

LAS FACIES SUPERIORES DEL MUSCHELKALK  
EN EL BORDE NORTE DE LA RAMA ARAGONESA  
DE LA CORDILLERA IBERICA

POR

JOSÉ ARRIBAS \*

## RESUMEN

La litoestratigrafía de las facies superiores del Muschelkalk en la región de estudio («barra carbonatada superior» del Trías mediterráneo según VIRGILI *et al.*, 1977) es muy semejante a la existente en gran parte de la Cordillera Ibérica. Las unidades definidas en esta zona («Dolomías basales» y «Dolomías y Margas superiores», según ARRIBAS, 1985) pueden hacerse corresponder con las descritas por HINKELBEIN (1965) en la rama castellana («Capas dolomíticas» y «Capas de Royuela», respectivamente) (fig. 1).

El análisis de las microfacies pone en evidencia que, si bien en ambas unidades aparecen los mismos tipos de microfacies, su representación cuantitativa es distinta (fig. 2). Cabe destacar el predominio de doloesparitas en la unidad basal, las cuales son poco importantes en la unidad superior. La caracterización deposicional de estas microfacies recristalizadas ha sido posible frecuentemente mediante el uso de un difusor en el microscopio. Con su ayuda hemos podido deducir diferencias en cuanto a la sedimentación entre ambas unidades; con un predominio de microfacies de alta-media energía («grainstones»-«packstones») en la unidad basal, y de baja energía («wackestones»-«mudstones») en la unidad superior.

El análisis secuencial permite establecer dos ambientes sedimentarios distintos para cada unidad. Las «Dolomías basales» corresponden a depósitos mareales de plataforma de baja energía, con un impor-

---

\* Departamento de Petrología, Universidad Complutense de Madrid, 28040 Madrid.

tante desarrollo de «shoals» de relativa alta energía, ordenados en secuencias de somerización hacia el techo («grainy sequences» de JAMES, 1979) (fig. 3A). Por el contrario, las «Dolomías y Margas superiores» se relacionan con depósitos mareales, pero con un predominio de facies submareales de baja energía en la base de la unidad, y supra-mareales en el techo de la misma. También estos depósitos se ordenan en secuencias de somerización hacia el techo («muddy sequences» de JAMES, 1979) (fig. 3B).

Asimismo, se estudian los procesos diagenéticos más significativos: la dolomitización y la silicificación. Es posible establecer dos tipos de dolomías a partir de sus caracteres texturales (cuadro I), que obedecen a dos mecanismos distintos de dolomitización: por un lado la dolomitización es penecontemporánea para gran parte de la unidad superior ligada al ambiente deposicional hipersalino, y por otro, existe una fase de dolomitización algo más tardía que afecta fundamentalmente a la unidad inferior, probablemente producida por mezcla de aguas dulces y marinas. Este último mecanismo se utiliza también para explicar los procesos de silicificación que afectan a la unidad basal.

## ABSTRACT

The lithostratigraphy of the upper facies of the Muschelkalk in the studied area («barra carbonatada superior» of the Mediterranean Triassic according to VIRGILI *et al.*, 1977) is very similar to that existing in almost all the Iberian Range. The units, which have been defined in this area («Dolomías basales» and «Dolomías y Margas Superiores» according to ARRIBAS, 1985), can be compared to those described by HINKELBEIN (1965) for the castillian branch («Capas dolomíticas» and «Capas de Royuela», respectively) (fig. 1 A).

The microfacies analysis demonstrates that, though the same microfacies types appear in both units, their quantitative representation is different (fig. 2). It is important to cite the abundance of dolosparites in the lower unit, and their scarcity in the upper unit. The study of the depositional characterization of these recrystallized microfacies was possible thanks to a light diffusor situated in the microscope. With its help, differences in sedimentation between both units have been inferred; with dominating high-medium energy microfacies (grainstones-packstones) in the lower unit, and low-energy ones (wackestones-mudstones) in the upper unit.

Two different sedimentary environments for each unit were deduced from the sequential analysis. The «Dolomías basales» unit corresponds to low-energy shelf tidal deposits with an important develop-

ment of relatively high energy shoals, ordered in shallowing upward sequences (grany sequences of JAMES, 1979) (fig. 3A). On the contrary, the «Dolomías y Margas superiores» are associated with tidal deposits, with dominating low energy subtidal facies toward the bottom of the unit, and supratidal facies toward the top. These deposits are also ordered according to shallowing upward sequences (muddy sequences of JAMES, 1979) (fig. 3B).

The major diagenetic processes are also studied: dolomitization and silicification. Two types of dolomites can be established from their textural features, which correspond to two different mechanisms of dolomitization: for that part of the upper unit related to an hypersaline sedimentary environment a penecontemporaneous dolomitization is supposed; a later phase of dolomitization, which fundamentally affects the lower unit, is probably originated by mixture of fresh and marine waters. This last mechanism is also valid to explain the silicification processes which affect the lower unit.

## I. INTRODUCCION Y LITOESTRATIGRAFIA

Los depósitos triásicos del borde norte de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica se encuentran en una zona de tránsito entre los litotipos ibérico y mediterráneo (VIRGILI *et al.*, 1977), con la presencia de uno o dos niveles carbonáticos respectivamente (ARRIBAS y DE LA PEÑA, 1984; ARIBAS, 1985).

En ARIBAS (1985) se detalla la litoestratigrafía del Triásico de la región estudiada (fig. 1A), y donde para las facies superiores del Muschelkalk («barra carbonatada superior» del Trías mediterráneo según VIRGILI *et al.*, 1977), se definen informalmente dos unidades litoestratigráficas (fig. 1B), cuyas características principales resumimos a continuación.

