

FACIES Y SU EVOLUCION EN EL CRETACICO CALCAREO DEL BORDE OCCIDENTAL DE LA CUENCA DE CAMEROS (BURGOS-SORIA)

I. VALLADARES

TRABAJOS DE GEOLOGIA Valladares, I. (1985).—Facies y su evolución en el Cretácico calcáreo del borde occidental de la Cuenca de Cameros (Burgos-Soria). *Trabajos de Geología*, Univ. de Oviedo, 15, 99-113. ISSN 0474-9588.



El Cretácico superior calcáreo del borde occidental de la Cuenca de Cameros se depositó en una plataforma epicontinental somera. Se distinguen doce facies que corresponden a cuatro medios deposicionales amplios. Margas, calizas bioclásticas y calizas de equínidos (facies 1, 2, 3) representan la plataforma abierta. Calizas de rudistas (facies 12) corresponden a los sedimentos arrecifales. Calizas oolíticas y bioclásticas (facies 10, 11) son las barras. Wackestone de ostrácodos y serpúlidos, ostreidos y foraminíferos, calizas mudstone, dolomías y calizas cristalinas (facies 4, 5, 6, 7, 8, 9) representan lagoon y llanura de mareas.

La sedimentación comienza con la transgresión del Cenomanense en una plataforma abierta, que evoluciona a unas condiciones restringidas de llanura de mareas y bahía. Sobre estas vuelve a avanzar la transgresión y se forman barras oolíticas y bioclásticas, que evolucionan a la plataforma abierta y el medio arrecifal. Por último, se inicia la regresión del final del Cretácico y sobre el medio arrecifal se instalan back-reef y lagoon, finalizando la sedimentación marina en esta zona.

Carbonated Upper Cretaceous in the west margin of the Cameros Basin is deposited in a shallow epicontinental shelf. Twelve facies are differentiated and they are deposited into four depositional environments. Marls, bioclastic and echinoderm limestones (facies 1, 2, 3) represent the open shelf and platform. Limestone of rudists (facies 12) belong to reef. Oolitic and bioclastic limestones (facies 10, 11) are bars. Wackestone of ostracods and serpulids, oysters and foraminifera, mudstone, dolomite and crystalline carbonate (facies 4-9) represent a lagoon and tidal flat.

Sedimentation begins with the Cenomanian transgression in an open shelf that changes to tidal flat and bay environments. The transgression advances over these environments and oolitic and bioclastic bars are developed. These bars change to open platform and reef environments. Finally, a regression begins before ending Cretaceous and a back reef and lagoon environments is arranged on the previous reef.

Isabel Valladares, Departamento de Estratigrafía, Universidad de Salamanca. Manuscrito recibido el 5 de diciembre de 1984.

INTRODUCCION

El Cretácico superior calcáreo del borde occidental de la Cuenca de Cameros (Fig. 1), dividido anteriormente en tres unidades litológicas perfectamente identificables a escala regional (Valladares 1976a y b), corresponde a un ciclo sedimentario completo. Se encuentra sobre sedimentos detríticos continentales en «facies Utrillas» y presenta sobre él sedimentos fundamentalmente detríticos en «facies Garumense».

De estas unidades, la inferior denominada «alternancia de margas y calizas» descansa siempre sobre las arenas de la «facies Utrillas». Predominan las margas, pero se hacen más frecuentes las calizas hacia el techo; estas últimas son generalmente arenosas y bioclásticas con una cierta proporción de glauconita. Su edad es Cenomanense (Lambert 1935) y según Wiedmann (1964) y Floquet (1978a, b, 1979) Cenomanense y Turonense inferior.

La unidad media denominada «calizas bioclásticas y calizas masivas», se apoya sobre la

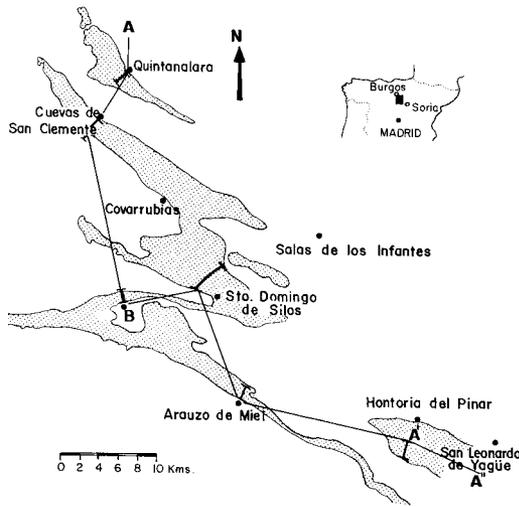


Fig. 1.—Situación geográfica. Distribución de afloramientos del Cretácico marino y situación de los cortes realizados; A-A' situación del perfil de la Fig. 2; A-A'' situación del perfil de la Fig. 5; B-A'' situación del perfil de la Fig. 9.

inferior. Son calizas biogénicas construidas por ostreoides y rudistas, de aspecto masivo. Su edad abarca desde el Turonense al Santoniense, aunque según Floquet (1978) llegaría hasta el Campaniense.

La unidad superior se denomina «carniolas y calizas dolomíticas» y reposa sobre la unidad media. Se trata de una caliza a veces dolomítica, a veces brechoidea y siempre cavernosa, estratificada masivamente y con aspecto de carniola. Su edad es claramente Santoniense, sin que se haya encontrado ningún tipo de fauna que pudiera indicar el Campaniense (Valladares 1976b), aunque según Floquet (1978a), en regiones situadas hacia el E, en las proximidades de Soria, representa el Maestrichtiense. El techo de este Cretácico marino lo constituyen los sedimentos fundamentalmente detríticos de la «facies Garumnense».

ANÁLISIS DE FACIES E INTERPRETACION

Con el estudio detallado en lámina delgada de los caracteres sedimentológicos de estos materiales, texturas deposicionales, etc., en más de 300 muestras, y apoyándose en los datos de campo anteriormente estudiados (Valladares op. cit.), se diferencian varias facies dentro de cada unidad litológica. La mayoría tienen amplitud regional, aunque su distribución en espacio

y tiempo presenta importantes variaciones, llegando algunas de ellas a encontrarse muy localizadas (Figs. 2, 5, 9). Las facies diferenciadas en las tres unidades litológicas son las siguientes:

1-Margas. 2-Calizas bioclásticas. 3-Calizas de equínidos. 4-Facies de ostrácodos y serpúlidos. 5-Wackestone de moluscos. 6-Calizas mudstone. 7-Wackestone de foraminíferos. 8-Calizas cristalinas. 9-Dolomías. 10-Facies de oolitos. 11-Calizas bioclásticas. 12-Facies de rudistas.

Todas ellas se pueden reunir, en cuanto a interpretación medio ambiental, en cuatro grandes grupos. I-Plataforma abierta: facies 1, 2 y 3. II-Llanura de mareas y lagoon: facies 4, 5, 6, 7, 8 y 9. III-Barras: facies 10 y 11. IV-Medio arrecifal: facies 12.

Los procesos diagenéticos que afectan prácticamente a todas las facies son: recristalización de micrita a microesparita, micritización de aloquímicos, compactación con desprendimiento de fango y presión-disolución con formación de estilolitos. Los procesos de reemplazamiento que se dan son: silicificación de bioclastos, a veces con formación de nódulos de sílex en las facies 5, 7 y 12; dolomitización en las facies 3, 7, 11 y 12 y escasa dedolomitización en las facies 5 y 7.

PLATAFORMA ABIERTA

1-Margas

Son margas de color ocre, que tienen gran desarrollo en la unidad inferior y muy escaso o nulo en las dos unidades superiores. Se caracterizan por la abundante y variada fauna que presentan, equínidos, ammonites, bivalvos, gasterópodos, etc.

Se interpretan como sedimentación en la plataforma externa, en condiciones de baja energía, por debajo de la zona de acción del oleaje.

2-Calizas bioclásticas (Fig. 3)

Aparece en la base del Cretácico calcáreo en todas las localidades situadas al W del meridiano de Santo Domingo de Silos (Figs. 1, 2), y en forma lenticular en niveles superiores dentro de la secuencia margosa. El máximo espesor de los lentejones es de 5 m (Santo Domingo), pero en general no supera los 2-3 m. De todas formas se observa su clara reducción en regiones situadas al SE (Fig. 2).

