

Cuadernos Geología Ibérica	Vol. 10	Págs. 55-115	Madrid 1986
----------------------------	---------	--------------	-------------

ESTRATIGRAFIA Y SEDIMENTOLOGIA  
DEL PALEOGENO CONTINENTAL DEL  
BORDE MERIDIONAL OCCIDENTAL  
DE LOS CATALANIDES  
(PROVINCIA DE TARRAGONA, ESPAÑA)

POR  
Ferrán COLOMBO \*

RESUMEN

En el nordeste de la Península Ibérica, Los Catalánides forman las principales alineaciones montañosas cercanas al Mediterráneo y se hallan constituidos por diversos tipos de materiales mesozoicos y paleozoicos que han sido afectados por diversos tipos de pliegues y cabalgamientos. La principal cuenca sedimentaria cenozoica de esta zona, la cuenca del Ebro, rellena sedimentariamente durante el Terciario, se halla delimitada por diversas cadenas montañosas, como los Pirineos al norte, la cadena Ibérica al sur y Los Catalánides al este, que constituyen su límite sudoriental.

Los materiales estudiados fueron depositados en las proximidades del margen sudeste de la cuenca del Ebro, cercanos o sobre el borde suroccidental de Los Catalánides. El basamento tenía una topografía muy irregular que controló la deposición de los materiales terciarios inferiores. Para realizar su estudio se hace necesario establecer algunas unidades litoestratigráficas nuevas que representan diversos tipos de medios sedimentarios y su respuesta sedimentaria a la actividad tectónica.

La *Formación Mediona* (ANADON, 1978) representa un medio de llanura fangosa (*mud flat*) sin influencias tectónicas claras.

El *Grupo Cornudella* representa el desarrollo de una sedimentación en un medio de llanura fangosa con sectores encharcados y evaporíti-

---

\* Dept. Estratigrafia i Geologia Històrica. Facultat de Geologia. Universitat de Barcelona. Gran Via, 585. 08007 Barcelona.

cos (Complejo de Ulldemolins), con algunas influencias fluviales y desarrollos lacustres muy importantes (Formación Morera).

El *Grupo Barberà* representa un medio sedimentario de llanura fangosa seca con desarrollos evaporíticos y algunas zonas encharcadas (Formación Sarral). Corresponde a sectores distales de abanicos aluviales (Formación Sant Miquel), de los que esporádicamente se reciben algunas influencias terrígenas gruesas.

El *Grupo Scala Dei* representa el desarrollo de unos abanicos aluviales muy importantes con facies proximales (Formación Montsant) y facies intermedias (Formación Margalef) bien delimitadas. En las zonas distales-marginales del sistema de abanicos aluviales se desarrollan franjas de facies fluviales (Formación Flix) y de facies de llanura fangosa con alguna influencia fluvial (Formación Blancafort).

Las *unidades superiores* se hallan constituidas por varias unidades con nomenclatura formal (Formación Fatarella) e informal (Unidad Cuesta de Fraga). Estas unidades pueden representar sedimentación lacustre (Formación Talladell, Formación Fatarella, Unidad Torrente de Cinca) y sedimentación en llanuras fangosas (Unidad Cuesta de Fraga).

Relacionadas con las sucesiones litoestratigráficas y bioestratigráficas, que han sido estudiadas detalladamente, se propone una nueva escala litoestratigráfica y cronoestratigráfica para los materiales terciarios estudiados en esta zona.

Durante el Paleógeno, y en esta zona, se desarrollaron diversos sistemas sedimentarios. La Fm. Mediona, situada sobre el basamento, corresponde al primer (núm. 1, Fig. 7) sistema representado por un medio de llanura fangosa con zonas lacustres-palustres, sin una definición del borde de cuenca durante el Paleoceno. El Grupo Cornudella también representa un sistema deposicional (núm. 3, Fig. 7) con una sedimentación general en una llanura fangosa muy extensa seca y localmente encharcada, sin una importante influencia terrígena procedente de la actividad del borde de cuenca que empieza a concretarse en áreas alejadas de su actual posición. Esto se efectuaría durante un Eoceno inferior y medio. El Grupo Barberà representa un sistema deposicional (núm. 4, Fig. 7) similar, pero con la particularidad de que su unidad principal corresponde a las zonas distales de unos abanicos aluviales que representan ya la definición de un borde de cuenca claro. Esto se efectuaría durante un Eoceno medio-superior. El sistema deposicional (núm. 5, Fig. 7) del Grupo Scala Dei corresponde al desarrollo de grandes abanicos aluviales como respuesta sedimentaria a importantes movimientos tectónicos en el borde de cuenca que empieza a dibujarse bien durante un Eoceno medio y prosigue con su actividad tectónica hasta la base de un Oligoceno superior. Las facies lacustres de las unidades superiores constituyen otro sistema deposicional (núm. 6,

Fig. 7) en áreas más centrales del sector oriental de la cuenca del Ebro. En algunos casos existen expansiones lacustres aisladas desde las áreas más centrales hacia los bordes de la cuenca, como es el caso de la Fm. Fatarella en las inmediaciones de Bot, que representan varios períodos de una baja actividad tectónica durante el Oligoceno superior-Mioceno inferior. También pueden haber indentaciones con otros sistemas deposicionales. La Fm. Caspe (con su origen, procedente del sudeste, de la cadena Ibérica) representa la expansión septentrional en esta zona del sistema deposicional del Guadalupe-Mataranya. En un sentido similar, la Fm. Urgel (con influencias parciales pirenaicas) representa probablemente y en algunos casos la expansión meridional de un sistema deposicional procedente del Pirineo.

Durante el Paleoceno los márgenes orientales de la cuenca del Ebro no estaban definidos, posteriormente el basamento quedó fracturado durante el Eoceno inferior-medio y se crearon varias cuencas sedimentarias de pequeño tamaño, de manera que la sedimentación quedó influenciada por las irregularidades topográficas del basamento. Luego se definió un borde de cuenca durante el Eoceno medio-superior, con actividad tectónica diferente según los sectores. Así la actividad tectónica se desarrolló al principio y localmente en un sector cercano a la zona de Montblanc; posteriormente, y con carácter general, esa actividad tectónica se hizo patente a lo largo de todo el borde oriental de la cuenca del Ebro, entre las localidades de L'Espluga de Francolí y Gandesa, durante el Eoceno medio-Oligoceno superior. Finalmente, la actividad tectónica decrece y las unidades lacustres adquieren gran entidad y se expanden hacia zonas marginales.

Asociadas al borde sudoriental de la cuenca del Ebro existen diversas cuñas sedimentarias de granulometría muy gruesa (Grupo Scala Dei) que muestran varios tipos de discordancias sintectónicas angulares y progresivas como respuesta sedimentaria a la actividad tectónica en esta zona.

## ABSTRACT

The Catalanian sector of the northeastern area of the Iberian is characterised by the presence of the Catalanian Coastal Ranges (Los Catalánides) as the main structural fact near the Mediterranean sea. The ranges are constituted by several kinds of folded and overthrust Mesozoic and Paleozoic materials.

The main Cainozoic sedimentary basin in this area is the Ebro basin filled with tertiary sediments. This basin is surrounded by several types of mountain ranges: The Pyrenees to the North, the

Iberian chain to the South and the Catalonian Coastal Ranges to the East, which forms its Southeastern margin.

The studied materials were deposited during the Paleogene time in the Southeastern margin of the Ebro basin, near or on the borders of the Catalonian Coastal Ranges. The basement had a rugged topography which controlled the deposition of low tertiary sediments. For study them I established some new stratigraphical units which represents several kinds of sedimentary environments and their sedimentary response to tectonic activity.

The *Mediona Fm.* (ANADON, 1978) represents a mud flat environment without tectonic influences.

The *Cornudella Group* represents the development of ponded mud flat environment with some evaporitic (Ulldemolins Complex) and lacustrine (Morera Fm.) areas. The *Barberà Group* represents the development of a mud flat environments (Montblanc Fm.) with ponded and lacustrine areas (Sarral Fm.) located in some distal sectors of alluvial fan bodies (Sant Miquel M. Fm.).

The *Scala Dei Group* represents the development of proximal facies (Montsant Fm.) and mid fan (Margalef Fm.) facies of important alluvial fan bodies. A fluvial fringe facies was developed (Flix Fm.) and also a mud flat-fluvial facies (Blancafort Fm.) in the marginal-distal areas of alluvial fan system.

The *Upper Units* area constituted by several units with formal (for ex. Fatarella Fm.) and informal nomenclatures. These units represents lacustrine sedimentation (Talladell Fm., Fatarella Fm. and Torrente de Cinca Unit), fluvial sedimentation (Urgell Fm. and Caspe Fm.) and mud flat sedimentation (Cuesta de Fraga Unit).

Related with detailed studied lithostratigraphic and biostratigraphic successions, a new lithostratigraphic and chronostratigraphic scale has been proposed for this areas.

Several depositional systems during the Paleogene were developed in this area.

The *Mediona Fm.*, above the basement, represents the first Depositional (n.º 1, Fig. 7) system as a mud flat environment with palustrine-lacustrine areas, without basin border definition.

The *Cornudella Group* as a depositional (n.º 3, Fig. 7) system represents a general deposition characterised by a large dry and locally ponded mud flat environment, whose terrigenous influences of the basin border activity is nonexistent. This development would have been during early and middle Eocene time.

The *Barberà Group* as other depositional system (n.º 4, Fig. 7), represents the deposition of dry and locally ponded mud flat sediments located in the distal parts of some clastic alluvial fan bodies developed during the middle and late Eocene time.

Other depositional system (n.º 5, Fig. 7) is the Scala Dei Group which represents the great development of main alluvial fan bodies related to important tectonic movements of the basin border. This development took place from middle Eocene to middle-late Oligocene time.

The lacustrine facies of the Upper Units constitute other depositional (n.º 6, Fig. 7) system in more central areas of the eastern sector of the Ebro basin. In some cases there are isolated lacustrine expansions from central areas to the basin border—as the Fatarella Fm.—near Bot area. This deposits represents several lower tectonic activity periods of the border during late oligocene-early Miocene time. Interfingering with other depositional systems can be noted. The Caspe Fm. (with south eastern origin, near the Iberian chains represents the northern expansion in this area of the Guadalopc-Matarranya Depositional system. On a similar way, the Urgel Fm., partially influenced by the Pyrenean chain represents probably and in some cases the southern expansion of a Pyrenean origin system.

During the Paleocene the eastern margins of the Ebro basin wasn't defined. During lower-middle Eocene the basement has been fractured and several small basins were created, and the sedimentation was influenced by these topographical irregularities of the basement. During middle-late Eocene a basin border was defined and the tectonic activity wasn't the same all along the margin. Therefore, the tectonic activity was locally developed near the Montblanc and with a general feature along the entire south eastern Ebro basin margin between the localities of L'Espuga de Francolí and Gandesa during the middle Eocene-late Oligocene. Finally the tectonic activity decreases and the lacustrine units start to gain an important expansion toward the marginal areas.

Associated with south Eastern Ebro Basin margin there are some coarse clastic wedges (Scala Dei Group) with several kinds of angular and progresive syntectonic unconformities as the sedimentary response to tectonic activities in this area.

## INTRODUCCION

En este trabajo se estudian los materiales del Terciario inferior en facies continental que se hallan situados a lo largo del borde sudoccidental de Los Catalánides (LLOPIS, 1947) que configuran de una manera notable la orografía catalana con una alineación más o menos paralela a la actual línea de costa. Los materiales estudiados se hallan localizados en la zona de contacto entre Ios Catalánides y la cuenca del Ebro en la porción meridional de la provincia de Tarragona. En

concreto se han estudiado los materiales que afloran sin solución de continuidad por más de 80 km aproximadamente entre las transversales de Montblanc al N y de Horta de San Joan al S (Fig. 1). Además, el estudio también se ha extendido hacia áreas situadas más hacia el interior de la cuenca del Ebro, debido a que algunas unidades estratigráficas se hallan bien representadas en esos sectores.

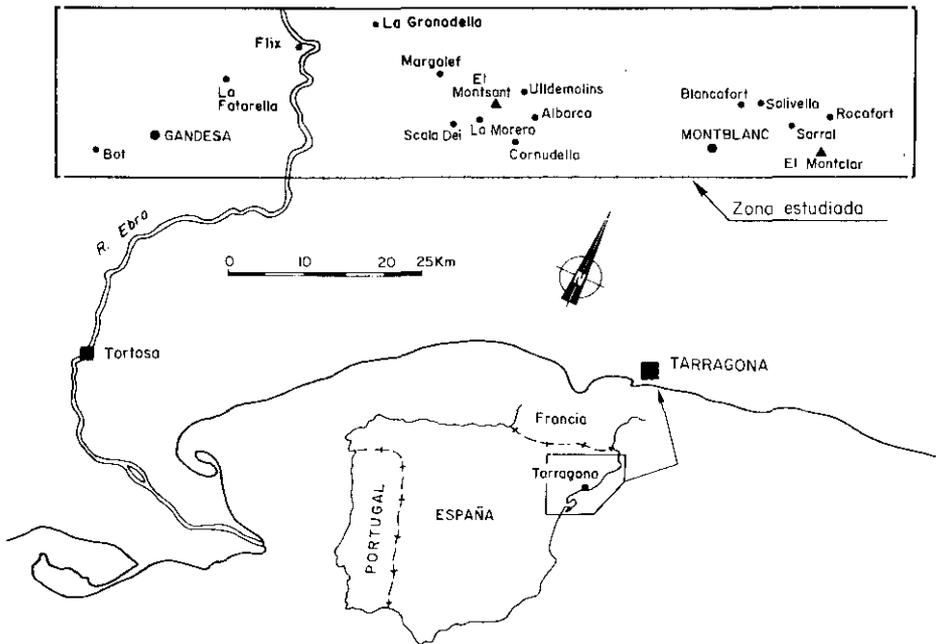


FIG. 1.—*Situación geográfica del área estudiada.*

FIG. 1.—*Geographical setting of the studied area.*

Se presentan diversas unidades litoestratigráficas para las que se propone una definición formal. Esta se ha establecido atendiendo a criterios esencialmente genéticos y deposicionales además de los criterios descriptivos clásicos.

En algunos de los gráficos en los que se muestra la distribución de las diversas unidades estudiadas, se han colocado sobre una misma vertical algunas de las unidades que se hallan algo alejadas entre sí, pero que, a nuestro criterio, muestran las equivalencias estratigráficas propuestas (Fig. 6).

Los datos aquí presentados corresponden en parte a resultados del trabajo de mi tesis doctoral y estudios posteriores sobre esta zona

(ALLEN *et al.*, 1983; CABRERA, COLOMBO y ROBLES, 1985; ANADON *et al.*, 1986...). Algunos de los datos bioestratigráficos han sido extraídos de trabajos actualmente en curso que se están efectuando en colaboración con P. Anadón, L. Cabrera y A. Sáez.

En este artículo se hace un gran hincapié en el análisis estratigráfico de las diversas unidades definidas, así como en el significado sedimentológico de las mismas como correspondientes a diversos medios sedimentarios agrupados en los diferentes sistemas deposicionales desarrollados principalmente durante el Paleógeno en el sector estudiado.

Se hacen también unas consideraciones generales en las que se asocian los diversos movimientos tectónicos que afectan al área fuente y su respuesta sedimentaria.

## UNIDADES LITOSTRATIGRAFICAS

El análisis sedimentológico de los materiales estudiados implica la necesidad de establecer la definición y nomenclatura estratigráfica formal de las diversas unidades en las que se han subdividido.

Esquemáticamente, a partir de los materiales paleozoicos y mesozoicos que constituyen el substrato preterciario, hacia el W y de base a techo hemos distinguido la *Formación MEDIONA*, el *Grupo CORNUDELLA*, el *Grupo SCALA DEI*, el *Grupo BARBERA* y las denominadas *Unidades Superiores*. Hay que tener en cuenta que estas unidades no se hallan exactamente superpuestas entre sí, sino que pueden llegar a mostrar importantes cambios laterales e indentaciones de unas con otras.

Las diversas unidades litoestratigráficas aquí consideradas se han definido atendiendo a criterios litológicos y a criterios de «sistema deposicional» o «asociación de facies» ampliamente divulgados en la literatura geológica al uso.

Ante todo, hay que hacer algunas consideraciones acerca de las unidades litoestratigráficas estudiadas.

*Fm. Mediona*, estudiada ampliamente por FERRER, 1971, y ANADON, 1978, se halla sobradamente justificada.

*Fm. Orpí*, descrita y razonada ampliamente por los autores anteriormente citados, se halla mal representada en la zona estudiada. Sólo se ha detectado en las inmediaciones de la localidad de Cabra del Camp, donde constituye una prolongación meridional de los materiales marinos existentes en la localidad tipo de la población de Orpí. En la transversal de Barberà existen unos pequeños niveles que se le puede atribuir, pero en la zona de Montblanc ya ha desaparecido por completo.

*Grupo Cornudella*. Unidad que se define por vez primera y que tiene por objetivo el de agrupar los materiales continentales que afloran ampliamente en el área estudiada y que constituyen los equivalentes meridionales de la Fm. Orpí y del Grupo Pontils (ANADON, 1978), definidos más hacia el NE. La definición del Grupo Cornudella se halla justificada por el hecho de que en el área de Cornudella no existen los materiales marinos de la Fm. Orpí, por lo que se hace difícil la separación entre sus equivalentes continentales y la Unidad de Mediona. Asimismo, y al no existir una continuidad lateral neta, se hace difícil establecer los equivalentes exactos meridionales de los tramos distinguidos en el área tipo del Grupo Pontils.

El *Grupo Barberà*, también de nueva definición, corresponde a los materiales continentales que constituyen los equivalentes meridionales de los materiales marinos del Grupo Santa María, ampliamente representado en la zona de Igualada (ANADON, 1978).

El *Grupo Scala Dei*, equivalente al menos en parte al anteriormente mencionado, corresponde a los materiales continentales que se hallan ampliamente representados entre las transversales de Montblanc y Horta de Sant Joan. Muestra variaciones importantes de potencias y de litologías principales.

Con el nombre genérico e informal de *Unidades Superiores* se han designado los materiales que con una gran extensión lateral se distribuyen sin solución de continuidad hacia sectores más occidentales de los aquí estudiados. Hemos definido formalmente una Unidad (*Formación Fatarella*) que constituye el techo de los materiales estudiados que, si en esta zona son claramente paleógenos, más hacia el W pueden llegar a ser neógenos.

En la zona estudiada, comprendida entre las transversales de Capra del Camp al N y de Horta de Sant Joan al S, los materiales paleógenos se apoyan sobre diversos tipos de substratos.

En la porción septentrional comprendida entre Cabra del Camp y Montblanc el substrato corresponde a materiales triásicos en facies germánica con las tres unidades litoestratigráficas clásicas sobre las que se apoyan los materiales paleógenos. El contacto se efectúa discordantemente sobre los materiales lutíticos y dolomíticos del Keuper. Localmente también pueden reposar sobre los carbonatados y dolomíticos del Muschelkalk superior.

En la porción central, comprendida entre las localidades de Montblanc y Scala Dei, el substrato corresponde a materiales paleozoicos del Priorat, datados como del Carbonífero (SAEZ, 1986). El contacto se halla mecanizado y en algunos sectores (Poblet) existen restos pinzados de materiales del Buntsandstein. Litológicamente, los materiales paleozoicos corresponden a alternancias de lutitas y areniscas con escasos niveles carbonatados intercalados. Los tramos de lutitas tam-

bién se hallan representados, aunque se presentan muy esporádicamente.

En la porción meridional, comprendida entre Les Vilelles y Horta de Sant Joan, el substrato corresponde a materiales mesozoicos desde triásicos a cretácicos superiores.

La disposición y geometría de algunas de las unidades paleógenas estudiadas parecen indicar que se han depositado rellenando depresiones y hoquedades que habían sido prefiguradas durante la actividad tectónica preterciaria y correspondiente probablemente a episodios tectónicos desarrollados durante el Cretácico superior.

