

ESTRATIGRAFIA, SEDIMENTOLOGIA Y DIAGENESIS
DEL MUSCHELKALK SUPERIOR DE LOS CATALANIDES

POR

F. CALVET *, M. MARCH ** y A. PEDROSA *

RESUMEN

A partir de diferencias estratigráficas, sedimentológicas y contenido paleontológico, podemos dividir el Muschelkalk superior en tres grandes dominios: Gaià, Prades y Baix Ebre.

La potencia del Muschelkalk superior varía de unos 100 m. en el sector más septentrional (Gaià, Garraf), a más de 140 m. en las áreas más meridionales (Baix Ebre). El límite inferior del Muschelkalk superior está representado por un cambio brusco de litologías o por un paso gradual pero muy rápido entre las facies detrítico-evaporíticas del Muschelkalk medio a las facies calcáreas del Muschelkalk superior. El límite superior viene representado por un cambio gradual y progresivo de las facies del Muschelkalk a las facies Keuper.

Atendiendo a criterios texturales, faunísticos y sedimentológicos por una parte, y por otra parte a la presencia de niveles de ferruginación y de niveles de acumulación de fauna (principalmente amonites) se ha dividido el Muschelkalk superior en diversas unidades informales en función de los tres grandes dominios citados. Tanto las unidades basales como la situada a techo del Muschelkalk superior, son las mismas a lo largo de los Catalánides. Así, en el Dominio Gaià-Miramar, las unidades definidas son cuatro, que de base a techo son:

* Departamento de Petrología y Geoquímica, Facultad de Geología, Universidad de Barcelona, Gran Vía, 585, 08007 Barcelona.

** Departamento de Geología, Facultad de Biología, Universidad de Valencia, Doctor Moliner, Burjasot (Valencia).

Calizas y/o dolomías oolíticas de Rojals, calizas bioturbadas y dolomías de Benifallet, estromatolitos de Querol y dolomías margosas, margas y brechas de Capafons. En el Dominio de Prades se ha dividido en cinco unidades informales que de base a techo son: unidad de Rojals, unidad de Benifallet, arrecifes de La Riba, dolomías tableadas de La Pedra d'Alcover y unidad de Capafons. En el Dominio Priorat-Baix Ebre se ha dividido en cinco unidades informales: unidad de Rojals, unidad de Benifallet, calizas y/o dolomías y margas con *Daonella* de Rasquera, calizas y/o dolomías y margas con ammonites de Tivissa y unidad de Capafons.

El modelo global para la interpretación sedimentológica de los materiales del Muschelkalk superior es el de una rampa tipo *ramp-fringing bank type* (READ, 1985), la cual pasa a una rampa con *buildups* aislados en la zona de rampa poco profunda y *downslope buildups*.

ABSTRACT

A stratigraphic and sedimentological study of the Upper Muschelkalk of Catalonian ranges has been carried out. They present three sedimentological domains: Gaià-Miramar, Prades and Priorat-Baix Ebre. The thickness of the Upper Muschelkalk varies from 100 m to the northern side to more than 140 m to the southern sides.

On the base of lithological, paleontological and sedimentological criteria on one hand the presence of ferruginization levels, fauna accumulation levels and paleokarsts on the other, the Upper Muschelkalk has been divided into several unconventional units according the cited domains. Four units have been determined in the Gaià-Prades domain which from the base to the top are: Rojals oolitic limestones and/or dolomites; Benifallet bioturbed limestones and dolomites; Querol stromatolites and Capafons marl dolomites, shales and breccias. In the Prades domain the Upper Muschelkalk has been divided into five units which from base to top are: Rojals unit, Benifallet unit, La Riba reefs, Alcover laminated dolomites and Capafons unit. In the Priorat-Baix Ebre domain the Upper Muschelkalk can be divided into five units, which from base to top are: Rojals unit, Benifallet unit; Rasquera limestones and/or dolomites and shales with *Daonella*; Tivissa limestones and/or dolomites and shales with ammonoids and Capafons unit.

The global sedimentological model for the Upper Muschelkalk is a ramp-fringing bank type of Read (1985) going from a ramp with isolated buildups in the inner ramp and downslope buildups.

INTRODUCCION

En toda Europa central y occidental, el ciclo Triásico presenta un carácter expansivo, asociado a una elevación general del nivel del mar, que se produjo de forma cíclica (BUSSON, 1982; ZIEGLER, 1982). Esta ciclicidad se pone de manifiesto por una alternancia de episodios transgresivos, representados por facies carbonatadas y/o evaporíticas, y de episodios regresivos representados por facies terrígenas y/o evaporíticas.

En los Catalánides, sobre los materiales terrígenos del Buntsandstein, se detectan tres etapas transgresivas culminadas por los carbonatos del Muschelkalk inferior, Muschelkalk superior y Formación Imón, de edad Anisiense, Ladiniense y Noriense, respectivamente. Entre estos carbonatos se registran dos etapas regresivas culminadas por los materiales terrígenos del Muschelkalk medio y del Keuper, de edad Aniense superior-Ladiniense inferior y Karniense, respectivamente. El objetivo fundamental de este trabajo se centra en el estudio estratigráfico, sedimentológico y diagenético del Muschelkalk superior.

Existe una extensa bibliografía respecto a distintos aspectos paleontológicos, así MOJSISOVICS (1882), MALLADA (1890), VILASECA (1920), WURM (1920), SCHMIDT (1932, 1935), LLOPIS (1947), VIRGILI (1958, 1961, 1963), ROBLES (1974) citan la presencia de ammonites, mientras que la presencia de *Daonella* ha sido puesto de relieve por MALLADA (1890), VILASECA (1920), LLOPIS (1952), VIRGILI (1958, 1961, 1963, 1964, 1977), ROBLES (1974). HIRSCH (1966, 1972, 1977) pone de manifiesto la presencia de conodontos. La fauna de la Unidad de Alcover (Pedra d'Alcover) ha sido estudiada por VIA y VILLALTA (1966, 1971, 1975), VILLALTA y VIA (1966), BELTAN (1972, 1975), VILLALTA y ELLENBERGER (1974)), HEMBELEN y FREELS (1977), VIA *et al.* (1977), ROMERO y VIA (1977).

Entre los trabajos estratigráficos-sedimentológicos destacan los de VILASECA (1920), VIRGILI y JULIVERT (1954), VIRGILI (1958, 1961, 1963, 1964, 1977), ROBLES (1974, 1975), ORTI y BAYO (1977), ESTEBAN *et al.* (1977), VALLES y MARTIN (1983). Pero la estratigrafía del Triásico de los catalánides y, por consiguiente del Muschelkalk superior, no queda perfectamente delimitada hasta los trabajos de VIRGILI (1958). VIRGILI (1958) distingue en el Muschelkalk superior cuatro grandes tramos, que, desde la base a techo, son: M3A Dolomía basal; M3B Nivel de *Daonella*; M3C Nivel de *Protrachicerias*; M3D Nivel de *Cassianella*, dolomítico. Atribuye la edad del Muschelkalk superior al Ladiniense.

CONTEXTO ESTRATIGRAFICO

A partir de diferencias estratigráficas, sedimentológicas, diagenéticas y paleontológicas, podemos agrupar los afloramientos del Muschelkalk superior en tres grandes dominios: Gaià-Miramar, Prades y Priorat-Ebre (Fig. 1).

Su potencia varía de unos 100 m. (Gaià, Garraf) a más de 140 m. (Baix Ebre). El límite inferior con el Muschelkalk medio viene marcado por un cambio litológico gradual-rápido, mientras que el límite superior está representado por un cambio gradual y progresivo a las facies Keuper (ESTEBAN *et al.*, 1977; ANADON *et al.*, 1979).

En cada dominio, atendiendo a criterios litológicos, sedimentológicos y faunísticos por una parte, y por otra a la presencia de niveles de ferruginización y de acumulación de fauna (principalmente Ammonites) hemos subdividido el Muschelkalk superior en diversas unidades informales (Fig. 1). Tanto las unidades basales como las situadas a techo son las mismas a lo largo de los Catalánides.

En el dominio Gaià-Miramar, de base a techo se reconocen cuatro unidades:

- a) Calizas y/o dolomías oolíticas de Rojals.
- b) Calizas bioturbadas y dolomías de Benifallet.
- c) Estromatolitos de Querol.
- d) Dolomías margosas, margas y brechas de Capafons.

