidas.

Colom (1946) estima la potencia de los depósitos burdigalienses en 200 m y distingue niveles basales con cantos rodados que pasan verticalmente a areniscas y calizas zoógenas y ulteriormente a areniscas margosas y margas que se hacen más finas hasta constituir los llamados "barros de globigerinas". Son, para este autor, depósitos neríticos transgresivos, en los que los elementos detríticos provendrían de áreas emergidas al E de Mallorca. Su fauna es estudiada en detalle también por este autor (Colom, 1956) y aunque la atribuye al Burdigaliense, ya señala su equivalencia con el Langhiense definido por los micropaleontólogos italianos. Los niveles basales burdigalienses aflorantes en la ladera norte del Puig Major son interpretados por Colom (1968) como depósitos parállicos, mientras que el final de la transgresión vendría registrado por los depósitos lagunares (Colom, 1967 a y b, y Colom y Rangheard, 1973) del interior de la Isla.

Los afloramientos de Son Valenti-Son Bunyola (Es Port d'Es Canonge) han sido datados por Bizon et al. (1973), quienes les atribuyen edades del Burdigaliense sup. al Langhiense inf.

En la reinterpretación del extremo SW de la Sierra Norte llevada a cabo por Chauve et al. (1976 y 1977) y por Maitaillèt y Pechoux (1978) consideran los depósitos miocenos como langhienses y los sitúan en una cuenca de resedimentación en la que se introducen sinsedimentariamente "klippes" procedentes del avance de un frente de tectonización.

Finalmente Pomar (1976 y 1979-82) y Pomar y Colom (1977) presenta un cuadro deposicional claramente distensivo para los depósitos burdigalienses, en el que se producen abundantes fenómenos gravitacionales previos a la fase compresiva.

Objetivos

Profundizando en los trabajos de Pomar (1976 y 1977), en los que se obtienen precisiones del modelo evolutivo tectosedimentario a partir de los estudios sedimentológicos, y completando y ampliando los trabajos estructurales y/o regionales se plantea la necesidad de abordar el estudio sedimentológico sistemático de los depósitos terciarios de Mallorca. En particular, resulta imprescindible el estudio del Burdigaliense de la Sierra Norte, cuyos primeros resultados se exponen en este trabajo. Se describen en él sus facies, definiendo como se asocian y distribuyen espacialmente, con el objeto de precisar su evolución y el contexto regional en el que se producía la

sedimentación. Se contemplan también las implicaciones estructurales que el progreso y evolución del proceso sedimentario registra, y finalmente se discuten las conclusiones sedimentarias, estratigráficas y estructurales resultantes en relación con la evolución regional (Baleares y Mediterráneo Occidental).

Método

Se ha empleado la metodología usual en los trabajos estratigráficos y sedimentológicos, y únicamente hay que citar el análisis secuencial de los depósitos turbidíticos, en el que se ha empleado la técnica definida por Ricci Lucchi (1975) en los depósitos turbidíticos italianos.

DESCRIPCION DE FACIES E INTERPRETACION AMBIENTAL

Los depósitos miocenos de la Sierra Norte de Mallorca en su sector centro-occidental presentan dos secuencias deposicionales bien diferenciadas que pueden considerarse como Unidades Tectosedimentarias en el sentido definido por Garrido Mejias (1973) o como "Depositional sequences" definidas por Mitchum y Vail (1977). La secuencia deposicional inferior o *Unidad Calcarenítica de St. Telm*, de escasos metros de potencia, está formada por brechas, conglomerados, areniscas y lutitas con macrofauna (bivalvos, gasterópodos, equínidos y corales). La superior o *Unidad Turbidítica de Banyalbufar* está constituida por depósitos turbidíticos que evolucionan en la vertical de conglomerados de bloques a areniscas y a lutitas, rellenando pequeñas fosas generadas a favor de un episodio distensivo.

Unidad Calcarenítica de Sant Telm

La Unidad Calcarenítica de Sant Telm se sitúa en discordancia angular ("angular unconformity") tanto sobre un basamento mesozoico, como sobre una potente unidad de brechas (Unidad de Brechas de Valldemosa) fosilizando un paleorelieve preexistente. Su geometría es en ocasiones canaliforme, mientras en otros casos es tabular; lateralmente es discontinua, bien por estar erosionada, bien por ausencia de deposición en las zonas más elevadas. Su potencia en el área estudiada no sobrepasa la treintena de metros, aunque en el área tipo (trabajos en curso) alcanza casi el centenar.

Su litología se halla relacionada con la del basamento sobre el que se asienta. Así, a pesar de predominar los componentes bioclásticos, los litoclastos son claramente dependientes de la litología del sustrato mesozoico. Se distinguen dos tramos: uno inferior, formado por materiales de texturas gruesas, ligados a la erosión del basamento y otro superior de facies con texturas finas, bioclásticas.