En principio la Fm. Mediona, representada por unos materiales en facies similares a los de la localidad tipo, había sido incluida en el Grupo Cornudella debido a la aparente continuidad sedimentaria existente entre ambas unidades y sobre todo a la similitud de facies que presentan en algunos sectores. Posteriormente, al analizar el tipo y significado del relleno del sector oriental de la cuenca del Ebro, que corresponde al área que aquí se estudia, se ha visto que la Fm. Mediona tiene una entidad propia y merece ser destacada individualmente.

#### FORMACIÓN MEDIONA

La Formación Mediona fue estudiada como Nivel por FERRER (1971) y elevada al rango de Formación por ANADON (1978).

#### *Características*

Se halla constituida principalmente por lutitas rojas, entre las que se intercalan niveles carbonatados y muy esporádicamente algunos materiales arenosos de escasa potencia y entidad.

Las lutitas son predominantemente illíticas y subordinadamente caoliniticas. Tienen una coloración rojo salmón que localmente se ve afectada por diversos tipos de coloraciones grisáceas que generalmente van asociadas a algunas intercalaciones carbonatadas. Muestran diversos tipos de nódulos, concreciones y costras que corresponden a diversos tipos de paleosuelos desarrollados sobre estos materiales durante los periodos de intervalo en la sedimentación.

Existen intercalaciones carbonatadas, localmente muy importantes que muestran características de *mudstones* en algunos lugares y de calizas intensamente pisolitizadas en otros, pasando por diversos estadios intermedios. Los restos de fauna asociada parecen implicar que se han depositado en un medio dulceacuícola correspondiente a lagos más o menos estables en los que se podían desarrollar amplias zonas

colonizadas por la vegetación. Esta sería la responsable de la pisolitización de gran parte de los materiales carbonatados.

Asociadamente existen restos de fauna de gasterópodos bulimoides (*Vidaliella gerundensis*) que parecen indicar que esta unidad se depositó durante un Tanaciense medio-superior, sin que sea posible, por el momento, una mayor precisión al respecto.

En las lutitas, y relacionadas con algunos niveles carbonatados, existen construcciones algales oncolíticas de pequeño tamaño. Se caracterizan por presentar diversos núcleos de crecimiento que varían entre fragmentos de areniscas y restos de caparazones de gasterópodos bulimoides. Presentan como una característica importante el que se hallan afectados por unas perforaciones tipo «boring» originadas por la acción de algunos poliquetos tipo *Caobangia* (COLOMBO, 1980). Además, localmente también se hallan afectados por la actividad cariante de las colonias de *Microcodium*.

El clima en el que debían crecer los oncolitos debía ser cálido y húmedo, similar al existente en el sudeste asiático, y donde también son comunes las perforaciones por la acción de *Caobangia*.

Muy esporádicamente aparecen cuerpos terrígenos más o menos lenticulares constituidos por areniscas silíceas con cemento carbonatado. Corresponden a cursos fluviales relativamente estables en los que pueden llegar a seleccionarse los materiales finos relativamente bien.

### *Génesis*

Esta Unidad parece haber sido sedimentada aprovechando la paleotopografía resultante de los movimientos tectónicos preterciarios, realizados muy probablemente hasta el Cretácico superior en la zona estudiada. Ello implica unas claras variaciones de potencia en las series, así se varía desde unos 30 m de potencia en la zona de La Morera del Montsant hasta llegar a desaparecer casi por completo en la zona de Ulldemolins, distante de la anterior unos 15 km.

La sedimentación parece tranquila, con desarrollo de llanuras fangosas (*mud flats*) localmente importantes, en las que hacen acto de presencia paleosuelos de diversos tipos. Los lagos y lagunas son también localmente muy importantes y muestran una evolución vertical con amplias variaciones en cuanto a la colonización por vegetales. Esta sedimentación corresponde por lo general a una zona tranquila lejos de las influencias de alguna actividad tectónica asociada al borde de cuenca en esa época.

Los esporádicos tramos arenosos más o menos canaliformes empiezan a manifestar, hacia las partes más altas de esta Unidad, una cierta reactivación tectónica en el borde de cuenca, en el sentido, pro-

bablemente, de un acercamiento del mismo hacia situaciones similares a las que ocupa en la actualidad.

#### GRUPO CORNUDELLA

Corresponde a varias unidades continentales relacionadas genéticamente entre sí, que se hallan situadas bajo los materiales del suprayacente Grupo Scala Dei, y sobre la Formación Mediona cuando ésta se halla presente, y directamente sobre el substrato preterciario cuando sucede lo contrario.

Recibe la denominación de la localidad de Cornudella que se halla situada sobre los materiales de esta Unidad. En sentido ascendente, corresponde al Complejo de Ulldemolins, situado en la base de esta Unidad, y que se denomina de esa manera debido a la gran complejidad que muestran los cambios laterales y verticales de las diferentes litologías que lo componen. Encima se halla localizada la Formación Calizas de la Morera del Montsant, constituida predominantemente por calizas pisolíticas y algunos niveles de lutitas sobre los que se localiza el suprayacente Grupo Scala Dei.

Anteriormente (COLOMBO, 1980) se intentó la definición formal de otra unidad litoestratigráfica situada sobre el Complejo de Ulldemolins y bajo la Fm. Morera. Esa Unidad (Albarca), constituida principalmente por materiales arenosos y aun conglomeráticos, carece de la entidad estratigráfica que se le supuso en su momento, y por ello actualmente la consideramos como correspondiente al Complejo de Ulldemolins, del que constituye, en el área de Montsant, el término estratigráficamente más alto.

El Grupo Cornudella, que es al menos equivalente en parte al Grupo Pontils (ANADON, 1978), no se ha asimilado al mismo debido a que presenta algunas diferencias estratigráficas importantes. Así el Grupo Pontils se halla situado sobre la Formación Orpí, marina, que a su vez se halla colocada sobre la infrayacente Formación Mediona, y por debajo de los materiales marinos del Grupo Santa María (ANADON, 1978). Por otro lado, el Grupo Cornudella se halla situado directamente sobre la infrayacente Formación Mediona debido a que la Formación Orpí se ha ido acuñando en dirección a la zona de Montblanc y ha desaparecido en la mayor parte del área estudiada. Además, el Grupo Cornudella se halla limitado por la parte más alta por los materiales continentales del Grupo Barberá, en la zona de Montblanc y por los materiales continentales del Grupo Scala Dei en los otros sectores estudiados. Así y todo el Grupo Cornudella puede tener un significado sedimentario parecido al del Grupo Pontils.

## Complejo de Ulldemolins

Se propone el término de *Complejo de Ulldemolins* como unidad litoestratigráfica formal con rango de Formación, para designar los materiales continentales terciarios localizados en la zona del Montsant y aledaños, y situados entre la infrayacente Formación Mediona y el suprayacente Grupo Scala Dei.

La utilización de la denominación de «Complejo» queda justificada por el hecho de que la perseverancia lateral de los diversos litotipos y de los niveles caracterizados por un litotipo concreto, es bastante compleja. Se observa una amplia variabilidad tanto en los términos litológicos como en sus equivalencias laterales y verticales, con abundantes interdigitaciones de diverso orden y entidad.

La denominación proviene de la localidad de Ulldemolins, que se halla ubicada sobre unos niveles evaporíticos de esta Unidad. El corte tipo se ha efectuado por la transversal de Ulldemolins, donde con una potencia total del orden de unos 200 m, pueden distinguirse (Fig. 2) un tramo basal carbonatado, un tramo inferior evaporítico, un tramo medio carbonatado, un tramo superior evaporítico y un tramo terminal terrígeno arenoso y localmente conglomerático.

En la transversal de Albarca, con una potencia de unos 235 m, muestra, sobre un substrato muy irregular, un tramo basal evaporítico que intercala unos niveles terrígenos arenosos, un tramo medio car-

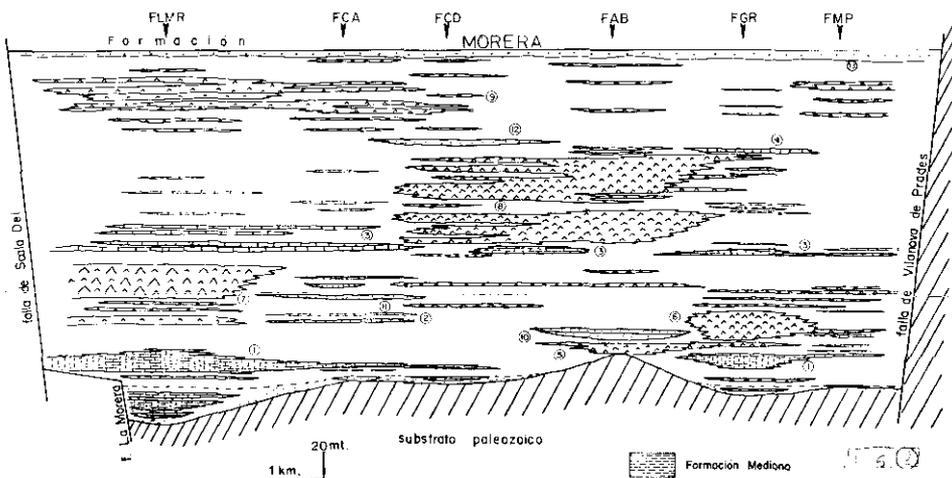


FIG. 2.—Complejo de Ulldemolins. Distribución de los principales litotipos. Las siglas corresponden a perfiles estratigráficos concretos.

FIG. 2.—Ulldemolins Complex. Lithotypes general distribution. Several stratigraphic sections can be noted (FCD, FAB...).

bonatado con una entidad muy escasa y un tramo superior evaporítico entre el que se intercalan esporádicos niveles terrígenos arenosos. Finalmente, el tramo terminal se halla construido por unos niveles terrígenos arenosos de una gran extensión lateral.

En la transversal de La Morera del Montsant, con una potencia del orden de unos 305 m, se pueden distinguir unos tramos bastante similares a los descritos para la zona de Ulldemolins.

Tal como se puede apreciar en la Fig. 2, existen diversos litotipos bien diferenciados entre los que destacan los carbonatos, los evaporíticos, los arenosos y englobando al conjunto diversos tipos de tramos lutíticos.

Los litotipos carbonatados son: calizas micríticas inferiores (1), calizas lutíticas (calcisiltitas) con fauna representativa y alternantes con niveles lutíticos (2), calizas micríticas superiores (3) con algunos niveles calcisiltíticos e intercalaciones lutíticas, y alternancia de calcisiltitas y calizas micríticas con alguna intercalación lutítica muy importante hacia la parte superior (4).

Existen varios tramos yesíferos muy similares entre sí y localizados en diferentes posiciones estratigráficas: niveles yesíferos basales (5), yesos inferiores (6), yesos masivos medios (7), yesos superiores (8) y yesos terminales (9), con algunas intercalaciones lutíticas que pueden llegar a mostrar algunos cristales selenoides.

Subordinadamente existen niveles detríticos terrígenos predominantemente arenosos: areniscas basales (10), areniscas medias con algunas intercalaciones lutíticas (11), areniscas superiores (12) y areniscas terminales (13).

En estrecha relación con los litotipos descritos más arriba, existen niveles lutíticos localmente muy potentes, que se hallan asociados a algunos de esos litotipos mediante relaciones de indentación y cambio lateral transicional u erosivo.

*Niveles carbonatados:* Los materiales carbonatados mejor representados se hallan localizados hacia la parte inferior de esta Unidad (Fig. 2, n.º 1). Se trata de *mudstones* carbonatados con restos de organismos, localmente abundantes (gasterópodos, ostrácodos, carófitas...) y generalmente muy recristalizados. Pueden presentar nódulos y vetillas de sílex localmente importantes. Cuando los materiales carbonatados se hallan próximos a niveles evaporíticos muestran pseudomorfos de calcita correspondientes a antiguos cristales lensoides de yeso.

Los niveles carbonatados muestran una textura y fábrica primarias deposicionales, aunque existen lugares en los que se pueden apreciar algunas modificaciones posteriores. Se trata pues de materiales carbonatados depositados en zonas lacustres estables con lámina de agua

semi permanente que posibilita la preservación de materia orgánica, en forma de intraclastos y láminas, mediante la permanencia de condiciones sedimentarias reductoras.

Lateral y verticalmente algunos niveles carbonatados muestran trazas muy abundantes de bioturbación verticalizada generada muy probablemente por la acción de diversos tipos de vegetación.

La instalación de una franja vegetal alrededor de esos lagos ocasiona la presencia de calizas de tipo palustre caracterizadas tanto por la acusada bioturbación verticalizada como por un variado tipo de modificación pedogenética que origina la pisolitización de sus materiales.

Estos materiales parecen haber sido depositados en un medio sedimentario en el que predominan las zonas lacustres con deposición de materiales carbonatados (*mudstones*) en unas condiciones climáticas y de permanencia temporal que permitirían la vida de los organismos límnicos, animales y vegetales, con alguna esporádica presencia de macro y micromamíferos. Localmente algunos de los tramos carbonatados se depositan en condiciones de lagunas evaporíticas con indentaciones laterales de yesos y cherts.

*Niveles yesíferos:* Se hallan localizados en diversas posiciones estratigráficas dentro de la Unidad. Se trata de varios litotipos entre los que destacan los niveles lutíticos con nódulos centimétricos y decimétricos de yeso, así como algunos niveles en los que son muy abundantes los cristales selenoides. Además, y son los niveles estratigráficamente más potentes, existen tramos yesíferos masivos formados por yesos laminados, entre los que existen diversos tipos de cherts y niveles formados por nódulos de grandes dimensiones. De una manera muy espirádica y asociados a los tramos de yesos con cherts, existen indentaciones de unos pequeños niveles carbonatados y dolomíticos que constituyen tránsitos laterales locales. Además, existen nódulos alabastrinos de diverso tamaño incluidos en los materiales lutíticos. Aunque no son muy abundantes, también se hallan presentes los niveles laminados de yeso que muestran algunos porfiroblastos de yeso con carácter bastante relicto.

Originariamente parece que hubo unos procesos de sedimentación en los que habría una deposición de Anhidrita que al ir creciendo en el seno de las lutitas daría lugar a la formación de pequeños nódulos alabastrinos. Por compactación y agrupación de esos nodulillos, se formarían las texturas en forma de tela metálica (*chicken wire*), muy características de algunos niveles. Los cherts, que son de la variedad Calcedonia, muestran algunos relictos de Anhidrita, por lo que su génesis parece estar íntimamente ligada entre sí. Se precipitarían a favor de las aguas que lavan los ácidos húmicos existentes en las áreas

fuentes mesozoicas y paleozoicas. La deposición de esos materiales yesíferos se realiza en una zona en la que se hallan asociados a la sedimentación lutítica predominante.

Así los pequeños nódulos centimétricos crecen en el interior de las lutitas a las que van desplazando paulatinamente, y generalmente por encima del nivel freático general.

Parece que la sedimentación corresponde a una zona de llanura lutítica (*mud flat*) con diversos episodios de humectación y desarrollo de algunas zonas encharcadas en las que episódicamente se depositan niveles carbonatados con restos de fauna límnic, asociados a niveles evaporíticos desarrollados en períodos de desecación generalizados. Durante los últimos se desarrollan diversos tipos de nódulos en el seno de las lutitas a expensas del descenso del nivel freático.

*Niveles arenosos:* Existen diversos tipos de materiales arenosos, constituidos predominantemente por arenitas silíceas que pueden tener cemento carbonatado. De una manera un tanto irregular, aparecen cuerpos arenosos en los que todos los elementos son carbonatados. Geométricamente existen tanto los tramos lenticulares y de poca extensión lateral, como los tabulares y de gran extensión lateral.

Entre los lenticulares cabe destacar los cuerpos que muestran una distribución granulométrica granodecreciente, lo que unida al decrecimiento vertical de la importancia y entidad de las estructuras sedimentarias primarias, sugiere que han sido depositados mediante cursos fluviales en los que la abundancia y permanencia de la escorrentía acuosa era considerable. Estos materiales, que además se pueden encontrar asociados lateral y verticalmente a niveles tabulares de escasa entidad y gran extensión lateral, sugieren la existencia de canales fluviales por los que circulaban los materiales terrígenos en régimen tractivo, del que los niveles lenticulares corresponderían al relleno de los canales y los tramos tabulares corresponderían a los períodos de desbordamiento y expansión lateral.

Por otro lado, cabe destacar el que los niveles tabulares de gran extensión lateral y potencia unitaria de algunos metros, muestran cicatrices oblicuas de gran escala que afectan a toda la potencia de los niveles arenosos. Además, existe una clara ordenación vertical granodecreciente y las diversas estructuras sedimentarias primarias también van disminuyendo de altura y entidad. Por tanto, esos materiales arenosos parecen depositados mediante el concurso de corrientes acuosas lo suficientemente estables como para seleccionar el material terrígeno y ordenar secuencialmente las estructuras sedimentarias tanto verticalmente como a tenor de las cicatrices oblicuas de gran escala. Se trata, por tanto, de cursos fluviales con capacidad para migrar lateralmente

en el seno de los materiales lutíticos de su llanura de inundación y de formación de barras de meandro.

*Niveles lutíticos:* Las lutitas se hallan constituidas predominantemente por illita y caolinita y muy esporádicamente por montmorillonita. Además, muestran, cuando ello es posible, una laminación paralela y casi horizontal resaltada texturalmente por la presencia de algunas intercalaciones limosas y de arenitas muy finas. Su génesis parece ligada a fenómenos de decantación repetitivos y procedentes de las aguas fangosas desbordadas de los canales funcionales.

Tanto la illita como la caolinita son heredadas y pueden proceder del desmantelamiento erosivo de los materiales del área fuente mesozoica y aun paleozoica. Por el contrario, la montmorillonita sería de neoformación, formándose autigénicamente en un medio alcalino con abundancia de calcio y magnesio, y en condiciones de drenaje deficiente. Las condiciones climáticas corresponden a un clima árido o semiárido con posibles zonas encharcadas esporádicas muy localizadas y de reducidas dimensiones.

### *Génesis*

El complejo de Ulldemolins se ha formado en una zona con gran predominio de la sedimentación lutítica asociada a la evaporítica y carbonatada. Esto puede corresponder a un sistema de llanuras lutíticas con zonas permanentemente encharcadas en las que puede desarrollarse una sedimentación carbonatada lacustre con desarrollo local de aureolas palustres más o menos extensas. En otras zonas, que pueden coexistir tanto en el espacio como en el tiempo con las anteriores, existen encharcamientos esporádicos con desarrollo de depósitos evaporíticos más o menos asociados a algunos niveles carbonatados dolomíticos y escasos nódulos y vetillas de cherts. Estos pueden haberse depositado por sobresaturación y también mediante la ayuda de algunos tipos de bacterias que actúan como catalizadores.

De una manera dispersa se encuentran tramos arenosos asociados a procesos de escorrentía acuosa escasa, correspondientes a períodos de descarga acuosa episódica a favor de cursos con un gradiente bastante alto. Por otro lado, son comunes los tramos arenosos que corresponden a la construcción de diversas barras de meandro y que reflejan el carácter tanto de una descarga acuosa importante y continuada como la capacidad de migración lateral de estos cursos acuosos en su llanura de inundación y con un gradiente muy bajo.

Hasta el momento la deposición de los materiales ya enunciados evidencia la deposición en un sistema de llanuras fangosas, existentes

en un área alejada de posibles influencias tectónicas y en un clima que de una manera repetitiva en el tiempo daría lugar a desarrollo de materiales evaporíticos en superficie y materiales evaporíticos en el seno de las lutitas mediante procesos de bombeo evaporítico ligados a periodos de desecación y humectación repetitivas. Finalmente, esa tranquilidad sedimentaria parece que empieza a no ser tal a medida que los niveles arenosos más altos muestran clastos en su interior, dándoles un aspecto de areniscas conglomeráticas. Estas serían movilizadas mediante cursos fluviales con características meandriformes, pero con una gran cantidad de carga de fondo. Esta idea también queda corroborada por la presencia de clastos de sílex procedentes de la erosión de los niveles de yesos inferiores.