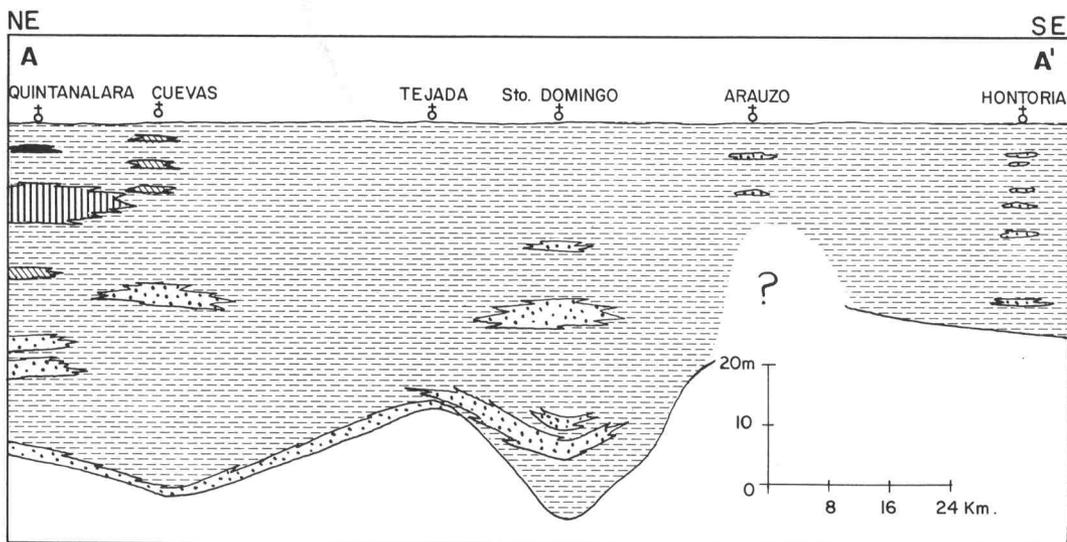


Fig. 2.—Distribución aproximada de las distintas facies en la unidad «alternancia de margas y calizas». La leyenda en la Fig. 9.

Son calizas wackestone (Dunham 1962) que ocasionalmente pasan hacia arriba a packstone, con bioclastos fundamentalmente, y en cantidades inferiores al 1 %, intraclastos y pellets; es-

tos últimos generalmente asociados a estructuras «burrows».

Los bioclastos son generalmente de organismos bentónicos, aunque hay algunos planctónicos, observándose un ligero empobrecimiento en grupos y especies hacia el SE y en los niveles superiores de la facies. Predominan placas y espinas de equínidos y fragmentos de bivalvos, que pueden llegar a representar el 20 %; en menor proporción, foraminíferos, briozoos, calcíferas, pitonellas y algas dasicladáceas y son muy escasos ostrácodos con valvas a veces muy ornamentadas, gasterópodos y algas coralinas articuladas y codiáceas. Se encuentran de forma completamente puntual espículas de esponjas (Tejada) y secciones de serpúlidos (Quintanalara y Santo Domingo), pero siempre en cantidades inferiores al 1 %.

Los intraclastos aparecen en Quintanalara, Cuevas, Santo Domingo y Hontoria. Tienen elevado contenido en hierro, y pueden ser complejos, de constitución similar al resto de la roca y micríticos; estos últimos probablemente debidos a un proceso de micritización de bioclastos.

Los aloquímicos están redondeados y con moderado calibrado, especialmente en la facies packstone, lo que parece indicar una cierta madurez del sedimento hacia el techo de la facies. Son frecuentes laminación paralela y oblicua marcadas por orientación de aloquímicos (Quintanalara y Hontoria). Por otro lado existen bio-

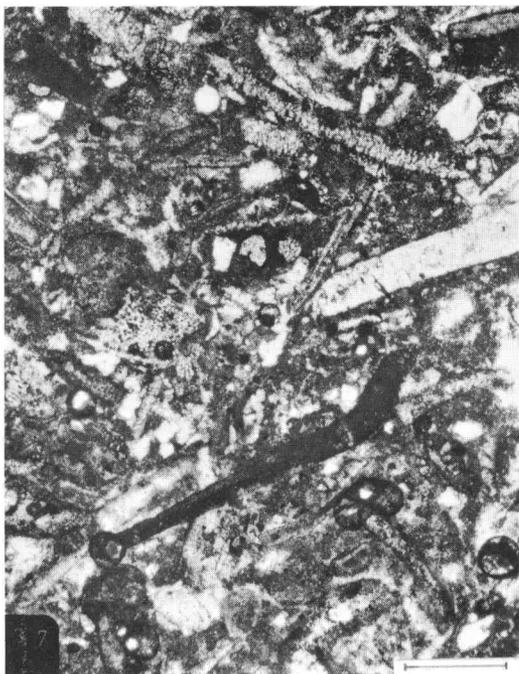


Fig. 3.—Calizas bioclásticas. Es una wackestone con bivalvos, equínidos, coralinas. Hay cuarzo y glauconita y proceso de micritización. La barra en todas las figuras fotográficas equivale a 0,5 mm.

turbación y «burrows» verticales, pero son escasas a lo largo de toda la facies.

El contenido en detríticos se mantiene muy constante 1-5 %, excepto en Santo Domingo, donde llega al 25 %. Predomina cuarzo redondeado tamaño limo, existe algo de tamaño arena anguloso y cantidades muy pequeñas de turmalina y moscovita. Aparece glauconita (Quintanalará y Hontoria) en general bajo formas redondeadas, pero también se encuentra rellenando cavidades dentro de fósiles, en el interior de intraclastos y formando parte de la matriz. Son frecuentes los minerales de hierro, preferentemente bajo la forma de hematites, aunque también existe pirita sobre todo en Hontoria.

Esta facies, caracterizada por la variedad de fauna y flora, el moderado a bajo contenido en matriz, el redondeamiento y calibrado de los aloquímicos y la presencia de glauconita, se considera sedimentada en una plataforma abierta dentro de la zona de acción del oleaje.

Los niveles lenticulares más superiores parecen indicar momentos de mayor energía, dentro de unas condiciones generalmente tranquilas en una plataforma abierta. La energía aumenta hacia el techo, con el lavado parcial de la micrita, en la zona fótica (Wilson 1975). Corresponden a momentos en que el fondo está dentro de la zona de acción del oleaje, posiblemente por acción de tormentas (Specht y Brenner 1979), ya que son fenómenos puntuales, dentro de un contexto general en que el fondo se encuentra por debajo del límite de acción del oleaje, con sedimentación margosa en condiciones de mínima energía.

3-Calizas de equínidos (Fig. 4)

Aparece en la unidad media y es la facies que tiene mejor continuidad lateral y desarrollo vertical en toda la región. El mínimo espesor son 10 m en Arauzo (Fig. 5), en Quintanalará se conservan unos 25 m por haberse llevado la erosión el resto de la serie cretácica, y el máximo espesor lo presenta en Santo Domingo con 200 m.

Son calizas packstone (bioesparitas) y en menor proporción wackestone (biomicritas) y grainstone, predominando las wackestone hacia Cuevas. Los componentes fundamentales son bioclastos y entre ellos predominan equínidos, casi siempre con cemento de borde sintaxial, junto con bivalvos y foraminíferos bentónicos con variedad de especies. Son más escasos os-

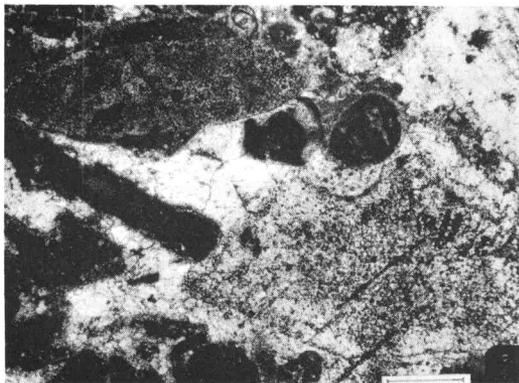


Fig. 4.—Calizas de equínidos. Hay además de los equínidos con cemento de borde sintaxial, foraminíferos e intraclastos micríticos.

trácodos, briozoos y algas (dasicladáceas y corralinas), mientras que son raros rudistas, gasterópodos, algas codiáceas, serpúlidos y espículas de esponjas; estas últimas sólo se han identificado en San Leonardo.

Otros aloquímicos presentes son pellets en pequeña proporción asociados a estructuras «burrows», peloides relativamente abundantes y muy escasos intraclastos complejos y con mal calibrado, que en Hontoria contienen glauconita; también hay intraclastos micríticos que probablemente proceden de micritización de otros aloquímicos, y hay oolitos en Cuevas y San Leonardo.