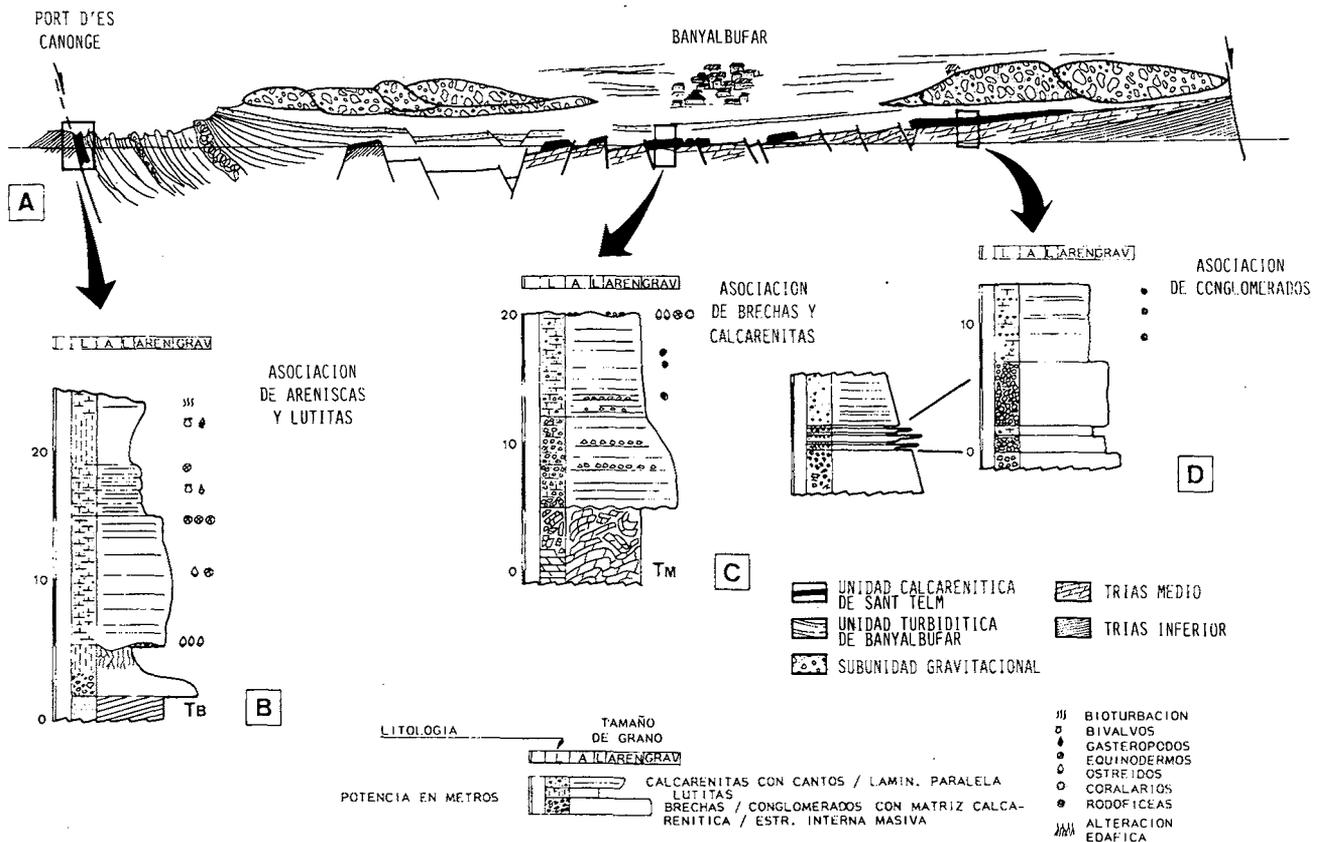


Figura 2. Unidad calcarenítica de Sant Feliu: Asociaciones de facies y distribución espacial

Esta evolución vertical se mantiene lateralmente en las tres asociaciones de facies que de NE a SW se han diferenciado (fig. 2A): areniscas y lutitas, brechas y calcarenitas y conglomerados.

I) Facies de areniscas y lutitas (fig. 2B)

Se caracterizan como areniscas calcáreas ricas en cuarzo ("calcarenaceous sandstone" de Pettijohn et al., 1972) con macrofauna de lamelibranquios y equínidos y lutitas arenosas grises con gasterópodos y bivalvos. El tramo inferior de la asociación está constituido por calcarenitas, homométricas, de color rosáceo-amarillento, masivas, con equínidos (*Scutella* sp., *Schizaster* Sp.); en su base, sobre limos decolorados de alteración edáfica de las facies del Bundsandstein, se presentan lentejones de ostreas (*Ostrea* sp.).

El tramo superior, lutítico, se presenta organizado en secuencias con estratificación paralela y abundante bioturbación a techo de cada secuencia. Contiene macrofauna de lamelibranquios (*Venus* sp., *Cardium* sp.) y gasterópodos.

El tránsito entre ambos es brusco y ambos son erosionados por la Unidad Turbidítica de Banyalbufar.

La asociación de areniscas y lutitas se interpreta en base a su contenido fosilífero (grandes equínidos planos, equínidos bioturbadores, bivalvos y gasterópodos), la buena clasificación de las areniscas y su contenido en cuarzo (relación con el sustrato y escaso transporte), la ordenación secuencial del tramo superior lutítico y su bioturbación, y su posición estratigráfica. Estaría producido por la acción de corrientes u olas en condiciones de alta energía seguidas (tramo superior) de una etapa de deposición de partículas en suspensión, interrumpida por esporádicos episodios activos (facies Sb y Ma de Johnson, 1978). Esta interpretación se ve apoyada por la abundante presencia en el tramo inferior de equínidos del género *Schizaster* típicamente bioturbadores de fondos arenosos.

II) Facies de brechas y calcarenitas (fig. 2C)

Se caracterizan por brechas monogénicas, heterométricas y calcarenitas con cantos. Las primeras constituyen el tramo inferior de la asociación, y están formadas por

cantos y bloques —angulosos y subangulosos— de dolomías oscuras del Muschelkalt, con una matriz calcarenítica rica en rodofíceas. La gradación de los cantos es muy pobre y sólo se observa en la parte alta del tramo; algunos presentan perforaciones de litófagos. La estructura interna es masiva y sólo se observan alineaciones de cantos sobre planos discretos que más parecen corresponder a superficies de cizalla que de estratificación. El tramo superior lo constituyen las calcarenitas con cantos, masivas, blanquecinas muy ricas en rodofíceas, a cuyo techo se desarrolla un “hard ground” sobre el que se instala una abundante macrofauna (ostreidos, equinodermos, grandes colonias de hexacorarios, etc.). La base de esta asociación es erosiva sobre los cantos sin matriz que forman su sustrato. La geometría es canaliforme.

La asociación de brechas y calcarenitas se interpreta como formada por procesos de transporte en masa asociados a coladas de derrubios (“debris-flow” de Middleton y Hampton, 1973) que actuarían en zonas más externas de la plataforma, incorporando —sobre todo en el tramo superior— gran parte de las brechas de materiales mesozoicos de su basamento.

La fauna que se instala sobre la superficie de no deposición del techo de la asociación nos señala, no obstante, una posición ambiental de “near-shore”.

III) Facies de conglomerados (fig. 2D)

Está formada por conglomerados bien rodados polimícticos, cantos-soportando, y calcarenitas con cantos. El tramo inferior está constituido por conglomerados polimícticos (calizas rosadas, dolomías oscuras, cuarzo, etc.) muy bien rodados, bimodales, bastante bien clasificados, localmente mezclados con brechas y que presentan perforaciones de litófagos y marcas de presión-disolución; la matriz, calcarenítica, es muy abundante en rodofíceas. La estructura interna suele ser masiva y sin imbricaciones de cantos y localmente llega a ser matriz-soportando. En la parte inferior de este tramo conglomerático se sitúan varias secuencias decimétricas de conglomerados, brechas, calcarenitas y limos rojizos con granoclasificación de inversa a normal.

El tramo superior de la asociación de conglomerados está formado por calcarenitas con cantos (matriz-soportando), muy ricas en rodofíceas, con algunas pasadas de cantos en planos discretos y sin estructura interna.

La asociación de conglomerados se interpreta como depósitos próximos a la línea de costa y en relación con “fan-deltas” depositados en una plataforma poco profunda en la que predominan los flujos en masa.