### **Formación Morera del Montsant**

Se propone la denominación de *Formación Calizas de la Morera del Montsant*, para agrupar los materiales predominantemente carbonatados que se hallan situados en la parte más alta del Grupo Cornudella y debajo de los materiales basales del Grupo Scala Dei. Recibe la denominación de la población del mismo nombre que se halla localizada sobre esos materiales carbonatados en el área del Montsant. Los cortes tipos se han efectuado en la transversal de La Morera del Montsant, donde tiene una potencia de unos 70 metros, en la transversal de Albarca con una potencia de unos 85 metros y en la transversal de Ulldemolins con una potencia de unos 80 metros. Esta Formación muestra una buena continuidad lateral y aflora durante unos 20 kilómetros entre las localidades de Vilanova de Prades y Cabassers, en la zona del Montsant. Hacia los sectores septentrionales del área de Montblanc existe una cierta continuidad lateral y de equivalencia con la Formación Bosc d'en Borràs (ANADON, 1978), con la que muestra similitudes estratigráficas y de la que sería su equivalente meridional.

Los materiales corresponden a calizas micríticas (*mudstones*) amarillentos y rosados, entre los que se intercalan algunos niveles lutíticos y calcisiltíticos localmente potentes. Se hallan organizados secuencialmente en varios términos que se repiten tanto vertical como lateralmente. Hay que tener en cuenta que la textura sedimentaria primaria de estos materiales correspondería a *mudstones* predominantes entre los que se intercalan algunos niveles intraclásticos de escasa entidad. Esto, unido a los restos de fauna límnic (gasterópodos, ostrácodos, carófitas...) que presentan, induce a pensar en un origen lacustre para estos materiales. Ahora bien, como la textura que presentan en la actualidad corresponde a diversos tipos de geodas y

concreciones de calcita asociadas a bioturbación verticalizada y a moldes petrificados de raíces más abundantes en los tramos calcisil-títicos, creemos que la textura actual es secundaria y originada por la intensa bioturbación verticalizada que afecta a los materiales carbonatados.

Así su génesis parece estar ligada a una sedimentación carbonatada en un lago de extensión lateral kilométrica, estable y con oscilaciones de la lámina de agua, lo que condiciona la presencia de secuencias de textura carbonatada secundaria según sea el grado e intensidad de la actuación de las raíces responsables de la bioturbación verticalizada y correspondientes a la progradación hacia el interior del lago de las aureolas vegetales desarrolladas preferentemente en sus bordes. Esto les confiere características palustres ampliamente citadas en la literatura (FREYTET, 1973). Estas se hallan asociadas a fenómenos de removilización cromática que les confieren un aspecto marmorizado muy característico.

#### GRUPO SCALA DEI

Se halla constituido por varias unidades estratigráficas continentales que se hallan situadas sobre el Grupo Cornudella infrayacente y por debajo de las suprayacentes unidades superiores. Hacia los sectores más septentrionales es equivalente lateral, al menos en parte, del Grupo Barberà.

Recibe la denominación de la localidad de Scala Dei muy cercana a la Cartuja de Scala Dei situada en las inmediaciones de Poboleda, entre ésta y la localidad de La Morera del Montsant. Aunque la localidad tipo no se halla edificada sobre los materiales del Grupo, es en su corte transversal donde éstos se hallan bien diferenciados y muestran sus facies características.

Corresponde a materiales predominantemente conglomeráticos masivos (Fm. Montsant), materiales conglomeráticos-arenosos (Fm. Margalef) y materiales arenosos, lutítico-arenosos y lutítico-carbonatados existentes en dos áreas geográficas diferenciadas (Fm. Flix y Fm. Blancafort, respectivamente).

#### **Formación Montsant**

Se propone agrupar los materiales predominantemente conglomeráticos existentes entre la suprayacente Formación Margalef y la infrayacente Formación Morera, en una unidad litoestratigráfica formal con rango de formación. La *Formación Conglomerados del Montsant*

recibe tal denominación de la Serra del Montsant, donde se halla bien representada.

Esta Formación agrupa a los materiales predominantemente conglomeráticos que se hallan muy bien representados en la zona del Montsant-La Llena y que se prolongan hacia el Sur sin solución de continuidad por más de 80 kilómetros.

La distribución de los materiales es irregular, pero presentan dos tramos claramente diferenciables. Por un lado, existe un tramo inferior en el que los niveles conglomeráticos presentan geometrías lenticulares en abundancia y geometrías tabulares en menor proporción. Entre ambas existen tramos lutíticos en los que son localmente muy abundantes los niveles arenosos a su vez tanto lenticulares como tabulares. Este tramo es diferenciable a nivel cartográfico y lo hemos denominado como *Miembro Sant Joan del Codolar*, ya que la Ermita homónima está edificada sobre esos materiales.

El tramo superior se halla caracterizado por la presencia de niveles conglomeráticos claramente tabulares con potencias unitarias decamétricas. Subordinadamente presentan algunos niveles arenosos y aun lutíticos de escasa entidad. Recibe la denominación de *Miembro Creu Cobrera*, ya que el vértice geodésico del mismo nombre, punto más elevado de la Serra del Montsant, corresponde a uno de los niveles conglomeráticos masivos más potentes de ese tramo.

*Miembro Sant Joan del Codolar*: Tramo terrígeno detrítico constituido por materiales arenosos lutíticos y conglomeráticos predominantemente lenticulares. Cuantitativamente, y según los lugares, los tramos lutíticos llegan a predominar sobre los arenosos y conglomeráticos, y el conjunto sobre los calcisiltíticos y carbonatados.

Los niveles terrígenos más gruesos tienen morfologías lenticulares con diversos tipos de estratificación cruzada primaria, resaltada en muchos casos por mostrar diversos tipos de crecimientos algales asociados. Otro tipo de conglomerados se presentan en cuerpos con base erosiva y gran extensión lateral, en los que son claras las láminas de estratificación cruzada planar a gran escala y localmente de bajo ángulo. Estos cuerpos son más abundantes hacia la parte alta donde constituyen el tránsito gradual al tramo superior.

Los cuerpos conglomeráticos más abundantes con geometría lenticular muestran una estratificación cruzada de escala pequeña y media. Ambos tipos de conglomerados parecen depositados mediante el concurso de cursos acuosos fluviales en los que los materiales más gruesos se transportaban mediante carga tractiva de fondo. Los clastos de los conglomerados son predominantemente carbonatados mesozoicos, con fábrica soportada por los clastos. La matriz y el cemento son también carbonatados. Localmente existen oncolitos, grandes construc-

ciones algales y fragmentos de las mismas asociados a algunos cuerpos conglomeráticos y arenosos. Los materiales lutíticos generalmente ocráceos muestran un moteado cromático (gris-verdoso-amarillento) que les confiere un cierto grado de marmorización, asociada en algunos casos a la presencia de pequeños nódulos carbonatados dispersos y alineados en el seno de las lutitas. De una manera muy esporádica pueden existir niveles decimétricos carbonatados, algunos calcisiltíticos, donde existen restos de fauna banal.

*Miembro C. Corbatera:* Tramo de conglomerados en cuerpos tabulares masivos con potencias unitarias del orden de hasta unos 20 metros, con algunas delgadas intercalaciones areníticas que localmente pueden ser algo conglomeráticas. Los conglomerados muestran clastos carbonatados mesozoicos, aunque esporádicamente también se encuentran asociados clastos más modernos como corresponde a clastos de calizas terciarias basales con *Microcodium* situados en los tramos conglomeráticos más altos de la serie estudiada. La fábrica está soportada por los clastos que muestran alineaciones texturales que denotan estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo. Las bases de los paquetes conglomeráticos son erosivas y muestran diversos tipos de acanalamientos de pequeña escala tipo «Scour», que tienden a ser confluentes entre sí, resaltando la dirección y el sentido de las corrientes predominantes. Los cuerpos conglomeráticos van aumentando de potencia unitaria hacia la parte superior del Tramo.

La Fm. Montsant, que se halla bien representada en la zona de la Serra de La Llena-Serra del Montsant, donde tiene potencias del orden de 550-950 metros, se extiende mucho hacia el Sur, donde en la zona de Gandesa-Horta de St. Joan tienen potencias comprendidas entre 450-950 metros. Hay que tener en cuenta, además, que la mayor extensión areal cartográfica corresponde a la zona de la Serra del Montsant, en la que el cuerpo conglomerático general, al estar afectado por una flexión regional, adquiere una entidad considerable. Hacia los sectores más occidentales, esta Formación pasa transicionalmente a la Formación Margalef. En los sectores septentrionales existen unas identificaciones que, partiendo de las partes centrales de esta Unidad, se adentran tanto hacia la base como hacia las partes medias de la Formación Blancafort, donde debido a su entidad propia pueden representarse cartográficamente.

### *Génesis*

La sedimentación de esta Unidad implica procesos de transporte de material mediante carga de fondo en los que el flujo acuoso es

*muy importante y muestra características newtonianas de comportamiento hidráulico.*

Los episodios lenticulares canaliformes con una baja relación anchura/altura implican corrientes canalizadas turbulentas con un gradiente bastante acusado, lo que les confiere la capacidad de autoexcavación del cauce y el transporte de una carga de fondo importante. Algunos de esos canales pueden mostrar evidencias de constitución monoepisódica por lo que pueden implicar un transporte y deposición rápidos. En caso de apilamiento sedimentario de varios episodios de acumulación éstos quedan resaltados por cicatrices erosivas importantes y mediante inducidos arenosos y lutíticos. Además, también quedan resaltados por diversos tipos de crecimientos algales que, al necesitar un lavado importante de aguas cargadas de soluciones carbonatadas, parecen implicar un período de no sedimentación que localmente puede ser muy importante. Cuando llega a colmatarse el cauce, en los pequeños canalículos residuales también pueden desarrollarse diversos tipos de crecimientos estromatolíticos y oncolíticos que representan episodios de no sedimentación. Los canales pueden migrar por fenómenos de avulsión en estadios de aguas crecidas y asociados a una tasa de sedimentación bastante alta.

Los episodios conglomeráticos estratiformes son polifásicos y los depósitos quedan resaltados por cicatrices erosivas con inducidos generalmente arenosos. Como que esos cuerpos muestran estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo, parecen corresponder a episodios con gran cantidad de agua que transporta una carga tractiva importante mediante un régimen hidráulico rápido, lo que condiciona la existencia de una gran cantidad de «scours» en la base, una selección localmente deficiente de los materiales clásticos y una cierta acreción vertical esporádicamente muy importante que correspondería a estadios de decrecimiento del caudal.

Todo lo anterior, unido al hecho de que las bases erosivas inferiores, aparte de los «scours» de diverso tipo, no muestran una jerarquización clara en grandes canales, induce a pensar que los procesos acuosos generadores de estos depósitos serían de gran intensidad cuando unas corrientes turbulentas con gran cantidad de carga perdieran su confinamiento a la salida de un cañón excavado en los materiales del área fuente, y sufrieran una expansión muy brusca con pérdida muy rápida de la competencia acuosa y por tanto de capacidad de transportar los materiales que tenderían a depositarse rápidamente. Ahora bien, como que a pesar de esa expansión brusca, los restos acuosos de menor entidad continuarían circulando aguas abajo, podrían tener un cierto efecto erosivo y de retrabajamiento de los materiales previamente sedimentados.

Por tanto, hemos interpretado estos depósitos como sedimentados mediante arroyadas en manto (*sheet flood*) muy intensas, y con una carga terrígena muy importante. Esto explicaría tanto la base erosiva muy extensa, casi plana y sin jerarquizar en canales, así como la constitución interna de esos cuerpos conglomeráticos en los que se aprecia estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo de alto régimen, así como diversos tipos de estratificación cruzada de menor orden y que correspondería al transporte de una parte de la carga mediante formas de fondo. La estratificación cruzada de menor orden situada hacia la parte superior de los cuerpos conglomeráticos representa los últimos estadios de retrabajamiento del material por los canalículos residuales que transportan los restos acuosos después de la deposición de la avenida principal.

Los *scours* se formarían mediante el concurso de los pequeños *rills* de reducidas dimensiones, que se habrían desarrollado sobre la superficie lutítica de un área momentáneamente no activa desde el punto de vista de la sedimentación. En los primeros estadios de la llegada de los *sheet floods* como que ya existiría una escorrentía superficial de escasas dimensiones, ésta sería la responsable de la jerarquización y ensanchamiento de esos *rills* que ya serían aprovechados en los estadios iniciales de la llegada de los *sheet floods* y rellenados por los conglomerados que transportan.

Por tanto, estos dos tramos conglomeráticos implican que la causa general de los procesos que los originan adquieren mayor importancia a medida que se asciende en la serie, lo que significa que en estos lugares esa causa general tenía una mayor entidad a medida que iba pasando el tiempo. Por análisis de facies, de las paleocorrientes con tendencias N y NW, y de los procesos que generan los cuerpos terrígenos gruesos ya descritos, creemos que éstos se han formado en un sistema sedimentario de abanicos aluviales (*alluvial fans*) que progradaban en el espacio y en el tiempo en la zona estudiada. Hay que tener en cuenta que los materiales del Mb. Codolar representarían las facies marginales-distales de esos abanicos, mientras que el Mb. Corbatera correspondería a las facies medias-proximales de los abanicos aluviales. Por lo demás, como que los materiales terrígenos proceden en su gran mayoría de la destrucción de una parte de Los Catalánides constituida predominantemente por materiales triásicos, jurásicos y cretácicos y en ellos existen tramos margosos que por destrucción podrían formar materiales lutíticos, se hace bastante extraño el constatar la marcada carencia cuantitativa de conglomerados terciarios con fábrica soportada por la matriz lutítica y que pudieran asimilarse a algún tipo de proceso masivo de sedimentación (*mass flows*). La dispersión petrográfica de los clastos indica que los materiales más antiguos (triásicos) se hallan como constituyentes de los materiales

conglomeráticos más bajos, mientras que los más modernos (cretácicos) se hallan situados hacia zonas estratigráficamente más altas. Como que además también hemos encontrado algunos clastos de calizas terciarias basales corroídas por *Microcodium*, ello implica que la dispersión petrográfica resultante corresponde a dos episodios de «montaña invertida», con lo que los materiales más modernos constituyen los conglomerados que se hallan estratigráficamente por encima de sus homónimos más antiguos. Todo esto resulta de un retrabajamiento, al menos parcial, de los materiales terrígenos que ya se habían depositado en estadios del Terciario basal.

En el sistema sedimentario que proponemos, después del desarrollo de un primer conjunto de abanicos aluviales de los que el Mb. Codolar correspondería a las facies marginales-distales, se produciría un rejuvenecimiento del borde tectónicamente activo de la cuenca en el sentido de la concreción de una modificación importante de la pendiente deposicional original, por lo que los materiales conglomeráticos que tendrían características sedimentológicas de transporte masivo y situados en los sectores apicales y proximales de los abanicos, serían a su vez nuevamente retrabajados juntamente con algunos materiales del área fuente. Esto daría lugar a la concreción de la macrosecuencia *thickening-coarsening* que puede apreciarse tanto en la Sierra del Montsant como en áreas vecinas, y que representa un acercamiento del borde tectónicamente activo de la cuenca desde zonas lejanas hasta las cercanías del límite actual.

### **Formación Margalef**

Los materiales arenosos y conglomeráticos con algunos términos lutíticos, que se hallan localizados sobre la Fm. Montsant y bajo la suprayacente Fm. Flix en los sectores meridionales-occidentales, bajo la Fm. Fatarella y unidades equivalentes de los sectores occidentales, y bajo la Fm. Blancafort en los sectores septentrionales, pueden agruparse en una unidad litoestratigráfica formal con rango de Formación. La *Formación Areniscas y Conglomerados Margalef* recibe su denominación de la población de Margalef del Montsant que, localizada en las estribaciones de la Sierra del Montsant, está situado unos 13 kilómetros al W de la población de Cornudella. La Formación muestra su entidad en las inmediaciones de la localidad de Margalef y se extiende ampliamente hacia el W, donde sus términos litológicos se hallan bien representados.

La inclusión de dos términos litológicos en la nomenclatura queda justificada en función de que en las cercanías de la localidad tipo los términos conglomeráticos son abundantes, mientras que en sentido W

van perdiendo su entidad en beneficio de los términos arenosos que llegan a ser predominantes en detrimento de los términos terrígenos más gruesos.

El corte estratigráfico principal se ha efectuado desde las inmediaciones de la localidad tipo, en dirección NNW hacia las poblaciones de La Juncosa, Albages y El Cogull, donde se patentiza el tránsito vertical a las suprayacentes unidades carbonatadas.

Esta Formación en los lugares en los que se halla mejor representada muestra a grandes rasgos unos tramos caracterizables según sea su característica litológica principal. En la parte basal existe un tramo muy conglomerático que enlaza mediante un paso gradual con los influyentes materiales de la Formación Montsant, de la que se diferencia a partir del momento en el que se hacen cuantitativamente importantes las intercalaciones de materiales de granulometría fina entre los bancos conglomeráticos. El tramo superior muestra una gran abundancia de los materiales lutíticos que localmente pueden ser predominantes y que muestran un paso translacional a las unidades que se les superponen como son la Formación Flix hacia la parte meridional, la Formación Fatarella y equivalentes laterales hacia las partes occidentales, y la Formación Blancafort hacia los sectores septentrionales.

Los materiales conglomeráticos de esta Unidad muestran unas características muy similares a los enunciados para la Formación Montsant de los que difieren en el sentido de mostrar una mayor proporción de cuerpos con geometría lenticular en detrimento de los tabulares. En ese caso la constitución interna de los cuerpos detríticos gruesos es del mismo tipo tractivo y a cargo de corrientes acuosas muy competentes y con una carga de fondo muy importante. Presentan la particularidad de que su traza cartográfica tiende a ser bastante rectilínea. Además, lateralmente pasan transicionalmente a algunos de los niveles arenosos más o menos tabulares que se hallan asociados a las partes más altas de esos tramos. Presentan además una base erosiva con encajamientos métricos y en los que se pueden apreciar algunos «scours» de grandes dimensiones.

Los términos arenosos tienen gran extensión lateral y aspecto tabular en general, con algunas trazas de estratificación cruzada de escala media y pequeña, lo que también confirma su carácter tractivo. Localmente son muy abundantes los términos lenticulares con estratificación cruzada de escala media muy bien desarrollada.

Existen además unos pequeños niveles arenosos de escasa potencia, gran extensión lateral y geometría tabular, que muestran un marcado carácter masivo. Este parece corresponder a causas secundarias tal como puede deducirse del moteado cromático, así como de las trazas localmente muy intensas de bioturbación verticalizada.

Los materiales lutíticos son pardo-amarillentos, están ampliamente bioturbados y pueden llegar a mostrar algunos restos de laminación paralela resaltados mediante láminas de granulometría más gruesa intercaladas entre las lutitas predominantemente illíticas.

Hacia la parte superior del tramo más alto, en el seno de las lutitas, aparecen nódulos yesíferos alabastrinos de dimensiones centimétricas que localmente pueden llegar a constituir nivelillos claramente diferenciados. Localmente y en las zonas en las que existe un paso transicional a las suprayacentes unidades carbonatadas, existen algunas pequeñas intercalaciones carbonatadas asociadas a niveles lutíticos en los que no son infrecuentes las trazas de evaporitas.

Como corte estratigráfico de referencia se ha efectuado el de la transversal de Vilanova de Prades en dirección NNW, desde la población de La Pobla de Cervols hacia las inmediaciones de la localidad de l'Albi, donde existen indentaciones y tránsito gradual a los equivalentes carbonatados meridionales de las Calizas de Tárrega (Fm. Talladell, RIBA, 1971).

La potencia relativa de esta unidad varía entre los 450 metros del corte transversal a la localidad tipo y los 325 metros del corte efectuado por la zona de l'Albi. Esta variación de potencia la consideramos poco representativa, ya que la base muestra cambios transicionales con la Formación Montsant, y la parte superior muestra tránsitos graduales, según los casos y sectores estudiados con la Formación Flix, la Formación Fatarella, la Formación Talladell y la Formación Blancafort.