— *Unidad «Dolomías basales».* Está constituida por dolomías grises muy recristalizadas que se disponen en bancos masivos de potencia variable (0,5 a 5 m.). Ocasionalmente pueden identificarse dentro de los bancos estratificación cruzada de bajo ángulo. Los techos de dichos bancos están marcados por superficies ferruginizadas con una abundante bioturbación. En las series más surorientales aparecen niveles de 5 a 10 cm. de potencia de dolomías amarillentas, algo menos recristalizadas, bioturbadas y con «ripples» de oscilación y corriente. Un hecho característico de esta unidad es también la presencia en las series del sector occidental de nódulos de sílex intercalados y alineados según la estratificación. El espesor que presenta la unidad es muy variable, oscilando entre más de 45 m. en el SE y 22 m. en el NO del

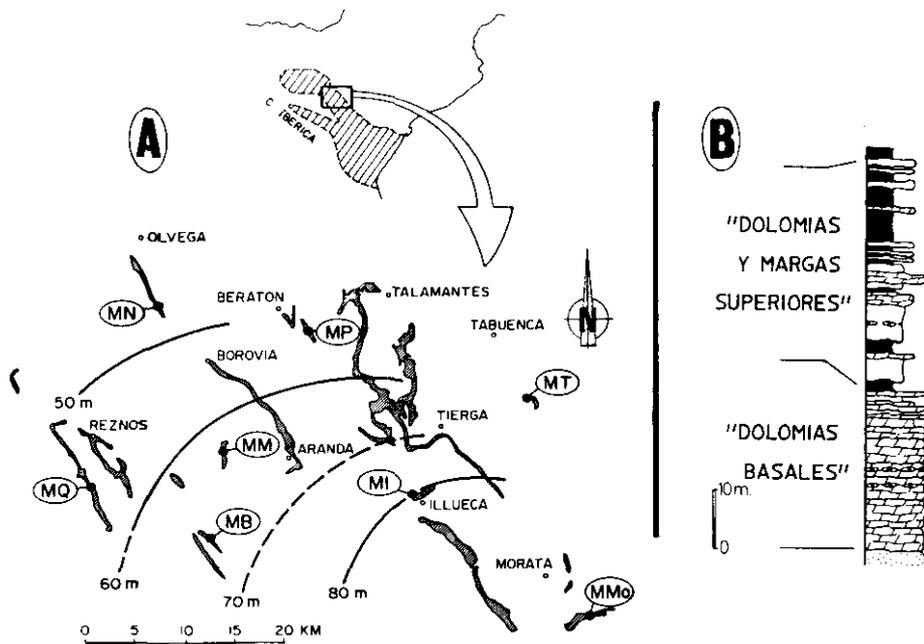


FIG. 1 A.—Situación del área de estudio, localización de las secciones estratigráficas e isopacas de las facies superiores del Muschelkalk. 1 B: Unidades litostratigráficas de dichas facies (según ARRIBAS, 1985).

Location of the studied area and stratigraphic sections, and isopachs of upper Muschelkalk facies. 1 B: Lithostratigraphic units of the upper Muschelkalk facies (from ARRIBAS, 1985).

área de estudio. La base se sitúa sobre los últimos niveles de las facies Buntsandstein, encontrándose este contacto generalmente mecanizado. La extensión espacial de esta unidad es muy amplia, pudiéndose correlacionar con la unidad «Capas dolomíticas» descrita por HINKELBEIN (1965) en el SE de la rama castellana.

— Unidad «Dolomías y Margas superiores». Se encuentra integrada por dolomías grises recristalizadas, dolomías margosas y margas dolomíticas, alternando en niveles de poca potencia, inferior a 2 m. Las dolomías grises recristalizadas se encuentran en la base de la unidad, identificándose estructuras hidrodinámicas como «ripples» de corriente y oscilación. Las dolomías margosas constituyen la litología más abundante, tienen tonos amarillentos y se disponen en niveles de potencia variable (0,1 a 2 m.). Suelen presentar abundantes estructuras como «ripples», laminación de algas, «mudcracks» y «tepees», estando también a menudo bioturbadas. Por último, las margas carac-

terísticas de esta unidad se encuentran muy bioturbadas, excepto las que se intercalan en el techo de la misma. El espesor total oscila entre 24 m. en el NO y los 40 m. en las proximidades de Morata de Jalón (SE). Su extensión geográfica, del mismo modo que ocurre en la unidad anterior, supera el área de estudio, siendo correlacionable con las «Capas de Royuela» descritas por HINKELBEIN (1965).

En la bibliografía regional de la Cordillera Ibérica son frecuentes las citas sobre aspectos estratigráficos, litoestratigráficos y sedimentológicos de estas facies basadas en datos de campo. Las conclusiones que en dichos trabajos se deducen quedan a menudo condicionadas por la calidad de los afloramientos. La intensidad de los procesos diagenéticos que han sufrido estos materiales entorpece el estudio de estos aspectos macroscópicos, por lo que estas facies deben analizarse también desde un punto de vista petrológico, para la resolución de los problemas interpretativos que se plantean. De este modo hemos querido analizar en este trabajo las facies superiores del Muschelkalk desde un punto de vista eminentemente petrológico, basado en el estudio de 225 láminas delgadas correspondientes al muestreo de ocho secciones estratigráficas realizadas en las localidades de La Quiñonera, Bijuesca, Malanquilla, Noviercas, Purujosa, Illueca, Tabuenca y Morata de Jalón (fig. 1A).

## II. MICROFACIES

A partir del análisis de 225 láminas delgadas hemos podido identificar las siguientes microfacies: «mudstones», «wackestones», «packstones» y «grainstones». La importancia de ciertos procesos diagenéticos (dolomitización y silicificación), ha impedido en muchas ocasiones la identificación de la textura deposicional. Por esta razón hemos incluido un grupo más (las doloesparitas), donde se recogen todas las muestras en las que no ha sido posible observar, con los métodos convencionales, sus componentes originales.