En efecto, las secuencias con granoclasificación de inverso a normal de brechas, areniscas y limos rojizos (equivalentes laterales de los conglomerados) pueden asimilarse a las definidas por Postma (1981) como pertenecientes a depósitos de “fan-delta” desarrollados por mecanismos de flujo en masa. Por otra parte la textura de los conglomerados requiere un retrabajamiento costero de los cantos, cuya procedencia es ya diversificada.

La fábrica cantos-soportando con un relleno de matriz calcarenítica rica en rodofíceas completa los datos interpretativos enunciados.

Unidad Turbidítica de Banyalbufar (fig. 3)

La Unidad Turbidítica de Banyalbufar está formada por depósitos margosos entre los que se intercalan paquetes más o menos potentes de calcarenitas en secuencias de carácter turbidítico, que a veces llegan a ser conglomeráticos e incluso contener bloques de orden métrico. En los tramos margosos se intercalan sedimentos finos de composición silícica (radiolarios y diatomeas). Las estructuras que caracterizan estos depósitos pueden sintetizarse en estratificación y laminación plano-paralela muy continua en los sedimentos más finos (margosos y silícicos), mientras que en los paquetes calcareníticos —con geometrías de planoparalelas a canaliformes— predomina la laminación paralela seguida en menor medida de granoclasificación basal y laminación “convoluted”. Son escasas las capas que muestran laminación cruzada.

Espacialmente se sitúa, en discordancia angular, sobre los depósitos de la Unidad Calcarenítica de St. Telm —a la que en parte erosionan— y sobre el basamento mesozoico. Rellenan (hasta la colmatación) pequeños surcos formados a favor de un episodio de fracturación sinsedimentaria, en incluyen grandes masas de brechas mesozoicas de carácter olistostrómico.

El techo de esta Unidad se encuentra erosionado (en el área estudiada) y localmente se halla recubierto por una formación continental de brechas que llega a alcanzar potencias de hasta 100 m y que designamos como Unidad de Brechas de S'Arbossar.

I) Depósitos organizados de conoide

Caracterizados por su organización secuencial, se desarrollan a favor de la fractura de dirección N-S situada al W del Port d'Es Canonge. Se disponen en discordancia angular progresiva sobre el labio hundido (W) de la fractura y en su base erosionan las facies de areniscas y lutitas de la Unidad Calcarenítica de Sant Telm. A techo pasan a depósitos no organizados de llanura submarina.

Aunque es posible pensar que los depósitos conglomeráticos de Esporles pertenezcan a facies canalizadas de conoide, la escasez y complejidad estructural de los afloramientos no permite su constatación sedimentológica. Igual sucede con las facies de areniscas y margas de Puigpunyent y Estallencs, aunque en estos casos pudiera tratarse de depósitos no integrados en abanicos submarinos (“non-fan turbidites”) o bien de cuerpos arenosos esporádicos intercalados en los sedimentos de llanura abisal (“Contessa-like” beds de Mutti y Ricci Lucchi, 1975).

Los depósitos de abanico submarino de Es Bec de S'Aguila (Port d'Es Canonge) muestran dos tramos diferenciados:

Tramo inferior o canalizado (fig. 3C): Consta de dos secuencias canalizadas que muestran una tendencia posi-

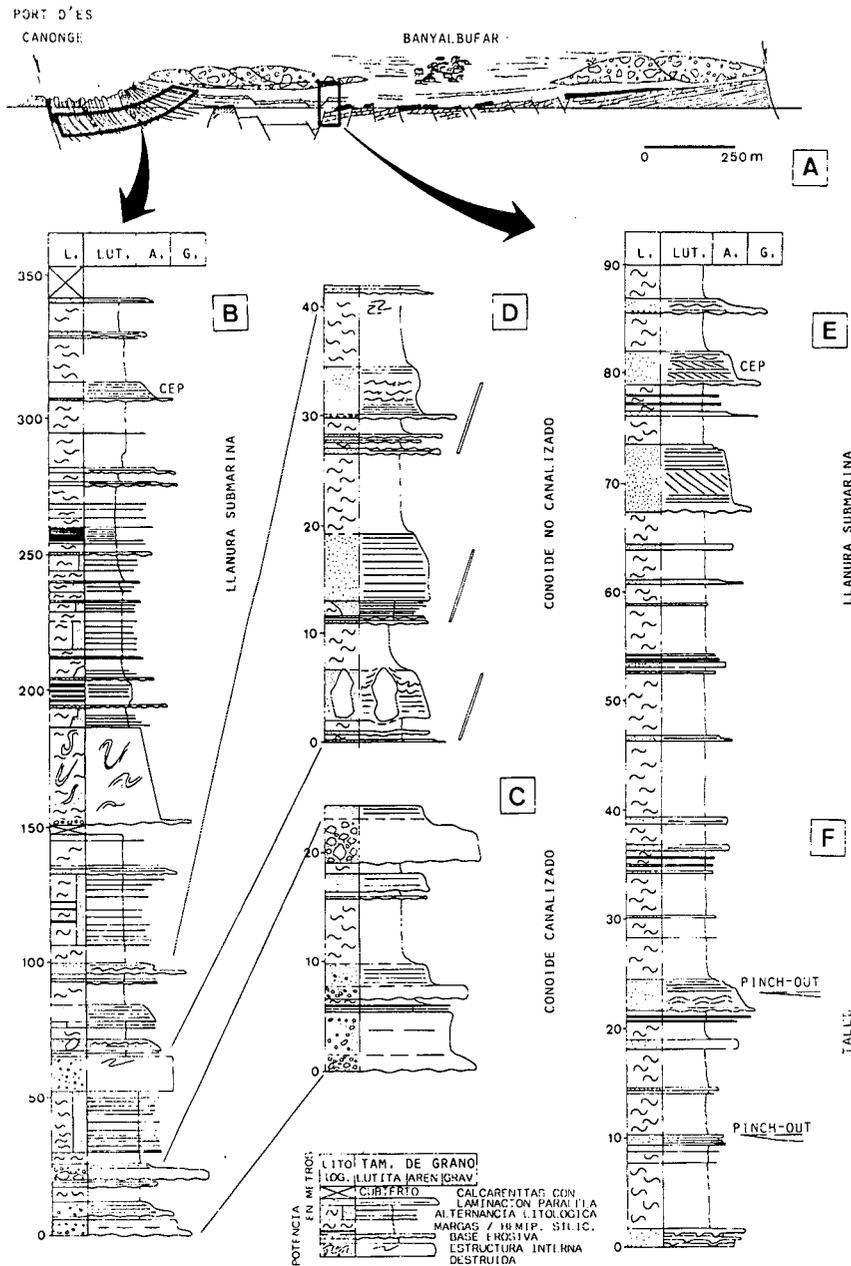


Figura 3. Unidad turbidítica de Banyalbutar

tiva y están formadas por facies gruesas de los tipos A₁, A₂, B₁, sobre las que se sitúan depósitos finos en facies D₂ y un tramo olistostrófico facies F ("sensu" Mutti y Ricci Lucchi, 1972 y 1975). La potencia total alcanza los 60 m.