Todos los aloquímicos están muy redondeados y en general con buen calibrado, lo que indica una elevada madurez del sedimento, apareciendo a menudo orientados dando laminación paralela y cruzada planar de bajo ángulo y estratificación cruzada a gran escala, a veces asociado a secuencias «thickening upward» como ocurre en Cuevas.

El contenido en detríticos es nulo o inferior al 1 %, predominando cuarzo tamaño limo. También aparecen granos de glauconita en Cuevas, Santo Domingo y San Leonardo.

El escaso contenido en micrita que tiene esta facies, junto a la elevada madurez y redondeamiento de los aloquímicos, las estratificaciones cruzadas frecuentes y la variedad de bioclastos que presenta, son datos que sugieren unas condiciones de moderada a alta energía, con salinidad normal, en un medio submareal muy somero dentro de la zona de acción del oleaje. Estas condiciones pueden corresponder a una plataforma abierta, en la cual se desarrollaron

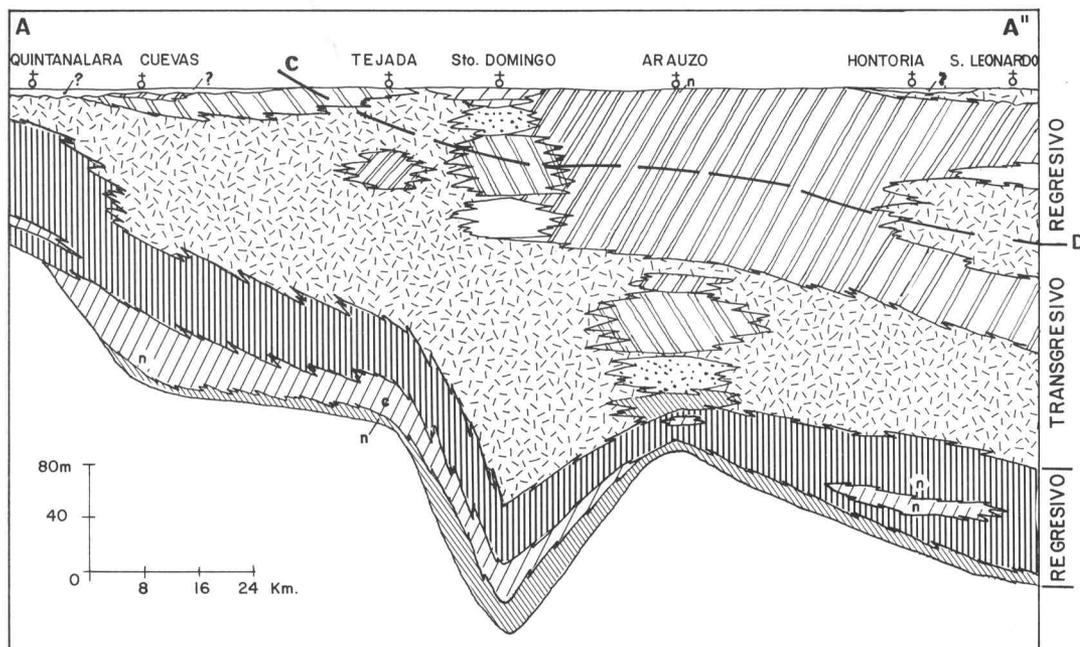


Fig. 5.-Distribución aproximada de facies dentro de la unidad «calizas bioclásticas y calizas masivas». La leyenda en la Fig. 9.

«bed forms» a distintas escalas, que eran movidas por olas y corrientes, sin que se observe una componente de migración clara, probablemente porque no había corrientes predominantes.

LLANURA DE MAREAS Y LAGOON

4-Facies de ostrácodos y serpúlidos (Fig. 6)

Se identifica en los niveles calcáreos superiores de la unidad inferior en Quintanalara y Cuevas (Fig. 2), con espesores en los distintos bancos que no superan los 2 m, y en la base de la unidad media, excepto en Quintanalara (Fig. 5), con un espesor entre 3 y 20 m. Por encima se vuelve a encontrar esta facies con escaso desarrollo y distribución irregular, unida a otras cuatro que se describen más adelante y que constituyen lo que en la Fig. 5 se denomina «asociación».

Son calizas wackestone, que de forma muy local pueden ser packstone, cuyos componentes casi exclusivos son los bioclastos. Predominan ostrácodos de valvas gruesas (7%), y en cantidades menores, fragmentos de bivalvos y secciones de serpúlidos. Con valores que no superan el 1% se encuentran miliólidos, gasterópodos,

placas de equínidos, y hacia la parte alta de la facies algas coralinas, codiáceas y dasicladáceas, así como briozoos (Tejada).

Hay pellets fecales abundantes, probablemente debidos a gasterópodos, asociados a coprolitos de crustáceos (tipo *Favreina*) en Hontoria, y peloides. Los intraclastos se encuentran en proporción inferior al 5%; predominan micríticos, probablemente por micritización de bioclastos, pero también los hay complejos, al-



Fig. 6.-Facies de ostrácodos y serpúlidos. Es una wackestone con ostrácodos, serpúlidos, miliólidos y óxidos de hierro en una matriz de microsparita.

gunos con matriz rica en glauconita (Arauzo y Hontoria). Al mismo tiempo la macrofauna que aparece asociada presenta formas enanas, sobre todo en los niveles más superiores.

Hay oolitos con estructura concéntrica y menos frecuente radial, en proporciones inferiores al 1 %, en algunas muestras de Cuevas, Arauzo y Hontoria. Están constituidos en su mayor parte por envueltas micríticas, predominando los oolitos superficiales (Wolf 1960).

Es frecuente la orientación de aloquímicos, llegando a dar laminación paralela y más escasa cruzada. Es abundante, sobre todo en Tejada, estratificación cruzada planar de bajo ángulo, que también aparece en Cuevas, y pasa hacia arriba a ripples de crestas rectas y «scour and fill»; se observa amalgamación de capas y costras ferruginosas, todo ello dentro de secuencias «thickening and coarsening upward». En otros puntos de la región, aunque no se observa esta sucesión de estructuras, son frecuentes las secuencias «thickening upward» en esta facies. En Tejada hay estromatolitos del tipo LLH-S (Logan *et al.* 1964). Parece observarse mejor clasificación y madurez del sedimento en Cuevas, Santo Domingo y Arauzo. Con frecuencia se da fuerte bioturbación en el sedimento y abundantes «burrows», así como micritización avanzada con envueltas micríticas en torno a aloquímicos.

El contenido en detríticos es muy bajo, con valores casi siempre inferiores al 1 %; en Hontoria de forma puntual llega al 2-3 %. Es cuarzo subredondeado a subanguloso tamaño limo, con algo de turmalina y micas y algunos granos de glauconita (Tejada y Hontoria). Hay minerales de hierro en baja proporción, sobre todo hematites; son más escasos pirita y rombos de dolomía (Tejada y Hontoria). Hay porosidad fenestral de forma puntual en Hontoria y estructura geopetal en Tejada y Santo Domingo, siendo en esta última de tipo vadoso (Dunham 1969).

Con esta facies se instalan unas condiciones restringidas como indica la poca variedad de grupos faunísticos y la abundancia de pellets. Estas condiciones se desarrollan primero en Quintanalara y Cuevas, para después extenderse de forma general por toda la región (Figs. 2 y 5). Se trataría de un medio tipo bahía costera protegida y lados protegidos de los complejos barrera a profundidades inferiores a 5 m (Wagner y van der Togt 1973), dentro del cual parecen marcarse algunos submedios. Así, en

Tejada, la presencia de costras ferruginosas, secuencias «thickening and coarsening upward» y estratificación cruzada planar de bajo ángulo, parecen indicar una zona intermareal de alta energía relacionada con una playa, ya que corresponde a una típica secuencia «shoaling upward» (James 1979), con el desarrollo de estromatolitos LLH tras la cresta de la playa (Ash-ton 1981). En otras zonas no es tan clara la secuencia, pero hay caracteres que parecen indicar las mismas condiciones, como son la porosidad fenestral en Hontoria, el relleno de tipo vadoso en Santo Domingo, y la estratificación cruzada planar en Cuevas. Facies de estas características son descritas por Smosna y Wars-hauer (1978) en el Silúrico de Virginia, y las interpretan como lagoon de plataforma, donde las barras que lo separaban de la plataforma abierta no eran suficientemente efectivas y había moderada energía para lavar el fango carbonatado, pero desarrollaban un medio moderadamente restringido.