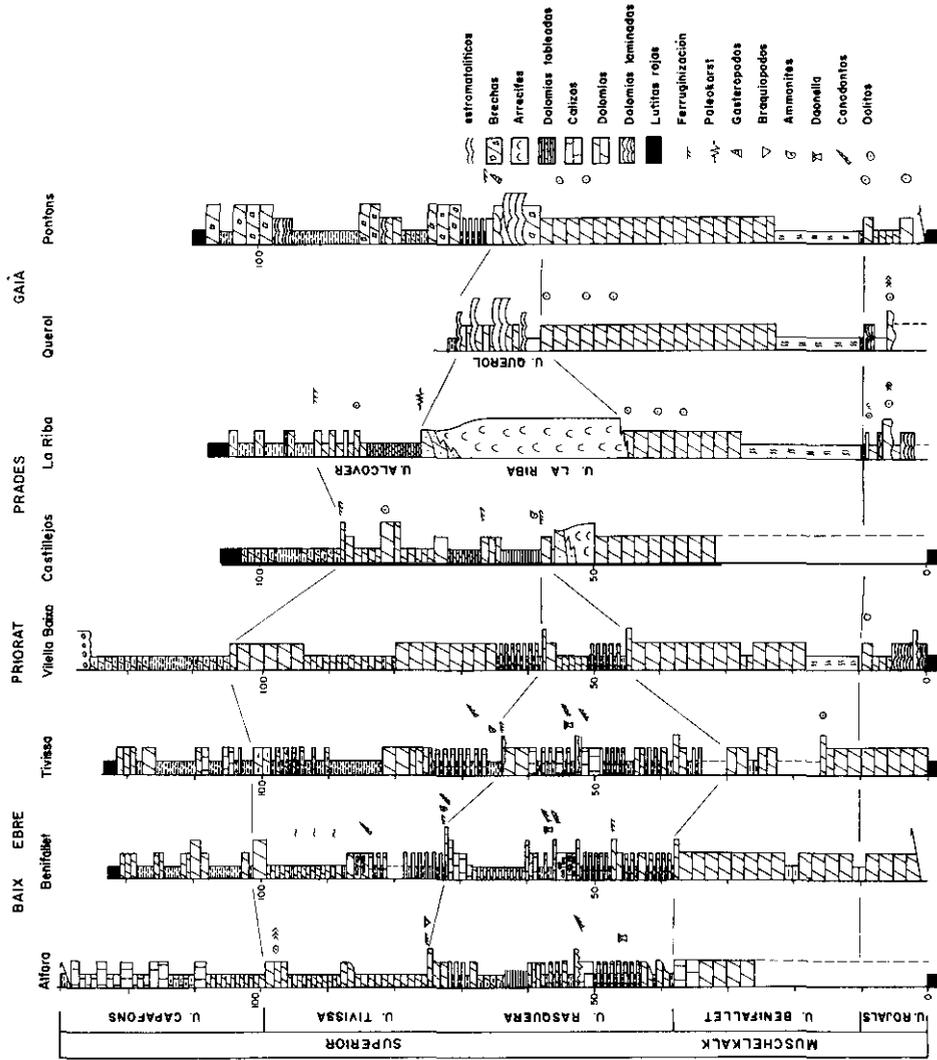
En el dominio de Prades se reconocen cinco unidades:

- a) Calizas y/o dolomías oolíticas de Rojals.
- b) Calizas bioturbadas y dolomías de Benifallet.
- c) Arrecifes de La Riba.
- d) Dolomías tableadas de Alcover.
- e) Dolomías margosas, margas y brechas de Capafons.

Las unidades diferenciadas en el dominio Priorat-Baix Ebre son:

- a) Calizas y/o dolomías oolíticas de Rojals.
- b) Calizas bioturbadas y dolomías de Benifallet.

FIG. 1.—*Síntesis litoestratigráfica del Muschelkalk superior*.
Lithostratigraphic synthesis of the U. Muschelkalk.



- c) Calizas y/o dolomías y margas con *Daonella* de Rasquera.
- d) Calizas y/o dolomías y margas con Ammonites de Tivissa.
- e) Dolomías margosas, margas y brechas de Capafons.

CALIZAS Y/O DOLOMIAS OOLITICAS DE ROJALS

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituido por una amplia variedad litológica, desde mudstones a grainstones, brechas, parcial o totalmente dolomitizada. La potencia de esta unidad varía de 6 m. a 17 m., desarrollándose en los tres grandes dominios del Muschelkalk superior. El límite inferior, en general, está representado por un paso gradual pero muy rápido entre las facies detrítico-evaporíticas del Muschelkalk medio a las facies calcáreas del Muschelkalk superior. El límite superior viene representado por un nivel de ferruginización, de 1 mm. a 5 mm. de espesor, asociado a un paquete de 10-20 cm. de lutitas.

FACIES

Las principales facies de la Unidad Rojals son las siguientes :

- i) Mudstones masivos de color gris, y/o dolmicritas. Estratificación de 40 a 60 cm. Presencia de bioturbación.
- ii) Mudstone-wackestones grises, y/o dolmicritas, con laminación milimétrica paralela a crenulada, ondulada, o en forma de domos centimétricos. Las laminaciones presentan una alternancia de mudstones y de wackestones-packstones peletoidales. Presencia de *mud cracks*, moldes lensoides (de 1 a 5 cm.) de evaporitas.
- iii) Wackestones grises, y/o dolmicritas con estratificación horizontal planar y estratificación *linsen*.
- iv) Wackestones-packstones oolíticos y/o bioclásticos, y/o dolmicritas-dolsparitas. Esta facies se presenta de diversas formas: 1) con laminación horizontal y ripples simétricos, 2) en estratos de 40 a 70 cm., con laminación horizontal, ripples de corrientes, ripples de oscilación y estratificación *flaser* y 3) con estratificación cruzada de media a gran escala.
- v) Grainstones oolíticos. En general se presentan dolomitizados, dolsparitas. Presentan morfología lenticular, de 20 cm. a 1-2 m. de potencia y decenas de metros de amplitud, con la base erosiva. Ordenación de la base a techo de la escala de la estratificación cruzada y

granodecrecientes. En la base presentan estructuras bidireccionales (*herring bone*), estratificación cruzada de gran escala. Localmente estratificación paralela de bajo ángulo. Hacia techo presencia de estratificación cruzada de pequeña escala.

vi) Brechas. En paquetes de 10 a 50 cm., constituidas por fragmentos (intraclastos) de las facies de mudstones laminados.

vii) Lutitas ocreas. En paquetes de 5 a 50 cm.

INTERPRETACION SEDIMENTOLÓGICA

El conjunto de facies y asociaciones de facies corresponden a depósitos de un complejo de llanura mareal carbonatada. Las principales asociaciones de facies son:

i) Secuencias tidálíticas *shallowing upwards* tipo *muddy*. La base de estas secuencias está constituida por mudstones bioturbados que se interpretan como depósitos de un ambiente submareal y/o intermareal. Los niveles con laminación milimétrica paralela, crenulada u ondulada se interpretan como *algal mats* y los domos como estromatolitos. Ambos depósitos (*algal mats* y estromatolitos) se situarían en un ambiente intermareal medio e intermareal alto respectivamente. La zona supramareal está representada por brechas de intraclastos *mud cracks*, etc. Esta secuencia es similar a grandes rasgos, a las descritas por JAMES (1979).

ii) Secuencias *thinning upwards*. La secuencia *thinning upwards* ideal (Fig. 2) de este complejo está constituida por: a) nivel de grains-

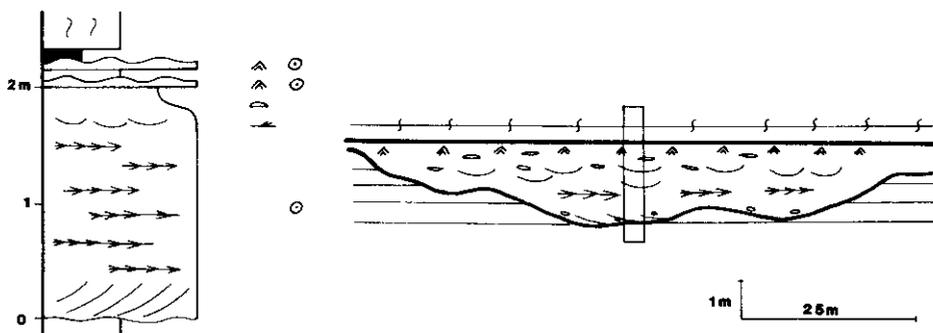


FIG. 2.—Secuencia *thinning—upwards* constituidas por depósitos de canales mareales.

Thinning-upwards sequence formed by tidal channels.

tones oolíticos, con la base erosiva, estructuras bidireccionales (*he-rring-bone*), estratificación cruzada de gran escala, estratificación paralela de bajo ángulo. Se interpretan como depósitos submareales desarrollados en condiciones energéticas; b) packstones oolíticos y/o bioclásticos con estratificación cruzada de pequeña escala, laminación horizontal y estratificación *flaser*, interpretándose como depósitos intermareales bajo y medio; c) wackestones con estratificación *linsen*, que se interpreta como un depósito intermareal medio-alto; d) *algal mats* y estromatolitos, los cuales representan depósitos intermareales altos, y e) niveles lutíticos ocre, que se interpretan como depósitos supramareales y/o terrestres.