Se interpreta como una subasociación de abanico canalizado ("channelised fan" de Ricci Lucchi, 1981). La secuencia inferior de este tramo está formada por un depósito de colada de derrubios ("debris flow"), mientras que el resto de los depósitos canalizados pueden atribuir-

se a procesos mixtos entre coladas y corrientes de turbidez de alta densidad. Algunas capas que presentan laminación espesa y fenómenos de fluidificación han de relacionarse con coladas fluidificadas o licuificadas (Lowe, 1976 y Ricci Lucchi, 1980).

Los depósitos finos de facies D₂ que recubren estas secuencias canalizadas se interpretan como facies de intercanal: corresponden a corrientes de turbidez diluidas y se sitúan entre los depósitos de abanico canalizado y los de abanico no canalizados del tramo medio.

El subtramo olistostrómico registra la actividad sin-sedimentaria de la fractura sobre la que se desarrolla el conoide. Las deformaciones que se observan en su interior indican una procedencia del E (labio levantado de la fractura), dirección ésta, ortogonal a las paleocorrientes de los depósitos turbidíticos (procedencia del S).

Tramo superior o no canalizado (fig. 3D): Consiste en tres secuencias de orden métrico, de signo negativo, en facies B₁, (C₂), C₁ y D₁, entre las que se sitúan potentes tramos margosos y sobre las que se encuentra un tramo de alternancia de depósitos finos en facies D₂ y C₂ con sedimentos de decantación (hemipelagitas y silexitas) de facies G; hay en este subtramo secuencias negativas o estratocrecientes. El tramo superior acaba con un potente subtrato olistostrómico en facies F que presenta en su base un nivel de bloques y que hacia techo registra una disminución del número y tamaño de los olistolitos. La potencia total llega a los 124 m. Utilizando la nomenclatura de Ricci Lucchi (1981) atribuimos este tramo superior a una subasociación de conoide externo o no canalizado. Está compuesta de muro a techo por tres secuencias negativas correspondientes a la agradación y abandono ("shifting") de lóbulos deposicionales. La secuencia inferior, algo erosiva, podría situarse en la zona de transición lóbulo-canal y engloba olistolitos de orden métrico que parecen relacionarse con la proximidad de la fractura que genera la cuenca. Sobre ellas se sitúa un tramo de sedimentación hemipelágica y turbiditas delgadas (TBT) con secuencias estratocrecientes atribuibles a borde de abanico ("fan fringe").

Sobre estos depósitos se registra un segundo subtramo olistostrómico, que si bien es de mayor potencia que el primero infrayacente, muestra ya una ligera organización, por lo que hemos de considerarlo más maduro (área fuente más lejana).

II) Depósitos no organizados

Se caracterizan por el amplio predominio de los sedimentos de decantación, tanto carbonatada como silícica, entre los que esporádicamente se intercalan, sin organización secuencial, depósitos turbidíticos en facies C y D, que disminuyen gradualmente hacia el techo de las series. En base a sus características geométricas se distinguen dos asociaciones de facies:

Asociación de talud (fig. 3E): Se sitúa sobre los depósitos neríticos de la Unidad Calcarenítica de Sant Telm y es en parte equivalente lateral de la asociación de conoide. Los mejores afloramientos se encuentran al NE de Banyalbufar (Sa Galera), aunque es probable la adscripción a esta asociación de una parte de los depósitos de Estellencs y Puigpuyent. Se caracterizan por la presencia de tramos slumpizados, discordancias angulares intraformacionales (relleno de cicatrices de slump), la fracturación distensiva sinsedimentaria y el rápido acuñamiento de parte (las más potentes) de las capas calcareníticas (pinch-out). Se interpretan como asociaciones de talud

en las que predominando la sedimentación por decantación (hemipelagitas y silexitas) se producen derrumbes submarinos y pequeñas excavaciones de flujos gravitativos rellenas por cuerpos sedimentarios arenosos, menores y sin organización que sugieren canales secundarios o "gullies" (Ricci Lucchi, 1981).

Asociación de llanura submarina (fig. 3F): Situada sobre los depósitos de conoide y sobre los de talud, se diferencian de estos últimos por la práctica ausencia de tramos slumpizados, la gran continuidad lateral y las geometrías de capa planoparalela. Entre ellos se intercalan paquetes calcareníticos excepcionalmente potentes que designamos como CEP (Capas de Excepcional Potencia) acompañados del correspondiente tramo margoso, también potente. Esta asociación es interpretada como depósitos de llanura submarina en los que predomina la alternancia de sedimentos de decantación con corrientes de turbidez muy diluidas, aunque esporádicamente se produzcan megaturbiditas o CEP, reflejando el permanente control tectónico de la sedimentación; así, estas corrientes excepcionales serían capaces de sobrepasar el abanico submarino y extenderse por toda la cuenca.

Subunidad Gravitacional (fig. 2 y 3): Intercalándose en las capas más altas observables de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar se encuentran masas de geometría groseramente lenticular, discontinuas y potentes (hasta 100 m) de materiales mesozoicos, brechificados y caóticos, predominantemente liásicos con base ligeramente erosiva y que presentan unas características texturales definidas: masas caóticas de bloques (de hasta varios metros), cantos y matriz que no presentan solución de continuidad entre sí. Macroscópicamente no hay contacto entre los bloques, que parecen flotar en la matriz, y microscópicamente se observan las mismas características: se trata de granos embebidos en una matriz sin contacto mutuo. La dirección de movimiento de dichas masas en Ses Planas (fig. 3A), deducida de las estructuras de deformación de su base es hacia el W y coincide con las direcciones de los slumps que se observan en los depósitos turbidíticos infrayacentes.

Esta Subunidad Gravitacional, intercalada en los depósitos no organizados, se interpreta como un conjunto olistostrómico en relación con un brusco aumento de la inestabilidad tectónica y probablemente también con la progresión transgresiva general.

La entrada de esta subunidad cambia, posiblemente, la paleotopografía de la cuenca, de forma que las paleocorrientes medidas en los sedimentos supra-Subunidad Gravitacional aun siendo paralelas a la fractura de "Es Bec de S'Agua" son de sentido opuesto (al Sur) a las infra-Subunidad Gravitacional (al Norte).

III) Análisis secuencial

Sobre las series más significativas de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar se ha realizado un análisis secuencial siguiendo los criterios de Ricci Lucchi (1975).