En la figura 2 se ha representado la importancia relativa de cada una de las microfacies en las dos unidades litoestratigráficas, quedando patente un claro predominio de las microfacies recrystalizadas en la unidad basal, y de baja energía en la unidad superior.

— «Mudstones». Se trata de dolomicritas algo recrystalizadas, formando mosaicos equigranulares de tamaño cristalino no superior a los 20 $\mu$ . Presentan un contenido en terrígenos variable, nunca superior al 10%. El contenido faunístico es muy bajo, observándose exclusivamente placas de equinodermos en la unidad basal, y foraminíferos, gasterópodos y bivalvos en la unidad superior. Ocasionalmente con-

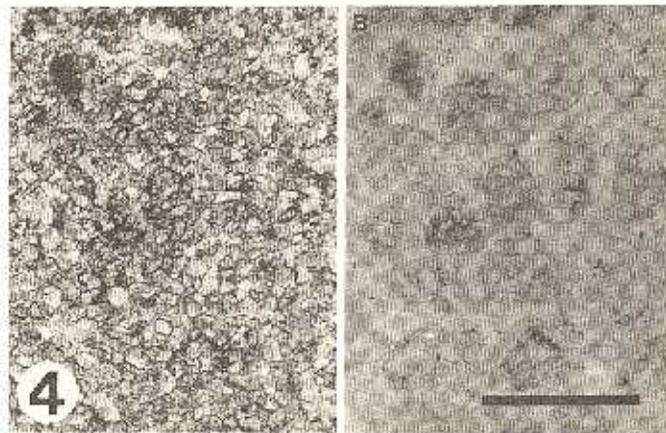
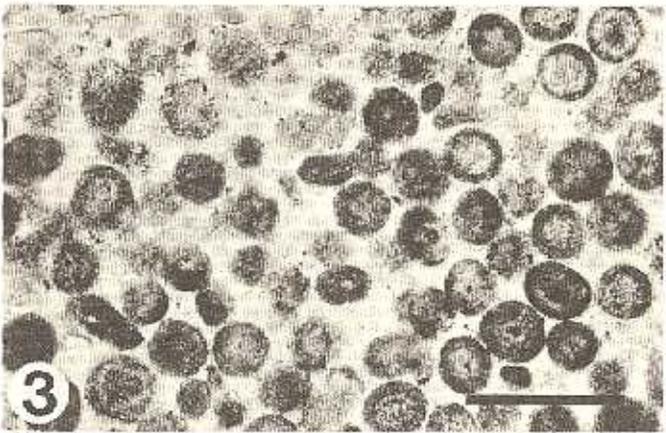
tienen intraclastos de formas alargadas. Generalmente se encuentran muy laminados, alternando niveles milimétricos con mayor o menor contenido en terrígenos. Es muy frecuente la presencia de pseudomorfos de cristales de evaporitas de hábito acicular, dispersos o formando pequeños nódulos radiales, sobre todo en la unidad superior (lám. I-1). Estas evaporitas se encuentran pseudomorfizadas en calcita o cuarzo, presentando en este último caso inclusiones de pequeños cristales de elevada birrefringencia (anhidritas?). En algunas muestras los «mudstones» tienen un aspecto grumelar, pudiendo corresponder a primitivas dolopelmicritas. Generalmente asociadas a estas texturas aparecen estructuras «birdseyes», «mudcracks», «tepees», y estromatolíticas. La presencia de los «mudstones» se restringe fundamentalmente al techo de la unidad basal, constituyendo niveles muy poco potentes (10 cm. aprox.), y a lo largo de toda la unidad superior. Corresponderían a depósitos de muy baja energía, expuestos durante largos períodos de tiempo al ambiente subaéreo donde se desarrollarían las estructuras de desecación y estromatolíticas, así como las evaporitas.

— «Wackestones». Es una microfacies bastante escasa, encontrándose ausente en el techo de la unidad superior. Se observa un tránsito gradual con los «packstones», estando integrada fundamentalmente por dolopelmicritas, y en menor proporción por dolobiomicritas, ambas recristalizadas. Los peloides están comprendidos entre 0,06 mm. y 0,1 mm., generalmente muy redondeados y con bordes muy netos. Asimismo se han identificado placas de equinodermos y fragmentos de bivalvos de gran tamaño. Además, en la unidad superior se hace muy importante el contenido de gasterópodos. Es también común la presencia de componentes muy micritizados. Los terrígenos suelen ser muy escasos (<2%). Esta microfacies se encuentra caracterizada además por una importante bioturbación. Este grado de bioturbación y la ausencia de evaporitas o estructuras que denoten condiciones de exposición subaérea nos induce a pensar en un ambiente submareal restringido.

---

LAM. I.—«Mudstone» con pseudomorfos de evaporitas (anhidritas?). N.P. Escala: 5 mm. 2. «Packstone» de bioclastos con granoclasificación. La flecha indica la polaridad. N.P. Escala: 5 mm. 3. «Grainstone» de oolitos totalmente silicificados. N.P. Escala: 0,5 mm. 4. A. Aspecto general de una doloesparita. N.C. B. El mismo campo pero con el empleo de un difusor. Obsérvese cómo la microfacies deposicional es de un «grainstone». Escala: 0,5 mm.

1. Mudstone with evaporite pseudomorphs (anhidrite?). P.N. Scale bar: 5 mm. 2. Packstone of bioclasts with graded size. Arrow shows polarity. P.N. Scale bar: 5 mm. 3. Silicified oolitic grainstone. N.P. Scale bar: 0,5 mm. 4. A. General view of a dolosparite. C.N. B. The same view with a light diffusor. Note how the depositional microfacies is a grainstone. Scale bar: 0,5 mm.