5-Wackestone de moluscos (Fig. 7)

Aparece en la unidad inferior en Quintanalara (Fig. 2) en un nivel de 7 m de espesor y en la



Fig. 7.—Wackestone de moluscos. Hay bivalvos, gasterópodos y dasicladaceas embebidos en una matriz micrítica.

unidad media, formando parte de la «asociación» en la parte inferior de la unidad e individualizada hacia arriba en toda la región, con un espesor máximo de 80-85 m en Quintanalara y mínimo de 20 m en Arauzo. (Fig. 5).

Son calizas wackestone (biomicritas) que en Hontoria pueden ser biopelmicritas y biointra-micritas, y que sólo ocasionalmente pasan a mudstone en Quintanalara y a packstone en Hontoria. El componente fundamental son moluscos (ostreidos), con valores que llegan al 25 % en algunas zonas (Quintanalara). En menor proporción están equínidos (4 %), ostrácodos y distintos tipos de foraminíferos bentónicos y son muy escasos gasterópodos, briozoos, serpúlidos, espículas de esponjas que sólo aparecen en Quintanalara y Tejada y un fragmento de coral que se encuentra en una muestra de Quintanalara. Las algas son escasas excepto en Hontoria; predominan dasicladáceas (*Acicularia*, 7 %), pero también se encuentran coralinas, laminares y codiáceas, estas últimas sólo en Hontoria, donde aparecen oncolitos del tipo SS-C de Logan *et alt.* (*op. cit.*).

Además de bioclastos, hay siempre en cantidades pequeñas pellets fecales asociados a «burrows» y coprolitos de crustáceos (*Favreina*) en Quintanalara. Los intraclastos son escasos aunque se encuentran en todas las zonas; son micríticos y/o complejos, ricos en hierro o glauconita (Quintanalara) y a veces con buena clasificación (Tejada). También en Tejada hay oolitos con estructura radial.

El contenido en detríticos es inferior al 1 % y sólo ocasionalmente puede llegar al 3 %. Se trata de cuarzo tamaño limo, con muy escasa turmalina y mica, así como algo de glauconita, tanto en granos como formando parte de la matriz. Hay formas euhedrales de cuarzo y hematites y rombos de dolomía, aunque todos ellos muy escasos.

Se reconocen algunas secuencias «thinning and fining upward» en Quintanalara, y secuencias «thickening upward» en Cuevas. A menudo se ve bioturbación y «burrows» tanto horizontales como verticales. Hay porosidad fenestral en Quintanalara y Cuevas.

Esta facies se caracteriza por el predominio de ostreidos, que generalmente se encuentran en posición de vida, formando parches que varían entre 1,5-6 m de alto. Se asocian restos más o menos variados de fauna y flora y hay un elevado contenido en micrita. Todo ello indica

condiciones de baja energía, con una salinidad que varía de marina normal a salobre (salinidades inferiores a 25 ppt; Heckel 1974). Se trataría de un medio de lagoon somero y protegido en el que se desarrollan parches de ostreidos. La presencia de oolitos e intraclastos bien clasificados en Tejada, o la presencia de oncolitos y la escasez de micrita en Hontoria, hablan de niveles de mayor energía, probablemente más próximos a las barras que cerraban el lagoon del mar abierto. La aparición de porosidad fenestral en Cuevas y Quintanalara, asociada en la primera a secuencias «thickening upward», podría indicar el inicio de condiciones intermareales dentro de una secuencia «shallowing upward». La existencia en Quintanalara de secuencias «thinning and fining upward» en el nivel que aparece en la unidad inferior, unido en este caso a que no aparecen los ostreidos en posición de vida, a la abundancia de «burrows», a la presencia de intraclastos con glauconita y a su carácter local, hace pensar que se puede tratar de una concentración de bioclastos por la acción de olas generadas por tormentas (Specht y Brenner 1979).

6-Calizas mudstone (Fig. 8)

Es la facies que tiene menor desarrollo de todas. Se localiza en Quintanalara hacia el techo de la unidad inferior (Fig. 2); en la unidad media, formando parte de la «asociación» (Fig. 5) y en la unidad superior en San Leonardo (Fig. 9).

Son calizas mudstone cuyos componentes exclusivos son los bioclastos, escasos en número y variedad, y pellets. Hay algunas valvas finas de ostrácodos, serpúlidos, foraminíferos y fragmentos de moluscos, y placas de equínidos en Cuevas, Tejada y Santo Domingo y pellets fecales en concentraciones o formando láminas. En Hontoria se encuentran algas laminares asociadas a estromatolitos del tipo LLH-C y algunos oolitos superficiales.

El contenido en detríticos es inferior al 1 %; se trata de cuarzo subanguloso tamaño limo. Hay también algunos granos y rombos de dolomía, así como óxidos de hierro. Hay porosidad fenestral baja.

Dada la escasez de fauna, la abundancia de pellets formando láminas y la presencia de porosidad fenestral, se interpreta como un medio de llanura de mareas (Shinn *et alt.* 1969), y ya que no hay bioturbación ni indicios de que se den condiciones hipersalinas, probablemente se

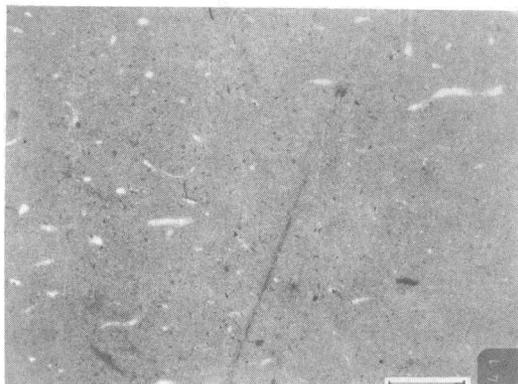


Fig. 8.—Caliza mudstone. Se ve alguna valva de ostrácodo y porosidad fenestral dispuesta horizontalmente.



Fig. 10.—Wackestone de foraminíferos. Se observan miliólidos, pellets, ostrácodos y pequeños fragmentos de moluscos.

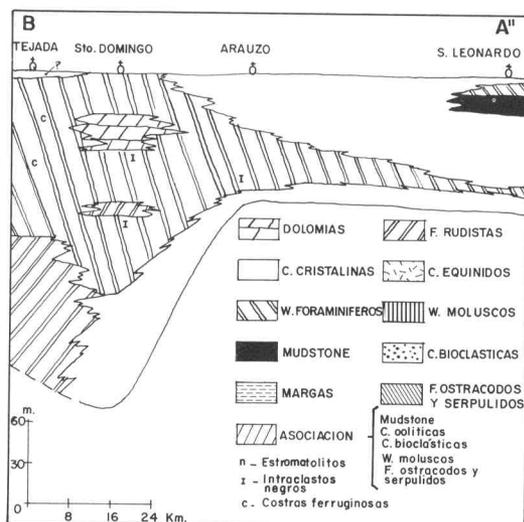


Fig. 9.—Distribución aproximada de facies dentro de la unidad «carniolas y calizas dolomíticas».

trate de la zona supramareal (Mazzullo *et al.* 1978). La presencia de estromatolitos LLH en Hontoria, parece indicar condiciones intermareales de muy baja energía.

7-Wackestone de foraminíferos (Fig. 10)

Aparece en la unidad media, excepto en Quintanalará y Hontoria, y tiene el máximo desarrollo en Arauzo con 44 m y el mínimo en San Leonardo donde no llega a 1 m de espesor, por lo que no se ha representado en la Fig. 5. En la unidad superior tiene gran desarrollo con un máximo en Tejada, 120 m, y Santo Domingo, donde aparece asociada a otras facies (Fig. 9).

Hacia el SE se reduce mucho el espesor, pero quizás se deba a que la facies que se describe a continuación (calizas cristalinas), que tiene el mayor desarrollo hacia esa zona, se ha formado fundamentalmente por diagénesis de ésta. De todas maneras, dada la ausencia o escasez de caracteres texturales en la primera, se trata de algo imposible de confirmar. Esta facies aparece siempre asociada a las facies 3 y 12.