Este análisis nos define en la serie de Es Peix Menut, un ciclo de primer orden ("turbidite suite") transgresivo o retrogradacional tanto mediante la gráfica de la relación arena/arcilla (fig. 4) como con las diversas curvas de espesores de capa.

Para definir los ciclos de segundo orden se han realizado varias curvas de espesores de capa cuyos resultados son desiguales. La curva de variación de potencia de capa ("bed thickness") determina un conjunto de ciclos positivos complejos y compuestos; no obstante, el criterio limitador utilizado (no se representan las capas menores de 5 cm.) produce deformaciones importantes en el tramo superior de la serie (predominio de TBT y hemipelagitas). La curva de espesor de capas con intervalo grueso ("coarse division layers") (fig. 4) no consigue más que suavizar

la parte media e inferior de la curva de potencia de capa, no proporcionando mayor información. La curva de espesores de los intervalos gruesos ("coarse division") (fig. 4) ofrece mejores resultados, ya que destaca el carácter turbidítico de la serie: se definen cuatro megasecuencias positivas, la primera engloba el tramo inferior canalizado e intercanal, mientras que la segunda agrupa el tramo de abanico externo y contiene varias secuencias negativas de orden menor que corresponden a los depósitos de lóbulos; en el tramo superior también se definen dos secuencias positivas aunque su significado es más impreciso.

Finalmente se han trazado las envolventes de la curva de potencia de capa, con lo que obtenemos un diagrama de la variabilidad del espesor de capa, cuyos máximos de variabilidad coinciden con los subtramos olistostrómicos

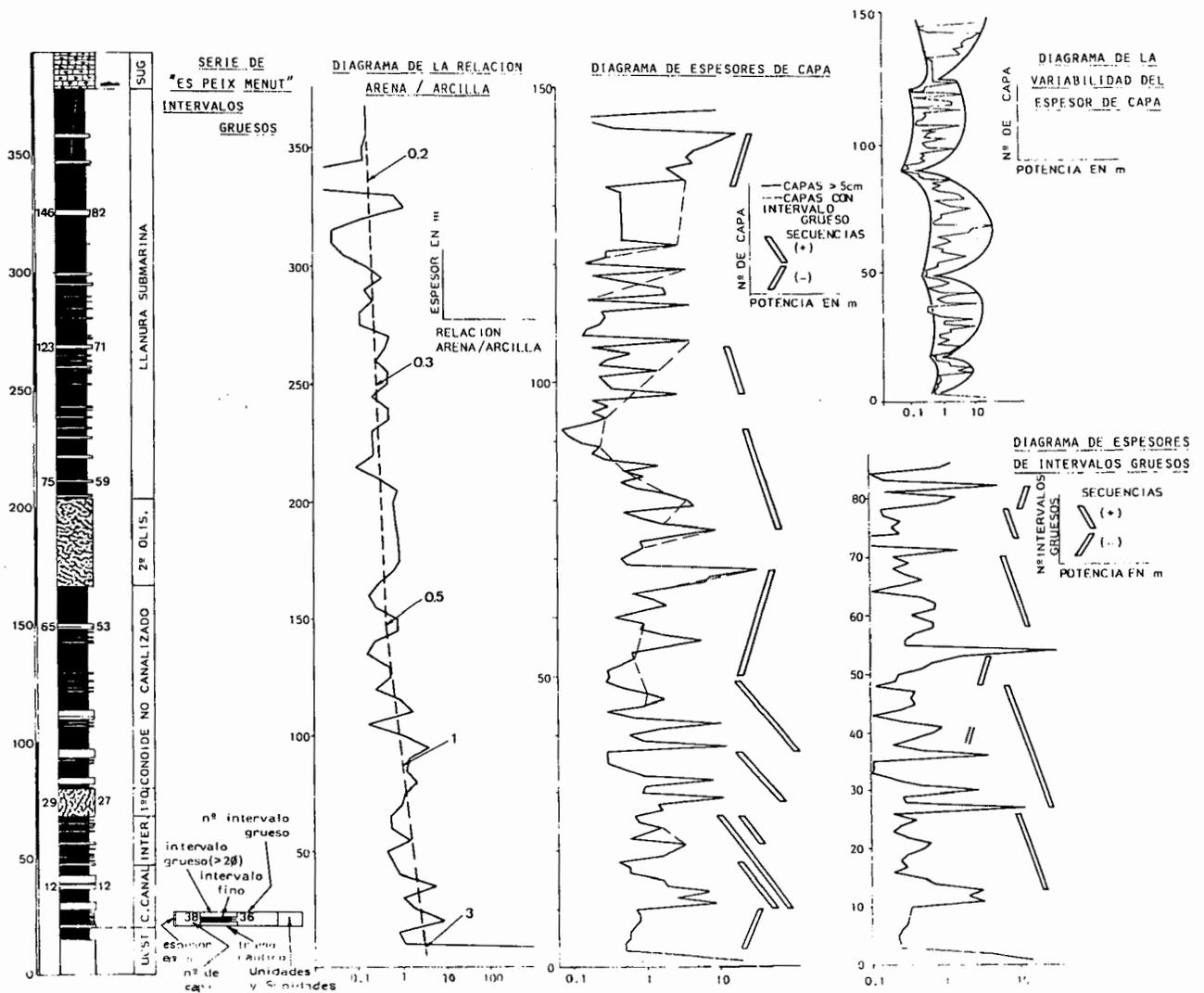


Figura 4. Análisis secuencial de la unidad turbidítica de Banyalbufar

(tanto si en la confección de la gráfica se considera la potencia de dichos subtramos como si no se considera). Es razonable afirmar que este diagrama refleja de alguna forma la paleosismicidad de la cuenca, extrapolable en cierta medida al ámbito regional próximo, ya que su amplitud nos indica desigualdades bruscas en la evolución del espesor de los eventos turbidíticos cuyo control tiene un fondo sísmico.

DISPOSICION ESTRUCTURAL

Los sedimentos de la Unidad Calcarenítica de Sant Telm, espacialmente discontinuos, se disponen de forma tabular sobre un basamento mesozoico fuertemente tectonizado y alterado. Su disposición topográfica actual responde al juego de fracturas neógenas y pliocuaternarias. Afloran en el área de Banyalbufar-Port d'Es Canonge y en Estellencs; en el área de Puigpunyent sólo son visibles al WNW de la Mola de Cotoner, fuera ya del área estudiada; en Esporlas no ha sido posible identificarlos con precisión y en el área de Es Verger afloran escasamente.