— «*Packstones*». Corresponden a dolopelmicritas y dolobiomicritas con ooides, de características muy similares a los «*wackestones*», pero sin presentar una bioturbación tan acusada. Su origen se ha interpretado también como depósitos submareales protegidos. Por otra parte, en la unidad superior esta microfacies corresponde a biomicritas y biopelmicritas de bioclastos (lám. I-2), a veces muy micritizados, con granoclasificación de componentes. En el campo se ha observado cómo a menudo estas microfacies se encuentran en niveles canalizados, y se interpretan precisamente como el relleno de canales mareales.

— «*Grainstones*». Son doloosparitas, dolopelsparitas y dolobioesparitas, generalmente muy recrystalizadas. Las dolopelsparitas están integradas por peloides de tamaño medio de 0,1 mm. y muy buena selección. Se han identificado algunas estructuras orgánicas dentro de estos peloides, pudiendo corresponder a foraminíferos micritizados. Las doloosparitas, integradas por ooides de 0,25 mm. muy bien calibrados, se han identificado en algunos nódulos de sílex que conservan la textura original de la roca (lám. I-3). Los ooides presentan una estructura concéntrica, sin que se llegue a apreciar su núcleo. Las dolobioesparitas aparecen sobre todo en la unidad superior y están constituidas por componentes muy micritizados (de tamaño medio entre 0,1 y 0,3 mm.), de formas redondeadas e irregulares, ligeramente compactados y deformados. Estas microfacies corresponderían a depósitos submareales de mayor energía como lo de nuestra también su asociación con estructuras hidrodinámicas (estratificación cruzada y «*ripples*»).

— *Doloosparitas*. Son las microfacies más abundantes de la unidad basal, formadas por mosaicos equigranulares xenotópicos e hipidiotópicos. El tamaño de los cristales es muy variable, oscilando entre 80 y 250 $\mu$ . Generalmente estos cristales son muy limpios en sus zonas de borde, contrastando con las abundantes impurezas de sus zonas internas. El residuo insoluble de estas microfacies es muy bajo, no superando el 1%. Con la ayuda de un difusor (DELGADO, 1977) hemos podido reconocer, de las 71 doloosparitas, 37 láminas donde se identifican con mayor o menor nitidez sus texturas deposicionales. La gran mayoría de las microfacies identificadas por este método presentan un empaquetado denso, constituido generalmente por componentes muy redondeados y bien seleccionados, con un tamaño medio de 0,25 mm., o también alrededor de 0,12 mm. En el primer caso, se han identificado localmente envueltas alrededor de los componentes (lámina I-4). Pensamos que pueden ser asimilados a ooides, no sólo por la presencia de envueltas concéntricas, sino además por presentar un tamaño medio equivalente a los ooides de los «*grainstones*» oolíticos.

Los componentes deposicionales de menor tamaño (0,12 mm.) contienen un mayor número de impurezas, pudiéndose considerar como peloides, si bien presentan un tamaño muy semejante a los foraminíferos identificados en los «packstones» y «wackestones». En algunas ocasiones se reconocen entre los componentes deposicionales zonas de la pasta con un mayor contenido de impurezas, que las hemos interpretado como debidas a la matriz micrítica de posibles «packstones». Por último, solamente cuatro doloesparitas han sido interpretadas como «wackestones». En estas cuatro muestras se han observado de «visu» la presencia de bioturbación. En este caso el mosaico de doloesparitas es inequigranular porfirotópico. Consideramos de gran importancia la identificación de las texturas deposicionales de las doloesparitas, ya que cambia por completo el espectro de los tipos de microfácies presentes en la unidad basal, siendo las que predominan las de mayor energía («grainstone» y «packstone») (fig. 2).

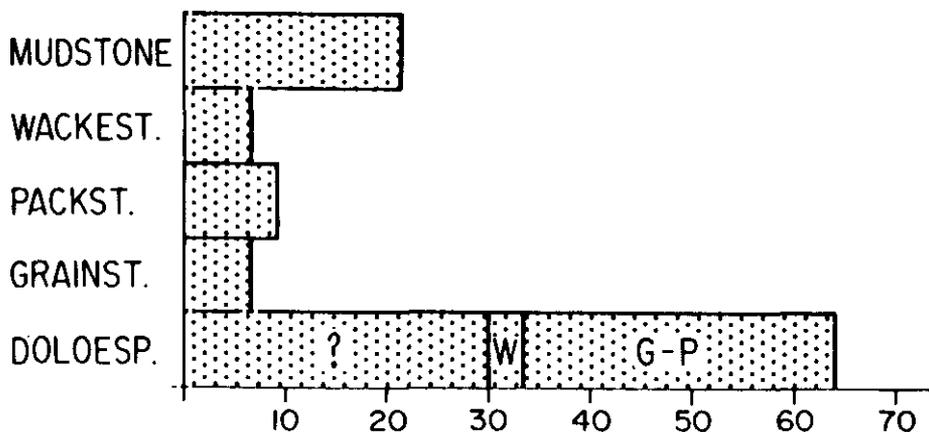
Además de estas microfácies, existen diversos niveles margosos dolomíticos que son característicos de la unidad superior. Su potencia y frecuencia parece incrementarse hacia el techo. En el campo aparecen como niveles con abundante bioturbación, progresivamente menos importante hacia el techo de la unidad hasta su total desaparición. Han sido interpretados como depósitos submareales restringidos. Sin embargo, en el techo de la unidad podrían corresponder a depósitos supramareales por su asociación con los «mudstones» con evaporitas.

### III. SECUENCIAS E INTERPRETACION SEDIMENTOLOGICA

Pese a la baja calidad de los afloramientos para poder analizar en detalle sus estructuras (debido a los intensos procesos diagenéticos sufridos), y el elevado número de microfácies recrystalizadas que impiden la caracterización de sus texturas originales, se ha podido establecer una relación entre las facies y microfácies que detallaremos e interpretaremos a continuación.