Se han encontrado algunos restos orgánicos, sobre todo en los materiales lutíticos y lutítico-carbonatados existentes hacia la parte superior de la unidad. Estos corresponden a una asociación vegetal característica de condiciones climáticas intertropicales antes que una biozonación con características cronoestratigráficas.

### *Génesis*

Los tres tramos en los que hemos dividido esta unidad parecen estar ligados genéticamente entre sí. Por un lado, los tramos conglomeráticos tabulares con estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo, que además muestran grandes «scours» diferenciados en sus bases erosivas, corresponderían a episodios de *sheet flood* que perderían competencia de una manera muy rápida en función de la brusca expansión de las corrientes acuosas que con una gran carga de fondo habían circulado canalizadas hasta las inmediaciones de los cuerpos conglomeráticos tabulares. La brusca terminación hacia arriba de esos cuerpos conglomeráticos, así como la existencia de algunos

canalículos superiores que retrabajan la parte más alta de los conglomerados, sugieren un rápido abandono del sistema deposicional funcional en el sector considerado.

Los niveles conglomeráticos lenticulares muestran también una fábrica soportada por los clastos, pero con una mayor proporción de matriz arenosa que en el caso anterior, así como que los clastos muy redondeados y esféricos son de un tamaño un tanto menor. Presentan a veces estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo que podría corresponder a episodios muy turbulentos y competentes depositados bajo condiciones hidráulicas de flujo rápido. Más abundantes son la estratificación cruzada de alto ángulo y escala media que corresponde al transporte de la carga tractiva mediante diversos tipos de formas de fondo, y la laminación cruzada de pequeña escala representada en los términos arenosos intercalados y que corresponde al transporte de material arenoso en condiciones de flujo de baja energía. Esto se hace muy patente en los tramos en los que se aprecia como hacia la parte superior de cada episodio detrítico grueso, resaltado por la presencia de varias cicatrices erosivas de primer orden, éste pasa lateralmente a alguno de los términos arenosos que si al principio muestran características de areniscas conglomeráticas, a medida que se aleja del cuerpo conglomerático canaliforme adquieren características predominantemente arenosas en cuerpos masivos o con estratificación cruzada de diverso tipo. Estos niveles conglomeráticos se han depositado en canales más o menos rectilíneos, mediante episodios muy competentes en unos casos y mediante cursos acuosos de características fluctuantes y transporte de formas de fondo y barras. Cuando los cauces, que no pueden migrar lateralmente debido a un gradiente bastante alto, quedan rellenos por sedimentos, tienden a desbordarse formando alas de ensanchamiento que generalmente acostumbran a ser monoepisódicas. Estas muchas veces comunican con niveles arenosos individualizados a partir de esas expansiones laterales cuando el flujo va perdiendo competencia lateralmente. En otros lugares los términos arenosos muestran características de pequeños canales de escasa entidad asociados a términos tabulares y el conjunto sugiere la acumulación de materiales arenosos en función de diversos episodios de desbordamiento. Unos serían canalizados con la posibilidad tanto de transporte de material arenoso mediante corrientes turbulentas y formas de fondo, como abandonamientos de los canales previamente excavados y rellenos de *channel fill* y rellenos lutíticos según los casos. Muy localmente hemos encontrado secuencias localmente granocrecientes que sugieren la existencia de desbordamientos a través de los bancos de los canales principales y desarrollo subsiguiente de *crevasses*. Los términos lutíticos se habrían depositado mediante desbordamientos de aguas fangosas a partir de los canales

principales. Todo esto sugiere que esta Unidad correspondería a las facies medianas de un sistema de abanicos aluviales de los que la infrayacente Formación Montsant correspondería a las facies más proximales existentes en esta zona. Además hay que tener en cuenta que este sistema de abanicos se habría desarrollado predominantemente mediante procesos acuosos antes que por procesos masivos, tal como lo atestiguan el conjunto de facies con características fluviales que se acaban de citar.

### **Formación Flix**

Se propone agrupar el conjunto de materiales lutíticos y arenosos situados entre la suprayacente Formación Fatarella y la infrayacente Formación Margalef en una unidad litoestratigráfica formal con rango de Formación. La *Formación Lutitas y Arenitas Flix* recibe su denominación de la localidad de Flix, en cuyas inmediaciones se halla bien representada.

Se han efectuado cortes estratigráficos en la zona de la población de Ascó desde esa localidad en dirección SW hacia la población de La Fatarella. Otro corte de referencia se ha efectuado desde la partida de Les Camposines en el cruce de la carretera Mora-Gandesa con la que va hacia Flix, en dirección NW hacia la zona del Puig Gaeta.

En esta Unidad pueden diferenciarse claramente dos términos. El término inferior es predominantemente lutítico y recibe la denominación de *Miembro Lutitas Bot*, ya que se halla muy bien representado en la transversal de esa localidad. El tramo superior que se halla caracterizado por mostrar diversos tipos de cuerpos arenosos localmente predominantes, recibe la denominación de *Miembro Arenitas Ascó* y se halla muy bien representado en las inmediaciones de esa población.

El tramo inferior generalmente rojo muestra una gran predominancia de las lutitas illíticas y algo arenosas en hiladas generalmente centimétricas. Esporádicamente existen algunos cuerpos arenosos con geometría lenticular y diversos tipos de estratificación cruzada de escala media y alto ángulo. Asociadamente existen también algunos niveles arenosos tabulares de gran extensión lateral con estratificación cruzada de pequeña escala localmente enmarcada por la acción de la bioturbación verticalizada.

Algunas de las areniscas con geometría lenticular muestran un carácter de areniscas conglomeráticas en las que los clastos carbonatados mesozoicos y de pequeño tamaño resaltan la estratificación cruzada de escala media y alto ángulo.

Hacia la parte media de ese tramo se hacen patentes los nódulos centimétricos de yeso alabastrino dispersos en el interior de las lutitas que en esa zona presentan un moteado gris-verdoso en su coloración predominantemente roja. Muy esporádicamente aparecen niveles decimétricos carbonatados constituidos por carbonatos *mudstone-paxtone* con restos de organismos límnicos (gasterópodos, ostrácodos, carofitas...) que ocasionalmente pueden estar asociados a pequeños niveles centimétricos oscuros con abundantes restos orgánicos fragmentados e irreconocibles específicamente (se trata probablemente de acumulaciones de materia orgánica).

Hacia la parte superior se hacen patentes los tramos arenosos, en los que los cuerpos terrígenos gruesos muestran una gran continuidad lateral, potencia métrica y con estratificación cruzada de gran escala resaltada por cicatrices oblicuas que afectan a todo el espesor de los bancos. En algunos casos esas cicatrices oblicuas no llegan hasta la base de los bancos, pero afectan al menos a los dos tercios de su potencia unitaria. En las partes más altas vuelven a ser abundantes los cuerpos arenosos lenticulares con estratificación cruzada de diverso tipo y que pueden estar asociados a tramos evaporíticos en los que los yesos tienen textura nodular y en otros casos pueden mostrar textura laminada. Localmente, también, existen relaciones laterales entre los cuerpos arenosos lenticulares y algunos bancos carbonatados de escasa entidad, pero con abundantes restos de organismos límnicos.

Geoméricamente esta Unidad no muestra grandes variaciones en cuanto a su potencia, ya que ésta es de unos 270 metros en el corte de Les Camposines y de unos 240 metros en el corte de Ascó. Estas variaciones de potencia pueden corresponder a las variaciones de equivalencias laterales y verticales con las unidades asociadas. Así se coloca verticalmente mediante un paso gradual sobre la Formación Margalef y a su vez pasa verticalmente hacia el techo mediante un paso transicional a la Formación Fatarella. En sentido SW pasa transicionalmente hacia arriba a la Formación Caspe, que a su vez se halla indentada con los tramos meridionales de la suprayacente Formación Fatarella.

Aunque la Unidad Caspe guarda muchas similitudes deposicionales con la Unidad Flix, ambas son claramente diferenciables por lo que respecta a los depósitos arenosos, ya que aunque en los dos casos y hacia la parte superior son de tipo canaliforme, las areniscas son carbonatadas en el caso de la Unidad Flix y generalmente silíceas en el caso de la Unidad Caspe. Además la Unidad Flix tiene paleocorrientes hacia el W y SW mientras que la Unidad Caspe en este sector muestra paleocorrientes hacia el N y NW.

En el tramo inferior muestra características de una deposición en llanuras lutíticas (*mud flat*) a las que esporádicamente iban llegando

algunos cursos fluviales canaliformes con material predominantemente arenoso transportado mediante diversos tipos de formas de fondo y en un régimen hidráulico probablemente tranquilo. Esporádicamente y en contados casos esos cursos fluviales canaliformes también transportaban gravas, lo que les confiere características de areniscas conglomeráticas transportadas mediante formas de fondo y barras de diverso tipo. En esas llanuras lutíticas las aguas fangosas proceden de los desbordamientos de los canales fluviales funcionales. La deposición se efectuaría en unas condiciones climáticas intertropicales en las que existirían diversos períodos de desecación y humectación repetitivos. De esta manera y mediante procesos similares a los del «bombeo evaporítico» (HSU & SIEGENTHALER, 1969) se podrían formar nódulos evaporíticos en el seno de las lutitas, primariamente anhidríticos y posteriormente de yesos alabastrinos.

Los niveles yesíferos más potentes implicarían la persistencia de las condiciones de sequedad climática, mientras que los niveles carbonatados asociados y que contienen cristales lensoides de yeso transformados actualmente en calcita corresponderían a pequeñas charcas asociadas a los sectores en los que la evaporación actuaría intensamente.

Los niveles carbonatados implicarían unas condiciones generalizadas de humectación con la posibilidad de existencia de zonas encharcadas donde se daría con mayor intensidad la deposición carbonatada asociada a la persistencia de diversos tipos de organismos límnicos. Además, también podría darse la preservación de materia orgánica en condiciones localmente reductoras, tal como lo sugieren los diversos niveles carbonatados negruzcos con abundantes restos de materia orgánica.

Los tramos arenosos canaliformes sugieren un cierto gradiente, ya que a pesar de transportar una abundante descarga acuosa, no tienen capacidad de migrar lateralmente y sólo lo hacen mediante mecanismos de avulsión. Las zonas evaporíticas y carbonatadas se situarían en las pequeñas depresiones topográficas existentes en la llanura lutítica predominante.

Localmente existen niveles arenosos con cicatrices oblicuas producidas durante episodios de migración lateral de los cursos fluviales a través de su propia llanura de inundación. Hay que tener en cuenta que esto implica unas condiciones de escorrentía acuosa importantes y continuadas a lo largo del tiempo. Pues bien, en algunos lugares (como en las cercanías de la localidad de Gandesa), se aprecia cómo las cicatrices oblicuas de las barras de meandro no afectan a todo el grueso del banco arenoso sino que existe al menos un tercio basal de la potencia métrica total que no se ve afectado por esas cicatrices.

Esto parece implicar que en un momento dado las corrientes acuosas no podían retrabajar todo el material existente en el curso fluvial de manera que los depósitos de las zonas centrales del canal quedaban estáticos y reduciendo de esa manera la profundidad del cauce funcional. Esto implica la existencia de fluctuaciones importantes en la descarga acuosa, así como una estacionalidad de la misma, resaltada además por la bioturbación localmente muy intensa que afecta en su totalidad a la superficie de las láminas de acreción lateral. Esto se desarrollaría en una zona topográficamente bastante plana de la llanura lutítica donde el gradiente fuera muy bajo.

Posteriormente y hacia las partes altas a la vez que existe un enriquecimiento evaporítico, resultado de las condiciones climáticas de desecación, también existe una presencia localmente más importante de cuerpos arenosos canaliformes de baja relación altura/anchoa constituidos por areniscas silíceas con cemento carbonatado en las que son evidentes las formas de fondo mediante las cuales se transportaba el material. Esto implica que de nuevo se ha modificado el gradiente general y esos canales arenosos no pueden migrar lateralmente sino que sólo efectúan episodios de desbordamiento repetitivos comunicando con niveles arenosos tabulares de escasa entidad y gran extensión lateral. Morfológicamente pueden resaltar, dando un relieve positivo y mostrando un aspecto muy similar a los paleocanales tipo «Caspé» (RIBA *et al.*, 1967; WILLIAMS, 1975...).

El desarrollo de intercalaciones carbonatadas más abundantes hacia la parte más alta implica la existencia de hoquedades en las que las condiciones locales de encharcamiento eran más permanentes en el tiempo y alternaban, según las condiciones climáticas generales, con niveles en los que son abundantes los horizontes evaporíticos.

Dentro del sistema sedimentario general esta Unidad correspondería a las zonas más distales y marginales del sistema de abanicos aluviales que se instalaban a favor del borde sudoccidental de Los Catalánides tectónicamente activo, durante el Terciario inferior. Además, las diversas pulsaciones tectónicas efectuadas por este borde en áreas alejadas tenían su respuesta sedimentaria en los diversos tipos de cursos fluviales que constituyen el relleno deposicional de esta llanura fangosa. La zona de Bot, donde es predominante el término lutítico, correspondería a las partes más distales de los abanicos aluviales que en ese sector son de escasa importancia relativa.

### **Formación Blancafort**

Los materiales lutíticos, arenosos y yesíferos que adquieren un gran desarrollo en los sectores nordoccidentales del área estudiada

tienen una entidad considerable y una amplia representación cartográfica. Se hallan situados sobre la Formación Margalef, de la que constituyen un tránsito lateral-vertical, sobre los últimos materiales del infrayacente Grupo Barberà y bajo la suprayacente Unidad de las calizas de Tàrrega (Fm. El Talladell; RIBA, 1971). La *Formación Lutitas de Blancafort* recibe su denominación de la localidad de Blancafort, situada unos 6 kilómetros al norte de Montblanc.

Esta unidad ya tuvo un tratamiento cartográfico adecuado (BENZAQUEN *et al.*, 1973), aunque no recibió ninguna denominación específica y la descripción de sus materiales correspondió al epígrafe «Estampiense» de esos autores en la memoria explicativa del mapa geológico MAGNA «Montblanch». Por tanto, hemos considerado necesario efectuar aquí su definición formal.

Se halla constituida por dos tramos bien diferenciados. El inferior en el que predominan las lutitas rojas con intercalaciones de areniscas localmente conglomeráticas y tramos yesíferos más abundantes hacia la parte alta, recibe la denominación de *Miembro Lutitas y Yesos de Rocafort*. El patronímico procede de la población de Rocafort de Queralt, localidad situada unos 15 kilómetros al NNE de Montblanc y en cuyas inmediaciones esta Unidad se halla ampliamente representada.

El tramo superior, que reposa mediante un paso transicional sobre el anterior, se halla constituido predominantemente por lutitas y areniscas, algunas lenticulares y otras con marcada geometría tabular. Hacia la parte más alta aparecen intercalaciones, cada vez más potentes, de niveles carbonatados que denotan un paso gradual a la suprayacente unidad de las Calizas de Tarrega (Fm. Talladell). Este tramo recibe la denominación de *Miembro Lutitas y Areniscas de Solivella*, ya que está bien representado en las inmediaciones de la población de Solivella, localidad situada unos 9 kilómetros al N de Montblanc.

Se ha tomado como perfil estratigráfico típico el situado en la transversal de la localidad tipo desde el vértice de Coma Rals hasta el de Coma Lats, ambos aproximadamente. El corte de referencia se ha efectuado en la transversal de la población de L'Espluga de Francolí hasta las inmediaciones de la localidad de El Tarrès.

En el tramo inferior generalmente lutítico rojo existen intercalaciones arenosas, con geometría lenticular y que muestran estratificación cruzada de escala media y alto ángulo. Esporádicamente ésta se halla asociada a depósitos conglomeráticos de clastos carbonatados mesozoicos muy redondeados, esféricos y de pequeño tamaño, que les confieren un carácter de areniscas conglomeráticas. En las lutitas también aparecen horizontes arenosos de arenitas líticas en las que todos los elementos y el cemento son carbonatados, que tienen aspecto masivo por bioturbación verticalizada y cuando ésta no es muy

patente se pueden apreciar restos de estratificación cruzada de pequeña escala.

En las lutitas aparecen diversos nódulos centimétricos de yesos alabastrinos que localmente llegan a constituir nivelillos de escasa entidad. De una manera esporádica se aprecian nódulos decimétricos existentes en el seno de las lutitas. Existen también escasos niveles de yesos laminados de poca extensión lateral. Algunos de estos niveles tienen una entidad tal que pueden quedar resaltados en la cartografía.

El tramo superior muestra una marcada carencia de materiales evaporíticos y en cambio los niveles arenosos son de gran extensión lateral, algunos con trazas de cicatrices oblicuas de gran escala y ángulo bastante bajo que afectan a casi todo el grosor métrico de algunos niveles arenosos. Por otro lado, no son infrecuentes los cuerpos arenosos lenticulares con estratificación cruzada de escala media y alto ángulo. A partir de la zona media y sobre todo hacia la parte superior son bastante frecuentes las intercalaciones de bancos carbonatados constituidos por calizas *mudstone-pacstone* con restos de organismos límnicos localmente muy abundantes y zonaciones oscuras algunas veces intraclásticas. Estas intercalaciones denotan el paso gradual a la suprayacente Unidad de las Calizas de Tárrega (Fm. Talladell).

El Miembro Rocafort queda enmarcado entre dos niveles conglomeráticos principales que se extienden sin solución de continuidad cartográfica desde los materiales conglomeráticos mativos situados en las inmediaciones de Vallclara y Vimbodi hacia la zona de Blancafort, situada al N y NW. Estos dos niveles principales, aunque enclavados en la Unidad Blancafort, los hemos considerado como expansiones lejanas de los conglomerados masivos de la Unidad Montsant.

### Génesis

La Unidad Blancafort representa una sedimentación en un área tranquila en un sistema sedimentario de llanura fangosa predominante. Así después de la implantación mediante un *sheet flood* del nivel conglomerático basal, el Miembro Rocafort representa la sedimentación tranquila en una zona de llanura fangosa alejada de cualquier influencia de la actividad tectónica del borde de cuenca. De esa zona se reciben algunos episodios fluviales arenosos que localmente muestran geometría canaliforme, que corresponde a episodios de gran descarga acuosa y transporte de material mediante formas de fondo. Esporádicamente los niveles arenosos muestran episodios de arenas conglomeráticas que denotan una influencia lejana de la actividad tec-

tónica del área fuente en general y del borde de cuenca tectónicamente activo en particular.

Los niveles arenosos de escasa entidad y tabulares con gran extensión lateral corresponden a episodios de deshilachamiento y expansión lateral de los cursos arenosos fluviales principales que procedían en general de sectores más orientales a los estudiados.

En los lugares en los que la sedimentación es predominantemente lutítica por acumulación de las aguas fangosas de desbordamiento, la sedimentación no es continua y se desarrollan tanto niveles evaporíticos en áreas anteriormente encharcadas, dando lugar a algunos de los niveles laminares, como crecimiento de pequeños nódulos evaporíticos alabastrinos en el seno de las lutitas, lo que parece condicionar un régimen climático intertropical semiárido con marcadas estaciones húmedas, seguidas por otras extremadamente secas. Localmente también se desarrollan algunos tipos de suelos y niveles edáficos resaltados por la aparición de alineaciones de nódulos carbonatados en el seno de las lutitas, y por moteados cromáticos gris-verdosos muy aparentes. Localmente algunos de los canales arenosos que se hallan encajados en el seno de las lutitas no pueden migrar libre y lateralmente en los materiales de su llanura de inundación, debido a la existencia de un gradiente longitudinal algo elevado. Estos se abandonan por avulsión y muestran episodios finales de relleno de canales de excavación mediante depósitos lutíticos y con algunas barras laterales arenosas. El conjunto puede verse afectado por una bioturbación verticalizada localmente muy intensa.

Las intercalaciones conglomeráticas en forma de *sheet flood* son una anomalía en el conjunto de la sedimentación lutítica y representan la expansión local hacia este área de algunos de los abanicos aluviales que constituyen el grueso de los materiales conglomeráticos de la Formación Montsant. Esta expansión se debe, al menos en parte, a la actividad de la flexión que con carácter regional afecta primordialmente a esa Unidad Conglomerática.