Son calizas wackestone cuyos componentes principales son foraminíferos bentónicos, sobre todo miliólidos; menos abundantes son pellets fecales y coprolitos de crustáceos (*Favreina*), ostrácodos y equínidos, y muy escasos algas coralinas y codiáceas, fragmentos de moluscos, entre ellos rudistas que sólo se encuentran en Cuevas, gasterópodos y algas dasicladáceas en Tejada, Santo Domingo y Arauzo, briozoos en Arauzo y San Leonardo, y en Santo Domingo mallas de algas rotas.

Los intraclastos son relativamente abundantes en algunos niveles de Santo Domingo y San Leonardo; presentan buen sorting y a veces en Santo Domingo son dolomíticos. Es frecuente la laminación paralela que viene marcada por orientación de aloquímicos. En Tejada aparecen costras ferruginosas y en Santo Domingo y Arauzo intraclastos negros.

Por el elevado contenido en fango y en distintas especies de miliólidos indica condiciones de baja energía que corresponden a un medio de llanura de fango restringida en el «back reef» (Griffith *et al.* 1969; Heckel 1974). La presencia en algunas zonas de costras ferruginosas, mallas de algas rotas e intraclastos dolomíticos y/o negros en la unidad superior, indica condiciones áridas e hipersalinas, que dan lugar a la

formación de dolomía, con etapas de emersión que producen el agrietamiento del sedimento, y la formación de los intraclastos. Todo ello parece indicar el medio intermaereal para estas zonas.

8-Calizas cristalinas (Fig. 11)

Se caracteriza por una fuerte diagénesis que ha borrado la textura deposicional. Tiene una distribución muy irregular en la unidad media (Fig. 5), apareciendo únicamente al SE (Santo Domingo, San Leonardo, Hontoria y Arauzo). En las dos últimas localidades, con tan escaso desarrollo que no permite su representación, y sin tener relación clara con una facies determinada. En la unidad superior tiene amplio desarrollo excepto en Tejada donde no aparece (Fig. 9). Tiene el máximo espesor en la base de la unidad en Santo Domingo con 85 m y el mínimo en Arauzo con 9 m; también se encuentra en la parte superior en las localidades situadas al S-SE de Santo Domingo, con espesores que llegan a alcanzar en Hontoria más de 70 m.

Presenta fuerte recrystalización con paso de micrita, de la cual se conservan algunas impurezas, a microesparita y posteriormente a un mosaico grosero de crecimiento de grano, estando después embebida en cristales mayores de esparita neomórfica (Bathurst 1971). A menudo hay brechificación asociada a la recrystalización. En los tramos que aparecen en la unidad superior, se reconocen fantasmas de aloquímicos, entre los cuales parecen identificarse bivalvos, gasterópodos, ostrácodos, foraminíferos, algas dasicladáceas y oolitos. Son relativamente frecuentes los peloides. Hay, aunque escasa, pirita con formas euhedrales y a veces cuarzo subanguloso tamaño limo en proporción inferior al 1 %.

Pocos datos hay para la interpretación medio ambiental de esta facies, ya que se conservan pocos caracteres texturales y a veces ninguno, sobre todo cuando se asocia una dolomitización secundaria. Sin embargo, algunas indicaciones si se pueden hacer. Generalmente aparece relacionada con las wackestone de foraminíferos y los pocos aloquímicos que se pueden reconocer indican poca variedad de fósiles y la presencia de oolitos, todo lo cual, en coherencia con el esquema evolutivo que se verá más adelante, podría corresponder a una zona de sombra en condiciones restringidas con síntomas de una cierta energía. Posiblemente se trata de la zona

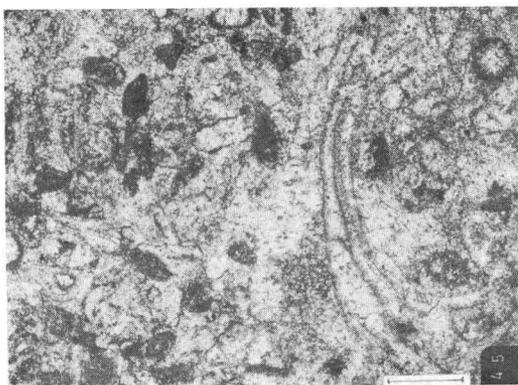


Fig. 11.—Calizas cristalinas. Se pueden reconocer fantasmas de moluscos y peloides.

interna del arrecife, ya que como indican Griffith *et al.* (1969) y Selley (1970), es en esta zona donde se produce con mucha frecuencia una fuerte recrystalización y dolomitización.

9-Dolomías (Fig. 12)

Sólo aparece en Santo Domingo en el techo de la unidad media y en la unidad superior (Figs. 5, 9).

Son dolomías wackestone cuyos componentes son fósiles y pellets. Entre los primeros predominan miliólidos, moluscos, algún ostrácodo y algas codiáceas, y en la unidad superior son dolomías mudstone con pellets.

Hay recrystalización con transformación de la dolomicrita a dolomicroesparita y porosidad móldica parcialmente cerrada por un cemento de grandes cristales de calcita. Dada la conser-

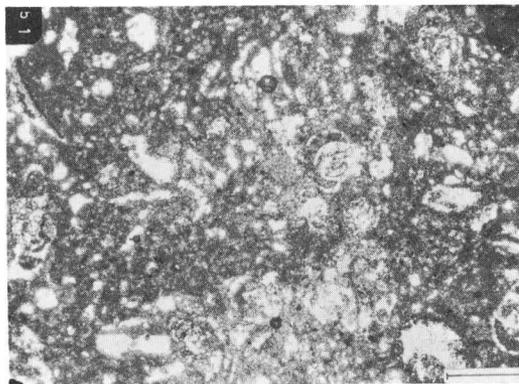


Fig. 12.—Dolomía. En una matriz de dolomicroesparita hay miliólidos, moluscos y pellets. El cemento que rellena parcialmente la porosidad móldica es calcítico.

vación de la textura deposicional, probablemente se trate de una dolomitización secundaria en la cual sólo ha sido afectada la matriz, pudiendo ser sindiagenética o anadiagenética. Por las características que presenta y a las facies a las cuales se encuentra asociada (Figs. 5, 9), parece tratarse de una dolomitización anadiagenética, probablemente por un proceso de reflujo de infiltración (Adams y Rhodes 1960).

Esta facies sólo aparece en Santo Domingo, pero hay que tener en cuenta que sólo hay datos de zonas situadas en un paralelo al S de esta localidad y no al N (Fig. 1). Si se prescinde del proceso de dolomitización, los caracteres texturales y los aloquímicos presentes son prácticamente idénticos a los de la facies 7 (wackestone de foraminíferos, comparar Figs. 10 y 12) y además las dolomías siempre aparecen relacionadas con esta facies. Por tanto su interpretación medio ambiental sería la misma, llanura de fango restringida en el «back-reef», que hacia arriba se hace cada vez más restringida como indica la ausencia de fauna.

BARRAS

10-Facies de oolitos (Fig. 13)

Sólo aparece en la unidad media (Fig. 5) formando parte de la «asociación». Su espesor siempre es pequeño y oscila entre 1 m (Cuevas y Tejada) y 6 m (Quintanalara).

Son calizas packstone y wackestone en proporciones similares, que en Tejada llegan a ser, ocasionalmente, grainstone. Los componentes más característicos son oolitos en cantidades

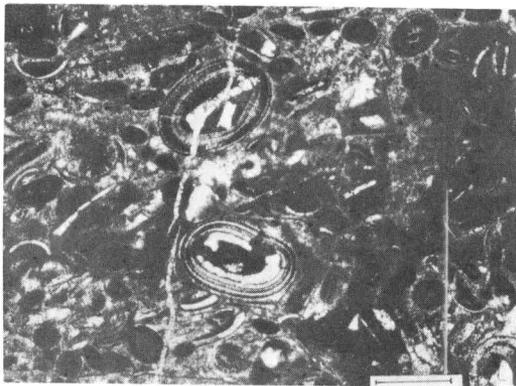


Fig. 13.—Facies de oolitos. Oolitos con muchas envueltas, moluscos, ostrácodos, miliólidos, peloides. Abundante micritización.

muy variables entre 10-75 %. Tienen estructura concéntrica, con elevado número de envueltas, y radial, siendo algunas envueltas micríticas, sobre todo la más externa; esto probablemente se debe a micritización por «boring» de algas, ya que a menudo se observan en las envueltas parches de algas endolíticas. Son muy abundantes oolitos superficiales y en Quintanalara aparecen oolitos dobles con varias etapas de génesis, lo cual habla de una etapa de sedimentación compleja. El núcleo es fundamentalmente fósil, y a veces detrítico (cuarzo).