Por lo que respecta a la unidad «Dolomías basales», está formada por una sucesión de ciclos constituidos por potentes bancos de dolomías grises muy recrystalizadas, que evolucionan hacia el techo a pequeños niveles de dolomías amarillentas. El término basal y más potente de estos ciclos (dolomías grises), se encuentran constituidos por doloesparitas, sin embargo se ha podido comprobar que por lo menos la mitad de estas muestras recrystalizadas corresponden a microfácies de alta energía («grainstone» y «packstones» de ooides y bioclastos). Además se ha observado localmente la presencia de estructuras hidrodinámicas (estratificación cruzada y «ripples»). En principio podrían

## "DOLOMIAS BASALES"



## "DOLOMIAS Y MARGAS SUPERIORES"

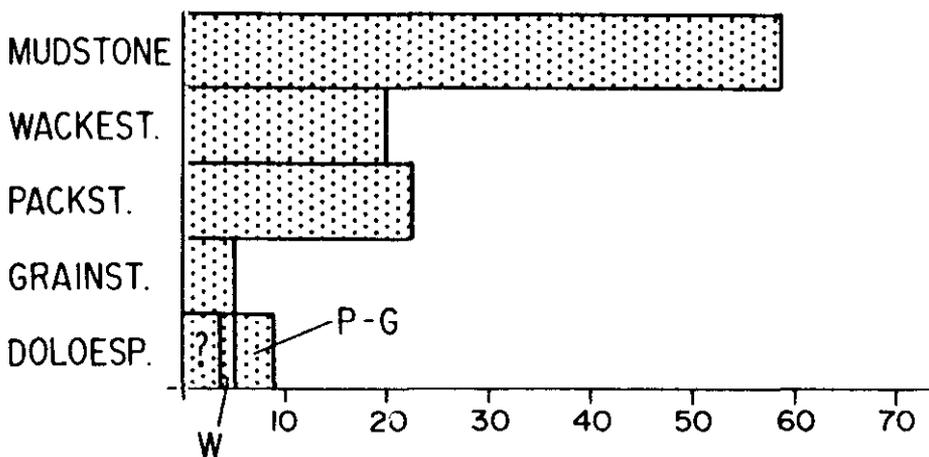


FIG. 2.—Abundancia relativa de los tipos de microfacies en las unidades litoestratigráficas de las facies superiores del Muschelkalk.

Relative amount of the different types of microfacies in the lithostratigraphic units of the upper Muschelkalk facies.

corresponder a depósitos submareales de bancos oolíticos o bioclásticos. Los niveles de dolomías amarillentas están constituidos por tres microfacies «wackestone-packstone» y «mudstone». Los wackestones-packstones se encuentran localmente muy bioturbados o presentan estructuras hidrodinámicas de baja energía («ripples» de oscilación y corriente). Corresponderían a depósitos submareales-intermareales. Sobre estas facies, o incluso sobre las mismas dolomías grises, se sitúan los «mudstones» con laminación algar y estructuras de desecación, representando a los ambientes supramareales. Este ciclo termina bruscamente con el contacto neto que ofrece la base de un nuevo banco dolomítico gris recrystalizado. En la figura 3A se ha esquematizado esta sucesión de facies y microfacies. Estas secuencias corresponderían a ciclos de somerización hacia el techo en un ambiente mareal de baja energía con una unidad de «shoals» de alta energía (secuencias «grainy» de JAMES, 1979). No obstante, es difícil la identificación de los términos representativos de las facies submareales más profundas que quedarían situadas por debajo de los bancos de ooides, según la secuencia hipotética propuesta por JAMES (1979). No desechamos

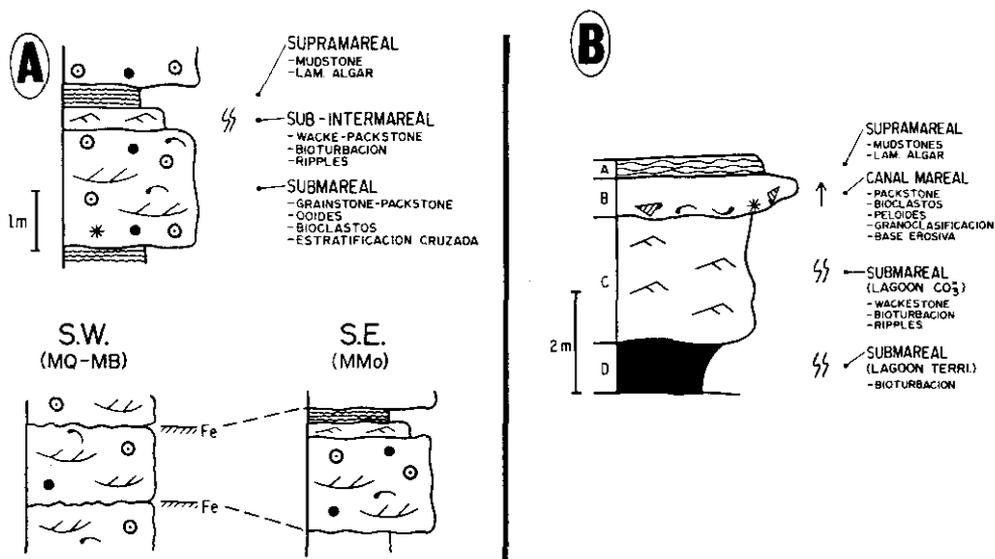


FIG. 3A.—Secuencia idealizada de somerización hacia el techo de la unidad «Dolomías basales», y su variación desde el SO al SE de la región. 3B: Secuencia idealizada de somerización hacia el techo de la unidad «Dolomías y Margas superiores».

*Idealized shallowing upward sequence of the «Dolomías basales» unit, and its variation from SW to SE. 3B: Idealized shallowing upward sequence of the «Dolomías y Margas superiores» unit.*

la hipótesis de que estas facies están representadas en la base de los niveles dolomíticos recristalizados.