Los tramos del Mb. Solivella representan tanto la continuación de la sedimentación en una llanura fangosa en la que localmente existirían áreas encharcadas donde tendría lugar algún tipo de sedimentación carbonatada, como la influencia localmente muy importante de una actividad fluvial acusada. Esta queda patentizada por la existencia de algunos niveles canaliformes en los que la gran descarga acuosa seleccionaría bien el material arenoso y lo transportaría mediante formas de fondo. Además, localmente pueden apreciarse algunos cuerpos arenosos con trazas de acreción lateral, lo que implicaría una disminución del gradiente general, así como la estabilidad del sistema fluvial. Este tipo de sedimentación va cambiando a medida que se hace más patente la persistencia tanto en el espacio como en el tiempo de

las zonas deprimidas y encharcadas en las que se iría desarrollando una sedimentación carbonatada localmente muy importante, con restos de organismos límnicos y sedimentación de materia orgánica en ambientes microrreductores.

Dentro del sistema sedimentario general de abanicos aluviales, esta unidad representa la sedimentación en áreas distales-marginales que se hallan generalmente libres de las influencias terrígenas groseras procedentes de áreas más proximales. Los dos tramos conglomeráticos principales contradicen esta aseveración, pero pueden considerarse como episodios aislados. Los tramos fluviales que ahí se desarrollan lo hacen sin una influencia directa y predominante de las facies más proximales de los abanicos y en tránsito ya a los materiales lacustres que se les superponen y con los que se indentan mediante algunas expansiones detríticas fluviales. En este último término ya es evidente que la actividad tectónica en el área fuente decrece paulatinamente y no es capaz de enviar ningún influjo terrígeno grosero importante.

Esta Unidad tiene un significado bastante parecido al de la Unidad Flix, de la que la separan algunas variaciones litológicas significativas y la no continuidad cartográfica entre ambas.

### *Grupo Barberà*

Bajo esta denominación hemos agrupado varias unidades litoestratigráficas continentales que se hallan genéticamente relacionadas entre sí y que alcanzan su mayor entidad en la vertical de la población de Barberà, localidad situada en las cercanías de Montblanc. Estratigráficamente se halla colocado por debajo del suprayacente Grupo Scala Dei y por encima del Grupo Cornudella, que en la zona de Montblanc equivale al Grupo Pontils, ya que tiene unas características muy similares a las de su área tipo de Pontils.

Se halla constituido predominantemente por materiales lutíticos (Fm. Montblanc), materiales carbonatados (Fm. Sarral) y materiales conglomeráticos (Fm. Sant Miquel). Las diversas unidades litoestratigráficas diferenciadas están constituidas por un término litológico principal al que se asocian otros términos, en una menor proporción.

Algunos autores (BENZAQUEN *et al.*, 1973) han utilizado la nomenclatura de «Formación Cabra del Campo» para designar a unos materiales lutíticos con intercalaciones terrígenas gruesas y niveles yesíferos en el techo, que pasan lateralmente hacia el NE a unos materiales conglomeráticos y arenosos muy potentes en la zona del Montclar. En nuestra opinión, la Unidad Cabra del Campo hay que considerarla hasta la fecha como una unidad informal, ya que no explicita detalladamente los tramos de los que se compone en el área tipo,

con lo que se hace confuso su valor y su rango. Así, además, abarca desde unos depósitos predominantemente lutíticos en el área de Barberá hasta unos depósitos predominantemente conglomeráticos en la zona de la Serra de Sant Miquel del Montclar. Hemos considerado esa denominación como informal y en su lugar se proponen dos unidades litoestratigráficas diferentes. Así la *Formación Lutitas de Montblanc* abarca los materiales lutíticos, detríticos gruesos y yesíferos citados en las inmediaciones del área tipo, la *Formación Conglomerados de Sant Miquel del Montclar* abarca los materiales terrígenos gruesos que se hallan bien desarrollados en esa zona y se extienden más hacia el NE en dirección a la zona de Bellprat. Hemos considerado conveniente el cambio en la denominación de la Unidad Cabra del Campo ya que al estar mal definida la conservación del mismo nombre para denominar otra unidad litoestratigráfica diferente podría inducir a error.

### **Formación Montblanc**

Se propone agrupar los materiales predominantemente lutíticos con alguna intercalación detrítica gruesa intercalada y esporádicos niveles yesíferos, en una unidad litoestratigráfica formal. La *Formación Lutitas de Montblanc* recibe su denominación de la localidad de Montblanc que se halla situada sobre esa Unidad, y donde son muy patentes los términos litológicos que la componen.

Se ha tomado como perfil estratigráfico tipo el efectuado en la transversal de la localidad tipo desde el lugar del Molí del Vent hasta la partida de la Coma Estreta situado al NNE de la población de L'Espluga de Francolí, pasando por las inmediaciones de la localidad de La Guardia dels Prats.

Como perfil estratigráfico de referencia se ha efectuado el que parte de las inmediaciones de la partida de Jordana al NE de la localidad de Prenafeta hacia las cuestas situadas al NNW de la localidad de Pira.

Ambos perfiles se apoyan directamente sobre los materiales carbonatados de la Formación Morera, perteneciente al grupo inferior.

En principio se pueden distinguir claramente dos tramos bien diferenciados. En el tramo inferior los términos lutíticos rojos entre los que se intercalan esporádicos niveles de areniscas generalmente tabulares y localmente lenticulares son muy predominantes hacia los sectores occidentales, mientras que hacia la parte más oriental se van intercalando, también, numerosos niveles conglomeráticos generalmente tabulares, en los que se aprecia una estratificación cruzada de es-

cala media y bajo ángulo. Por encima viene otro tramo, también lutítico en el que las intercalaciones terrígenas son localmente menos importantes (hacia los sectores occidentales) y además contienen trazas de evaporitas. Estas pueden encontrarse dispersas o mostrarse en forma de pequeños niveles centimétricos de yeso disperso entre las lutitas, de algunos bancos de yesos laminados y de algunos niveles en los que son muy abundantes los nódulos alabastrinos que llegan a mostrar dimensiones de orden métrico. Estos son tan importantes que localmente se les llega a conocer informalmente con el nombre de Yesos de Pira (JULIVERT, 1954).

Los materiales arenosos son bastante abundantes hacia las partes inferiores, donde se hallan asociados a los niveles conglomeráticos. Estos son generalmente tabulares pero localmente pueden llegar a ser predominantes las morfologías lenticulares. Presentan aspecto masivo o con estratificación cruzada de escala media y alto ángulo. No son infrecuentes los niveles carbonatados de potencia centimétrica intercalados entre los tramos lutíticos. Generalmente son carbonatos mudstone con algún nivel en el que abundan algunos restos de organismos límnicos. Cuando los carbonatos se hallan asociados a niveles evaporíticos suelen presentar recristalizaciones lenticulares correspondientes probablemente a antiguos cristales lensoides de yeso epigenizados en calcita.

Los tramos yesíferos, situados algunos hacia la parte media (Yesos de La Guardia del Prats) y los más hacia la parte alta de esta Unidad son nodulosos y alabastrinos en general. Mientras que de una manera local son evidentes los tramos yesíferos de aspecto noduloso compactado y aun los niveles laminados en los que abundan los nódulos y vetas de sílex. El conjunto se halla intercalado en los tramos lutíticos rojos que en esta Unidad son predominantes.

La parte terminal, todavía más evaporítica que el resto, presenta abundantes cherts y nódulos alabastrinos de gran tamaño.

La potencia de esta unidad oscila entre los 220 metros en el perfil tipo y los 190 metros del perfil de referencia. A grandes rasgos, constituye un depósito prismático limitado al SSW por la Serra de Prades y al ENE por la Serra de Miramar. Hacia el NE pasa gradual y transicionalmente a los conglomerados de la Unidad Sant Miquel del Montclar. Los materiales más inferiores de la Unidad Montblanc no tienen equivalentes en la Unidad Montclar, ya que éstos han sido erosionados por esta Unidad durante los primeros estadios de la sedimentación. De esta manera los tramos medio y superior de la Formación Montblanc son equivalentes laterales de la Formación Montclar, y no así los inferiores que, al estar erosionados, no permiten ver sus características y entidad sedimentarias.

## Génesis

Esta Unidad representa la expansión hacia el SW de los sistemas aluviales inferiores a la implantación de la Unidad Montclar. Esta implantación sería de una manera brusca mediante la propagación de niveles conglomeráticos en los que la carga sería transportada mediante barras y formas de fondo. Lateral y frontalmente estos tramos pasan a materiales predominantemente arenosos transportados mediante corrientes tractivas que pierden competencia de una manera gradual, con lo que se manifiestan las diversas formas de fondo cada vez de menor entidad mediante las que son transportados los materiales. Corresponden a desbordamientos laterales y en casos muy esporádicos podrían corresponder también a desbordamientos frontales por pérdida del encajamiento. El conjunto correspondería a una sedimentación de partes muy distales de abanicos aluviales que llegarían hasta sectores donde existiría una zona de *mud flat* bien desarrollada, con posibilidad de encharcamientos y en los que se podrían desarrollar algunos episodios carbonatados de escasa entidad. Generalmente, la lámina de agua sería lo suficientemente estable como para permitir la vida de algunos organismos límnicos. En otros casos los encharcamientos sólo serían estacionales y se irían desecando a medida que las condiciones climáticas fueran cada vez de una mayor sequedad generalizada, formándose los niveles laminados de yesos y de cherts. Los nódulos centimétricos y aun mayores de yesos alabastrinos corresponderían a crecimientos nodulares en el seno de las lutitas a expensas de un bombeo evaporítico desarrollado preferentemente en condiciones repetitivas de humectación y desecación.

## Formación Sant Miquel

Se propone agrupar los materiales predominantemente conglomeráticos con algunas intercalaciones arenosas y aun lutíticas, en una unidad litoestratigráfica formal con rango de Formación. La *Formación Conglomerados de Sant Miquel* recibe tal denominación de la Serra de Sant Miquel del Montclar, donde se halla bien representada. Esta Sierra se extiende con dirección NE-SW paralela a Los Catalánides hacia la zona de Bellprat.

Estos conglomerados han tenido bastantes denominaciones informales. BENZAQUEN *et al.* (1973) consideran que esta unidad es la equivalente lateral de todos los materiales de la Unidad de Cabra del Campo, cosa que a nuestro entender no es del todo cierta, por lo que aquí no recogemos esa sugerencia y proponemos una nueva denominación.

Como descripción principal se toma la correspondiente al perfil estratigráfico tipo efectuado transversalmente a la Serreta de Valldosera desde su articulación con la Serra de Comaverd hasta las colinas situadas en las inmediaciones de Montbrí de La Marca. El corte de referencia se ha efectuado por la carretera que desde Pontils sigue hacia Santa Coloma de Queralt.

Los materiales que constituyen esta Unidad son esencialmente conglomeráticos y pueden dividirse en unos tres tramos informales. Así, el tramo inferior muestra una gran predominancia de los niveles conglomeráticos tabulares con clastos predominantemente mesozoicos subesféricos bien rodados y con fábricas generalmente soportadas por los clastos. Esporádicamente aparecen algunos niveles lenticulares con una relación anchura/altura muy elevada. Muestran carácter masivo en general con algunos niveles en los que se aprecia una estratificación cruzada de gran escala y bajo ángulo, así como una laminación paralela muy difusa. En el tramo medio se aprecia cómo los niveles arenosos que eran casi anecdóticos en el tramo inferior, adquieren una entidad propia y se hallan bien representados. Consisten generalmente en paquetes que, situados a techo de los conglomerados, muestran una buena selección en sus materiales con estratificación cruzada de pequeña escala y alto ángulo. También existen algunos niveles en los que los clastos dispersos les confieren un carácter de areniscas conglomeráticas. Localmente aparecen niveles de areniscas rojas tabulares, de escasa potencia y con un cierto carácter masivo asociadas a manchas de decoloración cromática. El tramo superior, constituido primordialmente por conglomerados, muestra algunos niveles con carácter poligénico y polimodal que contrastan con los constituidos primordialmente por clastos mesozoicos bien seleccionados, subesféricos y rodados. En la parte basal del tramo la geometría de los cuerpos conglomeráticos son lenticulares con una alta relación anchura/altura que va disminuyendo a medida que se asciende en la serie.

Los niveles más altos están constituidos por conglomerados con geometría canaliforme asociados a tramos arenosos generalmente tabulares, pero con algunos niveles lenticulares, que localmente muestran un carácter de areniscas conglomeráticas, y el conjunto asociado a unos tramos lutíticos localmente predominantes. En éstos, de tonalidades rojas hacia la parte inferior, no son infrecuentes los nódulos centimétricos de yesos alabastrinos dispersos que, hacia la parte superior pasan a constituir algunos horizontes muy delgados y de escasa entidad. Los términos lutíticos más altos presentan algunos niveles centimétricos de carbonatos intercalados, en los que pueden existir restos de cristales de evaporitas, así como algunos restos de organismos límnicos. Constituyen el tránsito a la suprayacente Formación Sarraí.

Geométricamente existen variaciones en la potencia de esta Unidad en los lugares donde se han efectuado los cortes estratigráficos. La potencia varía entre 325 metros medidos en el corte de la Serreta de Valdosera a unos 330 metros en el corte de la carretera de Pontils a Santa Coloma de Queralt. Además, existe una cierta conservación de la potencia unitaria de las diferentes litologías descritas, de ese modo las areniscas y conglomerados son más potentes hacia la parte inferior, mientras que van perdiendo entidad hacia la parte superior, donde existe un incremento en las areniscas y sobre todo en los términos lutíticos. En la localidad tipo cercana y al NE de Cabra del Camp, estos materiales se hallan discordantemente sobre los materiales triásicos y sobre materiales terciarios basales. Estos, además, se hallan colocados muy inclinados, por lo que la discordancia angular es muy evidente. Esto plantea el problema de que estos materiales basales terciarios, entre los que se encuentran los carbonatos de la Formación Morera y los materiales que se le suponen directamente, no pueden ser los equivalentes laterales de la Formación Sant Miquel, ya que no son coetáneos con esta, sino bastante anteriores, y se hallan separados de la misma mediante una discordancia angular muy clara. Por esta razón afirmamos que los materiales conglomeráticos en la Formación Sant Miquel sólo son los equivalentes laterales en parte de la Formación Montblanc. Hacia sectores más septentrionales (Vallespinosa-Pontils) esta unidad reposa mediante una disposición geométrica aparentemente concordante sobre algunos materiales continentales situados a techo de los materiales marinos del Grupo Santa María (ANADON, 1978) que desaparece como tal en esta zona.

### *Génesis*

Los materiales conglomeráticos de esta Unidad parecen haber sido depositados mediante el concurso de corrientes acuosas normales con un marcado carácter tractivo y transporte de la carga mediante diversos tipos de barras conglomeráticas y formas de fondo ampliamente desarrolladas en los tramos arenosos. Los términos lutíticos rojos en los que esporádicamente se conservan trazas de estratificación horizontal corresponden a la deposición originada por la acreción vertical de los materiales finos transportados por las aguas fangosas procedentes de los desbordamientos de los principales cursos fluviales que incidían en esta zona.

Los tramos conglomeráticos masivos y de gran extensión lateral corresponderían a la implantación rápida y brusca de diversos episodios acuosos que, procedentes de un área fuente en la que debían ir encajados, llegan a una zona de ruptura de la pendiente y pierden su

encajamiento de una manera muy rápida, de tal modo que esa pérdida de la competencia de las corrientes implica una tasa muy alta de acreción vertical que impide una buena selección de los materiales, así como la formación de cursos estables. Esto correspondería a episodios muy importantes de arroyada en manto (*sheet flood*). Localmente y sobre todo en las partes altas de estos episodios, el material sería retrabajado mediante el concurso de pequeños canalillos acuosos estacionales que también permitirían la acumulación y el transporte de los términos arenosos mediante diversos tipos de formas tractivas. Hacia la parte superior los términos conglomeráticos lenticulares deben corresponder a episodios canaliformes en los que los clastos son transportados mediante la turbulencia de las corrientes acuosas que todavía no han perdido su encajamiento y su competencia.

El conjunto corresponde a diversos episodios en la construcción de un depósito conglomerático de abanicos aluviales (*alluvial fans*) que se ha desarrollado al pie de un escarpe con una importante ruptura de la pendiente. La arquitectura de este sistema implica la alterancia de procesos de *sheet flood* y de *stream flood*. Como que además existe la discordancia angular basal sobre los materiales conglomeráticos previamente depositados, hay que suponer que las partes proximales de esos abanicos aluviales estarían situadas más hacia el E de los actuales afloramientos y que al moverse solidariamente con el borde de cuenca tectónicamente activo, han sufrido diversos procesos de retrabajamiento. Esto queda demostrado mediante el análisis de los clastos que denota el que hacia la parte superior de los tramos los materiales sean más modernos que hacia la parte inferior. Los clastos cretácicos, así como algún clasto carbonatado corroído por *Microcodium* se encuentran hacia la parte superior, mientras que los triásicos y alguno silíceo se encuentran predominantemente hacia la parte inferior. Esto que corresponde a una doble inversión en la disposición vertical de los clastos, también contribuye a explicar la marcada ausencia de materiales conglomeráticos que hayan sido transportados mediante procesos masivos, habida cuenta de que en el área fuente no son infrecuentes los materiales lutíticos mesozoicos que podrían facilitar un transporte masivo de este tipo. Eso también puede explicar el que los clastos aislados de granulometría más gruesa se encuentran hacia la parte media y superior y no en los tramos basales. Además, la disposición de las paleocorrientes que en los tramos más inferiores es hacia el NNW y NW se va haciendo más dispersiva hacia los términos superiores, donde muestra un marcado carácter radial. Estos abanicos aluviales se desarrollarían en una zona en la que lateralmente existiría una sedimentación tranquila (Formación Montblanc) en llanuras fangosas en las que localmente exis-

tirían zonas encharcadas. Estas pueden proporcionar evaporitas en los momentos de máxima sequedad y carbonatos en otros períodos.

Hacia esas zonas de *mud flat* se producirían algunas expansiones conglomeráticas que corresponderían, en los estadios normales de crecimiento del sistema de abanicos aluviales, a la implantación en este sentido de pequeños episodios que en sí mismos corresponderían a abanicos simples con un marcado carácter fluvial. Finalmente, las condiciones de encharcamiento se hacen cada vez más evidentes y permanentes hacia la parte muy distal y frontal, donde se constituyen unos depósitos predominantemente carbonatados (Fm. Sarral), hacia los que esporádicamente se propagan algunas lenguas conglomeráticas como respuesta sedimentaria a algunos de los últimos episodios de actividad tectónica en el área fuente.

### **Formación Sarral**

Esta unidad corresponde a los materiales predominantemente carbonatados que se hallan situados en las inmediaciones de la localidad de Sarral. La *Formación Calizas de Sarral* alcanza su mayor entidad en las inmediaciones de la localidad tipo, situada unos 8 kilómetros al NE de la población de Montblanc.

Estos materiales, debido a la gran cantidad de restos orgánicos que presentan, así como a que han sido explotados comercialmente desde antiguo, han sido objeto de estudios, principalmente paleontológicos, desde épocas muy antiguas (BATALLER, 1950; FERNANDEZ MARRON, 1973).

Algunos autores (BENZAQUEN *et al.*, 1973) han utilizado la denominación de «Formación Sarrel» para designar esos mismos materiales carbonatados, pero sin proponer su definición formal ni proporcionar información suficiente sobre sus características más sobresalientes, por lo que la hemos considerado como una nomenclatura informal. Aquí proponemos la definición formal de una unidad litestratigráfica con rango de formación que corresponda a esos materiales carbonatados. El toponimo corresponde a la grafía gramaticalmente correcta de la población de Sarral.

La *Formación Calizas de Sarral* está constituida fundamentalmente por tramos de calizas y calcarenitas que alternan con niveles de lutitas carbonatadas y con algunos niveles de materiales terrígenos gruesos predominantemente arenosos y esporádicamente conglomeráticos. El perfil estratigráfico principal se ha efectuado en las canteras que se hallan situadas al W de la localidad tipo. En la zona de L'Espluga de Francolí y en la trinchera del ferrocarril se ha levantado otro perfil estratigráfico de referencia.