Como bioclastos predominan foraminíferos, en especial miliólidos con pocas especies y muchos individuos, y ostrácodos de valvas finas y gruesas. Abundan, aunque de forma más local, algas laminares, codiáceas y dasicladáceas; son muy escasas las coralinas, ya que sólo aparecen en Hontoria. En menor proporción están serpulidos y fragmentos de bivalvos y son muy escasos gasterópodos, que no se encuentran en algunas zonas (Quintanalara y Arauzo), y equínidos, que sólo aparecen en Hontoria y un fragmento en Tejada.

Los pellets abundan concentrados en zonas de bioturbación o asociados a «burrows» generalmente horizontales; en Santo Domingo hay además coprolitos de crustáceos (*Favreina*). Los intraclastos son escasos y aparecen de forma puntual; suelen ser complejos con componentes similares al resto de la roca, aunque hay algunos micríticos, probablemente por micritización; todos ellos se encuentran bien re-trabajados pero con pobre calibrado.

Hay estromatolitos del tipo SH-V y SH-C de Logan *et al.* (*op. cit.*), con oolitos entre láminas y secuencias «thinning upward» en Cuevas. Aparece también estratificación cruzada de bajo ángulo; en Tejada hay amalgamación de capas y costras ferruginosas y en Santo Domingo laminación paralela, que pasa hacia arriba a estratificación cruzada de gran ángulo en secuencias «coarsening upward».

El contenido en detríticos es inferior al 1 %; se trata de cuarzo subanguloso a subredondeado tamaño limo. Hay minerales de hierro, sobre todo pirita, pequeños y escasos granos de dolomía y glauconita en Hontoria. Hay porosidad fenestral escasa en Santo Domingo y Arauzo.

Esta facies corresponde a barras oolíticas y la destrucción de éstas. Floquet (1979) señala «...los oolitos parecen estar sedimentados en su

medio de formación: «marginolitoral» bajo una energía hidrodinámica débil. Son pequeños (0,2-0,5 mm, poco abundantes 3-5 %, máximo 25 %), formados de una o dos envueltas concéntricas...». Sin embargo, los datos aportados en este trabajo son: 1.º) En más del 50 % de los casos se trata de rocas «grain-supported», que en Tejada llegan a ser grainstone; por tanto es una facies de alta energía. 2.º) En la mitad de las muestras los oolitos representan aproximadamente el 50 % de los aloquímicos y en Tejada suponen el 75 %. 3.º) Tienen elevado número de envueltas, generalmente 6-8, habiéndose contabilizado hasta 12 envueltas (Fig. 13). 4.º) Su tamaño oscila entre 0,2 y más de 1 mm, con un tamaño medio alrededor de 0,5 mm. 5.º) Se asocian a la facies estratificaciones cruzadas de bajo y alto ángulo. 6.º) Hay oolitos dobles.

Por todo ello parece claro que se trata de barras oolíticas con la zona más próxima a la cresta de las barras en Tejada (Smosna y Warschauer 1978), donde hay estratificación cruzada planar debida a migración de las barras, mayor porcentaje de oolitos y tamaños mayores (1,22 mm). El resto de las muestras corresponden a la zona de pendiente de sombra de las barras hacia el lagoon, ya que siempre aparecen los oolitos asociados a faunas restringidas. La zona más alejada del dominio de barras estaría en Quintanalara, donde sólo llega a haber 5 % de oolitos, que procederían del lavado de las barras. La aparición en Cuevas de oolitos entre láminas estromatolíticas del tipo SH que se desarrollan en zonas intermareales, podría corresponder a la acción de tormentas (Schlanger *et al.* 1974). La presencia de porosidad fenestral aunque escasa en Santo Domingo y Arauzo, habla de momentos de emersión de las barras.

11-Calizas bioclásticas (Fig. 14)

Sólo aparece en la unidad media formando parte de la «asociación» y con mayor desarrollo en Santo Domingo y Arauzo (Fig. 5). No se encuentra en Quintanalara, Tejada y San Leonardo.

Son calizas packstone y grainstone en proporciones similares, teniendo como aloquímicos fundamentales bioclastos, sobre todo algas laminares y dasicladáceas, y más escasas codiáceas; le siguen en abundancia gasterópodos, ostrácodos y serpúlidos, y aparecen, sólo en Arauzo, moluscos, miliólidos, briozoos y equínidos. Son frecuentes intraclastos de micrita,

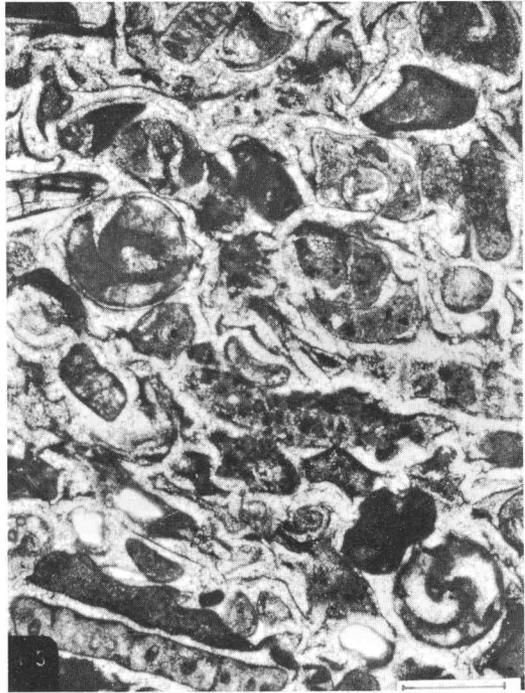


Fig. 14.—Calizas bioclásticas. Es una grainstone con abundantes dasicladáceas y gasterópodos formando oolitos superficiales en algunos casos.

pero probablemente se trate de bioclastos micritizados, que en Cuevas tienen glauconita. Todos los aloquímicos aparecen bajo la forma de oolitos superficiales, siendo su última envuelta generalmente micrítica.

Es característica la buena madurez y calibrado del sedimento. En algunas muestras se observa una cierta orientación de los aloquímicos.

Esta facies se ha formado en un ambiente submareal muy somero, con constante acción de olas y/o corrientes con lavado de fango (Wilson 1975), lo que da un sedimento bastante maduro. Constituirían barras estables o móviles por la acción de olas y corrientes. Una facies muy similar es descrita por Carbone y Sirna (1981) en el Turonense de Italia Central.

MEDIO ARRECIFAL

12-Facies de rudistas (Fig. 15)

Aparece en la unidad media excepto en Quintanalara, donde no se encuentra porque la parte superior de este tramo desapareció por erosión

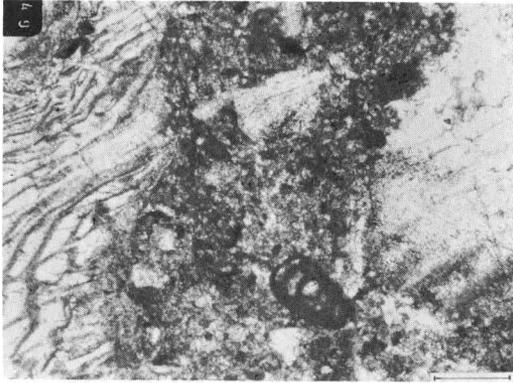


Fig. 15.—Facies de rudistas. Fragmentos de rudistas, pellets y miliólidos en una matriz micrítica.

(Fig. 5), y en Santo Domingo donde sólo se encuentran fragmentos de rudistas dispersos asociados a nódulos de silex. También aparece en Tejada y Santo Domingo en la unidad superior (Fig. 9). El máximo espesor se localiza en Arauzo (140 m) en la unidad media y en Tejada (90 m) en la unidad superior.

Son calizas packstone (bioesparitas) y wackestone (biomicritas) en proporciones similares, y, ocasionalmente, grainstone. Sus componentes principales son rudistas, generalmente en posición de vida, y otros bivalvos; le siguen en abundancia gran variedad de foraminíferos bentónicos, aunque predominan miliólidos, ostrácodos y localmente fragmentos de equínidos con cemento de borde sintaxial. Son abundantes pellets y peloides y muy escasos briozoos, serpúlidos, que sólo se encuentran en Cuevas, algas coralinas, codiáceas y dasicladáceas, y gasterópodos; estos cuatro últimos componentes sólo se localizan en Arauzo, Hontoria y San Leonardo. En el techo de la facies en Arauzo se desarrollan estromatolitos LLH-C.