En las columnas más occidentales, los límites entre secuencia y secuencia se realizan por medio de superficies erosivas, ferruginosas y bioturbadas entre los mismos niveles dolomíticos recristalizados. Por el contrario, más hacia el E los niveles dolomíticos amarillentos se encuentran mejor representados. Los ciclos evolucionan en la vertical presentando una menor potencia y mayor desarrollo de las facies intermareales y supramareales (dolomías amarillentas), que señala el carácter regresivo general de la unidad basal

En relación a la unidad «Dolomías y Margas superiores», el conjunto de microfacies comentadas anteriormente, así como los niveles margosos, pueden ser integrados dentro del ámbito de una plataforma carbonatada restringida. La presencia de microfacies supramareales más desarrolladas hacia el techo («mudstones» con evaporitas), así como la abundancia de facies submareales en la base de la unidad (margas bioturbadas, «wackestones», «packstones» y «grainstones») indican unas condiciones generales regresivas de toda la unidad.

El análisis a menor escala de las secuencias resulta muy problemático, por la complejidad de estos ciclos, en muy pocas ocasiones completos, y por la intensidad de la dolomitización que ha borrado casi por completo las estructuras sedimentarias. No obstante, hemos podido establecer una secuencia hipotética formada por una sucesión de facies y microfacies y que de muro a techo está compuesta por (fig. 3B):

- A) Margas dolomíticas muy bioturbadas.
- B) Dolomías y dolomías margosas con «ripples» y muy bioturbadas («wackestones»).
- C) Dolomías recristalizadas, en ocasiones con base canalizada («packstones»).
- D) Dolomías amarillentas con laminación algar y evaporitas («mudstones»).

El nivel «A» representaría las facies submareales de ambiente restringido con una importante carga en detríticos, pudiéndose considerar como un primer estado de «lagoon» terrígeno. El tránsito hacia el nivel «B» es gradual, observándose en este nivel abundantes «ripples», «flasers» y bioturbación, presentando microfacies generalmente «wackestones». Representaría también a ambientes submareales de «lagoon» carbonatado. Erosionando el término anterior, el nivel «C» se encuen-

tra constituido por «packstones» con una importante acumulación de bioclastos en la base (granoclasificados). Corresponderían a los depósitos de relleno de canales dentro de la zona canalizada de la llanura mareal. Por último, se asocian las microfacies de «mudstones» con laminación algar (nivel «D») sobre las facies canalizadas, representando a las facies supramareales. Esta secuencia puede considerarse de somerización hacia el techo, en un ambiente mareal de baja energía, equivalente a las secuencias «muddy» de JAMES (1979).

Cabe destacar cómo existe una tendencia a ir desapareciendo hacia el techo el término margoso bioturbado, así como las facies submareales carbonatadas.

En el SE de la región la complejidad de los ciclos se acentúa al faltar uno o más de sus términos (generalmente el «D» y el «A»). El techo de esta unidad y en la mayoría de las secciones está constituido por dolomías amarillentas alternando con niveles más margosos sin bioturbación. Las dolomías presentan casi constantemente laminación algar, pseudomorfo de evaporitas, «mud cracks» y «tepees». Representarían a ambientes supramareales con una importante evaporación y precipitación evaporítica, muy semejante a los ambientes de «sabkhas» actuales.

#### IV. PROCESOS DIAGENETICOS: DOLOMITIZACION Y SILICIFICACION

El proceso diagenético más importante que han sufrido los depósitos de estas facies ha sido la dolomitización. Además, y desarrollada particularmente en la unidad «Dolomías basales», cabe señalar una importante silicificación en los niveles de dolomías grises.

Para tratar los procesos de *dolomitización*, es necesario analizar en detalle las características de estas dolomías. En primer lugar es posible diferenciar dos tipos de dolomías por su color: dolomías amarillentas (5 y 7/2) y dolomías grises (N4), ya mencionadas en el apartado anterior. Ambas presentan características, tanto de campo como texturales, muy diversas. En el cuadro I se han esquematizado los criterios más importantes que definen estos dos tipos de dolomías. Recordamos que las dolomías grises son las que predominan en la unidad «Dolomías basales», y las amarillentas en la unidad superior.

Por lo que respecta a las dolomías amarillentas la conservación de las texturas originales, el pequeño tamaño de los cristales dolomíticos, la presencia de evaporitas y su relación con ambientes de sedimentación restringidos, concuerdan con una dolomitización penecontemporánea bajo ambiente hipersalino.

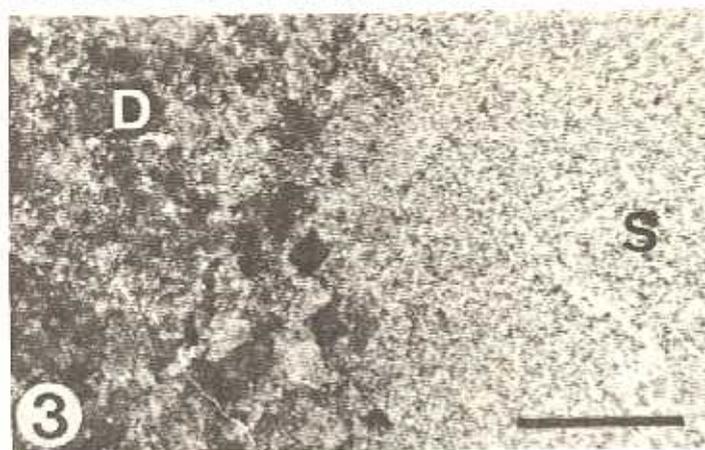
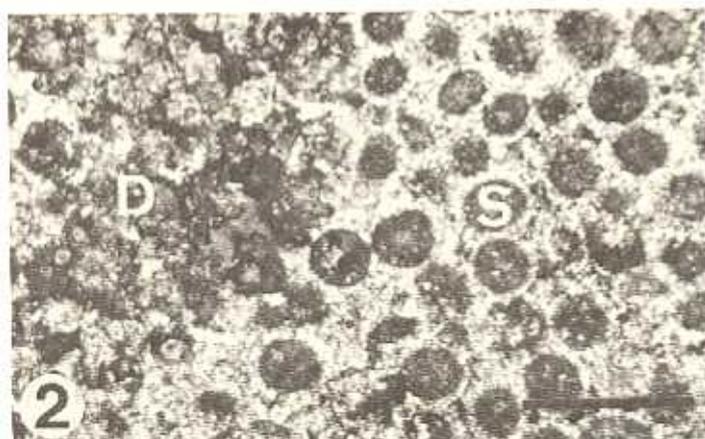
Sin embargo, los niveles dolomíticos grises presentan caracteres más próximos a las dolomías secundarias (DEFFEYES *et al.*, 1965), o «diagenéticas tardías» de FÜCHTBAUER (1974). La formación de mosaicos dolomíticos generalmente limpios, de gran tamaño, sobre texturas deposicionales generalmente irreconocibles, implicaría la actuación de un mecanismo diverso de dolomitización que el deducido para los niveles dolomíticos amarillentos.

