

## Apuntes de Sedimentología

Dr. José M. Martín (Universidad de Granada)

Tema 7.- **Rocas carbonatadas. Calizas.** Elementos texturales. Génesis de los mismos. Clasificación. **Dolomías.** Características texturales. Procesos de dolomitización.

Las rocas sedimentarias carbonatadas son las calizas (químicamente carbonato cálcico) y las dolomías (carbonato doble de calcio y magnesio). Las calizas son en su mayor parte de origen marino; las dolomías son casi todas diagenéticas. Los minerales principales de las calizas son aragonito y calcita magnésica (calcita con alto contenido en Mg) en los sedimentos, y calcita (calcita sin Mg), en la roca sedimentaria. En el caso de las dolomías el mineral es dolomita.

### Calizas

En las calizas se distinguen como componentes fundamentales tres elementos: unos granos discretos, una matriz microcristalina, que engloba los granos o se encuentra dispersa entre ellos y que recibe el nombre específico de “micrita”, y unos “huecos” (espacios abiertos), que pueden estar o no rellenos por cemento.

Los granos son de dos tipos: esqueletales y no-esqueletales. Los primeros se relacionan directamente con las partes duras calcificadas que constituyen los esqueletos de muchos organismos. Los segundos no guardan relación directa, en su génesis, con ningún tipo de organismo. Entre los primeros cabe señalar:

Carbonatos microbianos (estromatolitos y trombolitos). Se forman en relación con los llamados “tapices microbianos”, constituidos por comunidades de bacterias y cianobacterias que colonizan el fondo marino (o lacustre) atrapando el sedimento particulado fino carbonatado allí existente e induciendo sobre todo la precipitación directa de carbonato en su interior. Esta precipitación es generalmente episódica lo que genera una estructura laminada que se conoce con el nombre de “estromatolito”. Cuando la precipitación es irregular, de trazado “arborescente”, se forman los “trombolitos”. No son fósiles en sentido estricto, ya que sólo muy excepcionalmente se preservan las estructuras calcificadas de las bacterias/cianobacterias que los forman, sino que se trata de “estructuras sedimentarias”, constituidas esencialmente por carbonato (calcita, calcita Mg o dolomita) precipitado químicamente dentro del tapiz microbiano y ligado a la propia actividad metabólica en el seno del mismo.

Los carbonatos microbianos forman grandes domos (de hasta varios metros de altura y decena de metros de extensión lateral). En el Precámbrico en particular colonizaron extensiones enormes del fondo marino, desde las zonas someras a las más profundas. En la actualidad, sin embargo, se hayan muy restringidos en su distribución a contextos de “alto stress ambiental”, siendo su presencia, y sobre todo abundancia, a escala global casi anecdótica. La situación Precámbrica se liga a la ausencia, por aquel entonces, de depredadores en un mundo de sólo bacterias y cianobacterias, muy al contra de lo que ocurre en la actualidad. Situaciones “comparables” a la Precámbrica se encuentran a lo largo del registro geológico justo después de grandes episodios de extinción, en los que las bacterias y cianobacterias, como “organismos oportunistas”, colonizaron rápidamente los nichos ecológicos disponibles, antes de ser reemplazados de nuevo por la fauna y flora

“normal” de la época. El ejemplo ilustrado es del Messiniense superior de la Cuenca de Sorbas (Almería).



## ESTROMATOLITOS

De los granos esqueléticos de origen “vegetal” destacan los ligados a algas, concretamente a verdes (Halimeda y Dasycladáceas) y rojas.

Las Halimedas (algas Codiáceas) son relativamente abundantes en la actualidad en zonas someras de mares “tropicales” (Zonas Climáticas Tropical y Ecuatorial) de aguas cálidas, muchas veces en relación con arrecifes de coral. Morfológicamente recuerdan a “microchumberas” con las “hojas” (“pencas”) calcificadas. En realidad, se trata de una sola macrocélula, con un tubo celular de trazado intrincado. La calcificación se produce episódicamente alrededor del tubo celular generándose la correspondiente “placa”. En las Halimedas los puntos de inserción entre las placas (“hojas”) están sólo débilmente calcificados. Ello hace que se suelten con facilidad y se liberen. El sedimento del fondo es por tanto un acúmulo de PLACAS DE HALIMEDA (foto inferior: Unidad de los Biohermos, Messiniense Sorbas, Almería).