El conjunto de la secuencia *thinning upwards* se interpreta como depósitos de canal mareal (nivel a) en la base, como depósitos de *sand-mixed* y *mud flat* (los niveles b, c y d) en el medio, y como depósitos de *marsh* (nivel e) a techo. Esta secuencia, es similar a grandes rasgos a las descritas por KLEIN (1971), REINECK (1975), RICCHI LUCCHI (1978), Van der BERG (1980) y WEIMER *et al* (1983).

CALIZAS BIOTURBADAS Y DOLOMIAS DE BENIFALLET

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituida por una amplia variedad de facies, principalmente mudstone-wackestones bioturbados y dolomías. La potencia de esta unidad varía de 20 a 50 m., desarrollándose en los tres dominios del Muschelkalk superior. El límite inferior viene marcado por un nivel de ferruginización y/o un nivel de 10-20 cm. de lutitas. El límite superior viene marcado por un nivel de ferruginización y cambio litológico en el Dominio Priorat-Baix Ebre respecto la Unidad de Rasquera; en el Dominio de Prades viene representado por un cambio litológico respecto los arrecifes de La Riba y por un nivel de ferruginización respecto las facies de La Pedra d'Alcover; en el Dominio de Gaià-Miramar está representado por un cambio litológico respecto los estromatolitos de Querol.

FACIES

Las principales facies de esta unidad son:

i) Mudstones-wackestones bioturbados, de color gris-verde, en estratos de 40 cm. a 1 m., aspecto noduloso. Parcial o totalmente dolomitizada (dolomicrospartitas de color ocre). Pasadas lenticulares centi-

métricas de fauna. A menudo esta facies deriva a conglomerados intraformacionales.

ii) Wackestones masivos, en general totalmente dolomitizadas (dolomicrosparitas-dolsporitas ocres), en estratos de 40 cm. a 1 m.

ii) Wackestones masivos, en general totalmente dolomitizadas (dofris, en general totalmente dolomitizadas (dolsporitas ocres), con presencia de estructuras de corriente de alta energía (ripples, megaripples, estratificación cruzada de gran escala, estructuras bidireccionales...).

iv) Dolomías margosas y lutitas, asociadas a nódulos de sílex, con laminación milimétrica paralela y estratificación *linsen*.

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Las principales asociaciones de facies de la Unidad Benifallet son secuencias *shallowing*, en general situadas en la parte inferior de la Unidad, y secuencias *shoaling*, situadas hacia techo.

Las secuencias *shallowing* están constituidas por un nivel inferior de mudstones-wackestones, en general bioturbado, y un nivel superior constituido por wackestones y packstones. La potencia de estas secuencias varía de 2-3 m. hasta 10-15 m. Las secuencias *shallowing* quedan enmarcadas en un contexto de lagoon. Los niveles de mudstones bioturbados se interpretan como sedimentos submareales y los materiales del nivel superior se interpretan como sedimentos de colmatación de lagoon.

Las secuencias *shoaling* están constituidas por un nivel inferior de mudstones en general bioturbados, un nivel intermedio constituido por facies de wackestones y packstones con laminación horizontal, ripples de corriente, o masivos, y un nivel superior de grainstones oolíticos con estratificación cruzada de gran a pequeña escala. La potencia de las secuencias *shoaling* varía de 4-5 m. a 15-20 m. Las secuencias *shoaling* quedan enmarcadas en un contexto de margen de rampa, y corresponderían al *nearshore sand belt* (TUCKER, 1985) y al *barrier bank* (READ, 1985). Los materiales del nivel inferior se interpretan como depósitos submareales, los de nivel intermedio representarían la progresiva colmatación de la cuenca. El nivel superior, se interpreta como un conjunto de barras oolíticas (BALL, 1967; HINE, 1977; HALLEY *et al.*, 1983) enmarcadas en las zonas más energéticas de la plataforma/rampa. Localmente, los niveles de grainstones oolíticos presentan *herring-bone* y estratificación cruzada de gran a pequeña escala; se interpretarían como depósitos de canal mareal, tipo *inter-shoal channel* (HALLEY *et al.*, 1977).

ESTROMATOLITOS DE QUEROL

GENERALIDADES Y LÍMITES

Desarrollada únicamente en el dominio Gaià-Miramar, está básicamente constiuida por domos estromatolíticos métricos. Su potencia varía de unos pocos m. hasta 12 m. El límite superior está representado por un paso gradual a facies de la Unidad de Capafons, que en el dominio citado está formada por brechas (colapso-brechas) y margas.

FACIES

Las principales facies son: a) domos estromatolíticos con laminación milimétrica, del tipo LLH-C, de 1 a 8 m. de radio y de 0,2 a 1 m. de altura; b) mudstones-wackestones dolomitizados; c) brechas con abundantes moldes de minerales evaporíticos (colapso-brechas); d) packstones-grainstones de gasterópodos, dolomitizados y con estructuras tractivas.

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

De acuerdo con VALLES y MARTIN (1983) los materiales de esta unidad representan depósitos de llanuras mareales, en un contexto hipersalino. Los niveles lenticulares de gasterópodos son interpretados como canales mareales.

ARRECIFES DE LA RIBA

GENERALIDADES Y LÍMITES

Esta unidad está básicamente formada por facies bioconstruidas y las facies asociadas. En general, ambas están totalmente dolomitizadas. Se desarrolla solamente en el dominio de Prades y preferentemente en su sector septentrional.

La altura de las bioconstrucciones oscila entre 5-10 m. al O de la Sierra de Prades y entre 50-60 m. al E. Se desarrollan sobre las barras oolítico-bioclásticas de la Unidad Benifallet. Su techo viene marcado por una discontinuidad erosiva, asociada a ferruginizaciones y brechificaciones, que se interpreta como una superficie paleokárstica. La Unidad de La Riba queda recubierta por la Unidad de Alcover mediante un contacto en *onlap* (Fig. 3).

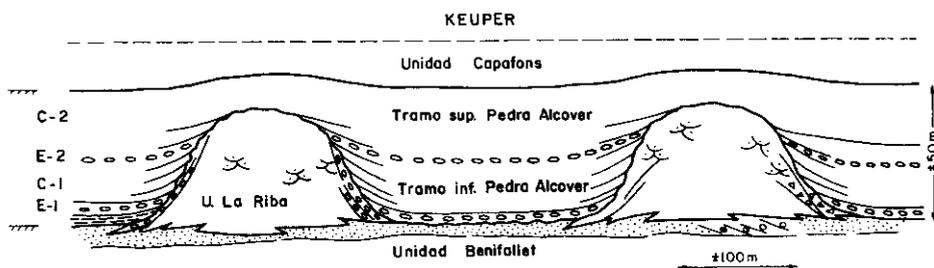


FIG. 3.—Relaciones geométricas entre la Unidad de Arrecifes de La Riba y la Unidad Dolomías tableadas de Alcover.

Geometrical & elationships between La Riba Reef Unit and Alcover bedded dolomites Unit.

FACIES

Las principales facies de la Unidad La Riba son:

i) Facies bioconstruidas (framestone) y que constituyen el armazón arrecifal, de difícil estudio a causa de la dolomitización, están constituidos por una amplia variedad litológica, que sería causa directa de una amplia variedad e intensidad de las distintas funciones sedimentológicas. Entre los organismos constructores-aglutinantes, destacan los estromatopóridos, en general masivos o ramificados, los cuales pueden alcanzar casi 80 cm. de altura; organismos con textura laminada, masivos y decimétricos, los cuales pueden corresponder a *Archaeolithoporella* (ESTEBAN *et al.*, 1977), u otras algas primitivas como *Diplopora annulata* (HEMBELEN y FREELS, 1977). Como organismos constructores-aglutinantes secundarios destacan posibles hidrozooos, esponjas, foraminíferos, corales y briozoos. Los organismos constructores presentan de forma local, abundantes perforaciones atribuibles a esponjas, poliquetos y algas. En algunas áreas gran parte del armazón arrecifal está consituido por cemento botroidal inicialmente de aragonito, de 2-4 cm. de diámetro (ESTEBAN *et al.*, 1977; JAMES y GINSBURG, 1979; MAZULLO, 1980). En arrecifes Ladinien-ses-Karnienses del Triásico de los Alpes, este cemento, ha sido citado como Großoolith (BRANNER y RESCH, 1981). Localmente la matriz está constituida por packstones bioclásticos.

ii) Calcarenitas bioclásticas, parcial o totalmente dolomitizadas, masivas o con estratificación cruzada de gran escala y laminación paralela. Texturalmente grainstones o packstones constituidos por fragmentos de *Diplopora*, moluscos, corales, gasterópodos, etc. Esta facies queda enmarcada entre las facies bioconstruidas.

iii) Brechas. Texturalmente rudstones y floatstones de fragmentos de organismos bioconstructores totalmente dolomitizados. Se localizan en los márgenes de los *pinnacle reefs* y en la zona *basinward* del cinturón arrecifal. En los *pinnacle reefs* presentan una fuerte pendiente deposicional.

iv) Algas laminares. Constituida por algas «platty» de 1-2 mm. de espesor y 4-8 cm. de longitud. Presentan un gran desarrollo en la zona de *back reef* proximal del cinturón arrecifal.