FOLK y LAND (1975) resaltan la importancia de la formación de dolomita en ambientes no hipersalinos, basada en la dilución de salmueras o aguas marinas de salinidad normal con aguas dulces (meteoricas y freáticas). Este hecho provoca la generación de grandes y limpios cristales de dolomita. Asimismo, estos autores señalan como uno de los mecanismos capaces de producir esta dolomitización a la mezcla de aguas dulces continentales con aguas marinas de salinidad normal, donde se produce una zona de mezcla de aguas caracterizada por un movimiento dinámico de las mismas.

La textura «grainstone» original de la mayoría de las microfacies identificadas en las dolomías grises ofrece una porosidad-permeabilidad original mucho mayor que las microfacies de las dolomías amarillentas, por lo que podrían haber actuado como acuíferos que permitirían una importante circulación de fluidos. Por otra parte, la tendencia regresiva general de esta unidad, y de sus secuencias en particular, justificaría la circulación de aguas dulces provenientes del continente. Esta circulación podría ser la causante de la dilución de las aguas marinas de salinidad normal y de la dolomitización. El mecanismo de dolomitización por mezcla de aguas meteoricas continentales y aguas marinas explica de forma satisfactoria la génesis de las dolomías grises. Por lo que respecta al momento en que se produjo esta dolomitización, consideramos que debió ser en etapas diagenéticas tempranas, ligadas a la hidrología de la cuenca de sedimentación.

Además, se ha verificado que la mayoría de los «grainstones» identificados sin presentar texturas de recristalización, se encuentran muy próximos al límite entre dos niveles dolomíticos (amarillento y gris), subrayando que la dolomitización penecontemporánea en ambiente hipersalino ha podido afectar, no sólo a los niveles dolomíticos amarillentos, sino también al techo de las microfacies más porosas («grainstones»). Posteriormente, la circulación de aguas dulces a través de los niveles más permeables, aún sin dolomitizar, crearía un frente de mezcla de aguas capaz de dolomitizar sus microfacies.

La *silicificación* es un proceso diagenético característico de la unidad basal, observándose con mayor o menor grado en toda la región, a excepción del sector más suroriental (Illueca-Morata de Jalón) y asociándose a los niveles de dolomías grises (doloeparitas). A escala de



campo la silicificación se presenta formando nódulos de sílex de tamaño variable (5 cm. a 1 m.) (lám. II-1). También aparecen como niveles muy continuos de unos 15 cm. de potencia. La disposición de los niveles y los nódulos es según la estratificación. Existe una variación espacial en cuanto a la frecuencia y modo de aparición de la silicificación. Mientras que en las áreas más occidentales de la silicificación es muy frecuente a lo largo de toda la unidad basal, presentándose como niveles de sílex muy continuos, hacia el E y SE los nódulos de sílex tienden a disminuir su tamaño, siendo su aparición cada vez más esporádica.

Petrográficamente estos nódulos están constituidos por mosaicos de cuarzo. Generalmente no conservan la textura original de la roca caja (lám. II-2). El contacto entre el nódulo y la dolomía es bastante neto, si bien aparecen en las proximidades de dicho contacto pequeñas fisuras y porosidad intercrystalina rellenas de cuarzo. Menos corriente es la presencia de nódulos en los que se conservan las texturas deposicionales de la roca caja (lám. II-3). En estos casos, la conservación de las texturas deposicionales se realiza incluso con mayor detalle que las muestras dolomitizadas, lo que demuestra que la silicificación ha sido previa a la dolomitización de los niveles de doloesparitas. En otras ocasiones no se lleva a cabo la conservación de las texturas deposicionales, presentándose dentro de los mosaicos de cuarzo inclusiones de cristales de dolomita, por lo que en estos casos la dolomitización es anterior a la silicificación. Por estas razones, consideramos que los procesos de silicificación y dolomitización de los niveles grises han sido prácticamente coetáneos. KNAUTH (1979) establece un modelo de silicificación en carbonatos de plataforma, basado en el mecanismo de mezcla de aguas. La contemporaneidad de los procesos de silicificación con los de dolomitización queda subrayada de este modo con la actuación de un mismo mecanismo generador.

---

LÁM. II.—1. Aspecto general de campo de un nódulo de sílex. Sección MQ (La Quiñonería). 2. Contacto entre un nódulo de sílex (S) y la roca caja (doloesparita —D—). Nótese cómo la silicificación conserva la textura deposicional («grainstone») de la roca caja. N.C. Escala: 0,5 mm. 3. Contacto entre un nódulo de sílex (S) y la roca caja (doloesparita —D—). Obsérvese cómo la silicificación llega a incluir rombos de dolomita, sin conservar la textura original de la roca caja. N.C. Escala: 0,5 mm.

