

DEPOSITOS EVAPORITICOS DE AMBIENTE SABKHA
PRESERVADOS COMO PSEUDOMORFOS EN DOLOMITA, EN LOS
MATERIALES SUPERIORES DE LA FACIES MUSCHELKALK
DE LA SERRA DE PRADES (TARRAGONA)

POR

C. DE SANTISTEBAN * y C. TABERNER **

RESUMEN

La transición entre los depósitos carbonáticos de carácter arrecifal de la facies Muschelkalk y las evaporitas y arcillas de la facies Keuper en la Serra de Prades (Tarragona), está formada por una serie de materiales dolomíticos que presentan estructuras sedimentarias características de ambientes someros.

La parte inferior de esta serie contiene varias secuencias «thickening and coarsening upward», formadas por margas dolomíticas en la base y dolomías micríticas con relictos de bioclastos y oolitos en el techo. Estas secuencias tienen cada una un espesor medio de 4 metros. Estos depósitos se caracterizan por poseer estratificación cruzada a gran escala, «climbing ripples» y láminas onduladas e irregulares que recuerdan a laminaciones de origen algal. En su parte alta estas secuencias suelen estar interrumpidas por una superficie de erosión sobre la que existe un depósito de brechas y doloesparitas con nódulos de sílex y esferulitos de celestina. Este nivel de doloesparitas exhibe en superficie polígonos de expansión. Al microscopio óptico los cristales de dolomita incluyen en su núcleo relictos de micrita que perfilan la configuración de cristales de anhídrita previos.

La parte superior de esta serie de transición está formada por varios ciclos constituidos cada uno de ellos por dos términos que se suceden gradualmente. Estos términos consisten en: 1) dolomías ta-

* Departament de Geologia, Fc. Biològiques. Universitat de València.

** Departament de Petrologia i Geoquímica. Fac. Geològiques. Universitat de Barcelona.

bleadas, y 2) dolomías nodulares. Las dolomías tableadas contienen cristales de yeso que incluyen relictos de anhidrita y nódulos de celestina de crecimiento intersticial. Superficialmente presentan contorsiones que son similares a las que se producen durante la desecación de un tapiz algal. Las dolomías nodulares tienen un aspecto enterolítico. En sección su estructura es similar a la «chicken-wire» característica de la anhidrita. En superficie los nódulos tienen cristales lenticulares de yeso.

Tanto la parte superior de la secuencia de transición de la Serra de Prades, como los materiales doloesparíticos de los ciclos de la parte inferior, presentan evidencias de relictos de evaporitas, especialmente anhidrita. En ambos casos sus estructuras sedimentarias y texturas al microscopio indican que se tratan de depósitos supramareales formados en un ambiente evaporítico tipo sabkha. Estos materiales estuvieron formados inicialmente por sulfato de calcio y posteriormente se dolomitizaron durante la diagénesis temprana, conservándose como pseudomorfos las texturas macroscópicas propias de la anhidrita.

ABSTRACT

The transition between the reef carbonate deposits of the Muschelkalk facies and the clays and evaporites of the Keuper facies is constituted by dolomitic materials in the Serra de Prades (Tarragona). Sedimentary structures of these transition deposits point out a development in shallow sedimentary environments.

The lowermost part of the transition series is constituted by thickening and coarsening upward sequences made of dolomitic marls at the bottom and micritic dolomites with skeletal compounds and ooids goths at the top. The average thickness of each one of these sequences is 4 m. These deposits are characterized by the existence of large scale cross bedding, climbing ripples and irregular wavy lamination, that is quite similar to that of algal origin. These sequences are usually interrupted at the top by an erosion surface. On this erosion surface breccia and doloesparitic deposits with chert nodules and celestite sphaerulites develop. The upper surface of the doloesparitic layers show tepee structures. Dolomite crystals include micrite relicts in the nucleus. The shape of the micrite inclusions resemble previous anhydrite crystals.

The upper part of the transition series is constituted by various cycles. Each one of these cycles is made of two transitional terms: 1) thin-stratified dolomites and 2) nodular dolomites. The thin-stratified dolomites keep gypsum crystals with anhydrite relicts and celestite nodules showing displacive growth. The surface of dolo-

mites show contortions similar to those of desiccated algal mats. Nodular dolomites show enterolithic arrangement. In section they show chickenwire structure.

There has been found evaporite relicts, mainly anhydrite, in the upper part of the transition series as well as in the cycles of the lower part in the Serra de Prades. In both cases structures and textures point out a supratidal origin in an evaporite sabkha environment for these deposits. These materials might have originally been made of calcium sulphate. Dolomitization happened during early diagenetic stages, allowing for preservation of macroscopic and microscopic anhydrite textures.