Encima de unos niveles lutíticos con abundantes nódulos de yesos alabastrinos y correspondientes a la parte más alta de la infrayacente Formación Montblanc se disponen unos materiales lutíticos con un alto contenido en carbonatos de coloración gris-azulada, que pasan gradualmente a unos tramos en los que los carbonatos son *mudstones* y *calcisiltitas* (calizas margosas). En éstos se aprecian trazas de bioturbación verticalizada que proporciona un moteado difuso amarillento-rosado de tamaño centimétrico. Los carbonatos *mudstones-packstones* contienen abundantes restos de organismos límnicos y, en determinadas áreas, también contienen abundantes restos de flora. Entre éstos hay una gran abundancia de tallos piritizados y sobre todo de hojas. Se aprecia que el conjunto de restos orgánicos ha sido transportado hidráulicamente tal como también demuestran las laminaciones cruzadas muy abundantes según los niveles y que afectan a las calizas. Estas han sufrido algún transporte mediante *ripples* de diverso tipo. También aparecen intercalaciones lutíticas de espesor variable. Lateralmente los términos calcisiltíticos son muy abundantes, lo que ha proporcionado la explotación industrial de estos materiales como cemento natural. En algunos lugares también hemos encontrado restos de vertebrados entre los que destacan fragmentos de huesos y dientes de micromamíferos. Aparecen también intercalaciones terrígenas formadas por areniscas carbonatadas con evidencias de transporte acuoso tractivo, tal como indican los diversos tipos de laminaciones cruzadas. Además, a veces, también existen algunas intercalaciones de conglomerados con geometría lenticular y estratificación cruzada de escala media. Las más de las veces son las areniscas las que al mostrar un contenido bastante alto en clastos carbonatados muy rodados y de pequeño tamaño les confiere un carácter de areniscas conglomeráticas en general y de conglomerados, con gran cantidad de matriz arenosa en particular. El tránsito a la suprayacente Formación Blancafort es transicional y se efectúa cuando los términos terrígenos son más abundantes y cuando la tonalidad de los materiales adquiere tintes rojizos y ocres.

En la zona del perfil de referencia los términos carbonatados están en una menor proporción en favor de los términos terrígenos gruesos, que llegan a predominar. Tanto es así que los términos carbonatados, aun teniendo unas características similares a las anteriormente citadas, muestran unas trazas de bioturbación verticalizada muy intensa, así como evidencias de que en algunos niveles el material carbonatado ha sufrido procesos de transporte acuoso mediante formas de fondo de pequeño tamaño. Además, y en este caso eso es muy evidente, existen intercalaciones de materiales terrígenos muy gruesos, conglomeráticos, que, junto con los términos arenosos muy abundantes, constituyen el techo de esta Unidad en las inmediaciones de L'Espluga de

Francolí, donde una intercalación conglomerática muy potente y extensa recubre el techo de esta Unidad, constituyendo una expansión local de la Formación Montsant hacia esta zona y donde marca el cambio a los primeros tramos de la suprayacente Formación Blancafort.

Geoméricamente, esta unidad tiene una potencia del orden de unos 62 metros en el área tipo, potencia que puede variar desde unos 35 a 50 metros en la zona de referencia y en áreas situadas bastante más al NE. Constituye un afloramiento en forma de banda (Fig. 3) que centrado en el área tipo de Sarral se extiende hacia el SW hasta las inmediaciones de L'Espluga de Francolí, donde cambia su contenido litológico y hacia el NE se prolonga hacia Montbrì de la Marca y Vallverd de Queralt. Existen algunas discontinuidades cartográficas hacia la zona de Montbrì, donde se hacen muy patentes las intercalaciones terrígenas arenosas y aun carbonatadas que, procedentes de la zona de Sant Miquel del Montclar, inciden sobre los materiales carbonatados de la Unidad Sarral. En los sondeos petrolíferos situados

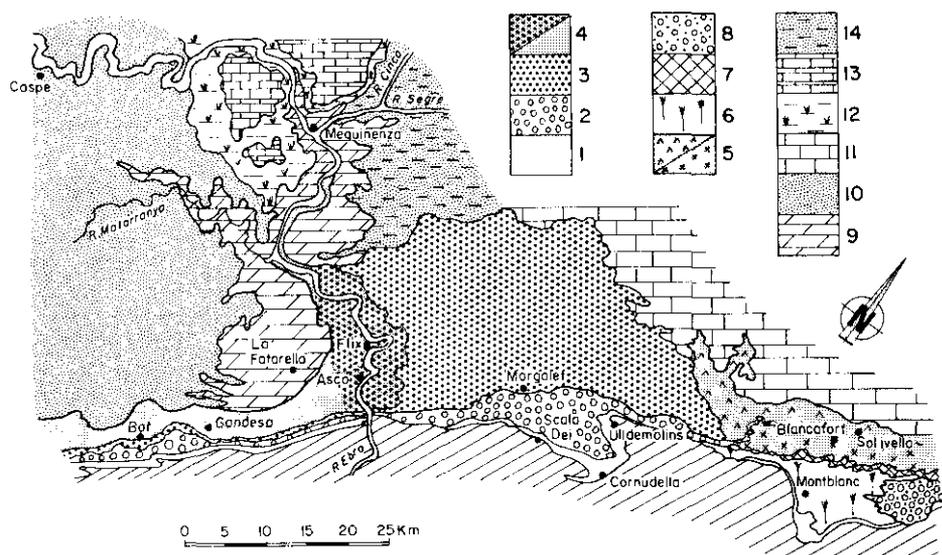


FIG. 3.—Esquema de la zona sudoriental de la Cuenca del Ebro, mostrando la distribución de las diversas unidades estratigráficas estudiadas. Grupo Cornudella (1); Grupo Scala Dei, Fm Montsant (2), Fm Margalef (3), Fm Flix (4), y Fm Blancafort (5); Grupo Barberà, Fm Montblanc (6), Fm Sarral (7) y Fm Sant Miquel (8); Unidades superiores, Fm Fatarella (9), Fm. Caspe (10), Fm Talladell (11), Unidad Cuesta de Fraga (12), Unidad Torrente de Cinca (13) y Fm Urgel (14).

FIG. 3.—Simplified map of the SE Ebro basin margin, showing distribution of the studied stratigraphic units.

hacia el W del área estudiada (SENANT 1) se cortan materiales de esta unidad con unas potencias del orden de unos 19 metros, lo que parece implicar un adelgazamiento también hacia el W, por lo que queda muy marcado su carácter primordialmente lenticular.

### Génesis

Esta unidad representa un sistema lacustre que, caracterizado por una lámina de agua de carácter permanente, posibilita la deposición de materiales carbonatados (calizas y margas) con abundantes restos orgánicos. Por lo general, la agitación de las aguas no debía ser importante, tal como lo indica la conservación de abundantes restos orgánicos en condiciones anaerobias sugerentes de la deposición de sapropeles no muy importantes. La permanencia a lo largo del tiempo de la lámina de agua queda reflejada por el tipo de organismos límnicos (gasterópodos, carófitas, ostrácodos) y por el tipo de vegetales asociados. El clima predominante sería cálido y húmedo, tal como lo sugieren las formas vegetales más extendidas y correspondientes a especies cálidas (DEPAPE & BRICE, 1965), cuyos equivalentes actuales viven en zonas intertropicales (helechos, palmeras, laureles, etc.). Los materiales terrígenos gruesos intercalados representan expansiones hacia ese área de los cuerpos detríticos gruesos adosados al borde de la cuenca y de los que proceden los cursos fluviales que llegan a incidir esporádicamente hacia esa zona lacustre. Estas expansiones terrígenas

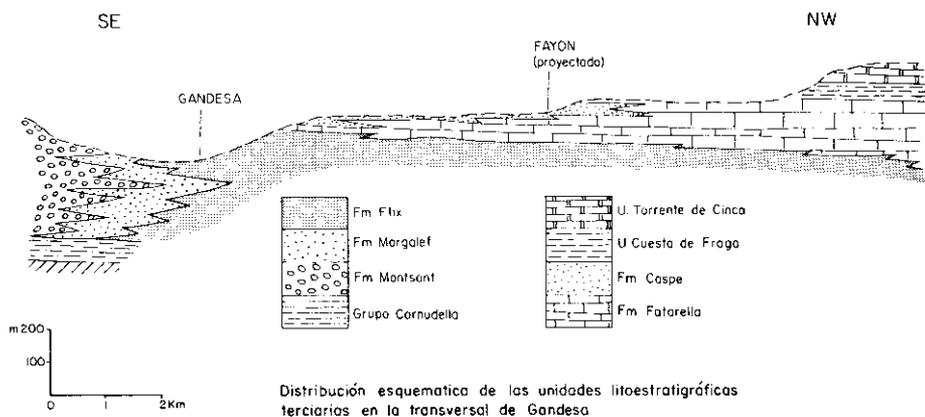


FIG. 4.—Distribución esquemática de las unidades litoestratigráficas terciarias en la transversal de Gandesa.

FIG. 4.—Schematic distribution of the lithostratigraphic units in the Gandesa transversal section.

representan la respuesta sedimentaria a los diversos apisodios de actividad tectónica en el área fuente. Algunos de estos episodios terrígenos gruesos, sobre todo los procedentes del área del Montsant, representan el límite superior de esta Unidad y constituyen una expansión de los abanicos aluviales de la Formación Montsant, que representan una reactivación del área fuente y la imposibilidad de permanencia de la zona lacustre estable que representa en definitiva la Formación Sarraal.

Se trata de una Unidad que representa una deposición lacustre de tipo perenne en una zona distal marginal de los grandes abanicos aluviales del Sant Miquel al NE y del Montsant al SW, que cercanos al borde tectónicamente activo de la cuenca estaban en un período de actividad sedimentaria.

#### UNIDADES SUPERIORES

Se hallan colocadas sobre los materiales más altos del Grupo Scala Dei y adquieren una representación cartográfica importante hacia zonas bastante alejadas de las aquí estudiadas. Existen varias unidades bien diferenciadas de las que sólo hemos estudiado en detalle la inferior (Fm. Fatarella), mientras que otros autores han estudiado sus equivalentes laterales (Fm. El Talladell, RIBA, 1971) o sus equivalentes verticales principales (Unidad Cuesta de Fraga, Unidad Torrente

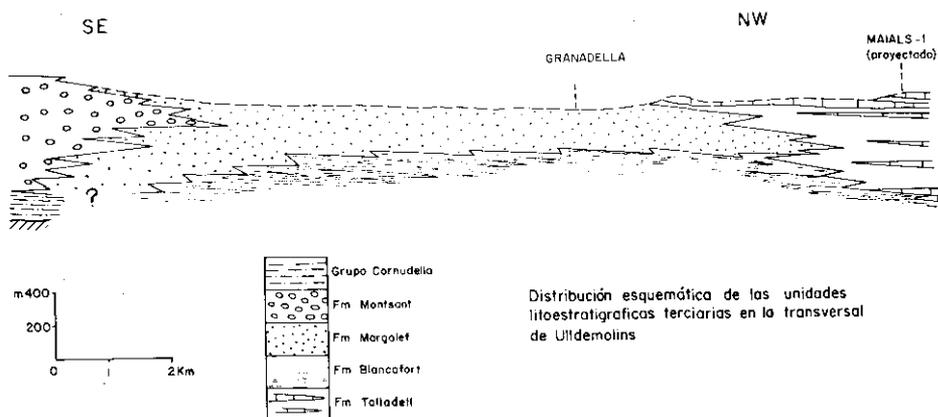


Fig. 5.—Distribución esquemática de las unidades litoestratigráficas terciarias en la transversal de Ulldemolins. Maials-1 corresponde a un sondeo petrolífero abandonado.

FIG. 5.—Schematic distribution of the lithostratigraphic units in the Ulldemolins transversal section. Mails-1 refers to an abandoned petroleum borehole.

de Cinca, CABRERA, 1983). En la Figura 6 se han esquematizado estas unidades y se ha propuesto su distribución y sus equivalencias laterales y verticales. También se ha citado otra Unidad que aparece bastante más hacia el SW (Fm. Caspe, QUIRANTES, 1978) y que muestra una disposición de equivalencia lateral y/o vertical con la Formación Fatarella.

### **Formación Fatarella**

Se propone agrupar en una unidad litoestratigráfica formal, con rango de Formación, a los materiales carbonatados que se hallan localizados por encima de la Formación Flix. La *Formación Calizas de la Fatarella* recibe su denominación de la población de La Fatarella, situada unos 12 kilómetros al NNE de Gandesa y donde esa Unidad se halla bien representada.

Aunque estos materiales ya han sido estudiados desde antiguo, sobre todo desde el punto de vista del aprovechamiento de los lignitos que contienen en algunos lugares (CLOSAS, 1948; ALVARADO & ALMELA, 1951...), no han recibido un tratamiento específico hasta los trabajos de QUIRANTES (1978), que se hallan centrados en el sector aragonés de la Cuenca del Ebro y que, aunque incluye estos materiales como una prolongación hacia el E y SE de la Formación Mequinzenza, no les da un tratamiento específico. Por tanto, creemos que es de utilidad el agruparlos en una nueva unidad litoestratigráfica formal.

El corte estratigráfico tipo es el efectuado por la carretera que asciende desde la Partida de Fala, en las inmediaciones de Ascó, hasta la Partida dels Plans de Flix, en las cercanías de La Fatarella. Como corte de referencia se ha efectuado el que sigue la carretera que desde la zona de Les Camposines asciende hacia La Fatarella. Otro corte de referencia puede efectuarse por la carretera que desde la presa de Riba Roja asciende en dirección de la Ermita del Berrús.

En principio se distinguen varios tramos que localmente pueden no estar tan bien definidos, pero que casi siempre se hallan presentes. En la parte inferior existe un tramo bastante potente en el que son abundantes los términos lutíticos rojos, entre los que se intercalan términos arenosos de geometría tabular y gran extensión lateral y niveles de yesos que localmente pueden ser muy abundantes. Esporádicamente los términos arenosos muestran geometrías lenticulares, una alta relación altura/anchura y gran cantidad de estratificación cruzada de escala e importancia variables. Gradualmente empiezan a aparecer los primeros niveles carbonatados que presentan algunos restos orgánicos.

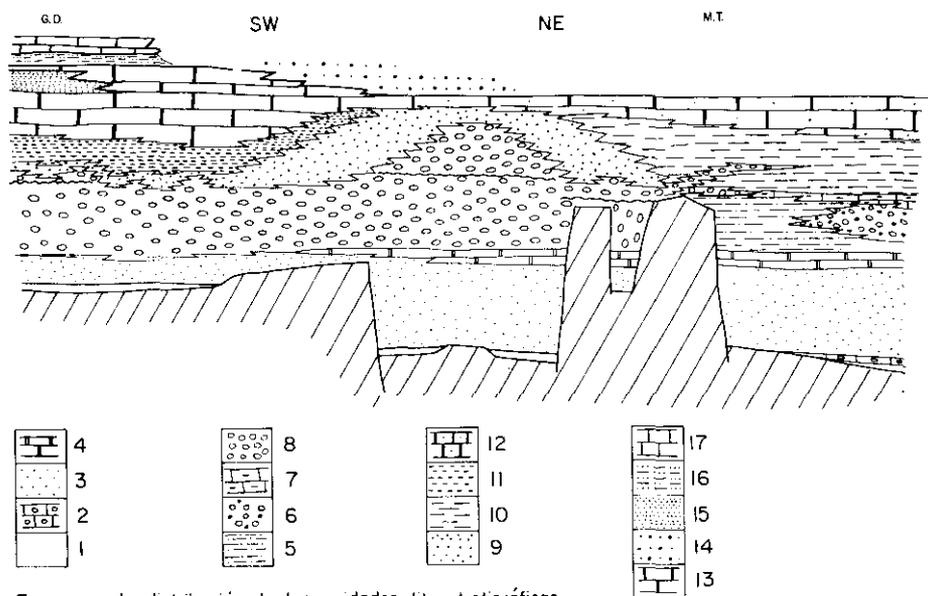
Gradualmente se pasa al tramo medio en el que son abundantes los términos terrígenos arenosos, generalmente constituidos por areniscas carbonatadas algo líticas con cemento también carbonatado. Esporádicamente, y con predominancia hacia determinados sectores, existen algunos términos arenosos de geometría lenticular con un cierto componente silíceo que localmente y lateralmente parecen pasar a tramos arenosos tabulares de escasa entidad y gran extensión y continuidad laterales. En este tramo y de una manera subordinada también existen intercalaciones carbonatadas de escasa entidad y con gran cantidad de restos de organismos límnicos.

El tramo superior al que se pasa gradualmente está constituido predominantemente por materiales carbonatados en bancos decimétricos con gran cantidad de restos de organismos límnicos. Hacia la parte inferior de los niveles existen tramos en los que la coloración negruzca y los restos piritosos sugieren acumulaciones de materia orgánica en medio reductor. Localmente estos niveles oscuros tienen tanta materia orgánica acumulada que dan lugar a pequeños niveles ligníferos de potencias entre milimétricas y centimétricas, y que más hacia el W y NW van aumentando de potencia, hasta ser explotables comercialmente. Existen también algunas intercalaciones en el tramo superior en el que son evidentes las trazas de bioturbación verticalizada más o menos intensa, según los niveles, y que proporciona un moteado difuso entre rosado y amarillento. En el tramo más superior no son infrecuentes los nódulos y ventillas de *cherts* asociados a los niveles carbonatados más potentes.

La parte superior constituye una losa que resalta como nivel foto-geológico y que es donde se halla situada la población de La Fatarella.

Geoméricamente, estos materiales presentan una disposición monoclinal que buza suavemente hacia el W y que tiene una potencia aproximada del orden de unos 200 metros y no presenta variaciones importantes de unos a otros de los lugares estudiados. En general, existe un cambio lateral/vertical con la infrayacente Formación Flix, sobre todo hacia el área tipo de esta última Unidad. En cambio, hacia el sector de Gandesa y en dirección a Batea existe una indentación vertical con la Formación Caspe, que llega a superponerse en el sector Batea-Nonaspe. En cambio más al W, hacia la zona de Fayon, existen intercalaciones laterales y, sobre todo, verticales con la suprayacente Unidad de las Lutitas de la Cuesta de Fraga. Estas, a su vez, son recubiertas por la Unidad de las Calizas de Torrente de Cinca, que comunican con los cantiles situados en las inmediaciones y al W de la localidad de Mequinenza. Hacia el NE, en dirección a la zona de Almatret y Maials, la Unidad Fatarella pasa lateral y verticalmente a la Formación Margalef. La Formación Urgel (RIBA, 1971) también corres-

ponde a un equivalente lateral/vertical. Por contra, la Formación Talladell (antiguas calizas de Tárrega) constituiría posiblemente un equivalente lateral de los tramos inferiores de la Unidad Fatarella (Fig. 6).



Esquema de distribución de las unidades litoestratigráficas terciarias del borde sudoriental de la Cuenca del Ebro, entre las transversales de las poblaciones de Montblanc (Mt) y Gandesa (Gd)

FIG. 6.—Esquema de distribución de las unidades litoestratigráficas terciarias del borde sudoriental de la cuenca del Ebro entre las transversales de Montblanc (Mt) y Gandesa (GD). Formación Mediona (1), Fm. Orpi (2); Grupo Cornudella, Comp. Ulldemolins (3), Fm. Morera (4); Grupo Barberà, Fm. Montblanc (5), Fm. Sant Miquel (6) y Fm. Sarral (7); Grupo Scala Dei, Fm. Montsant (8), Fm. Margalef (9), Fm. Blancafort (10) y Fm. Flix (11); Unidades superiores, Fm. Talladell (12), Fm. Fatarella (13), Fm. Urgel (14), Fm. Caspe (15), U. Cuesta de Fraga (16) y U. Torrente de Cinca (17).

FIG. 6.—Schematic distribution of the Tertiary lithostratigraphic units of the SE Ebro basin margin between transversal sections of Montblanc (MT) and Gandesa (GD) towns.