1. General view of a chert nodule. La Quiñonería stratigraphic section (MQ). 2. Boundary between a chert nodule (S) and the host rock (doloesparite —D—). Note how chert preserves the depositional texture (grainstone) of the host rock. C.N. Scale bar: 0,5 mm. 3. Boundary between a chert nodule (S) and the host rock (doloesparite —D—). Note how chert includes dolomite crystals, and not preserves the depositional texture of the host rock. C.N. Scale bar: 0.5 mm.

CUADRO 1

	<i>Dolomías amarillentas (5 y 7/2)</i>	<i>Dolomías grises (N4)</i>
Potencia de los niveles	5-20 cm.	2-3 m.
Tono	Claro	Oscuro
Estructuras de desecación	Sí	No
Laminación algar	Sí	No
Energía de estructuras hidrodinámicas	Baja	Alta
Evaporitas (pseudomorfos)	Sí	No
Nódulos de sílex	No	Sí
Conservación textura deposicional	Sí	No
Textura deposicional	Mudst. Wackest. Packst.	(Grainst.)
Tamaño cristalino	< 20 $\mu$	80-250 $\mu$
Residuo insoluble	< 10 %	< 1 %
Dedolomitización	No	Sí

## V. CONCLUSIONES

A partir del estudio petrológico de las facies superiores del Muschelkalk del borde norte de la rama aragonesa de la Cordillera Ibérica (unidades «Dolomías basales» y «Dolomías y Margas superiores» de ARRIBAS, 1985), hemos llegado a las siguientes conclusiones:

— El análisis de las microfacies y su sucesión en la unidad «Dolomías basales», ha permitido interpretar estos materiales como depósitos dentro de una plataforma carbonatada bajo ambiente mareal de baja energía con una unidad de «shoals» de alta energía. Las facies y microfacies se suceden en secuencias de somerización hacia el techo. Si bien los procesos diagenéticos (fundamentalmente la dolomitización) han borrado las texturas deposicionales de estas rocas, gracias al empleo de un difusor se han podido reconocer una serie de microfacies con las que ha sido posible realizar la interpretación sedimentológica.

— Por lo que respecta a la unidad «Dolomías y Margas superiores», el análisis de las microfacies ha permitido caracterizar estos depósitos dentro también de una plataforma carbonatada bajo ambiente mareal, pero con un importante desarrollo de las facies submareales de baja energía. Hacia el techo de esta unidad, existe un predominio

de facies supramareales con evaporitas, lo que indica un carácter regresivo general de toda la unidad.

— Se han deducido dos mecanismos distintos de dolomitización para la unidad basal; uno bajo ambiente hipersalino que llega a dolomitizar penecontemporáneamente las facies intermareales y supramareales (dolomitización primaria); y otro que afecta a las microfacies submareales más porosas en origen («grainstones»), producida por mezcla de aguas dulces continentales y marinas (dolomitización secundaria). La dolomitización que afecta a la unidad «Dolomías y Margas superiores» se ha realizado en ambiente hipersalino, siendo penecontemporánea con la sedimentación.

— La silicificación, que afecta prioritariamente a la unidad «Dolomías basales», puede explicarse dentro del mismo modelo de mezcla de aguas continentales y marinas, produciéndose contemporáneamente a la dolomitización secundaria.

## BIBLIOGRAFIA

- ARRIBAS, J. (1984): *Sedimentología y diagénesis del Buntsandstein y Muschelkalk de la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (provincias de Soria y Zaragoza)*. Tesis doctoral, Universidad Complutense de Madrid, 354 pp.
- ARRIBAS, J. (1985): «Base litoestratigráfica de las facies Buntsandstein y Muschelkalk en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica (Zona norte)». *Estudios Geol.*, 41, pp. 47-57.
- ARRIBAS, J., y PEÑA, J. A. DE LA (1984): «Sedimentología y diagénesis de la barra carbonatada inferior del Muschelkalk en la Rama Aragonesa de la Cordillera Ibérica». *Libro homenaje a L. Sánchez de la Torre. Publicaciones de Geología*, 20, pp. 131-139.
- DEFFEYES, K. S.; LUCIA, F. J., y WEYL, P. K. (1965): «Dolomitization of recent and Plio Pleistocene sediments by marine evaporite water on Bonaire, Netherlands Antilles». *S. E. P. M., Spec. Publ.*, 13, pp. 71-87.
- DELGADO, F. (1977): «Primary textures in dolostones and recrystallized limestones. A technique for their microscopic study». *Jour. Sed. Petrol.*, 47, pp. 1339-1341.
- FOLK, R. L., y LAND, L. S. (1975): «Mg-Ca ratio and salinity: two controls over crystallization of dolomite». *Bull. Am. Assoc. Petrol. Geol.*, 59, pp. 60-68.
- FÜCHTBAUER, H. (1974): *Sedimentary petrology. Part II: Sediments and sedimentary rocks*. Schweizerbart'sche Verlagbuchandlung, 464 pp.
- HINKELBEIN, K. (1965): «Der Muschelkalk der zentralen Hesperischen Ketten (Provinz Teruel, Spanien)». *Ober. Geol. Abh.*, 14, pp. 55-95.
- JAMES, N. P. (1979): «Shallowing-upward sequences in Carbonates». En: *Facies Models*. Ed. R. G. Walker. Geoscience Canada Reprint Series, 1, pp. 109-120.
- KNAUTH, L. P. (1979): «A model for the origin of chert in limestone». *Geology*, 7, pp. 274-277.
- VERGILI, C.; SOPEÑA, A.; RAMOS, A., y HERNANDO, S. (1977): «Problemas de la cronoestratigrafía del Trías en España». *Cuad. Geol. Ibér.*, 4, pp. 57-88.