Los depósitos de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar se caracterizan, en cambio, por rellenar pequeñas fosas formadas a favor de fracturas de componente vertical (Port de Es Canonge-Esporlas-Estellencs-Puigpunyent). El juego sinsedimentario de dichas fracturas queda registrado por varios factores: paleocorrientes (sensiblemente paralelas a la dirección de la fractura, que canaliza los sedimentos), dirección de ingreso de materiales alóctonos (olistostromas, Unidad Gravitacional), deformaciones sinsedimentarias (slumps), disposición de los depósitos turbidíticos en discordancia angular progresiva sobre el labio levantado de la falla (Port de Es Canonge) etc.

Al final de la sedimentación turbidítica se produce un episodio tectónico compresivo de dirección 110° que afecta a estos sedimentos, plegándolos verticalizando en parte las fracturas y que quizás esté en relación con la introducción de la Unidad Gravitacional.

DISCUSION Y CONCLUSIONES

Los depósitos miocenos del sector occidental de la Sierra Norte de Mallorca están formados por dos unidades tectosedimentarias (Garrido Mejias, 1973) o secuencias deposicionales (Mitchum y Vail, 1977): la inferior o Unidad Calcarenítica de Sant Telm está constituida por sedimentos de plataforma (de "fan-deltas" a "near-shore") depositados sobre un basamento mesozoico alterado y tectonizado. La unidad superior o Unidad Turbidítica de Banyalbufar está formada por el relleno turbidítico de pequeñas fosas controladas tectónicamente.

Unidad Calcarenítica de Sant Telm

En el área estudiada la Unidad Calcarenítica de Sant Telm presenta tres asociaciones de facies (areniscas y lu-

titas, brechas y calcarenitas y conglomerados) que corresponden respectivamente a depósitos de "near-shore" producidos por corrientes u olas en condiciones de alta energía seguidas por la deposición de partículas en suspensión con algunos episodios de mayor energía; a procesos de coladas en masa ("debris flow") en condiciones de plataforma más externa; y a condiciones litorales, con retrabajamiento de cantos, áreas-fuentes diversificadas, y en relación con depósitos de "fan-deltas".

La falta de estructuras internas bien definidas imposibilita una mayor aproximación en la interpretación sedimentológica. No obstante, el ámbito regional que precisan estos depósitos está formado por un conjunto de cuencas restringidas —cuya génesis se halla ligada a la del Golfo de Valencia— en las que las nociones de plataforma y talud han de considerarse con limitaciones. La Unidad Calcarenítica de Sant Telm sería correlacionable, en parte, con la UTS Ne-I de Soler et. al. (1980). Tras la sedimentación de sus depósitos se produce una importante etapa erosiva seguida de una interrupción sedimentaria con formación de "hard grounds" e instalación en ellos de abundante macrofauna (ostreas, hexacorarios, equínidos).

Unidad Turbidítica de Banyalbufar

La estabilidad tectónica que predomina durante la sedimentación de la Un. C. St. Telm se ve interrumpida por un episodio de inestabilidad tectónica de carácter distensivo que provoca la formación o reactivación de fracturas de componente vertical que generan por hundimientos diferenciales, pequeñas fosas en las que se desarrolla una sedimentación turbidítica. Se trata de alternancias de depósitos finos (margas y silixitas) con calcarenitas y calciruditas en las que se reconocen caracteres turbidíticos y que en algún caso se organizan secuencialmente (conoide de "Es Bec de S'Aguila").

Se interpretan formados por un ciclo turbidítico de primer orden ("turbidite suite") de carácter transgresivo que se inicia con asociaciones de conoide, y de talud, sobre las que se sitúan sedimentos de llanura submarina.

La asociación de conoide se caracteriza: 1) por su rápida evolución vertical (evolución del índice arena/arcilla de valores próximos a 3 a valores de 0,5 en sólo 150 m.), 2) por la presencia de subtramos olistostrómicos y deslizamientos sinsedimentarios ("slumps") en directa relación con la fractura que genera la cuenca, 3) el sedimento es canalizado por la acción de dicha fractura, y 4) por la importancia de los depósitos finos, que nos lleva a considerar el abanico estudiado como de alta eficiencia (Mutti, 1979) a pesar de sus exiguas dimensiones. El abanico de "Es Bec de S'Aguila" admite ciertas analogías con el Crati Fan del Golfo de Taranto estudiado por los componentes del Carti Group (1981) ya que responde también a un modelo de reducidas dimensiones, alta eficiencia y control tectónico.

La asociación de talud se caracteriza: 1) por el predominio de los depósitos finos (TBT y hemipelagitas), 2)

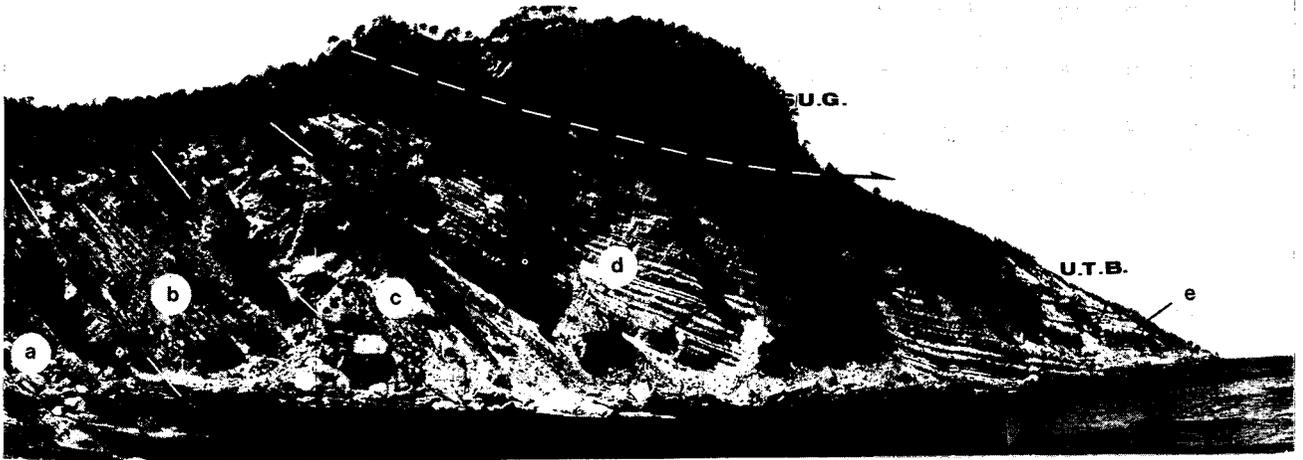


Figura 5: Vista general de los afloramientos de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar (U.T.B.) en "Es Peix Menut" (Port d'Es Canonge): a) tramo no canalizado b) borde de abanico c) 2º olistostroma d) depósitos no organizados de llanura submarina e) CEP, S/U.: Subunidad Gravitacional.

por la existencia de discordancias angulares intraformacionales y "slump scars"), 3) por la poca continuidad lateral de los depósitos gruesos y por la falta de organización secuencial.