INTRODUCCION

Los depósitos del Muschelkalk superior (M3) de la Serra de Prades presentan grandes diferencias con los del resto de los materiales equivalentes del Sector Mediterráneo. Una de las características más sobresalientes es la presencia de grandes edificios arrecifales únicamente localizados en este área. Al igual que en el resto de los catalánides, el paso entre los materiales del Muschelkalk superior (M3) y Keuper es transicional. Los depósitos en los cuales se registra esta transición son característicos de ambientes someros intra-supramareales. Únicamente en la Serra de Prades estos materiales se distinguen por presentar estructuras que indican que se formaron en un medio evaporítico tipo sabkha. Actualmente estos depósitos son carbonáticos (dolomía) pero en ellos se han conservado como pseudomorfos todos los rasgos físicos de las evaporitas formadas en una posición inter-supramareal. La identificación de una potente serie de materiales evaporíticos preservados como pseudomorfos en dolomía, nos plantea la alternativa de aplicar el concepto interpretativo de facies ambiental en vez del concepto descriptivo de litofacies, para la definición del límite entre los depósitos de las facies Muschelkalk y Keuper.

SITUACION GEOGRAFICA Y GEOLOGICA

El área estudiada está situada en el sector meridional de la Serra de Prades (provincia de Tarragona), entre las poblaciones de Mont-ral, La Mussara, La Febró y Capafonts (fig. 1). Los depósitos del Muschelkalk superior de la Serra de Prades se diferencian de los materiales de la misma edad del resto de los Catalánides por presentar una potente unidad (hasta 60 metros) que contiene biohermes de algas, cora-

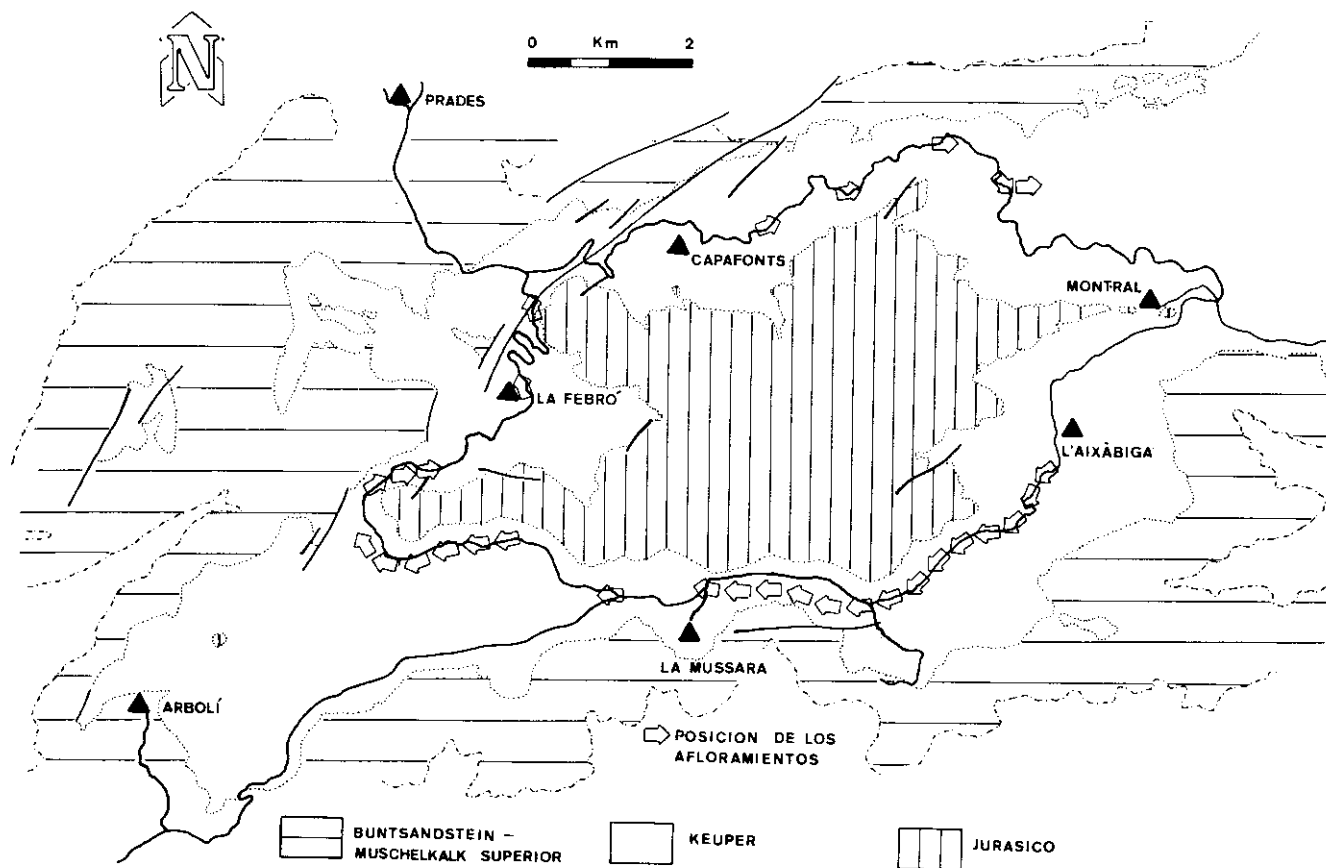


FIG.1.—Situación geológica de los afloramientos estudiados en la Serra de Prades.

Geological setting of the studied deposits (arrows) in Serra de Prades.

les y esponjas. Sobre ella, y cubriendo la forma deposicional de los arrecifes, existe un tramo de dolomicritas laminadas conocidas con el nombre de «Pedra d'Alcover». Los depósitos que se describen en el presente trabajo pertenecen a la «facies de transición» (ESTEBAN y otros, 1977), comprendida entre la Pedra d'Alcover y los depósitos correspondientes a la facies Keuper.