Esta facies, caracterizada porque los rudistas se encuentran en posición de vida, indica un medio arrecifal, aunque más en el sentido de parches arrecifales que en el de un arrecife franjeante. Estos parches varían de 1,5-4 m de altura y se encuentran interdigitándose con la facies de equínidos y las wackestone de foraminíferos. Sin embargo, esta sucesión de parches llegó a actuar como barrera resistente al oleaje en Arauzo, Hontoria y San Leonardo, lo que permite el desarrollo de facies de sombra. El crecimiento de estromatolitos en el techo de la facies en Arauzo, parece indicar el medio in-

termareal en la parte protegida de los parches arrecifales.

EVOLUCION PALEOGEOGRAFICA

Con la transgresión cenomanense se instala de nuevo el mar en la región, que había sido abandonada en el Jurásico medio (Bathonienese-Calloviense) (Mensink 1965). La sedimentación marina se inicia con margas y calizas bioclásticas. Las margas representan la plataforma externa por debajo de la zona de acción del oleaje y las calizas bioclásticas corresponden al término basal del ciclo marino que registra la transgresión inicial sobre los depósitos preexistentes. Estos términos transgresivos son generalmente delgados (James 1979), aquí no supera los 2 m, e incluyen fósiles e intraclastos y tienen faunas marinas variadas y abundantes (Ginsburg y James 1974); en este caso incluye abundante fauna bentónica y, en menor proporción, planctónica. Se adelgaza desde el N hacia Tejada y no aparece en zonas situadas al E de esta localidad.

Aunque Floquet (1978b, c) señala, en función de las litologías que encuentra, que la plataforma estaba abierta la mayor parte del tiempo Cretácico superior hacia el N y solo ocasionalmente hacia el SE, los datos que en este trabajo se presentan sugieren que la transgresión procedía del E y la causa de que no aparezcan las calizas bioclásticas en este sector es una mayor energía en el momento inicial de avance de la transgresión (Fig. 2). Esto produjo erosión, como es frecuente en una etapa transgresiva, e impidió el depósito de esta facies, excepto en la zona más proximal de la plataforma, donde la transgresión llega más débil.

Por otro lado, en el conjunto de la unidad «alternancia de margas y calizas», las facies carbonatadas más restringidas se encuentran únicamente en el NW, predominando las margas en el SE. Estas últimas, presentan en toda la región ammonites, tanto el NW (Quintanara) como al SE (Hontoria), aunque predomina la fauna bentónica sobre la pelágica, todo lo cual habla de una plataforma bien comunicada (Gómez 1979), pero no con importante distalidad (Tišljár *et al.* 1983). La relativa abundancia de hematites indica un ambiente claramente oxidante.

Las condiciones de baja energía, con sedimentación de finos en la plataforma externa, se

mantienen durante la deposición de la unidad inferior y son momentáneamente alteradas por fenómenos muy locales de mayor energía, en los cuales el fondo quedaba bajo la zona de influencia del oleaje y daba lugar a distintos depósitos de tormentas; calizas bioclásticas en las zonas más externas de la plataforma, wackestone de moluscos y facies de ostrácodos y serpúlidos en las zonas más internas. Estos depósitos de tormentas son más frecuentes y están mejor desarrollados hacia el NW (Santo Domingo, Cuevas, Quintanalara), es decir hacia las zonas más internas de la plataforma, donde el fondo marino es más somero y por tanto el oleaje debido a tormentas le afecta con más facilidad, y son más escasos y delgados hacia el SE, es decir en la parte más externa de la plataforma.

En el área de Santo Domingo se han medido los mayores espesores de la unidad inferior «alternancia de margas y calizas», así como de las dos unidades superiores (Figs. 2, 5, 9). La subsidencia localizada en esta región debió realizarse de forma progresiva, compensándose con una intensa sedimentación de margas y calizas, de tal manera que subsidencia y velocidad de sedimentación han mantenido un equilibrio, condicionando que las facies encontradas en esta área no difieran de las que aparecen en las áreas que la rodean.

Las causas de esta subsidencia localizada se desconocen y quedan fuera del objeto de este trabajo, pero probablemente sean tectónicas, en relación con los accidentes que constituyen la llamada «línea de Soria».

Al iniciarse la sedimentación de la unidad media se marca una pequeña etapa regresiva, de tal manera que toda la región queda dentro de la plataforma interna, en un medio de lagoon poco profundo, parcialmente protegido por complejos barrera, dentro del cual parecen marcarse zonas de mayor energía que llegaron a emerger dando secuencias de playa (Tejada); es decir, se trataría de barras progradantes dentro del lagoon, algunas de las cuales ocasionalmente llegan a emerger y encontrarse en condiciones intermareales.

Estas condiciones, que se manifiestan con la facies de ostrácodos y serpúlidos, se van a mantener con la «asociación» de facies, pero en una plataforma interna más compleja con lagoon, llanura de mareas y barras oolíticas y bioclásticas interdigitándose, similar a la que describen

Mazzullo *et al.* (1978). El lagoon estaría claramente representado por los parches de ostreidos y en parte por la facies de ostrácodos y serpúlidos y la facies de oolitos. A la llanura de mareas corresponderían las calizas mudstone y parte de la facies de ostrácodos y serpúlidos y de la facies de oolitos. Mientras que las barras las constituirían la facies de oolitos en su mayor parte y sobre todo las calizas bioclásticas. Dentro del modelo de facies de Wilson (1970), la «asociación» representada en la Fig. 5 corresponde a los cinturones de facies 7 y 8 de este autor, si bien el último se encuentra menos desarrollado.

Con las wackestone de moluscos la región sigue manteniéndose dentro de la plataforma interna, pero en unas condiciones más uniformes y menos cambiantes. Se trata sobre todo del medio de lagoon con el desarrollo de parches de ostreidos.

Vuelve a producirse un avance de la transgresión y se instalan de nuevo en casi toda la región facies de plataforma abierta con las calizas de equínidos. Se trataría de «bed forms» de vida efímera que se desarrollaron en una plataforma bien comunicada y que eran movidas por olas y corrientes cambiantes, lo que no permitía el desarrollo de auténticas barras. Sólo de forma local (Arauzo, Santo Domingo) llegan a desarrollarse barras bioclásticas, a la sombra de las cuales se producen condiciones de baja energía, que dan lugar a la sedimentación de las wackestone de foraminíferos. Sobre algunas de estas «bed forms» empiezan a desarrollarse parches de rudistas (Tejada y Arauzo). El esquema de facies para este momento sería el representado en la Fig. 16.

La transgresión continúa avanzando y, prácticamente en toda la región, sobre las «bed forms» se instala el medio arrecifal con los parches de rudistas, que llegan a constituir una barrera para la circulación de las aguas en el SE de la región (Arauzo-San Leonardo), lo cual permite el desarrollo de zonas de sombra hacia el NW (dolomías, wackestone de foraminíferos). El crecimiento de estromatolitos en el techo del arrecife indicaría condiciones intermareales en la parte protegida de éste.

Con la deposición de la unidad superior queda marcada claramente la etapa regresiva del ciclo, en la cual sólo se conserva el medio de lagoon en el «back-reef» (wackestone de foraminíferos, dolomías y calizas cristalinas), que

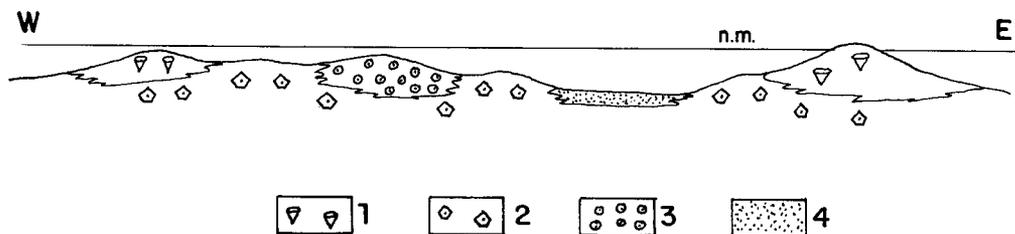


Fig. 16.—Esquema de facies en la unidad media durante la sedimentación de las facies de equínidos y rudistas. 1-Facies de rudistas. 2-Calizas de equínidos. 3-Calizas bioclásticas. 4-Wackestone de foraminíferos. Sin escala.

hacia la parte alta pasa a condiciones intermareales (algunos caracteres de las wackestone de foraminíferos y las mudstone), finalizando con esto el ciclo carbonatado cretácico.