La asociación de llanura submarina está formada por turbiditas distales (TBT) alternando con sedimentos hemipelágicos (silícicos y carbonatados) con una relación arena/arcilla baja (hasta 0,1) entre los que esporádicamente se intercalan megaturbiditas que en algún caso llegan a tener potencias de más de 10 metros (CEPs). Estas capas registran impulsos tectónicos excepcionales que arrojan a la cuenca volúmenes inusuales de sedimento capaces de sobrepasar el abanico submarino y extenderse por toda la cuenca; serán en cierto sentido equivalentes de los "Contessa-like layers" de Mutti y Ricci Lucchi (1975) y Ricci y Lucchi (1978), aunque hay que considerar, en este caso, la mayor eficiencia del efecto de "ponding" a causa del reducido tamaño de las cuencas y del marco estructural en el que se enmarcan. La importancia de los depósitos silícicos de decantación ha de explicarse no sólo por la posible existencia de vulcanismo mioceno sino también por la restricción de las cuencas y la paleo-oceanografía que favorecieran la sobreproducción de biomasa en buena medida silícica.

Entre las últimas capas aflorantes de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar se intercala la Subunidad Gravitacional, que formada por masas desorganizadas de brechas liásicas ha de considerarse como un conjunto olistostrómico en el sentido de Abbate et al. (1981) o bien como "incoherent slides" en la clasificación de Hoedemaeker (1973). Para Elter y Trevisan (1973) constituiría un olistostroma precursor ("precursory olistostrome") aunque existen serias objeciones a las implicaciones genéticas que conlleva esta calificación, ya que el ingreso de depó-

sitos alóctonos en una cuenca no es condición suficiente para afirmar la existencia de escamas o mantos tectónicos.

Así pues, la existencia de la Subunidad Gravitacional entre los depósitos más distales de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar constituye una importante objeción a la hipótesis de considerar dichos materiales como pertenecientes a las escamas tectónicas del modelo de Fallot, y más bien ha de relacionarse con el episodio compresivo que afecta a los sedimentos miocenos al final de su deposición, y posiblemente también con la mayor extensión de la transgresión, que favorecería los deslizamientos gravitacionales al disminuir los esfuerzos de cizalla necesarios para su puesta en movimiento. Es sugerente además, la hipótesis de considerar a estos materiales como procedentes de una unidad ya brechada, actualmente en estudio, que aflora en las proximidades del área estudiada (Brechas de Valldemosa) y que constituye parte del basamento.

Entre las *conclusiones estructurales* hemos de señalar el carácter sintectónico de la sedimentación (discordancia angular progresiva de la Unidad Turbidítica de Banyalbufar en el Port d'Es Canonge) y por tanto, la existencia de fracturación de carácter vertical sinsedimentaria, así como también la presencia de un episodio compresivo (dirección 110°) al final de la sedimentación turbidítica.

El *marco paleogeográfico* definido nos indica pues, que tras una etapa de estabilidad tectónica con una sedimentación de plataforma (Unidad Calcarenítica de Sant Telm) se produce una etapa distensiva, en la que se forman pequeñas fosas donde se sedimentan margas y calcarenitas de carácter turbidítico (Unidad Turbidítica de Banyalbufar) en una secuencia transgresiva que culmina, en el área estudiada, al producirse un episodio compresivo de dirección ESE-WNW.

Agradecimientos

Entre las muchas personas que han colaborado en la realización de este trabajo hemos de agradecer especialmente la ayuda y la crítica de los Dres. Oriol Riba, Pere Santanach y Antonio Obrador, el apoyo de Joana Ma. Pascual, M^a José Jurado, Ana Luz Maroto, Toni Font, Joan Josep Fornos, Miquel Jaume y Margarita Matas. A todos ellos nuestro agradecimiento.

Este trabajo se enmarca en el proyecto de investigación "Estudio estratigráfico y sedimentológico del cenozoico en Baleares y su relación con la Geología del Mediterráneo Occidental", subvencionado por la C.A.I.C. y T.