Los materiales de esta serie de transición afloran a lo largo del sistema de carreteras que rodean el macizo con materiales jurásicos de Els Mollats, y que comunican las poblaciones de Mont-ral, L'Aixábiga, La Mussara, La Febró y Capafonts (fig. 1).

LA SERIE DE TRANSICION ENTRE LAS DOLOMIAS DEL MUSCHELKALK SUPERIOR Y LAS ARCILLAS Y YESOS DE LA FACIES KEUPER

Los depósitos de la serie de transición se hallan estratigráficamente emplazados entre los carbonatos marinos de la Pedra d'Alcover, pertenecientes al Muschelkalk superior, y las primeras arcillas rojas y yesos de los materiales de la facies Keuper. El contacto inferior con las dolomías del Muschelkalk tiene un carácter neto no erosional. El contacto con los depósitos del Keuper es erosional y está formado por un tramo de unos 10 metros de espesor con intercalaciones de arcillas y niveles de carniolas (fig. 2). Los mejores afloramientos de los materiales de esta serie de transición se hallan en el sector meridional de la Serra de Prades, entre l'Aixábiga y La Mussara (fig. 1). En este área la potencia máxima de estos depósitos es de 40 metros.

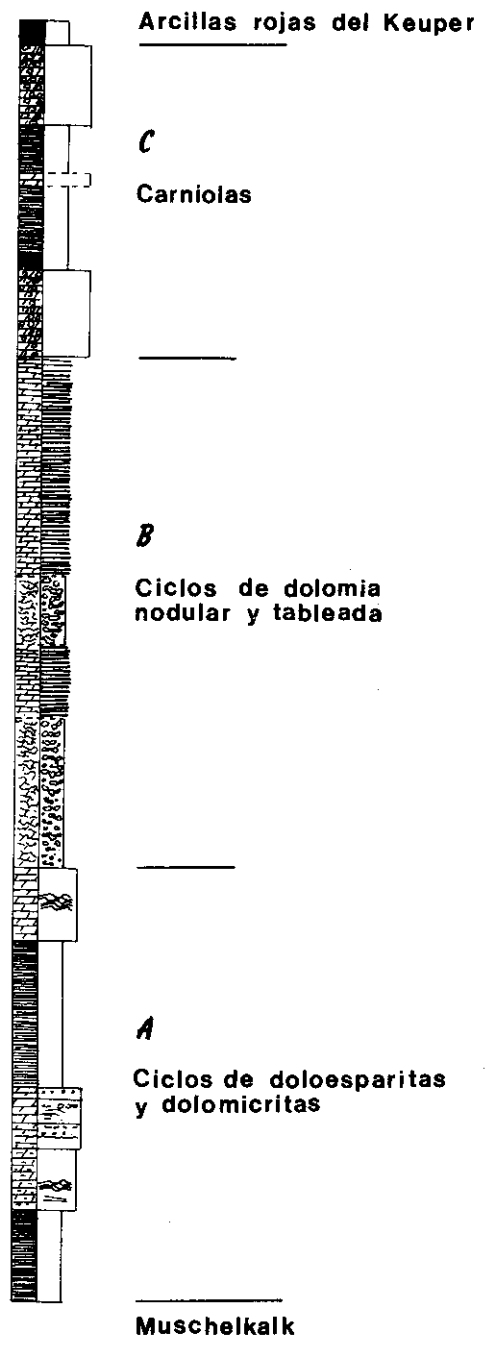
Desde la base hasta el techo, la serie de transición se puede subdividir, en base a sus características litológicas y estructuras de sedimentación, en tres partes (fig. 2). La porción inferior consiste en dolomicritas y doloesparitas organizadas en varias secuencias negativas «thickening and coarsening upward». El tramo intermedio está formado por varios ciclos constituidos por dolomías nodulares y alternancias de dolomías tableadas y margas. La parte superior consiste en un tramo de arcillas con intercalaciones de carniolas.

Los depósitos pertenecientes a estos tres tramos se han encontrado en los afloramientos superpuestos siempre en el orden descrito. Los contactos entre ellos son netos y en algunos casos tienen características erosionales.

Este trabajo tiene como objetivo la descripción y análisis de los dos tramos inferiores de esta secuencia de transición y especialmente de aquellos depósitos que contienen evidencias de haber sido formados en un ambiente evaporítico somero.



3 m



CICLOS DE DOLOMICRITAS Y DOLOESPARITAS

DESCRIPCIÓN

El tramo más inferior de la serie de transición tiene una potencia máxima de 12 metros. Está formado por un número variable de dos a cinco ciclos de dolomicritas y doloesparitas, el mayor de los cuales tiene un espesor de 4,5 metros.