### Génesis

Esta unidad que muestra un carácter marcadamente carbonatado sugiere una deposición en un medio lacustre bastante estable. A ello contribuye el tipo de fauna límnic (gasterópodos, ostrácodos, cocodrílidos, quelonios, etc.) y de flora (carofitas, palmáceas, etc.) asociados. Además, la acumulación localmente importante de materia orgánica en forma de lignitos sugiere para el conjunto unas condiciones de

deposición tranquila con preservación de áreas en las que sería posible una deposición en medio reductor. Los niveles con bioturbación verticalizada sugieren la existencia de unas zonas con amplio desarrollo de aureolas con vegetación abundante, lo que condiciona una modificación palustre de las fábricas originales de los carbonatos. A esos lagos con lámina permanente de agua podían llegar algunas influencias arenosas terrígenas que, con forma canaliforme, procedente tanto del SE y SW como del NE, es decir, provienen tanto de los paleocanales de la Formación Caspe del Sistema Depositional del Guadalupe-Matarraña (CABRERA, 1983), como de sus homónimos procedentes de la Unidad Margalef y Unidad Flix, pertenecientes al Sistema Depositional de Scala Dei. Se trata, pues, de un depocentro carbonatado, alejado de las zonas tectónicamente activas y que sólo recibe alguna influencia terrígena de las mismas como respuesta sedimentaria a su actividad tectónica. Esas influencias terrígenas se dan tanto en forma de paleocanales y de sus barras de desembocadura en el momento que éstos pierden su encajamiento y son frenados por la lámina estable de las aguas lacustres. En algunos casos, esas barras son visibles y muestran cierta geometría lenticular convexa. En otros casos, tal geometría corresponde a unos niveles tabulares con gran extensión y permanencia lateral que parecen corresponder a fenómenos de desparcamiento asociados a la pérdida del encajamiento de los cursos fluviales que podían incidir en las zonas lacustres. Muy esporádicamente son también visibles algunos cuerpos arenosos de potencia métrica que presentan cicatrices oblicuas importantes. Corresponderían a la sedimentación arenosa originada mediante el concurso de cursos fluviales que podrían migrar lateralmente en los materiales lutíticos de su llanura de inundación.

Se trata, por tanto, de un sistema deposicional lacustre desarrollado en áreas alejadas de la influencia de los sistemas aluviales adosados a los Catalánides (Sistema Scala Dei) y adosados a la junción entre la Cordillera Ibérica y Los Catalánides (Sistema Guadalupe-Matarraña) y que denotan una sedimentación tranquila a la que esporádicamente llegan algunos episodios detríticos de esos sistemas aluviales y que representan períodos de actividad de los mismos. Hacia el NNW comunica ya con otros sistemas en los que son evidentes las influencias sedimentarias procedentes de los Pirineos (F. Urgell y Unidades equivalentes).

## UNIDADES BIO Y CRONOESTRATIGRAFICAS

Atendiendo a los diversos grupos de organismos que tienen validez bioestratigráfica se ha intentado establecer varias unidades indepen-

dientes de las litologías y basadas primordialmente en su contenido paleobiológico. Estas unidades permiten proponer, aunque sea de una manera esquemática, una escala bio y cronoestratigráfica con validez principal para la zona estudiada y áreas vecinas.

Las unidades distinguidas (Fig. 7) son:

- A. Niveles con gasterópodos como *Dissostoma aff brauni*, *Vidalieilla gerundensis*, etc. Ocasionalmente se presentan algunas carofitas (Puig Moreno) como *Peckichara varians* y *Maedleriella michelina*.

Corresponden a la Formación Mediona y unidades equivalentes y representa al Taneciense en esta zona.

- B. Tramo con fósiles marinos entre los que destacan los miliólidos, y alveolínidos como *Alveolina (Glomoalveolina) telemeensis*, *Alveolina (G) lepidula*. Hemos encontrado orbitolítidos como *Orbitolites aff gracilis* y otros organismos como *Spirulina sp.*, *Praerhapydionina sp.* e *Idalina aff sinjarica*. Corresponde a la Formación Orpí y equivale a un Ilerdiense medio.

- C. Intervalo con cocodrílidos como *Allognathosuchus sp.* y *Diplocynodon sp.*, micromamíferos como *Microparamys aff manus*, ostrácodos, gasterópodos y carófitas entre las que destacan *Maedleriella sp.*, *Maedleriella mangeloti*, *Maedleriella serialis*, *Psilochara sp.*, *Nitellopsis (T) thaleri sp.*, *Raskyella pecki*, *Ras-*

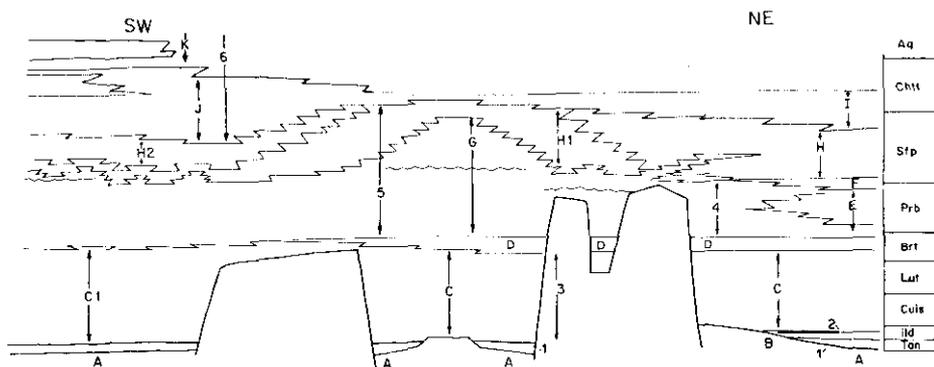


FIG. 7.—Esquema de distribución de las unidades bioestratigráficas (A, B, C) y de los principales sistemas sedimentarios (1, 2...). Explicaciones adicionales en el texto. Tan.: Taneciense; Ild.: Ilerdiense; Cuis.: Cuisienense; Lut.: Luteciense; Brt.: Bartoniense; Prb.: Priabonienense; Stp.: Estampienense; Chtt.: Chattienense; Aq.: Aquitaniense.

FIG. 7.—Schematic distribution of the biostratigraphic units (A, B, C...) and main depositional systems (1, 2...). More explanations in the text.

*kyella cf. caliciformis*, *Harrisichara sp.* Corresponde al Complejo de Ulldemolins y representa desde un posible Taneciense en la base hasta un Luteciense en la parte más superior.

- C. Tramo muy semejante al anterior, con un contenido paleobiológico similar para con algunas particularidades dignas de mención como la presencia de carofitas como *Maedleriella cumulata* y *Nitellopsis (Tectochara) thaleri ssp.* Corresponde también al Complejo de Ulldemolins pero en una zona situada mucho más al sur del área tipo. Concretamente en la transversal de Gandesa, esta unidad se ha sedimentado probablemente desde un Thaneciense superior (?) en la parte basal hasta un Bartoniense en la parte superior.
- D. Caracterizada por la presencia de gasterópodos como *Dissostoma aff munia*, *Ischurostoma formosum var minutum*, carofitas como *Maedleriella sp.*, *Nitellopsis (Tectochara) thaleri*, *Nitellopsis (Tectochara) major ssp.*, *Harrisichara sp.*, también se ha citado (CADILLAC, 1979) *Harrisichara cf vasiformis*, etc. Corresponde al menos en parte a la Formación Morera. La asociación de organismos parece sugerir una edad que se halla comprendida entre un Luteciense superior y un Bartoniense, que podría equivaler al menos en parte y con algunas reservas al antiguo Biarritziense.
- E. Intervalo en el que se han encontrado gasterópodos, ostrácodos y carofitas (BENZAQUEN *et al.*, 1973). *Grovesiella sp.*, *Sstefhanochara sp.*, *Sphaerochara sp.* y *Rhabdochara cf stockmanso*. Corresponde fundamentalmente a la Formación Montblanc, también en parte a la Formación Sant Miquel y representa un Priaboniense probablemente alto.
- F. Tramo con gasterópodos, ostrácodos y carofitas como *Rhabdochara stockmanso* y *Sphaerochara labellata*. También se han encontrado restos vegetales localmente abundantes entre los que destacan (FERNANDEZ MARRON, 1973) *Sabal major*, *Myriaca oligocenica*, *Salix angusta*, *Phoebe sarrealensis*, etc. Existen también algunos restos de vertebrados como *Prolebias sp.* y un *Entelodon magnus* (Villalta com pers.). Equivale a grandes rasgos con la Formación Sarral y corresponde a un período Stampiense. Ahora bien, algunos micromamíferos actualmente en estudio sugieren una edad correspondiente a un Eoceno medio-superior. Por nuestra parte, creemos que el contenido paleobiológico puede sugerir que esta Unidad se depositó en el límite

Eoceno-Oligoceno y quizá se prolongó durante los primeros estadios del Stampiense.

- G. Intervalo en el que se han encontrado gasterópodos como *Disostoma sp.*, *Romanella cf hopii*, y carofitas como *Nitellopsis sp.*, *Microchara sp.*, etc. Corresponde a la Formación Montsant y abarcaría un período comprendido entre un Bartoniense y un Stampiense pro parte.
- H. Niveles que han proporcionado carofitas (actualmente en estudio), tales como *Rhabdochara stockmansii*, *Sphaerochara labellata*, *Stephanochara aff vectensis*, *Nitellopsis (Microstomella) sp.*, *Harrisichara tuberculata*, *Lychnothamnus longus*, *Sphaerochara subglobosa*, *Stephanochara sp.* Equivale a la Formación Blancafort, que abarca un período correspondiente a un Oligoceno medio-superior.
- H<sub>1</sub>. Tramo en el que sólo se han encontrado como restos significativos fragmentos vegetales, entre los que destacan (SOLE *et al.*, 1975) *Salix sp.*, *Sabal major* y *Goniopteris stiriaca*. Corresponde, al menos en parte, a la Formación Margalef y abarca un período Oligoceno probablemente medio, sin que por el momento dispongamos de una mayor precisión.
- H<sub>2</sub>. Tramo muy similar al anterior, situado bastante más al Sur y que contiene restos de micromamíferos, entre los que destacan *Pseudocricetodon aff incertus*, *Issiodoromys cf minor*, *Archaeomys sp.*, *Gliravus sp.* También se han citado (COLODRON & ORCHE, 1979) *Gyrogona medicaginula*, *Nitellopsis (T) cylindrica* y *Sphaerochara hirmeri*. Asimismo, también hemos encontrado algunos restos de cocodrilidos como *Diplocynodon aff gracilis*, etc. También hay carófitas como *Rhabdochara praelangeri*, *Chara notata*, *Chara microcera*, *Nitellopsis (T) meriani*, *Stephanochara sp.* Corresponde a la Formación Flix y abarca un período comprendido entre un Stampiense y la base del Chattiense.
- I. Intervalo con restos de vertebrados (CRUSAFONT & TRUYOLS, 1964), como *Prolebias aff oustaleti*, *Hispanochampsia mulleri*, *Diplocynodon marini* (?), *Chrysemis astrei*, *Elomarix cluai*, *Theridomys siderolithicus* y *Cainotherium gracile*. Además se han encontrado abundantes ostrácodos (BENZAQUEN *et al.*, 1973), como *Candona praecox*, *Darwinula sp.*, *Eocytheropteron sp.*, *Haplocytheridae aff helvetica*, *Cyprideis aff mio-*

*caenica*, etc. También hemos encontrado (trabajos en curso) carófitas, como *Chara microcera*, *Rhabdochara major*, *Nitellopsis (T) meriani*. Corresponde en parte a la Formación Talladell (RIBA, 1971), equivale a las antiguas Calizas de Tárrega y abarca probablemente a un Stampiense-Chattiense.

- J. Tramo muy semejante al anterior, situado bastante más al S del mismo y que contiene restos de ostrácodos y carofitas, como *Rhabdochara praelangeri*, *Rhabdochara major*, *Chara notata*, *Stephanochara ulmensis*, *Hornichara lagenalis*, *Chara microcera*, *Sphaerochara sp.*, *Nitellopsis (T) meriani*, *Lamprothamnium sp.* Equivale a la Formación Fatarella y a la suprayacente Unidad de la Cuesta de Fraga. Su edad aproximada puede corresponder a un Chattiense.
- K. Intervalo en el que existen restos de micromamíferos como *Rhodanomys schlosseri*, *Pseudotharidomys aff parvulus*, *Brausatoglis aff concavidens*, *Eucricetodon cf atavus*, etc. Y ostrácodos y carofitas como *Chara notata*, *Stephanochara berdotensis*, *Stephanochara ungeri*, *Chara microcera*, etc. Corresponde a la Unidad de Torrente de Cinca y su biozona correspondería ya a la base del Mioceno, concretamente a un Aquitaniense.

Las diversas unidades diferenciadas indican que en esta región se hallan representados niveles que abarcan a grandes rasgos desde un Paleoceno en la base hasta un Mioceno inferior en los niveles más altos (Fig. 7).

La atribución cronoestratigráfica de las diversas unidades bioestratigráficas se ha efectuado atendiendo a su contenido específico en organismos principalmente continentales. Los especímenes fósiles han sido amablemente clasificados por diversos especialistas. El doctor F. Robles, de la Universidad de Valencia, y el doctor J. C. Plaziat, de la Universidad de París, han estudiado los gasterópodos; la doctora M. Feist, de la Universidad de Montpellier, ha estudiado las carofitas; el doctor E. Jiménez, de la Universidad de Salamanca, ha estudiado los cocodrílidos, y el doctor J. Agustí, del Museo de Paleontología de Sabadell, ha estudiado los micromamíferos, a todos ellos les agradezco su interés y dedicación.

Existen algunos problemas en cuanto a la acepción cronoestratigráfica de algunas unidades, ya que su contenido paleobiológico, las más de las veces, no permite una datación muy precisa y concreta, y por tanto la atribución cronoestratigráfica de algunos niveles hay que hacerla con algunas reservas. Este es el caso, por ejemplo, de la unidad bioestratigráfica F (Fig. 7), correspondiente, según la asocia-

ción de carófitas, a un Oligoceno inferior, y según los micromamíferos, que se hallan actualmente en estudio, correspondería probablemente a un Eoceno medio.

Hemos comparado las unidades bioestratigráficas estudiadas con las escalas cronoestratigráficas actualmente en vigor para la zona mediterránea (HARDENBOL & BERGGREN, 1978; HARLAND *et al.*, 1982) y áreas vecinas, y en la Fig. 7 se sumarizan las relaciones entre las unidades lito, bio y cronoestratigráficas citadas. Se ha modificado esa figura en relación con la que publicamos anteriormente (ANADON *et al.*, 1970) en función, entre otras, de las variaciones que han habido recientemente sobre la aceptación del término «Biarritzense», correspondiente a un Eoceno medio, y que ha sido sustituido por el término «Bartoniense».

## CONSIDERACIONES GENERALES

La historia sedimentaria del área estudiada a partir del Paleoceno indica que durante el Taneciense hubo una deposición tranquila en un área geográficamente muy amplia y extensa (F. Mediona), en la que no hay evidencias de actividad tectónica en zonas próximas. Posteriormente, y durante el Eoceno inferior, se producen diversos movimientos diferenciales del sustrato que condicionan la existencia de pequeñas cubetas que, a su vez, controlan la sedimentación. De esta manera, y durante el Ilerdiense, se produce una transgresión marina procedente de zonas nordoccidentales que sólo alcanza, en su progresión hacia el Sur, la transversal de Prenafeta, en las cercanías de Montblanc. En esa y en otras áreas prosigue una sedimentación predominantemente tranquila que sólo se ve ocasionalmente interrumpida por algunas intercalaciones terrígenas gruesas que corresponden a expansiones hacia esa zona de cursos fluviales procedentes del área fuente y que representan diversos estadios de actividad tectónica, en un área bastante alejada. Dos de estas intercalaciones terrígenas corresponden a episodios tectónicos desarrollados durante el Cuisiense y el Luteciense medio, aproximadamente.

A partir del Eoceno medio (Bartoniense) empieza a definirse el borde de la Cuenca del Ebro en una posición muy próxima a la de los actuales afloramientos. Así, en las cercanías de Cabra del Camp, que se halla situada bastante próxima y al N de Montblanc, se empiezan a manifestar unas gruesas cuñas clásticas que corresponden a un sistema de abanicos aluviales (Fm. Sant Miquel), desarrollados a partir de la denudación de los relieves catalánides en ese sector. En los períodos de máximo crecimiento de los abanicos aluviales (Eoceno superior), éstos van incorporando materiales aluviales previamente

depositados y retrabajados a causa de que los niveles inferiores se mueven solidariamente con el sustrato mesozoico cuando éste se halla bajo los efectos de la actividad tectónica.

El resultado es que los niveles aluviales se disponen según una discordancia progresiva (RIBA, 1976; ANADON *et al.*, 1986), en la que existe una variación gradual de los buzamientos máximos de los niveles, y que representan una expansión del sistema aluvial hacia el Oeste. Posteriormente, se produce una retracción del sistema aluvial ocasionada probablemente por un retroceso del frente tectónicamente activo hacia sectores más orientales localizados, probablemente en una posición geográfica similar a la que actualmente ocupa la porción septentrional del Camp de Tarragona. Esa retracción es la que origina al menos en parte, la discordancia angular asociada a la discordancia progresiva. Hay que tener en cuenta que la discordancia angular presenta una traza sin deformaciones importantes, lo que nos permite suponer que en esa zona los movimientos tectónicos tenían principalmente una componente vertical antes que horizontal. Posteriormente, durante un Oligoceno inferior, esa zona deja de ser tectónicamente activa, por lo que también dejan de ser funcionales los abanicos aluviales que se encontraban asociados.

La actividad tectónica empieza también durante un Eoceno medio en el sector comprendido entre las transversales de Montblanc y de Horta de Sant Joan, al S de Gandesa. En ese momento empieza a manifestarse un sistema deposicional de abanicos aluviales que se extienden lateralmente sin solución de continuidad por más de 80 kilómetros, constituyendo una «bajada». Durante el Eoceno superior se empiezan a individualizar diversos abanicos (Horta de St. Joan, Puig Cavaller, Corbera, etc.), que aisladamente continúan manteniendo una sedimentación activa cuando menos hasta los últimos estadios del Eoceno superior. Como que esta sedimentación va asociada a un borde de cuenca tectónicamente activo, cada vez más próximo, se desarrollan diversas discordancias progresivas como en el Puig Cavaller, en la zona de Gandesa (Fig. 8), o en La Llena, en la zona de Vilanova de Prades (Fig. 9). Posteriormente, durante un Oligoceno inferior, se produce una traslación del borde tectónicamente activo hacia el interior de la cuenca y en sentido Oeste. Esto condiciona el que aparezcan nuevas rupturas de pendiente, que a su vez condicionan la existencia de nuevas discordancias progresivas, como las que existen en la zona del Montsant o en la zona de La Llena (Fig. 9). En esta última zona es donde pueden observarse dos discordancias progresivas superpuestas, lo que no es frecuente a lo largo del borde estudiado de la Cuenca del Ebro. La discordancia inferior (*a* en la Fig. 9) que también afecta a parte de los materiales del infrayacente sistema deposicional del Grupo Cornudella, parece haberse desarrollado durante un Eoceno su-

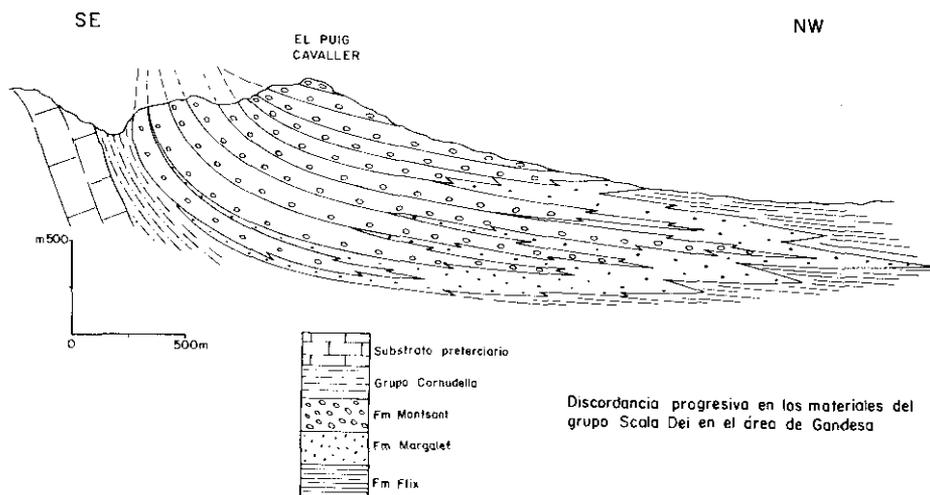


FIG. 8.—Discordancia progresiva en las unidades del Grupo Scala Dei, en el área de Gandesa.