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

El conjunto de facies (bioconstruidas, calcarenitas bioclásticas, rudstones y floatstones y niveles de algas laminares) se interpretan globalmente como un complejo arrecifal. En este conjunto se diferenciaba una zona con parches arrecifales del tipo *pinnacle reefs* (JODRY, 1979; MESOLELLA *et al.*, 1974; WILSON, 1975; SEARS y LUCIA, 1979 y 1980) y una zona caracterizada por la existencia de un cinturón arrecifal discontinuo. Ambas zonas se localizan en el margen de una rampa, la cual presenta las facies más distales en dirección S y las facies más proximales en dirección N.

Las dimensiones de los *pinnacle reefs* incrementan desde el O al E de la Serra de Prades, y el cinturón arrecifal se desarrolla en el borde E de dicha Serra. La relación de los *pinnacle reefs* en la zona externa de la rampa y el cinturón arrecifal en la zona interna es similar a las relaciones propuestas por MESOLELLA *et al.* (1979) en el Silúrico del Michigan Basin, o por BRADNER y RESCH (1981) en el Ladiniense-Karniense de los Alpes. La presencia del talud del cinturón arrecifal desarrollándose en sentido contrario al del contexto global de la rampa, sugiere, o bien que el bloque de Prades presenta una cierta rotación, o bien que dicho bloque se comporta como un alto relativo en el contexto global de la rampa.

Las facies bioconstruidas se interpretan como el *reef framework* tanto en los *pinnacle reefs* como en el cinturón arrecifal. Las facies de biocalcarenititas se analizan como *grooves* desarrollados entre las masas bioconstruidas situadas dentro de las facies arrecifales. Las brechas corresponden a sedimentos de talud arrecifal proximal, desarrollándose tanto en los márgenes de los *pinnacle reefs* como en el *fore-slope* del cinturón arrecifal.

La composición isotópica de las facies dolomíticas del complejo arrecifal da los valores +1.470 y +2.4 para C¹³ PDB y -3.766 y -3.5 para O¹⁸ PDB, la cual indica una dolomitización mediante mezcla de aguas.

DOLOMIAS TABLEADAS DE ALCOVER

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituido por dolmicritas de color ocre-amarillento, tableadas (de 4 a 10 cm.) y finamente laminadas, denominadas popularmente como Pedra d'Alcover. Se desarrolla preferencialmente en el sector septentrional de la Serra de Prades, rellenando las depresiones inter-arrecifales (Fig. 3). En las áreas donde no se desarrollan los biohermes, la Pedra d'Alcover está directamente encima la Unidad de Benifallet. La potencia de la Pedra d'Alcover es muy variable, desde no existir a techo de los biohermes, a alcanzar de 30 a 40 m. en las zonas inter-biohermales. El límite inferior viene marcado por una discontinuidad erosiva, asociada a la ferruginización, lutitas rojas, brechificación, etc., e interpretada como una superficie de paleokarst. El límite superior está representado por un nivel de ferruginización que lo separa de la Unidad de Capafons.

La Unidad de Alcover presenta dos tramos; un tramo inferior constituido básicamente por dolmicritas laminadas y que constituye la Pedra d'Alcover propiamente dicha y un tramo superior constituido por una amplia variedad de facies, desde dolmicritas a grainstones oolíticos.

FACIES

El tramo inferior (C-1) está constituido por dolmicritas, grises en profundidad y ocre-amarillentas en superficie. Ausencia de fragmentos bioclásticos, muy localmente fragmentos de equinodermos. En la base de las secuencias de la Unidad Alcover, existe cierta proporción de cuarzo detrítico tamaño silt. La estratificación es muy uniforme, de aspecto tableado, de 4 a 10 cm. de potencia. Entre los niveles dolomíticos se presentan niveles de 0,5 cm. a 1-2 cm., más margosos, los cuales separan los bancos. Laminación paralela milimétrica muy marcada en los niveles margosos y más difuminada en el interior de los bancos dolmicríticos. Otras estructuras presentes, descritas por HEMBELEN y FREELS (1977) y ESTEBAN *et al.* (1977) son: *shear-wrinkles*, cicatrices erosivas y pequeñas discordancias, marcas interlaminares, *grooves*, *convoluted beds*, *tool marks*, *chevron*, etc. Tanto en la base de este tramo, como a techo, aparecen sendos niveles con moldes, de 0,5 cm. a 2 cm., de evaporitas. La fauna de este tramo (peces, reptiles, cefalópodos, etc.) ha sido estudiada por numerosos autores.

El tramo superior (C-2) está constituido por una amplia variedad de facies, desde dolmicritas tableadas de aspecto parecido a las del

tramo inferior, wackestones-packstones masivos y dolomitizados, grainstones oolíticos y/o bioclásticos dolomitizados, dolmicritas laminadas con desarrollo de pequeños domos estromatolíticos.

Tanto en la base de la Unidad, como en la zona de tránsito entre los dos tramos, se localiza un nivel con abundantes moldes de evaporitas, denominados informalmente E-1 y E-2 (Fig. 3).

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

El tramo inferior ha suministrado una riquísima fauna (peces, cefalópodos, reptiles, decápodos nadadores, celentéreos, etc.), estudiada por diversos autores: VIA y VILLALTA (1966, 1971, 1975), VILLALTA y VIA (1966), MOELLER (1969), BELTAN (1972, 1975), VILLALTA y ELLENBERGER (1974), HEMBELEN y FREELS (1977), VIA *et al.*, (1977), ROMERO y VIA (1977).

Es importante destacar la presencia de *Daonella* y *Protrachyceras* en el mismo tramo (VIA *et al.*, 1977).

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Según ESTEBAN *et al.* (1977), la formación de la Unidad Alcover es posterior al desarrollo de los biohermes, la cual se depositaría en las depresiones preexistentes entre los antiguos biohermes. Para confirmar esta observación, estos autores se basan en los siguientes caracteres: i) no se han observado cambios laterales de facies entre los depósitos biohermales y los depósitos de la Unidad Alcover, siendo un contacto brusco; ii) los materiales de la Unidad Alcover onlapan a los biohermes; iii) el contacto basal entre la Unidad Alcover y los biohermes presenta costras laminadas, relieves ondulados, diques kársticos, etc., y iv) ausencia de fragmentos procedentes de los arrecifes en el depósito de la Unidad Alcover. HEMBELEN y FREELS (1977) consideran que los arrecifes y los materiales de la Unidad Alcover son sincrónicos.

De acuerdo con ESTEBAN *et al.* (1977), las facies del tramo inferior de la Unidad Alcover se depositaron en una cuenca profunda, tranquila y anoxobiótica, afectada por esporádicas corrientes (posiblemente de densidad). Se deduce que el depósito se originó por decantación a partir de suspensiones fangosas, de probable origen detrítico.

Las facies del tramo superior se ordenan en un conjunto de secuencias de somerización, estratocrecientes y granocrecientes. Hacia

la parte alta de este tramo, las secuencias presentan indicios de influencias mareales (presencia de canales, niveles estromatolíticos, etc.).

CALIZAS Y/O DOLOMIAS Y MARGAS CON DAONELLA DE RASQUERA

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituida por una amplia variedad litológica, desde lutitas a packstones, parcial o totalmente dolomitizada. Esta unidad se desarrolla solamente en el Dominio Priorat-Baix Ebre.

La potencia de esta unidad varía de 15 a 38 metros. El límite inferior viene marcado por un nivel de ferruginización respecto a la Unidad Benifallet y el límite superior está representado por un *hard-ground* y un nivel de acumulación de ammonites de importancia regional, que separa la Unidad Rasquera de la Unidad Tivissa.

FACIES

Las principales facies de la Unidad de Rasquera son:

i) Lutitas ocreas en paquetes de 1 a 5-6 metros de potencia.

ii) Alternancia de lutitas y mudstones-wackestones. Los niveles lutíticos oscilan entre 1 a 8 cm. y los niveles calcáreos entre 2 y 10 cm. Estratificación tabular a ligeramente ondulada. Los niveles calcáreos están constituidos por mudstones o wackestones grises, dolmicritas-dolmicrosparitas grises, dolomías margosas ocreas. Los componentes de las facies calcáreas son fragmentos de bivalvos, filamentos, ostrácodos, braquiópodos. Valvas de *Daonella* enteras en disposición horizontal a la base y techo de los niveles calcáreos. Presencia de laminación paralela, ripples de oscilación, bioturbación horizontal y muy localmente *load casts*.

iii) Mudstones-wackestones gris, gris claro, gris rojizo, y/o dolmicritas. Los componentes más importantes son fragmentos de bivalvos, filamentos y ostrácodos. Se presentan en diversos tipos de estratificación: 1) parcial o totalmente bioturbados, masivos o estratificación de 40 cm. a 1 metro, aspecto noduloso; 2) aspecto masivo en estratos de 60 cm. a 1 m., y 3) en estratificación decimétrica ligeramente ondulada.

iv) Wackestones-packstones grises, y/o dolmicritas a dolsparitas grises ocreas. Los componentes principales de las facies calcáreas son

fragmentos de bivalvos y equinodermos, foraminíferos (principalmente del tipo *Nodosaria*), filamentos. Los secundarios son peloides, ostrácodos, ooides, braquiópodos, cuarzo detrítico, etc.