Estos ciclos de dolomía tienen un carácter «thickening and coarsening upward». En ellos pueden reconocerse dos partes transicionales entre sí (fig. 3). La parte inferior de cada ciclo está formada por margas dolomíticas y dolomías micríticas, finamente laminadas en la base y con «climbing ripples» hacia el techo. Las láminas tienen un espesor menor de 1 mm. Su configuración puede ser planoparalela, planoinclinada u ondulada. Cuando las laminaciones son onduladas suelen ser irregulares y de poca continuidad lateral. Ocasionalmente adoptan formas dómicas que recuerdan el bandeado interno de los estromatolitos. La parte superior está formada por niveles de dolomicritas y doloesparitas, de 2 a 15 centímetros de espesor, con contactos planohorizontales u ondulados. Localmente presentan a gran escala estratificación cruzada planar de bajo ángulo. Algunos de estos niveles contienen oolitos y restos de organismos en un estado de conservación tal que no es posible su identificación taxonómica.

El techo de algunos de estos ciclos de dolomicritas y doloesparitas es una superficie de erosión que puede identificarse en la mayoría de los afloramientos estudiados. Asociados a estas superficies de erosión existen depósitos de doloesparitas de aspecto sacaroideo, de color ocre. El grosor de estos materiales varía entre 10 centímetros y 0,5 metros. Estas dolomías sacaroideas incluyen localmente uno o varios niveles de brechas cuyos componentes son fragmentos de dolomías micríticas, similares a los materiales que componen los ciclos, y nódulos de sílex. Internamente estas dolomías se caracterizan por tener una laminación ondulada debido a deformaciones sinsedimentarias. En superficie estas ondulaciones se corresponden con los bordes de polígonos de expansión (fig. 3). Puntualmente las dolomías contienen concentraciones de esferulitos de celestina. Al microscopio óptico estos materiales están formados por cristales euhedrales y subhedrales de dolomita. La mayoría de estos cristales tienen en su núcleo restos

FIG. 2.—*Secuencia estratigráfica de la serie de transición en la localidad de L'Aixàbiga.*

Stratigraphic sequence of the transition serie at L'Aixàbiga (Serra de Prades). A, dolomicrite and doloesparite cycles. B, nodular and thin-laminated dolomite cycles. C, Dolomite with Box-work structure and marls.

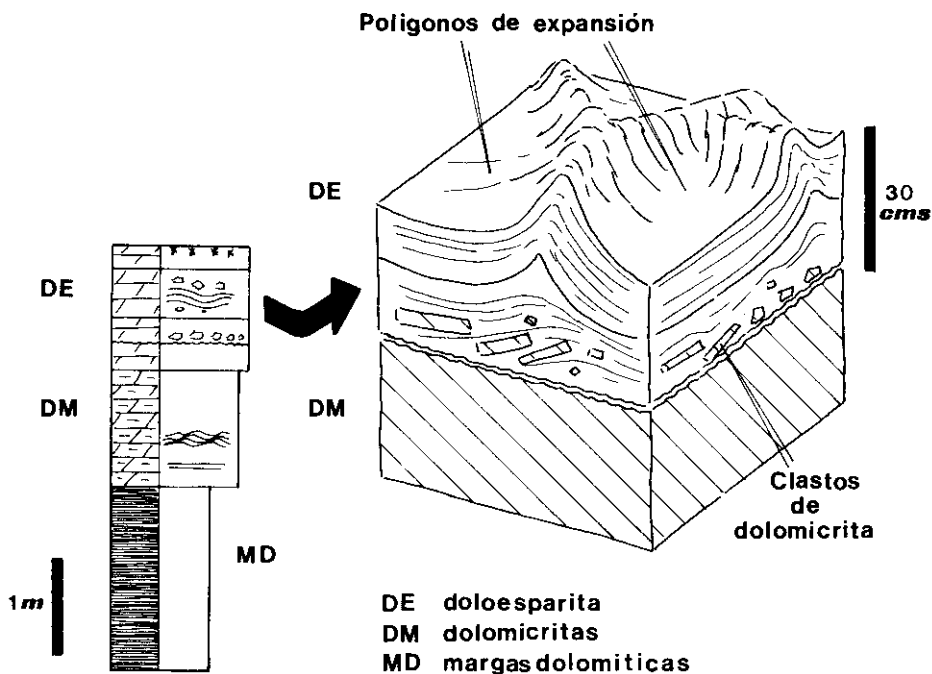


FIG. 3.—Esquema de detalle de las estructuras de las doloespáritas de los ciclos del tramo inferior de la serie de transición.

Sketch of the characteristics and sedimentary structures of the dolomicrite and doloespárite cycles.

micríticos que perfilan la configuración de cristales de anhidrita. De hecho, en algunos cristales de dolomita todavía subsisten relictos de anhidrita.

INTERPRETACIÓN

Las características más relevantes de los depósitos de dolomicritas y doloespáritas con secuencia negativa son la presencia de: a) estratificación cruzada; b) estructuras de corriente; c) oolitos y restos de fauna mal conservados que sólo permiten confirmar que se depositaron en un ambiente marino.

La existencia de planos de estratificación cruzada sugiere que estos materiales se formaron a lo largo de una pendiente deposicional y que esta pendiente migró frontalmente durante la sedimentación. La presencia de «ripples» de corriente, y el hecho de que exista gra-

noclasificación implican un mecanismo hidrodinámico de depósito. La actuación de estos mecanismos, así como la sedimentación, se desarrollaron en un medio acuático marino. La presencia de superficies de erosión e indicios de exposición subaérea al techo de algunos ciclos indican que el depósito se formó en un ambiente somero.