BIBLIOGRAFIA

- ABBATE, E., BORTOLOTTI, V., and SAGRI, 1981: An approach to olistostrome interpretation. In *Excursion Guide Book of 20 European Regional Meeting-1981 of IAS*, F. Ricci Lucchi (ed.), Bologna (Italia) 165-185.
- BIZON, G & J.J., BOURROUILH, R., and MASSA, D., 1973: Presence aux Iles Baleares (Med. Occ.) des sédiments "Messiniens." déposés dans une mer ouverte, a salinité normale. *C. R. Acad. Sci. Paris*, 277: 985-988.
- BOFILL, A., 1899: Indicaciones sobre algunos fósiles de la caliza basta, blanca de Muro, Isla de Mallorca. *Bol. Real Acad. Cien. Art. de Barcelona*, 3^a época, 23.
- CHAUVE, P., MATAILLET, R., et PECHOUX, J., 1976: Phenomenes tecto-sédimentaires dans la partie Occidentale de la Sierra du Nord de Majorque (Baleares, Espagne). *Annales Scien. de l'Univ. de Besançon, Geologie*, (3), 26: 31-33.
- CHAUVE, P., MATAILLET, R., PECHOUX, J., et RANGHEARD Y., 1977: Structure de l'Ouest de la Sierra Nord de Majorque. *Séme Réunion Annuelle des Sciences de la Terre, Rennes*, 146 pp.
- COLOM, G., 1946: Los sedimentos Burdigalienses de las Baleares. *Estudios Geológicos*, 3: 32-112.
- COLOM, G., 1956: Los Foraminíferos del Burdigaliense de Mallorca. *Mem. Real Acad. Cien. y Art.*, 32 (5): 92-229.
- COLOM, G., 1967: Los depósitos lacustres, del Burdigaliense Superior de Mallorca. *Mem. R. Acad. Cien. Artes de Barcelona*, 3^a época, n^o 728, v. XXXVIII, 5: 327-395.
- COLOM, G., 1967 b: Les lacs de Burdigalien Supérieur de l'île de Majorque (Baléares) et le rôle des Mèlosires (Diatomées) dans la formation de leurs varves. *Bull. Soc. Geol. de France*, (7), IX: 835-843.
- COLOM, G., 1968: El Burdigaliense inferior, parálico, de la ladera Norte del Puig Mayor (Mallorca). *Mem. Real Acad. de Ciencias Exac. Fis. y Nat.*, (C), t. XXIV, 1, 44 pp.
- COLOM, G., et RANGHEARD, Y., 1973: Données nouvelles sur l'extension de niveaux lacustres dans des formations du Miocène inférieur de la Sierra Norte de Majorque (Baléares). *Ann. Scien. Univ. Besançon, Geologie*, 3. série, 18: 115-129.
- CRATI GROUP, (COLELLA, A., GABBIANELLI, G., RICCI LUCCHI, F., FERRIANI, A., and ROSSI, S.) 1981: The Crati Submarine Fan, Ionian Sea. A Preliminary Report. *Abstracts of I. A. S. 2nd Eur. Mtg.* Edit by: Valloni, R., Colella, A., Sonnino, M., Mutti, E., Zuffa, G.G., & Ori, G.G. Bologna, 34-39.
- ELTER, P., TREVISAN, L., 1973: Olistostromes in the Tectonic Evolution of the Northern Apennines. In: *Gravity & Tectonics*, K. A. de Jong & R. Scholten Wiley, New York, 175-188.
- FALLOT, P., 1914: Sur la tectonique de la Sierra de Majorque (Baléares). *C. R. Acad. Sc. Paris*, 158: 645-647.
- FALLOT, P., 1922: Etude géologique de la Sierra de Majorque. Thèse, Paris et Liège, *Béranger (ed.)* 481 pp., 214 fig., 18 pl.
- GARRIDO MEGIAS, A., 1973: Estudio Geológico y relación entre tectónica y sedimentación del Secundario y Terciario de la vertiente meridional pirenaica en la zona central. Tesis Doctoral, *Universidad de Granada*.
- HAIME, J., 1855: Notice sur la Geologie de l'île de Majorque. *Bull. Soc. Geol. de France*, (2), 12: 734-752, Paris.
- HERMITE, H., 1879: Etudes Géologiques sur les îles Baléares; Première partie Majorque et Minorque. Thèse, Paris. Traducción castellana en el *Bol. Com. Mapa Geol. de Esp.*, XV, Madrid, 1888.
- HOEDEMAEKER, Ph., J., 1973: Olistostromes and other delapsional deposits, and the region of Moratalla (Prov. of Murcia, Spain). *Scripta Geológica*, 19.
- JOHNSON, H. D., 1978: Shallow Siliciclastic Seas. In: *Sedimentary Environments and Facies*, H. G. Reading (Ed.), Blackwell Oxford, 207-257.
- LOWE, D. R., 1976: Grain flow and grain flow deposits. *J. Sedim. Petrol.*, 46: 188-199.
- MATAILLET, R., et PECHOUX, J., Etude géologique de l'Extremite Occidentale de la Sierra Nord de Majorque (Baléares, Espagne), *Thèse, Fac. Sci. et des Techniques de l'Univeristé de Franche-Comte*, n^o de orden 289.
- MIDDLETON, G. V., and HAMPTON, M. A. 1973: Sediment gravity flows-mechanics of flow and deposition. In: *Turbidites and deep-water sedimentation*, Soc. Econ. Paleont. Miner. Pacific Sed., Short Course Lecture Notes, Part 1: 1-38, Anaheim.
- MITCHUM, R. M., VAIL, P. R., and THOMPSON, S., 1977: Seismic Stratigraphy and Global Changes of Sea Level. In: *The Depositional Sequence as a Basic Unit for Stratigraphy Analysis, Part 2*, AAPG Tulsa Mem, 26, 516 pp.
- MUTTI, E., 1979: Turbidites et cones sous marins profonds. In: *Sedimentation Dérivée (Fluviatile Littoral et Marine)* P. Honewood (ed.), Inst. Geol. Univ. Fribourg, Suisse: 353-419.
- MUTTI, E. e RICCI LUCCHI, F., 1972: Le torbiditi dell'Appennino settentrionale: introduzione all'analisi di facies. *Mem. Soc. Geol. It.*, 11: 161-199.
- MUTTI, E. and RICCI LUCCHI, F., 1975: Turbidite Facies and Facies Associations. In: Examples of Turbidite Facies and Facies Associations from Selected Formations of Northern Apennines, E. Mutti, G. C. Parea, F. Ricci Lucchi, M. Sagri, G. Zanzucchi (eds.), 21-36.
- PETTIJOHN, F. J., POTTER, P. E. and SIEVER, R., 1972: Sand and Sandstone. *Springer-Verlag*, Berlín, New York, 618 pp.
- POMAR, L., 1976: Tectónica de Gravedad en los Depósitos Mesozoicos Paleógenos y Neógenos de Mallorca. *Boll. Soc. His. Nat. de Baleares*, XXI: 159-175, Palma de Mallorca.
- POMAR, L., 1979-82: La evolución Tectosedimentaria de las Baleares: Análisis Crítico. *Acta Geológica Hispánica*. Homenatge a Lluís Solé i Sabarís, 14: 293-310.
- POMAR, L., y COLOM, G., 1977: Depósitos de Flujo Gravitacional en el Burdigaliense de "Es Racó d'es Gall-Aucouassa" (Soller, Mallorca). *Bull. Soc. His. Nat. de Baleares*, XXII: 119-136.
- POTSMA, G., 1981: Sedimentology on a Mass Flow Dominated shallow marine Fan-Delta (Arioja Fm., Pliocene, Al-

- meria Basin, SE Spain). A depositional model. *IAS 2nd EUR. MTG. Bologna, 1981, Abstr., 148-151.*
- RICCI LUCCHI, F., 1975: Depositional Cycles in Two Turbidite Formations of Northern Appennines (Italy). *Jour. Sed. Petrology*, 45 (1): 3-43.
- RICCI LUCCHI, F., 1978: Turbidite Dispersal in a Miocene Deep-Sea Plain: The Marnoso-Arenacea of the Northern Appennines. In: *Key-notes of the MEGS-II (Amsterdam 1978) Geol. Mijnbouw.*, A. J. van LOON (ed.), 57: 559-576.
- RICCI LUCCHI, F., 1980: (2^a edic.): Sedimentología. *C.I.U.E.B.*, Bologna.
- RICCI LUCCHI, F., 1981: The Marnoso-Arenacea: A migrating turbidite basin "over-supplied" by highly efficient dispersal system. In: *Excursion Guidebook of IAS 2nd European Reg. Meeting*, Ricci Lucchi, F., (ed.), Bologna, Italy.
- SOLER, R., MARTINEZ DEL OLMO, W., MEGIAS, A. G. y ABEGER, J. A., 1980: Rasgos Básicos del Neógeno del Mediterráneo Español. *Com. IX Congr. Nac. Sedim. Salamanca oct. 1980*, Universidad de Salamanca (en prensa).

Recibido, Marzo 1983