Esta facies se presenta como estratos masivos de 30 a 60 cm. de potencia, o presentando estratificación ondulada de 10-15 cm. de potencia, con ripples de oscilación, flaser? Desde un punto de vista secuencial esta facies se presenta en tres maneras: 1) asociada a facies lutíticas, alternancia de lutitas y niveles calcáreos y mudstones-wackestones, constituyen el nivel superior de secuencias *shallowing*; 2) asociado a facies de mudstones y wackestones bioturbados y/o masivos, constituyendo el nivel superior de secuencias *shallowing*.

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

Los principales indicadores cronoestratigráficos de esta unidad son *Daonella* y los conodontos.

La presencia de *Daonella lommeli* Wiss ha sido puesta de relieve por numerosos autores (MALLADA, 1890; VILASECA, 1920; LLOPIS, 1952; VIRGILI, 1958, 1961, 1963, 1964, 1977; ROBLES, 1974). Asimismo, VIRGILI (1958, 1963, 1967) señala la presencia de diversos Ammonites: *Protrachyceras steimman* MOJS y *Nannites*. Para dicha autora, el conjunto de la fauna caracteriza el Langobardiense (Ladiniense medio). En esta unidad ha sido citada por HIRSCH (1966, 1972 y 1977) la existencia de diversas especies de conodontos. El estudio micropaleontológico de las series de Alfara (muestras CAL-1 y CAL-2), Benifallet (CRB-1 y CRB-2) y Tivissa (CTI-5 y CTI-6) ha suministrado diversos ejemplares de *Metapolygnathus mungoensis* (DIEBEL), así como numerosos ejemplos del conjunto.

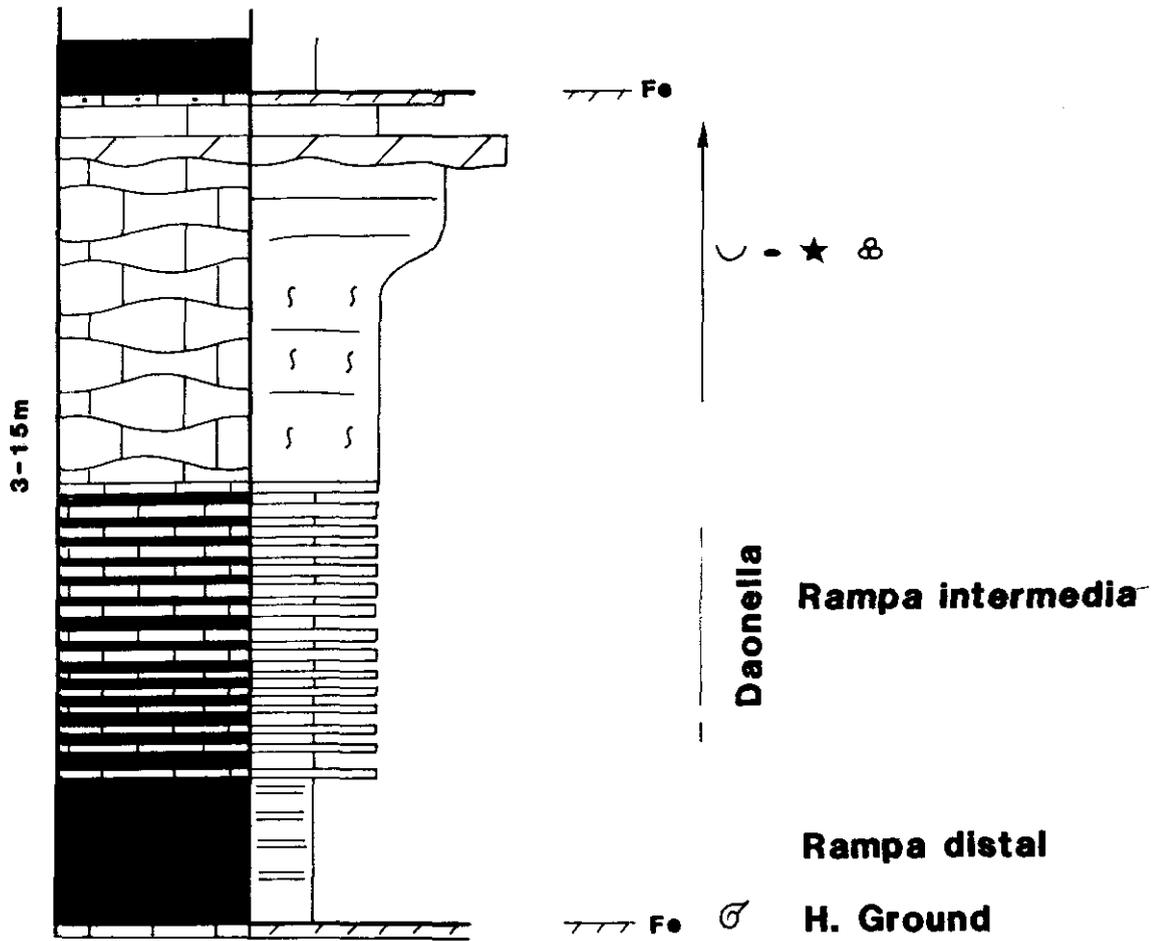
INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Los materiales de la Unidad Rasquera se ordenan en un conjunto de secuencias *shallowing up* similares a las descritas por AIGNER (1984).

Las secuencias *shallowing up* están constituidas por (fig. 4): i) un nivel inferior lutítico de 50 cm. a 2 m. de potencia. Este nivel no siempre se halla presente; ii) de forma progresiva pero rápida se pasa a las facies de alternancia de lutitas y niveles calcáreos con *Daonella*.

FIG. 4.—*Secuencia ideal de la Unidad Calizas y/o dolomías y margas con Daonella de Rasquera.*

Theoretical sequence for the Rasquera Limestones, dolomites and Marls with Daonella.



Su potencia oscila entre 1 m. y 5-10 m., y hacia techo disminuye progresivamente el contenido de lutitas pasando al nivel iii), el cual está constituido por mudstones-wackestones bioturbados o tabulares, o con estratificación centimétrica, las cuales pasan progresivamente al nivel iv), constituido por packtones bioclásticos. Localmente, el techo de este nivel presenta un tramo decimétrico dolomitizado (dolsparitas). El último tramo (v), situado directamente encima, el nivel dolomitizado está constituido por un paquete de 20 a 40 cm. de packstone con abundantes algas de origen difícil de precisar por su recristalización. La potencia de este tipo de secuencias *shallowing up* varía de 2-3 m. a 10-15 m.

A grandes rasgos, el nivel lutítico se interpreta como los depósitos más profundos (*deep ramp*). La parte intermedia, constituida por una alternancia lutítico-calcárea con *Daonella* se interpreta como depósitos rítmicos en un contexto de rampa intermedia. La parte superior, en general packstones, representan los depósitos de somerización de los distintos ciclos de relleno (fig. 4).

CALIZAS Y/O DOLOMIAS Y MARGAS CON AMMONITES DE TIVISSA

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituido por lutitas, alternancia de niveles lutíticos y calcáreos, mudstones, wackestones, packstones, parcial o totalmente dolomitizadas. Se desarrolla en el dominio Priorat-Baix Ebre.

La potencia varía de 25 m. a 50 m. El límite inferior viene marcado por un *hard-ground* y un nivel de acumulación de ammonites de importancia regional. Este límite ya fue claramente expuesto en los trabajos de ROBLES (1974) y ANADON *et al.* (1979). El límite superior de esta unidad es difícil de precisar, ya que las facies de la parte alta pasan progresivamente a las facies de la Unidad de Capafons, aunque en algunas series puede establecerse claramente el límite mediante criterios litológicos.