Los materiales doloesparíticos de color ocre existentes en el techo de algunos ciclos presentan «tepees» y polígonos de expansión. Estas estructuras se suelen desarrollar en dolomita, sulfato de calcio o costras de sales solubles (halita principalmente) en una posición inter-supramareal en sabkhas y márgenes de salinas. En nuestro caso estas estructuras se han preservado en dolomita. Los cristales de esta dolomía contienen relictos de anhidrita que nos sugieren que ésta fue la mineralogía inicial, dolomitizándose posteriormente durante la diagénesis temprana. Los polígonos de expansión en anhidrita han sido descritos en las sabkhas de Abu Dhabi (Golfo Pérsico) por KENDALL y SKIPWITH (1969), BUTLER y otros (1965) y WARREN y KENDALL (1985). Esta es una estructura que se forma usualmente en una posición justo por encima del nivel del agua en marea alta. Los depósitos de brechas intercalados en estas dolomías están formados por materiales redepositados. Los clastos de estas brechas son fragmentos de carbonato de la misma naturaleza que los materiales que componen los ciclos de dolomía. Estos clastos fueron removidos de depósitos formados en un ambiente submareal y resedimentados en estado consolidado o semiconsolidado, en condiciones supramareales. Uno de los mecanismos de depósito que puede llevar a la formación de este tipo de brechas son las tormentas.

En síntesis, los ciclos de dolomías con secuencia negativa tienen un carácter regresivo. Los materiales de la base fueron sedimentados en condiciones subacuáticas en una posición submareal. La parte superior, constituida por las dolomías ocres de aspecto sacaroideo, se formó inicialmente como anhidrita en un ambiente de sabkha evaporítica. Entre estas dolomías y las que forman los ciclos no existe una transición lateral ni tampoco pasos graduales en la vertical. Ambos materiales están separados por una superficie de erosión que localmente presenta evidencias de exposición subaérea.

CICLOS CONSTITUIDOS POR DOLOMIAS NODULARES Y TABLEADAS

DESCRIPCIÓN

El tramo intermedio de la secuencia de transición tiene una potencia media de 13 metros. Está formado por ciclos constituidos por

dolomías con aspecto nodular y dolomías tableadas (fig. 4). El número de estos ciclos varía según los afloramientos entre uno y tres. Su espesor oscila entre 1 y 11 metros.

Las dolomías con aspecto nodular están formadas por nódulos intercalados entre margas. Estos nódulos tienen un tamaño que oscila entre 1 y 15 centímetros. Su forma externa es variable entre esférica e irregular, aunque generalmente adopta formas enterolíticas (cilíndricas contorsionadas) o arrañonadas, fruto de la coalescencia de numerosos nódulos subsféricos. En los afloramientos los nódulos suelen estar en contacto y presentan bordes redondeados de compromiso. Las margas intercaladas entre ellos son tanto más abundantes cuanto menor es la cantidad de nódulos presentes y mayor su espaciado.

Los nódulos están formados por cristales euhedrales de dolomita. Estos cristales se superponen a una macroestructura previa del tipo «chicken-wire», preservada en la forma de relictos de dolomita incluidos en la masa de cristales de dolomita.

Los nódulos están tapizados por cristales lenticulares blancos de yeso (fig. 4) de 0,1 a 3 mm. Estos cristales están dispuestos con los ejes C paralelos a la superficie de los nódulos en su parte externa. Hacia el interior disminuye su número y se hallan orientados con el eje C en posición normal.

Las dolomías tableadas están formadas por láminas de dolomía de 1 mm. a 4 cm. de espesor. Estas láminas están intercaladas con margas en una proporción variable entre 1/50 y 1/0'1. Su forma es tabular con contactos mayormente plano-horizontales. El inferior es generalmente neto, mientras que el superior puede ser indistintamente neto o transicional. Estas capas son lateralmente discontinuas, por

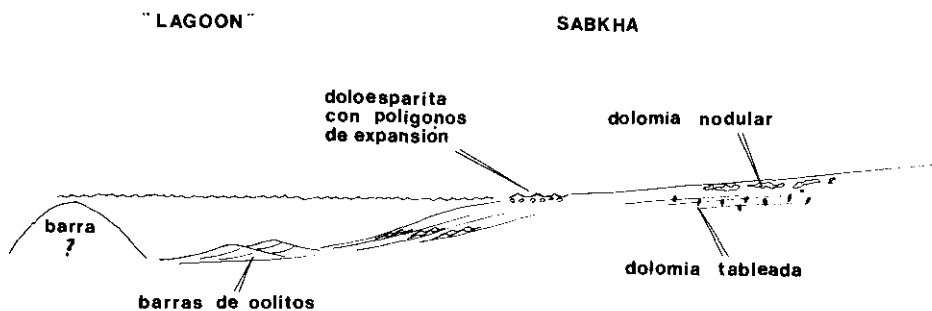


FIG. 4.—Esquema de las estructuras sedimentarias de los ciclos de dolomías tableadas y nodulares.

Sketch of the sedimentary characteristics of nodular and thin-laminated dolomite cycles.

lo que la potencia presenta fuertes variaciones. En superficie estos niveles exhiben repliegues de configuración enterolítica, similares a los que se producen por desecación de un tapiz algal.