FIG. 8.—Syntectonic unconformity in the Scala Dei Group units, Gandesa area.

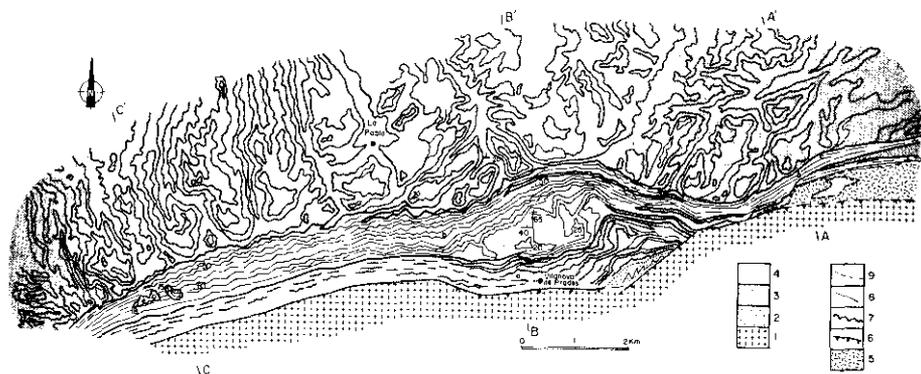


FIG. 9.—Mapa esquemático de los conglomerados de la Serra de La Llena. Los niveles principales muestran una distribución radial acusada. 1) Paleozoico, 2) Eoceno inferior-medio, 3) facies de granulometria fina del Eoceno superior-Oligoceno, 4) conglomerados del Eoceno superior-Oligoceno, 5) cuaternario, 6) cabalgamiento, 7) discordancia angular sintectónica, 8) linea fotogeológica, 9) contacto discordante.

FIG. 9.—Schematic map of the Serra de La Llena conglomerates. Note the general radial spreading of the main clastic levels. 1) Paleozoic, 2) Lower-Middle Eocene, 3) Upper Eocene-Oligocene fine grained facies, 4) Upper Eocene-Oligocene conglomerates, 5) quaternary, 6) thrust, 7) syntectonic unconformity, 8) photogeologic line, 9) unconformity.

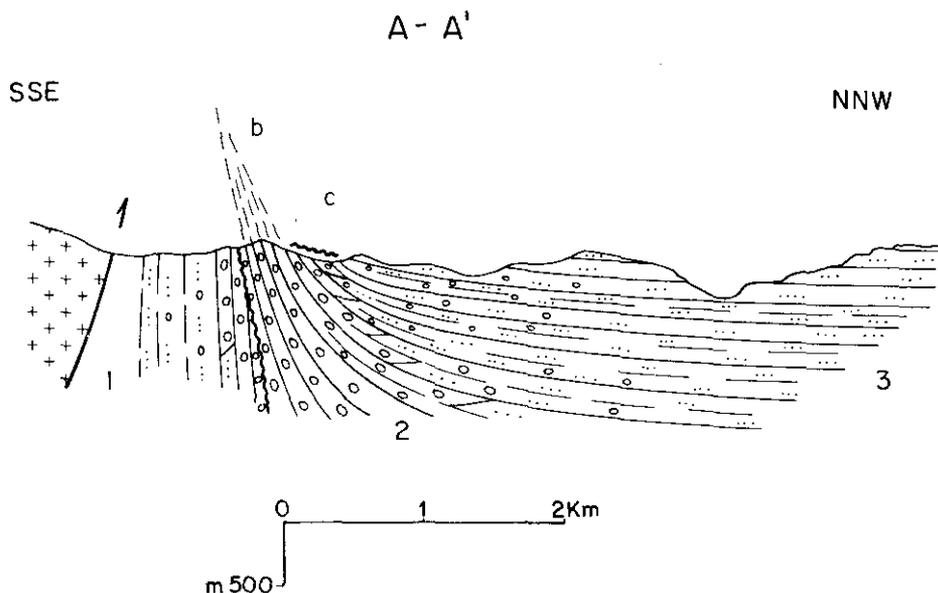


FIG. 10.—Corte septentrional del mapa de la Fig. 9. Se aprecia una discordancia angular seguida por una discordancia progresiva sintectónica (b). En la zona c se podría desarrollar una discordancia angular. 1) Grupo Cornudella, 2) Fm. Montsant, 3) Fm. Margalef.

FIG. 10.—Northern cross section of the Fig. 9 map. An angular unconformity followed by progressive unconformity (b) can be noted. In c there are a non developed possible angular unconformity.

perior cuando el bloque del macizo de Prades sufrió un movimiento ascensional local, lo que a su vez provocó el que se individualizara un abanico aluvial de reducidas dimensiones en el área de Vilanova de Prades. Ya en esa época se había individualizado también el abanico aluvial del Montsant de una gran entidad debida a una intensa actividad tectónica en el área fuente correspondiente, posiblemente, al manto de corrimiento de La Llabería. Posteriormente, y durante el Oligoceno inferior se forma una flexión regional que se extiende algunas decenas de kilómetros con una dirección aproximada NE-SW como consecuencia de una fractura de zócalo, asociada al movimiento general de desgarre senestro de Los Catalánides (GUIMERA, 1984). Esa flexión regional ocasiona una nueva ruptura de pendiente, generalizada a lo largo de gran parte del borde de cuenca estudiado, que a su vez actúa como área fuente local a partir de la cual prosigue la sedimentación mediante diversos abanicos aluviales que progradan en dirección hacia el interior de la cuenca. Uno de esos, el del Montsant, tiene influencias

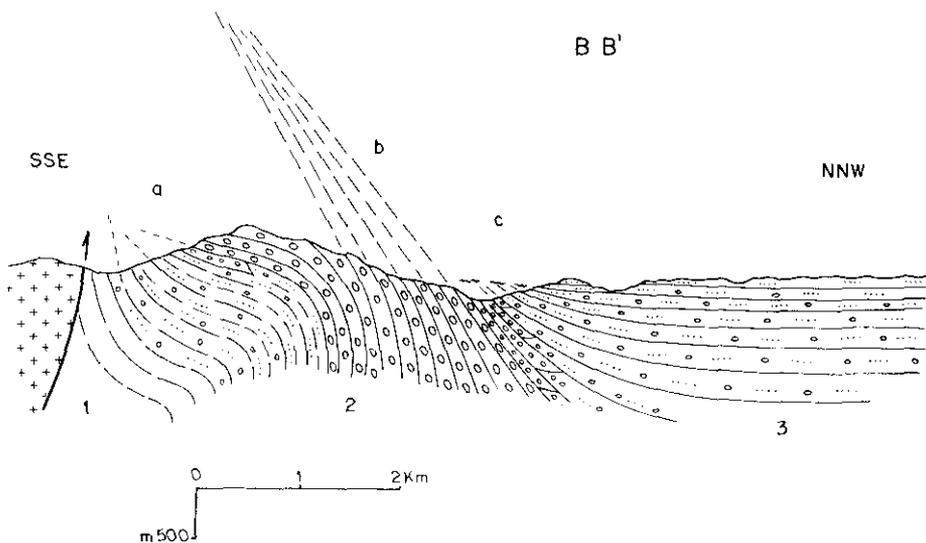


FIG. 11.—Corte central del mapa de la Fig. 9. Pueden apreciarse dos discordancias progresivas (a y b) superpuestas, y una posible discordancia angular (c) no desarrollada. 1) Grupo Cornudella, 2) Fm. Montsant, 3) Fm. Margalef.

FIG. 11.—Central cross section of Fig. 9 map. Two superimposed progressive unconformities (a and b) can be noted, and a non developed (c) angular unconformity.

hasta unos 30 kilómetros hacia el interior de la cuenca, y el de Vilanova de Prades se expansiona una decena de kilómetros en dirección a Blancafort (Fig. 3). En ese momento se forma la discordancia progresiva más generalizada (b en la Fig. 9) que puede apreciarse, sobre todo, en la zona del Montsant de La Llena. Posteriormente y al haberse suavizado la ruptura importante de pendiente ya mencionada, el sistema de abanicos aluviales sufre una retracción importante motivada probablemente por el funcionamiento de un borde tectónicamente activo situado bastante más al E de los actuales afloramientos y localizado probablemente en una posición geográfica similar a la que actualmente ocupa el Camp de Tarragona.

En ese momento es cuando se deben formar con toda probabilidad las discordancias angulares que se hallan asociadas a las discordancias progresivas, como es el caso de la que existe en La Llena (Fig. 12). Esta sirve como demostración de que el paquete conglomerático se halla efectuado por discordancias progresivas antes que por movimientos tectónicos que deforman mecánicamente los niveles conglomeráticos. En la zona de engarce entre la Serra del Montsant y la de

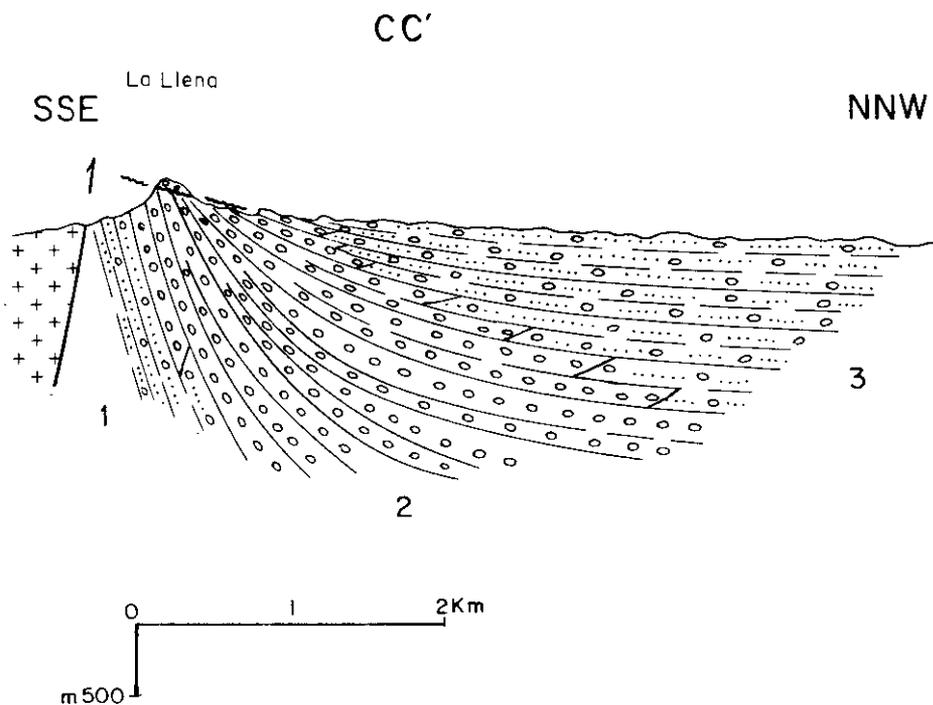


FIG. 12.—Corte meridional del mapa de la Fig. 9. Existe una discordancia progresiva con una discordancia angular asociada. Constituye una discordancia sintectónica compuesta. 1) Grupo Cornudella, 2) Fm. Montsant, 3) Fm. Margalef.

FIG. 12.—Meridional cross section of Fig. 9 map. There are an angular unconformity associated with a progressive unconformity. Constitutes a composite syntectonic unconformity.

La Llena, en las inmediaciones de la localidad de Ulldemolins existe un afloramiento espectacular, llamado La Roca Llaurada (La Roca Labrada) que muestra una discordancia progresiva ligada a una fractura.

En esta zona siempre se ha discutido el origen de tal disposición geométrica, sobre todo por estar ligada a esa fractura.

Esta, que es de pequeña entidad, ya que lateralmente se pierde con rapidez, parece ligada a los últimos reajustes tectónicos, ya que su último movimiento muestra evidencias de haber sido inverso y de escasa magnitud.

Durante el Oligoceno superior, cuando tiene lugar la retracción generalizada de los abanicos aluviales, se produce la implantación a gran escala del sistema lacustre que, instalado hacia la parte septentrional de la cuenca, se expande hacia partes centrales y marginales

de la misma. Esto se debe, probablemente, al empuje hacia sectores meridionales de los sistemas sedimentarios anteriormente instalados en las áreas septentrionales que se ven afectados por la implantación de los mantos de corrimiento pirenaicos. Así y todo existen algunas esporádicas influencias terrígenas hacia el centro de la cuenca lacustre procedentes del sistema Scala Dei y del Sistema Guadalopec-Mataranya, respectivamente. Esas influencias terrígenas iban a parar a cuerpos acuosos lacustres en los que existía una abundante deposición de materia orgánica que daba lugar a la formación de niveles lignitíferos, y donde esporádicamente podían construir algunos depósitos terrígenos específicos como barras de desembocadura, microdeltas, etc. Esto se produce durante un Mioceno inferior en general y un Aquitaniense en particular.

## BIBLIOGRAFIA

- ALLEN, Ph.; CABRERA, L.; COLOMBO, F., y MATTER, A. (1983): Variations in fluvial style on the Eocene-Oligocene alluvial fan of the Scala Dei Group, SE Ebro Basin Spain. *J. Geol. Soc. London*, 140, 133-146.
- ALVARADO, A., y ALMELA, A. (1951): Estudio de las reservas de lignito en la cuenca de Mequinenza. *Not. y Com. IGME*, 23.
- ANADÓN, P. (1978): El Paleógeno continental anterior a la transgresión Biarritzense (Eoceno medio) entre los ríos Gaià y Ripoll (Provs. Tarragona y Barcelona). *Est. Geológicas*, 84, 431-440.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; MARZO, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P., y SOLE SUGRAÑES, L. (1979): Evolución tectonoestratigráfica de Los Catalánides. *Acta aGeológica Hispánica*, Libro Homenaje al Dr. Solé Sabarís, 14, 242-270.
- ANADÓN, P.; CABRERA, L.; COLOMBO, F.; MARZO, M., y RIBA, O. (1986): Syntectonic intraformational unconformities in alluvial fan deposits, eastern Ebro basin margin (NE Spain). *IAS Spec. Paper on Foreland Basins* (en prensa).
- BATALLER, J. R., y DEPAPE, G. (1950): Flore Oligocène de Cervera (Catalogne). *An. Esc. Per. Agricol.*, 9, 60 pp.
- BENZAQUEN, M.; NÚÑEZ, A., y MARTÍNEZ, W. (1973): Mapa geológico nacional MAGNA, núm. 418, «Montblanch». IGME. Madrid.
- CABRERA, L. (1983): *Estratigrafía y sedimentología de las formaciones lacustres del tránsito Oligoceno-Mioceno del SE de la Cuenca del Ebro*. Tesis Doctoral. Universitat de Barcelona, 443 pp. Inédita.
- CABRERA, L.; COLOMBO, F., y ROBLES, S. (1985): Sedimentación and tectonics interrelationships in the paleogene marginal alluvial systems of the SE Ebro basin. Transition from alluvial to shallow lacustrine environments. *6th European Regional Meeting IAS Lleida, Spain*. Excursión guidebook, pp. 393-492.
- CADILLAC, H. (1979): *Téledetection et géologie. Essai d'utilisation des images LANDSAT dans les Pyrénées, le Bassin de l'Ebre et la Catalogne*. Tesis Doctoral. Univ. Paul Sabatier, Toulouse T-II, 188 pp.
- CLOSAS, J. (1948): Los carbones minerales de Cataluña. *Pub. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 7, 2.ª parte «Miscelània Almera»: 61-139.
- COLODRÓN, I.; ORCHE, J.; CABAÑAS, I., y MARTÍNEZ, C. (1979): Mapa geológico nacional MAGNA, n.º 444 «FLIX». IGME, Madrid.

- COLOMBO, F. (1980): *Estratigrafía y sedimentología del Terciario inferior continental de Los Catalánides*. Tesis Doctoral, Universitat de Barcelona, 609 pp. Inédita.
- COLOMBO, F., y CAUS, E. (1984): El Terciario inferior marino (Ilerdiense) del Cap de Salou (Tarragona, NE España). *Revista Española de Micropaleontología*, 16, 367-380.
- CRUSAFONT, M., y TRUYOLS, J. (1964): Les mammifères fossiles dans la stratigraphie du Paléogène continental du Bassin de l'Ebre (Espagne). *Coll. sur le Paléogène, Bordeaux*. Mem. BRGM, 28, 737-740.
- DEPAPE, G., y BRICE, P. (1965): La flore Oligocène à Cervera (Catalogne). *Ann. Soc. Geol. Nord.*, 85, 3-8.
- FERNÁNDEZ MARRÓN, M. T. (1973): Nuevas aportaciones a la sistemática y paleoecología de la flora del Sarreal (Tarragona). *Est. Geol.*, 29, 157-169.
- FERRER, J. (1971): El Paleoceno y Eoceno del borde sur-oriental de la depresión del Ebro (Cataluña). *Mem. Suiss. de Paléont.*, 90, 1-70.
- FREYET, P. (1973): Petrography and paleoenvironment of continental carbonate deposits with particular reference to the Upper Cretaceous and Lower Eocene of Languedoc. *Sedim. Geol.*, 10, 25-60.
- GUIMERÁ, J. (1984): Paleogene evolution of deformation in north eastern Iberian peninsula. *Geol. Mag.*, 121, 413-420.
- HARDENBOL, J., y BERGREEN, A. (1978): A new paleogene numerical time scale, in *Contributions to the geologic time scale*, ed by COHEE, G., et al., AAPG, 6, 213-234.
- HARLAND, W. B., et al. (1982): *A geologic time scale*. Cambridge University Press, 131 pp.
- HSU, K. J., y SIEGENTHALER, C. (1969): Preliminary experiments on hydrodynamic movements induced by evaporation and their bearing on dolomite problem. *Sedimentology*, 12, 11-25.
- JULIVERT, M. (1954): Estratigrafía del Eoceno-Oligoceno entre el Francolí i el Anoia. *Mem. Com. Inst. Geol. Dip. Prov. Barcelona*, 11, 5-22.
- QUIRANTES, J. (1978): Estudio sedimentológico y estratigráfico del Terciario continental de Los Monegros. *Inst. Fernando el Católico*, 27, 207 pp.
- RIBA, O. (1971): Mapa geológico de España (1:200.000), n.º 33, «Lérida», IGME. Madrid.
- RIBA, O.; VILLENA, J., y QUIRANTES, J. (1967): Nota preliminar sobre la sedimentación en paleocanales terciarios de la zona de Caspe-Chiprana (prov. Zaragoza). *Ann. Edaf. Agrob.*, 26, 617-634.
- RIBA, O. (1976): Syntectonic unconformities of the Alto Cardener, Spanish Pyrenees: a genetic interpretation. *Sed. Geol.*, 15, 213-233.
- SOLE, L.; CALVET, J., et al. (1975): Mapa geológico nacional MAGNA, n.º 417, «Esplugas de Francolí», IGME.
- SÁEZ, A., y ANADÓN, P. (1985): Dipòsits de ventall submari profund en el Carbonífer de la part central del Priorat. Libro Homenaje al Dr. Faura i Sans. Servei Geològic de Catalunya (en prensa).
- WILLIAMS, R. (1975): Fluvial deposits of Oligo-Miocene age in the Southern Ebro Basin, Spain, Ph. D. Thesis. Cambridge Univ., 220 pp. Inédita.