FACIES

Las principales facies de esta unidad son:

i) Lutitas ocreas a gris ocreas, en paquetes de 1 a 4-5 metros. Presencia de ammonites.

ii) Alternancia de capas centimétricas (de 1 a 8 cm.) de lutitas ocreas y de wackestones-packstones grises (de 2 a 10 cm.). Cada ciclo

o *couplet* está constituido por dos tramos. La base es a menudo planar o ligeramente ondulada, localmente erosiva. Localmente presencia de *load casts* y otras marcas de base. El tramo inferior-calcáreo está constituido por fragmentos bioclásticos de 1-2 cm., con las valvas en general en disposición subhorizontal. Los componentes principales son bivalvos, filamentos y ammonites. La matriz es micrítica o tipo *ash*. Hacia techo el tramo calcáreo presenta granodecreción. A techo de este tramo se observa laminación milimétrica paralela, ripples de oscilación y simétricos, y ocasionalmente *hummocky cross stratification*. En la base del paquete de alternancia presencia de *slumps*.

iii) Mudstones y wackestones masivos.

iv) Packstones bioclásticos, en estratos de 40 cm. a 1 m., constituidos por equinodermos, peloides, filamentos, bivalvos, gasterópodos, etc.

CONTENIDO PALEONTOLÓGICO

La presencia de *Hungarites* y diversas especies de *Protrachyceras* ha sido puesta de relieve por numerosos autores (MOJSISÓVICS, 1882; MALLADA, 1890; VILASECA, 1920; WURM, 1920; SCHMIDT, 1932 y 1935; LLOPIS, 1947; VIRGILI, 1958, 1961, 1963; ROBLES, 1974; VIA *et al.*, 1977, etc.). Según VIRGILI (1958) la presencia de *Protrachyceras hispanicum*, *P. ibericum*, *P. batalleri*, *P. vilanovae* y *Hungarites pradoi* permite datar el «Nivel de Protrachyceras» (M3C) como Langobardiense (Ladiniense medio).

El estudio micropaleontológico detallado de las series de Alfara (CAL-3), Benifallet (CRB-3 y CRB-4) y Tivissa (CTI-2), ha permitido determinar en esta unidad la presencia de Conodontos. Las muestras CRB-3 y CTI-2, que están asociadas al nivel de acumulación de Ammonites, presentan las especies *Metapolygnathus mungoensis* (DIEBEL) y *Pseudofurnishius murcianus* (BOOGAARD). Según las escalas de conodontos, actualmente vigentes, la citada asociación es característica del Ladiniense superior (SWEET *et al.*, 1971; BOOGAARD y SIMON, 1973).

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Los materiales de la Unidad Tivissa se ordenan en un conjunto de secuencias shallowing, similares a las de la Unidad Rasquera, y por tanto, parecidas a las descritas por AIGNER (1984) en el Muschelkalk superior de la cuenca germánica.

Las secuencias *shallowing* están constituidas por: i) nivel de *hard-ground* y acumulación de fauna, principalmente ammonites, de 1-2 cm. a 10-15 cm. de espesor. Este *hard-ground* sólo se desarrolla en la primera secuencia *shallowing* de la Unidad Tivissa; ii) Nivel inferior lutítico, el cual puede estar ausente, llega a alcanzar 2 m. de potencia; iii) de forma progresiva pero rápida se pasa a las facies de alternancia de lutitas y niveles calcáreos de pocos metros a 15-20 m. de potencia. Algunos *couplets* presentan los rasgos típicos de tempestitas (KREISA, 1981; AIGNER, 1982), en los que los niveles calcáreos representan los depósitos de *storm peaks* y los sedimentos lutíticos los depósitos de buen tiempo. Este nivel de alternancia pasa progresivamente al nivel iv constituido por mudstones, wackestones y packstones. La potencia de estas secuencias varía de 10 a 30 metros.

A grandes rasgos, el nivel de lutitas se interpreta como los depósitos de rampa distal. La parte intermedia, constituida por una alternancia lutítico-calcárea se interpreta como depósitos de rampa intermedia en la que esporádicamente se detecta la influencia de la acción de tormentas. La parte superior de las secuencias representan los depósitos de somerización de los distintos ciclos de relleno.

DOLOMIAS MARGOSAS, MARGAS Y BRECHAS DE CAPAFONS

GENERALIDADES Y LÍMITES

Constituido por una amplia variedad litológica: lutitas, alternancia de lutitas y tramos calcáreos, dolomías margosas, mudstones-wackestones, grainstones oolíticos, brechas, etc.

Esta unidad se desarrolla en los dominios de Prades, Priorat y Baix Ebre. Su potencia oscila entre 25 m. y 45 m. El límite inferior en el dominio del Gaià viene marcado por un cambio litológico respecto a los estromatolitos de Querol, que en algunos puntos está asociado a un nivel de ferruginización; en el dominio de Prades está asociado a un cambio litológico conjuntamente a un nivel de ferruginización; y el dominio Priorat y Baix Ebre las facies de la Unidad de Rasquera pasan progresivamente a las facies de esta unidad. El límite superior en todos los dominios (Gaià, Prades, Priorat y Baix Ebre) se realiza mediante un paso paulatino y gradual a las facies del Keuper.

FACIES

Las principales facies de esta unidad son: i) lutitas ocreas en la base del complejo a lutitas azules a techo de la unidad. En paquetes

de 50 cm. a 10 metros; ii) alternancia de lutitas y tramos calcáreos margosos, en general dolomitizados. Los tramos lutíticos varían de 10 a 50 cm. y dominan en la base del nivel y los tramos calcáreos varían de 5 a 20 cm. Presencia de laminación horizontal, ripples de oscilación. Esta facies se presenta en algunos afloramiento; ii) dolomías margosas a muy margosas, de color ocre, beig. En estratos de 2 a 50 centímetros, pero en general su aspecto es tableado (de 20 a 10 cm.). Presencia de ripples de oscilación, laminación horizontal, ondulada, moldes de evaporitas, raíces (ζ); iv) dolsparitas grises, en paquetes masivos de 2 a casi 10 metros de potencia; v) grainstones oolíticos. A menudo totalmente dolomitizados. Potencia de 2 a 4 metros. En la base del paquete estratificación cruzada de gran escala y *herring bone*, hacia techo laminación cruzada de pequeña escala; vi) mudstones-wackestones masivos grises, en paquetes de 20 a 50 cm. Compuestas por foraminíferos, fragmentos de equinodermos, ostrácodos, bivalvos. *Burrows*, *nódulos centimétricos de hierro*. Facies localizada en algunos afloramientos; vii) mudstones-wackestones parcialmente dolomitizados, con laminación milimétrica paralela a ligeramente ondulada y pequeños domos centimétricos; viii) brechas de 1 a 5 m. de potencia con abundantes moldes de evaporitas. Pueden alcanzar gran desarrollo a techo de la unidad y en el dominio Gaià; ix) grainstones-packs-tones de bioclastos, oncolitos y oolitos, que presentan estratificación cruzada y ripples.

INTERPRETACIÓN SEDIMENTOLÓGICA

Las principales asociaciones de facies de la Unidad Capafons son del tipo secuencias *shallowing* y localmente de tipo *thining upwards*.

Las secuencias *shallowing* muestran una gran variedad litológica secuencial y cíclica. En general, el nivel inferior de las secuencias está constituida por lutitas de color ocre o de color azul. En algunas secuencias este tramo lutítico pasa gradualmente a un nivel de alternancia lutítico-calcárea. El nivel intermedio está constituido por la facies de dolomías margosas de aspecto tableado. El nivel superior lo constituyen las facies de dolsparitas masivas o las facies de mudstones-wackestones. Hacia techo de la unidad, las secuencias *shallowing* están constituidas por un nivel inferior lutítico de color azul y un nivel superior de dolomías margosas tableadas. A techo de estas secuencias, localmente, se presentan brechas, interpretadas como colapso brechas.

Este conjunto de secuencias *shallowing* quedan enmarcadas entre las facies marinas del Muschelkalk superior y las facies de *mud flat* del Keuper, representando por lo tanto un complejo de transición,

globalmente de somerización. Se podría denominar a estas secuencias *shallowing* como secuencias «*shallowing* de transición».

Localmente el conjunto de secuencias de transición presentan secuencias *thinning upwards*.

SINTESES

Las unidades de Rojals y Benifallet representan depósitos de un episodio transgresivo generalizado. De esta forma, en los diferentes dominios, sobre facies litorales supra o submareales (calizas y/o dolomías oolíticas de Rojals) se localizan facies relativamente más profundas de rampa carbonatada (calizas bioturbadas y dolomías de Benifallet).

Sin embargo, a partir de la sedimentación de la Unidad de Benifallet, los distintos dominios experimentaron una evolución sedimentológica específica, que probablemente refleja la existencia de un cierto número de bloques del substrato diferencialmente subsidentes (figura 5). Esta evolución es la siguiente:

En el dominio del Priorat-BaixEbre, la tendencia transgresiva anteriormente citada continúa durante la sedimentación de las Unidades de Rasquera y Tivissa. Ambas están constituidas por una serie de secuencias de somerización, similares a las descritas por AIGNER (1984). Dichas secuencias se inician con facies margosas, asimilables a depósitos relativamente profundos y distales de rampa carbonatada. El término intermedio consiste en una alternancia de margas y calizas, depositadas en la zona menos profunda, posiblemente comprendida entre los niveles de base del oleaje de tempestad y buen tiempo. El término superior, constituido por packstones, comprende los depósitos menos profundos del conjunto.