Internamente estas láminas están formadas por una parte inferior constituida por una brecha intraformacional de cantos planos y otra superior laminada conteniendo intraclastos aislados y cristales de yeso lenticulares. La laminación de la parte superior suele presentar ondulaciones producidas unas por deformación plástica sinsedimentaria y otras por adaptación a la forma de los clastos de la brecha inferior (fig. 4).

Al microscopio óptico estos materiales están formados por cristales subhedrales de dolomita zonada. Estos cristales están sobreimpuestos a la macroestructura brechoide y laminada de los niveles, la cual se conserva como restos micríticos que perfilan los bordes de los clastos. Los cristales de yeso existentes en estos depósitos presentan numerosas inclusiones de anhidrita.

Los depósitos de dolomías tableadas suelen pasar transicionalmente en sentido vertical a las dolomías nodulares. Este paso se caracteriza por la formación de repliegues cada vez más acusados en los niveles tableados hasta desarrollar enterolitos y nódulos aislados. A su vez esta facies nodular puede asimismo pasar transicionalmente a los depósitos tableados. Las dolomías tableadas incluyen en algunos puntos nódulos de celestina. Estos nódulos tienen formas subesféricas y aplanadas. Son de dimensiones variables alcanzando los 30 centímetros su diámetro máximo. Se presentan desplazando la estratificación, aunque ocasionalmente incluyen relictos de la laminación original.

INTERPRETACIÓN

El ciclo básico de los depósitos de este tramo intermedio se compone de *dolomías tableadas que pasan transicionalmente hacia el techo a las dolomías con aspecto nodular*. Las dolomías tableadas contienen brechas de elementos angulosos y planos que han sufrido un desplazamiento mínimo. En algunos casos puede incluso reconstruirse la disposición original de estos componentes en las láminas. Esto nos sugiere que la estructura brechoide de la parte inferior de estas capas es el resultado de una fracturación «in situ» de un depósito laminado. La deformación en condiciones plásticas y la disposición fluidal de alguno de estos clastos hacen pensar que dicha fracturación pudo efectuarse cuando el sedimento aún no estaba consolidado. La parte superior de estos niveles tableados presenta una laminación ondulada que puede tener dos orígenes diferentes. Parte de estas on-

dulaciones son fruto de la adaptación de la laminación original a las irregularidades del depósito de las brechas inferiores. Otras ondulaciones obedecen a deformaciones plásticas del sedimento y se manifiestan en el techo de las capas como repliegues (fig. 4). Estos repliegues son estructuras desarrolladas en la parte más superficial del sedimento. Presentan gran semejanza con los repliegues que se producen en tapices algales en proceso de desecación. Tanto los pliegues como este tipo de brechas son estructuras sedimentarias primarias que se formaron sobre una superficie libre. Ambos están preservados en dolomías cuyos cristales tienen una disposición que no guarda relación alguna con las estructuras primarias. Estas aparecen en lámina delgada perfiladas por relictos dolomicríticos incluidos en los cristales de dolomita.

Las dolomías tableadas incluyen cristales lenticulares de yeso que tuvieron un crecimiento intersticial desplazativo antes de la consolidación del sedimento.

Por las estructuras sedimentarias que presenta (laminación fina, brechas de intraclastos, repliegues sinsedimentarios y cristales intersticiales de yeso) pensamos que estas dolomías fueron originalmente sedimentos de origen orgánico del tipo «algal mat», desarrollados «in situ» en una posición intermareal. Se puede destacar del ambiente diagenético temprano de estos depósitos dos características: 1) la existencia de condiciones hipersalinas (formación de cristales de yeso), y 2) la dolomitización del sedimento originalmente de composición carbonática. Esta dolomitización temprana no produjo la destrucción de las texturas sedimentarias primarias.

Las partes superiores de los ciclos de este tramo están formadas por dolomías con aspecto nodular y enterolítico. Estos nódulos son actualmente de dolomía, pero su forma externa y su estructura interna («chicken-wire») son similares a las de los nódulos de anhidrita que se están formando en una posición supramareal en las sabkhas del Golfo Pérsico (BUTLER, 1969, 1970; KENDALL y SKIPWITH, 1969; WARREN y KENDALL, 1985). La preservación de los nódulos de anhidrita como pseudomorfos en dolomita es debida al desarrollo de un proceso de dolomitización durante la diagénesis temprana. Esta dolomitización afectó principalmente a materiales que inicialmente poseían una composición de sulfato de calcio. Algunos nódulos poseen en su parte más superficial cristales lenticulares de yeso que presentan relictos de anhidrita. Ninguno de estos cristales está dolomitizado, por lo que es posible pensar que crecieron intersticialmente en la dolomita, antes de la litificación de los nódulos.