Dentro del modelo de facies para plataformas epicontinentales de Wilson (1970), el ejemplo aquí tratado representa los cinturones siguientes: 2, de plataforma externa, con las margas y las calizas bioclásticas basales; 5, con el arrecife de rudistas, localizado sólo en el SE; 6, de barras con las facies oolíticas y bioclásticas y secuencias de playa; 7, de plataforma abierta, que estaría representado por las calizas de equínidos y los parches de rudistas aislados; y el cinturón 8 de plataforma restringida, por los depósitos de lagoon, parches de ostreidos y llanura de mareas.

La abundante micritización, que afecta a todas las facies, claramente indica que esta plataforma se mantuvo siempre bajo condiciones muy someras (Wilson 1975).

En conclusión, el ejemplo presentado aquí representa un ciclo transgresivo-regresivo en el cual el inicio de la transgresión es muy rápido, marcándose en la base de la unidad inferior. Se produce una pequeña etapa regresiva en la parte inferior de la unidad media, continuando después la transgresión más lentamente. La parte regresiva del ciclo corresponde aproximadamente a la parte superior de la unidad media, por encima de la línea C-D en la Fig. 5 y a toda la unidad superior.

BIBLIOGRAFIA

- Adams, J. M. y Rhodes, M. L. (1960).—Dolomitization by seepage reflexion. *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 44, 1.912-1.920.
- Ashton, M. (1981).—Carbonate tidal rhythmites from the Middle Jurassic of Britain. *Sedimentology*, 28, 689-698.
- Bathurst, R. G. C. (1971).—Carbonate sediments and their diagenesis. *Dev. in Sedimentology*, 12, 620 pp.
- Carbone, F. y Sirna, G. (1981).—Upper Cretaceous reef models from Rocca di Cave and adjacent areas in Latium, Central Italy. In: D. F. Toomey (Ed.), *European fossil reefs models, S.E.P.M. Spec. Publ.*, 30, 417-446.
- Dunham, R. J. (1962).—Classification of carbonate rocks according to depositional texture. In: W. E. Ham (Ed.), *Classification of carbonate rocks, Am. Assoc. Petrol. Geol. Mem.*, 1, 108-121.
- (1969).—Vadose pisolite in the Captain Reef (Permian), New Mexico and Texas. In: G. M. Friedman (Ed.), *Depositional environments in carbonate rocks, S.E.P.M. Spec. Publ.*, 14, 182-191.
- Floquet, M. (1978a).—Nouvelle interprétation de la série du Picofrentes (province de Soria, Espagne), référence pour le Crétacé supérieur des Chaînes Ibériques septentrionales. *C. R. Acad. Sc. Paris*, 286, 311-314.
- (1978b).—La sédimentation de plate-forme au Crétacé supérieur dans la Vieille Castille (Espagne): évolution verticale, variation horizontale; implications paléogéographiques. *Bull. Soc. Géol. France*, 20 (5), 779-783.
- (1978c).—La sédimentation carbonatée au Crétacé supérieur dans la Vieille Castille (Espagne): exemple d'évolution sur une plateforme stable. *6^e Reun. ann. sc. Terre, Orsay*, 165.
- (1979).—Itinéraire géologique et aspects paléontologiques-sédimentologiques du Crétacé moyen dans la région de Santo Domingo de Silos (Province de Burgos). *Cuad. Geol. Iberica*, 5, 227-240.
- Ginsburg, R. N. y James, N. P. (1974).—Holocene carbonate sediments of continental shelves. In: C. A. Burk y C. L. Drake (Ed.), *The geology of continental margin*. Springer Verlag, 137-155.
- Gómez, J. J. (1979).—El Jurásico en facies carbonatadas del sector levantino de la Cordillera Ibérica. *Sem. Estr. Serie monografías*, 4, 683 pp.
- Griffith, L. S., Pitcher, M. G. y Wesley Rice, G. (1969).—Quantitative environmental analysis of a Lower Cretaceous Reef Complex. In: G. M. Friedman (Ed.), *Depositional environments in carbonate rocks, S.E.P.M. Spec. Publ.*, 14, 120-138.
- Heckel, Ph. H. (1974).—Carbonate buildups in the geologic record: a review. In: L. F. Laporte (Ed.), *Reefs in time and space. S.E.P.M. Spec. Publ.*, 18, 90-154.
- James, N. P. (1979).—Shallowing-upward sequences in carbonates. In: R. G. Walker (ed.), *Facies models. Geoscience Canada, Reprint Series*, 1, 109-119.
- Lambert, J. (1935).—Echinides crétacés d'Espagne.—I. Sur

- quelques échinides crétaqués des provinces de Burgos, Palencia et Leon communiqués par M. R. Ciry. II. Sur quelques échinides d'Espagne communiqués par M. le Prof. Royo y Gómez. *Bull. Soc. Esp. Hist. Nat.*, 35, 513-526.
- Logan, B. W., Rezak, R. y Ginsburg, R. N. (1964).—Classification and environmental significance of algal stromatolites. *Jour. Geol.*, 72, 68-83.
- Mazzullo, S. J., Agostino, P., Seitz, J. N. y Fisher, D. W. (1978).—Stratigraphy and depositional environments of the Upper Cambrian-Lower Ordovician sequences, Saratoga Springs, New York. *Jour. Sed. Petrol.*, 48, 99-116.
- Mensink, H. (1965).—Stratigraphie und palaeogeographie des marinen Jura in den nordwestlichen Iberischen ketten (Spanien). *Beith Geol. Jb.*, 44, 55-102.
- Schlanger et al. (1974).—Reservoir distribution in Zechstein-2 y 3 carbonates of northwestern Europe: a joint sedimentological / geophysical study. RKOR.0001.74, January (Ep-45466).
- Selley, R. C. (1970).—*Ancient sedimentary environments*. Chapman y Hill, L. T. D. London, 237 pp.
- Shinn, E. A., Lloyd, R. M. y Ginsburg, R. N. (1969).—Anatomy of a modern carbonate tidal flat, Andros Island, Bahamas. *Jour. Sed. Petrol.*, 39, 1.202-1.228.
- Smosna, R. A. y Warshauer, S. M. (1978).—The evolution of a carbonate shelf, Silurian McKenzie Formation, West Virginia: a cluster analytic approach. *Jour. Sed. Petrol.*, 48, 127-142.
- Specht, R. W. y Brenner, R. L. (1979).—Storm-wave genesis of bioclastic carbonates in Upper Jurassic epicontinental mudstones, East-Central Wyoming. *Jour. Sed. Petrol.*, 49, 1.307-1.322.
- Tišljár, J., Velič, I., Radovčič, J. y Crnković, B. (1983).—Upper Jurassic and Cretaceous peritidal, lagoonal, shallow marine and perireefal carbonate sediments of Istria. In: L. Babič y V. Jelaska (Eds.), *Contributions to sedimentology of some carbonate and clastic units of the Coastal Dinarides*. Excurs. Guide-Book, 4ht I.A.S. Regional Meeting, 13-35.
- Valladares, I. (1976a).—Sedimentología del Jurásico y Cretácico al Sur de la Sierra de la Demanda (Provincias de Burgos y Soria). *Resumen Tesis, Acta Salamanticensia*, 1975-76, 269-286.
- (1976b).—Estratigrafía del Cretácico superior calcáreo en el borde occidental de la Cuenca de Cameros (Burgos-Soria). *Studia Geol.*, 11, 93-108.
- Wagner, C. W. y van der Togt, C. (1973).—Holocene sediment types and their distribution in the southern Persian Gulf. In: B. H. Purser (Ed.), *The Persian Gulf*, Springer-Verlag, 123-155.
- Wiedmann, J. (1964).—Le Crétacé supérieur de l'Espagne et du Portugal et ses céphalópodes. *Estud. Geol.*, 20, 107-148.
- Wilson, J. L. (1970).—Depositional faices across carbonate shelf margins. *Trans. Gulf Coast Assoc. Geol. Soc.*, 20, 229-233.
- (1975).—*Carbonate facies in geologic history*. Springer-Verlag, 471 pp.
- Wolf, K. H. (1960).—Simplified limestone classification (Geol. Note). *Am. Assoc. Petrol. Geol. Bull.*, 44 (8), 1.414-1.416.