En el dominio Gaià-Miramar, el ciclo transgresivo queda interrumpido tras la sedimentación de la Unidad de Benifallet, ya que sobre ésta se localizan los domos estromatolíticos de Querol, que representan depósitos de llanuras mareales, bajo condiciones relativamente hipersalinas.

En el dominio de Prades, sobre la Unidad de Benifallet se desarrollan los Arrecifes de La Riba, posiblemente en un contexto todavía transgresivo. Esta unidad está integrada por facies de un complejo arrecifal en el que se diferenciaban: un cinturón arrecifal discontinuo y un conjunto de parches arrecifales de tipo *pinnacle*. Sobre estos arrecifes, previamente karstificados y dolomitizados durante una etapa de emersión, se localizan las dolomías tableadas de Alcover. Esta unidad, que onlapa los flancos de las bioconstrucciones sobre las que reposa, está formada por facies depositadas en una serie de cubetas,

DISTRIBUCION DE LAS UNIDADES DEL MUSCHELKALK SUP. DE LOS CATALANIDES

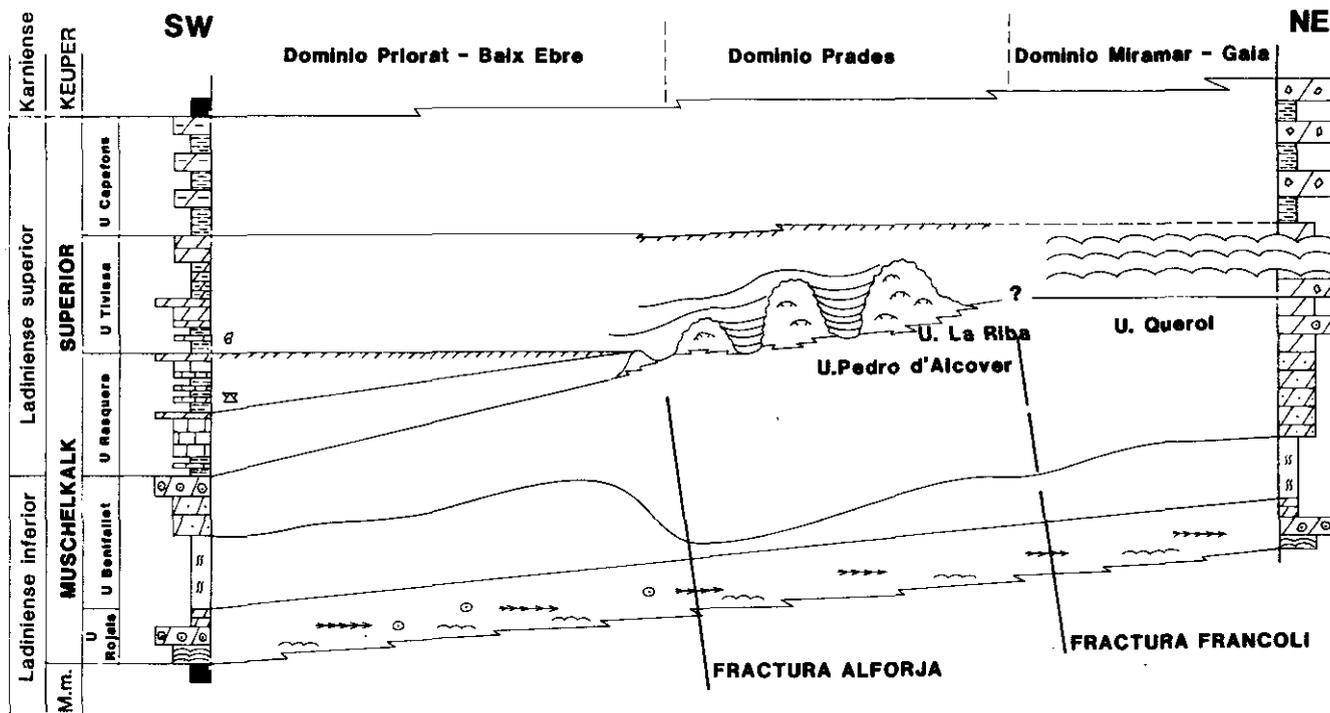


FIG. 5.—Modelo litoestratigráfico-sedimentológico del Muschelkalk superior.
Lithostratigraphic —sedimentologic Model for the U. Muschelkalk.

de fondos anoxibióticos y aguas relativamente profundas y tranquilas, delimitadas por las citadas bioconstrucciones.

Las condiciones de depósito parecen uniformizarse de nuevo a techo del Muschelkalk superior, ya que la Unidad de Capafons se desarrolla en los tres dominios con facies similares. Estas han sido interpretadas como depósitos inter o supramareales, formados durante una fase regresiva que culminará con la sedimentación de las facies Keuper, a las que gradan verticalmente.

En conjunto puede afirmarse que la sedimentación del Muschelkalk superior se produjo en una rampa del tipo «*fringing bank*», que posteriormente evolucionó a un rampa con bioconstrucciones aisladas en las zonas menos profundas y con bioconstrucciones generalizadas en la zona de margen («*downslope buildups*») (READ, 1982 y 1985).

AGRADECIMIENTOS

Este trabajo ha sido, en parte, subvencionado por el Servei Geològic de Catalunya. Los autores agradecen la colaboración de Julia Abad (mecnografía) y Joan Ros (delineación).

Agradecemos los comentarios y opiniones de M. Esteban, A. Goy, F. Hirsch, M. Marzo, S. Robles.

Asimismo, agradecemos la colaboración y ayuda de los estudiantes de cuarto curso de la Facultat de Geologia de la Universitat de Barcelona .

BIBLIOGRAFIA

- AIGNER, T. (1982): «Calcareous tempestites: Storm-dominated stratification in Upper Muschelkalk limestones (Middle Trias, SW-Germany)». *Cyclic and event stratification* (Ed. por G. Einsele y A. Seilacher). Springer-Verlag, pp. 180-198.
- AIGNER, T. (1984): «Dynamic stratigraphy of epicontinental carbonates, Upper Muschelkalk (M. Triassic), South German Basin». *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 169, pp. 127-159.
- ANADÓN, P.; COLOMBO, F.; ESTEBAN, M.; ROBLES, S.; SANTANACH, P., y SOLÉ SUGRANYES, L. (1979): «Evolución tectonoestratigráfica de los Catalánides». *Acta Geol. Hispánica*, 14, pp. 242-270.
- BALL, M. M. (1967): «Carbonate sand bodies of Florida and The Bahamas». *Jour. Sed. Petrol.*, 37, pp. 556-591.
- BELTAN, L. (1972): «La faune ichtyologique du Muschelkalk de la Catalogne». *Mem. R. Ac. CC y AA*, XLI, pp. 279-325.
- BELTAN, L. (1975): «A propos de l'Ichthyofaune Triasique de la Catalogne Espagnole». *Coll. intern. C. N. R. S.*, núm. 218, pp. 273-280.
- BOOGAARD, M., y SIMON, O. J. (1973): «*Pseudofurnishius* (Conodonta) in the Triassic of the Betic Cordilleras, SE Spain». *Scripta Geol.*, 16, pp. 1-23.