Los dos tipos de depósitos que componen estos ciclos (dolomías tableadas y con aspecto nodular), corresponden a sedimentos dolomitizados que inicialmente fueron formados en un ambiente inter-

supramareal. El tipo de secuencia original, que en nuestra opinión sería característica de estos materiales antes de la dolomitización, estaría formada por depósitos estromatolíticos con cristales lenticulares de yeso en la base, y anhidrita nodular y enterolítica en el techo. Secuencias similares a éstas han sido descritas por BUTLER, 1969, 1970; EVANS y otros, 1969; KINSMAN, 1966, 1969; SHEARMAN, 1963; SHEARMAN y FULLER, 1969; KENDALL y SKIPWITH, 1969; WOOD y WOLFE, 1969) en medios actuales, especialmente en las zonas costeras áridas del Golfo Pérsico. Según estos autores dicha secuencia, formada por sedimentos intramareales de origen orgánico en la base y anhidrita nodular de crecimiento vadoso intersticial en el techo, sería característica de los depósitos de la parte media de una sabkha.

MODELO DEPOSICIONAL DE LA SECUENCIA DE TRANSICION MUSCHELKALK-KEUPER EN LA SERRA DE PRADES

La secuencia de transición entre los depósitos de la facies Muschelkalk y los de la facies Keuper en la Serra de Prades tiene en general un carácter regresivo. Considerando únicamente los dos tramos inferiores de esta secuencia de transición se pueden diferenciar dos tipos distintos de ciclos que tienen también un carácter regresivo. Los ciclos formados por dolomicritas y doloeparitas comprenden depósitos submareales en la base y supramareales, en condiciones evaporíticas, en el techo. Los ciclos formados por dolomías tableadas y nodulares fueron desarrollados en una posición inter-supramareal. La parte inferior de los ciclos de dolomicritas y doloeparitas tiene un carácter más marino que el resto de los depósitos aquí estudiados. Estos últimos se desarrollaron en un medio de sabkha.

A pesar de la presencia de superficies de erosión entre las dolomicritas laminadas con «climbing ripples» y las doloeparitas con polígonos de expansión existe cierta continuidad entre los ambientes representados por cada tipo de depósito.

El modelo de distribución espacial de estos ambientes (fig. 5) sería similar al de las llanuras mareales de las costas del Golfo Pérsico. Los materiales con oolitos son los únicos depósitos que tienen un origen enteramente subacuático marino. Estos materiales debieron formarse a lo largo del margen interno de una laguna costera delimitada por una isla barrera. Del resto de los depósitos, las dolomías tableadas representan tapices algales litificados, desarrollados en la zona intermareal. Las dolomías pseudomórficas de anhidrita nodular constituyen los depósitos de sabkha. Las primeras se formaron en superficie justo por encima del nivel máximo del mar, mientras que

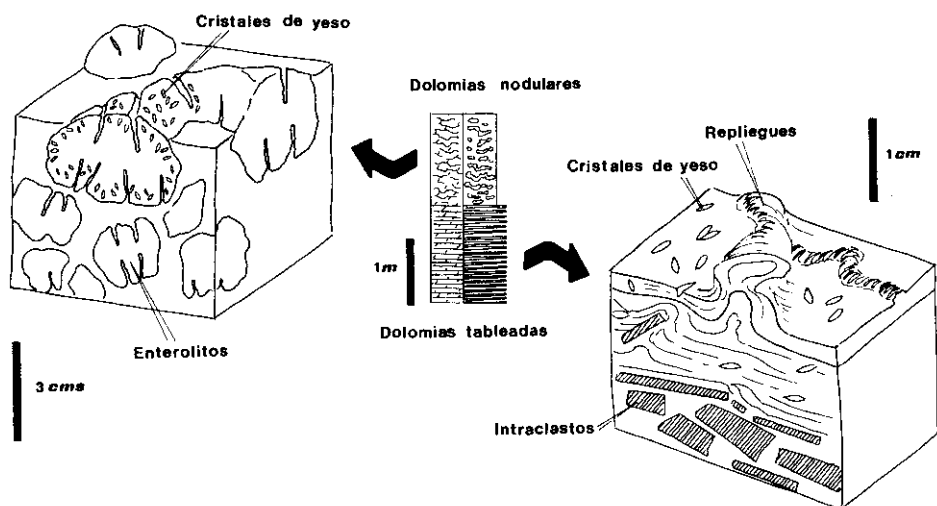


FIG. 5.—Modelo ambiental de los depósitos de la serie de transición de la Serra de Prades.

Ideal environmental model of the Transition series in the southern part of Serra de Prades.

los segundos representan crecimientos diagenéticos tempranos en la zona vadosa, en una posición más interna.

CONSIDERACIONES

Los materiales de la serie de transición entre los depósitos de las facies Muschelkalk y Keuper de la Serra de Prades, presentan ciertas diferencias con los de las series en una posición equivalente en otras áreas del sector mediterráneo. En ambos casos esta transición se caracteriza por la presencia de depósitos mareales no terrígenos. Sin embargo, mientras que en el resto de las áreas éstos fueron formados en zonas de predominante sedimentación carbonática, en un ambiente a semejanza de las actuales zonas de llanura mareal húmeda de la Isla de Andros, en la Serra de Prades estos depósitos presentan mayor similitud con los sedimentos carbonáticos y evaporíticos de las llanuras mareales áridas del Golfo Pérsico.