- BUSSON, G. (1982): «Le Trias comme période salifère». *Geol. Rundschau*, 71, pp. 857-880.
- ESTEBAN, M.; CALZADA, S., y VÍA, L. (1977): «Ambiente deposicional de los yacimientos fosilíferos del Muschelkalk superior de Alcover-Montral». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 189-200.
- HALLEY, R. B.; SHINN, E. A.; HUDSON, J. M., y LIDZ, B. H. (1977): «Pleistocene Barrier bar seaward of ooid shoal complex near Miami, Florida». *Am. Assoc. Petrol. Geologists Bull.*, 61, pp. 519-526.
- HALLEY, R. B.; HARRIS, P. H., y HINE, A. C. (1983): «Bank margin environment». *Carbonate Depositional Environments* (Ed. por P. A. Scholle, D. G. Bebout y C. H. Moore), AAPG Memoir 33, pp. 464-506.
- HEMBELEN, CH., y FREELS, D. (1977): «Fossilführende dolomitisierte Plattenkalke aus dem "Muschelkalk superior" bei Montral (prov. Tarragona, Spanien)». *N. Jb. Geol. Paläont. Abh.*, 154, pp. 186-212.
- HINE, A. C. (1977): «Lily Bank, Bahamas; history of an active oolite sand shoal». *Jour. Sed. Petrol.*, 47, pp. 1554-1581.
- HIRSCH, F. (1966): «Sobre la presencia de conodontos en el Muschelkalk superior de los Catalánides». *Notas y Com. I. G. M. E.*, 90, pp. 85-92.
- HIRSCH, F. (1972): «Middle Triassic conodonts from Israel, Southern France and Spain». *Mitt. Ges. Geol. Bergbaustud.*, 21, pp. 811-828.
- HIRSCH, F. (1977): «Essai de corrélation biostratigraphique des niveaux meso et neutriassiques de facies "Muschelkalk" du domaine sepharade». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 511-526.
- JAMES, N. P. (1978): «Shallowing-upwards sequence in Carbonates. «Facies Models». *Geoscience Canada*, Reprint Series, 1, pp. 109-119.
- JAMES, N. P., y GINSBURG, R. N. (1979): *The seaward margin of Belize barrier and atoll reefs*. IAS, Spec. Public., 3, 191 pp.
- KLEIN, G. DE V. (1971): «A sedimentary model for determining paleotidal range». *Geol. Soc. Amer. Bull.*, 82, pp. 2585-2592.
- KREISA, R. D. (1981): «Strom-generated sedimentary structures in subtidal marine facies with examples from the Middle and Upper Ordovician of south-western Virginia». *Jour. Sed. Petrol.*, 51, pp. 823-848.
- LLOPIS, N. (1947): *Contribución al conocimiento de la morfoestructura de los Catalánides*. Barcelona, Consejo Superior de Investigaciones Científicas, Instituto «Lucas Mallada», 372 pp.
- LLOPIS LLADÓ, N. (1952): «Sobre el área de dispersión de *Daonella c. r. Lommeli*, v. Mojs., en el NE de España». *Mem. y Com. Inst. Geológico Provincial*, 8, pp. 39-47.
- MALLADA, L. (1880): «Reconocimiento geográfico y geológico de la provincia de Tarragona». *Bol. Com. Mapa Geol. Esp.*, XVI, pp. 1-175.
- MAZZULLO, A. J. (1980): «Calcite pseudospar replacive of marine acicular aragonite, and implications for aragonite cement diagenesis». *Jour. Sed. Petrol.*, 50, pp. 409-422.
- MESOLELLA, M. J.; ROBINSON, J. D.; McCORMICK, L. M., y ORMISTON, A. R. (1974): «Cyclic deposition of Silurian carbonates and evaporites in Michigan basin». *Am. Assoc. Petrol. Geologists Bull.*, 58, pp. 34-62.
- MOJSISOVICS, E. (1882): «Die Cephalopoden der Mediterranen Trias provinzn». *Abh. K. K. Geol. Reichsanstalt Wien*, 10, pp. 1-322.
- MOLLER, G. (1969): «Triadische Plattenkalke bei Montral, prov. Tarragona, Spanien». *Resumen, Reunion Fossil-Lagerstätten*, Tübingen.
- ORTÍ, F., y BAYO, A. (1977): «Características litoestratigráficas del Triásico medio y superior en el "Baix Ebre" (Tarragona-España)». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 223-238.

- READ, J. F. (1982): «Carbonate platforms of passive (extensional) continental margins: types, characteristics and evolution». *Tectonophysics*, 81, pp. 195-212.
- READ, J. F. (1985): «Carbonate platforms facies models» *Amer. Assoc. Petrol. Geologists Bull.*, 69, pp. 1-21.
- REINECK, H. E. (1975): «German North Sea tidal flats». *Tidal deposits* (Ed. por R. N. Ginsburg), Springer-Verlag, pp. 5-12.
- RICCI LUCCHI, F. (1978): *Sedimentología*. Parte III. Coop. Lib. Univ. Ed. Bologna, 504 pp.
- ROBLES, S. (1974): «Estudio geológico del Mesozoico del bolque del Cardó y sectores adyacentes». *Tesis Doctoral. Universidad Autónoma de Barcelona*, 436 pp.
- ROBLES, S. (1975): «Síntesis de la evolución estratigráfica y tectónica de los materiales secundarios del bloque del Cardó y sectores adyacentes (provincia de Tarragona)». *Acta Geol. Hispánica*, 10, pp. 59-66.
- ROMERO, A., y VÍA, L. (1977): «*Tarracolimulus rieki*, nov. gen., nov. sp., nuevo limúlido del Triásico de Montral-Alcover (Tarragona)». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 239-246.
- SCHMIDT, M. (1932): «Benthonische Reifeformen bei *Protrachyceras vilanovae* v. MOJS». *Bull. Inst. Cat. Hist. Nat.*, XXXII, pp. 223-233.
- SCHMIDT, M. (1935): «Fossilien der Spanischen Trias». *Abh. der Heidelberg Akad. der Wiss., Math-Naturw.*, 1, 140 pp.
- SEARS, S. O., y LUCIA, F. J. (1979): «Reef-growth model for Silurian pinnacle reefs, northern Michigan reef trend». *Geology*, 7, pp. 299-302.
- SEARS, S. O., y LUCIA, F. J. (1980): «Dolomitization of Northern Michigan Niagara reefs by brine refluxion and freshwater/seawater mixing». *Concepts and models of dolomitization* (Ed. por D. N. Zenger, J. B. Dunham y R. L. Ethington). SEPM Spec. Public., 28, pp. 215-235.
- SWEET, W. C.; MOSHER, L. C.; CLARK, D. L.; COLLINSON, J. W., y HANSEN-MUELLER, W. A. (1971): «Conodonts biostratigraphy of the Triassic». *Geol. Soc. Amer. Mem.*, 127, pp. 441-456.
- TUCKER, M. E. (1985): «Shallow-marine carbonate facies and facies models». *Sedimentology* (Ed. por P. J. Brenchley y B. P. J. Williams). Blackwell Sc. Publ., pp. 147-169.
- VALLES, D., y MARTIN, C. (1983): «Itinerari geològic en el Muschelkalk de Pontons». *Miscel·lània penedesenca*, VI, pp. 219-235.
- VAN DER BERG, J. H. (1980): «Field course guidebook on clastic tidal deposits in the SW Netherlands». 66 pp.
- VÍA, L., y VILLALTA, J. F. (1966): «*Heterolimulus gadeai*, nov. gen., nov. sp., repress». *Acta Geol. Hispánica*, 1, pp. 9-11.
- VÍA, L., y VILLALTA, J. F. (1971): «Restos de crustáceos decápodos en el Triásico de Montral». *Cent. Real Soc. Esp. Hist. Nat.*, 1, pp. 495-514.
- VÍA, L., y VILLALTA, J. F. (1975): «Restos de crustáceos decápodos en el Triásico de Montral-Alcover (Tarragona)». *Bol. I. G. M. E.*, 86, pp. 485-497.
- VÍA, L.; VILLALTA, J. F., y ESTEBAN, M. (1977): «Paleontología y paleoecología de los yacimientos fosilíferos del Muschelkalk superior entre Alcover y Montral (Montañas de Prades, provincia de Tarragona)». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 247-256.
- VILASECA, S. (1929): Contribució a l'estudi dels terrenys triàsics de la provincia de Tarragona». *Treb. Mus. Cienc. Nat.*, VIII, 66 pp.
- VILLALTA, J. F., y ELLENBERGER, P. (1974): «Découverte dans le Trias moyen d'Espagne d'un reptile présentant des caracteres aviformes». *C. R. Ac. Sc. Paris*, 279, pp. 1853-1854.
- VILLALTA, J. F., y VÍA, L. (1966): «Un nuevo Celacántido en el Triásico español». *Acta Geol. Hispánica*, 1, pp. 21-23.

- VIRGILI, C. (1958): «El Triásico de los Catalánides». *Bol. I. G. M. E.*, 69, 856 pp.
- VIRGILI, C. (1963): «Triás du Nord-Est de l'Espagne». *Bull. B. R. G. M.*, 15, pp. 469-481.
- VIRGILI, C. (1964): «Estudio geológico del sector Espluga-Vimbodí-Rojals». *Inst. Est. Tarraconenses Ramón Berenguer*, IV, pp. 7-24.
- VIRGILI, C. (1977): «Consideraciones generales sobre el Triásico y el Pérmico de la Cordillera Ibérica y bordes del Sistemal Central». *Cuad. Geol. Ibérica*, 4, pp. 563-578.
- VIRGILI, C., y JULIVERT, M. (1954): «El Triásico en la Sierra de Prades». *Est. Geol.*, 22, pp. 215-242.
- WEIMER, R. J.; HOWARD, J. D., y LINDSAY, D. R. (1983): «Tidal flats and associated tidal channels». *Sandstone depositional environment* (Ed. por P. A. Scholle y D. Spearing). *AAPG Memoir*, 31, pp. 191-245.
- WILSON, J. L. (1975): «Carbonate facies in Geologic History». *Springer-Verlag*, 471 pp.
- WURM, A. (1920): «Quercom sobre el Triàsic de la provincia de Tarragona». *Butll. Inst. Cat. Hist. Nat.*, 20, pp. 163-166.
- ZIEGLER, P. A. (1982): «Triassic rifts and facies patterns in Western and Central Europe». *Geol. Rundschau*, 71, pp. 747-772.