Paradójicamente la mayor parte de los materiales de la serie de transición de la Serra de Prades son actualmente depósitos dolomíticos, aunque presentan estructuras sedimentarias que indican que se formaron inicialmente como evaporitas. Los depósitos de esta serie son en realidad pseudomorfos de evaporitas en dolomita, habiéndose

preservado todas las estructuras distintivas de los sedimentos evaporíticos formados en un ambiente sabkha. Esto nos plantea un problema de definición del límite entre los materiales del Keuper y del Muschelkalk en esta zona. Generalmente nos referimos a facies Muschelkalk y facies Keuper para caracterizar a materiales triásicos que tienen unos determinados rasgos físicos. Atribuimos al Muschelkalk superior los depósitos con litofacies carbonáticas, mientras que aquellos que contienen evaporitas, arcillas y carniolas los consideramos como de facies Keuper. Los materiales de la serie de transición de la Serra de Prades han sido asignados al Keuper (K1, margas grises y amarillentas) por VIRGILI (1958), mientras que otros autores (ESTEBAN y otros, 1977) los consideran como pertenecientes al Muschelkalk. Si atendiéramos únicamente a las facies, teniendo en cuenta este concepto en su sentido descriptivo, deberíamos incluir la totalidad de esta serie al Muschelkalk. Sin embargo, si atendiéramos a su significado ambiental, deberíamos asignarla al Keuper. En todo caso, de no haber mediado un proceso de dolomitización que ha impedido que se conservaran estos depósitos en su mineralogía original (sulfato de calcio) no habría duda en considerarlos como Keuper.

CONCLUSIONES

Los depósitos de la serie de transición entre los materiales de la facies Muschelkalk en la Serra de Prades forman una megasecuencia de carácter regresivo. Estos materiales están formados actualmente por dolomías y margas, pero la mayor parte de las dolomías son pseudomorfos de evaporitas (principalmente anhidrita), formada en condiciones supramareales en un medio sabkha. El reconocimiento de una serie de 40 metros de espesor con dolomita pseudomórfica de evaporitas nos plantea el problema de identificación del límite Muschelkalk superior-Keuper, ya que si por su litofacies debería ser asignada al Muschelkalk (M3), por su significado ambiental pertenece claramente al Keuper.

BIBLIOGRAFIA

- BUTLER, G. P.; KENDALL, C. G. ST. C.; KINSMAN, D. J. J.; SHEARMAN, D. J. J., y SKIPWITH, SIR P. A. D'E. (1965): «Recent evaporite deposits along the Trucial Coast of the Arabian Gulf». *Geol. Soc. London. Proc. (Abs)*, 1623, pp. 91-92.
- BUTLER, G. P. (1969): «Modern evaporite deposition and geochemistry of co-existing brines, the sabkha, Trucial Coast, Arabian Gulf». *Journal of Sedimentary Petrology*, 39, pp. 70-89.

- BUTLER, G. P. (1970): «Holocene gypsum and anhydrite of the Abu Dhabi sabkha, Trucial Coast; an alternative explanation for origin». In: *Third symposium on salt*. Northern Ohio Geological Society, 1, pp. 120-152.
- ESTEBAN, M.; CALZADA, S., y VÍA BOADA, L. (1977): «Ambiente deposicional de los yacimientos fosilíferos del Muschelkalk superior de Alcover-Montral». *Cuadernos de Geología Ibérica*, 4, pp. 189-200.
- EVANS, G.; SCHMIDT, V.; BUSH, P., y NELSON, H. (1969): «Stratigraphy and geologic history of the sabkha, Abu Dhabi, Persian Gulf». *Sedimentology*, 12, pp. 145-159.
- KENDALL, C. G. ST. C., y SKIPWITH, P. A. D'E. (1969): «Holocene shallow water carbonate and evaporite sediments of Khor al Bazam, Abu Dhabi; southwest Persian Gulf». *A. A. P. G. Bull.*, 53, pp. 841-869.
- KINSMAN, D. J. J. (1966): «Gypsum and anhydrite of recent age, Trucial Coast, Persian Gulf». In Raup, J. L. (Ed). *Second Symposium on Salt*. Northern Ohio Geol. Sec. Cleveland, 1, pp. 302-326.
- KINSMAN, D. J. J. (1969): «Modes of formation, sedimentary associations, and diagnostic features of shallow-water and supratidal evaporites. *A. A. P. G. Bull.*, 53, pp. 830-840.
- SHEARMAN, D. J. (1963): «Recent anhydrite, gypsum, dolomite and halite from the coastal flats of the Arabian shore of the Persian Gulf». *Proc. Geol. Soc. London*, 1607, p. 63.
- SHEARMAN, D. J., y FULLER, J. G. (1969): «Anhydrite diagenesis calcitization and organic laminites, Winnipegosis Formation, Middle Devonian, Saskatchewan». *Can. Petrol. Geol. Bull.*, 17, pp. 496-525.
- WARREN, J. K., y KENDALL, C. G. ST. (1985): «Comparison of sequences formed in marine sabkha (subaerial) and salina (subaqueous) settings. Modern and ancient». *A. A. P. G. Bull.*, 69, pp. 1013-1023.
- WOOD, G. V., y WOLFE, M. J. (1969): «Sabkha cycles in the Arab/Darb formations off the Trucial Coast of Arabia». *Sedimentology*, 12, pp. 165-191.
- VIRGILI, C. (1958): «El Triásico de los Catalánides». *Bol. I. G. M. E.*, LXIX, 856 pp.