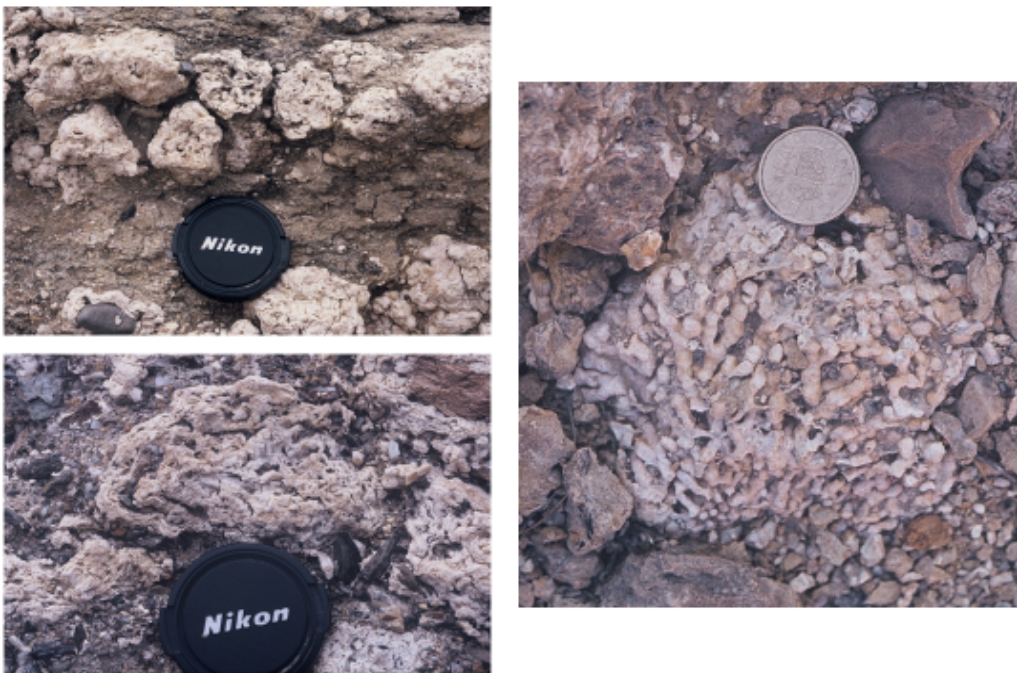


Los restos de **DASYCLADÁCEAS** (Dasycladales) (foto inferior) son como pequeños bastoncitos calcificados, originalmente huecos en su interior. Las Dasycladáceas fueron muy abundantes en el Pérmico y Triásico (foto inferior: Trías Alpujarride, Cordillera Bética). Son también elementos tropicales, característicos de mares muy someros.



Las algas rojas (Rodofíceas) son elementos comunes en las plataformas marinas actuales desde la Zona Subpolar hasta la Ecuatorial. Las más importantes como generadores de sedimento son las del grupo de las Corallináceas. En ellas lo que calcifica es la propia pared celular y la calcificación es prácticamente sinsedimentaria. Morfológicamente tienen formas diversas. Unas veces son costras laminares, planas de gran extensión, como las de las “crestas de algas” de los atolones del Pacífico, utilizadas como pistas de aterrizaje de aviones durante la Segunda Guerra Mundial. Otras veces formas dispositivos encostrantes en forma de bola o pelota, de tamaños normalmente centimétricos, conocidos como “rodolitos” (fotos izquierda superior e inferior) y otras veces los crecimientos son “arborescentes” (foto derecha).

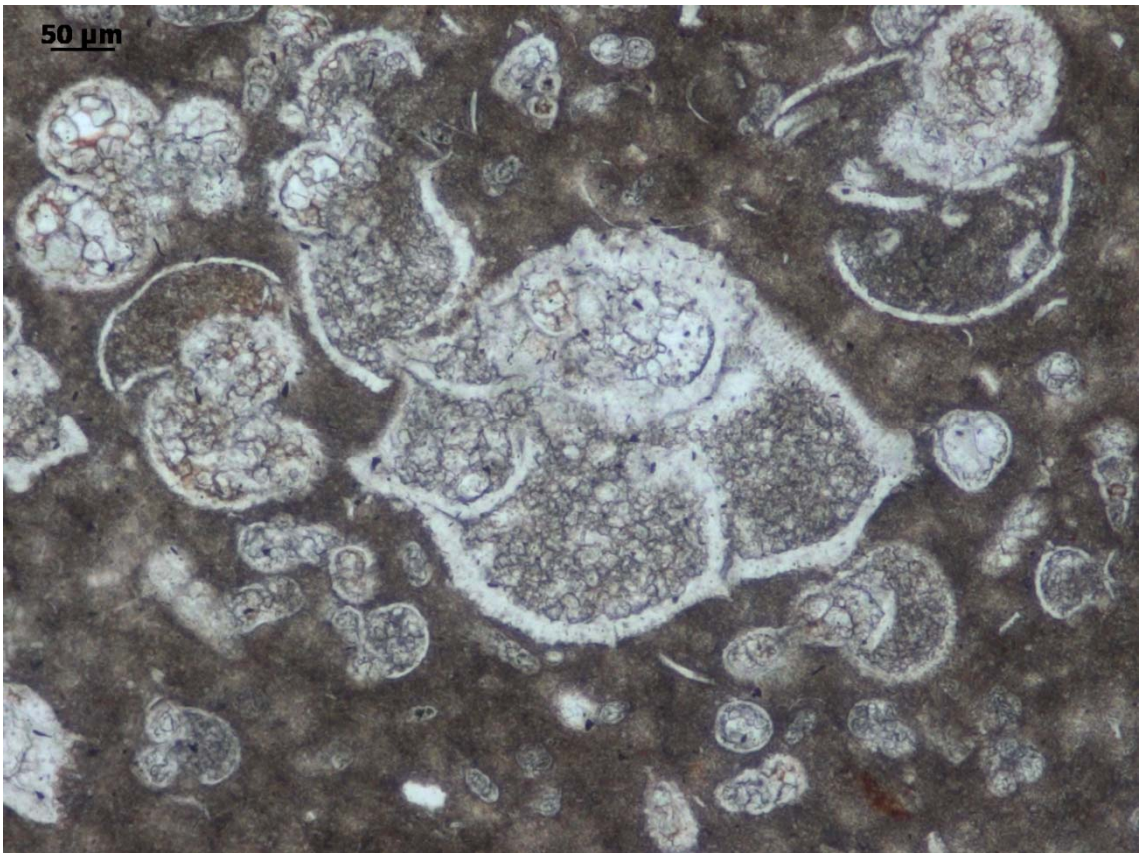
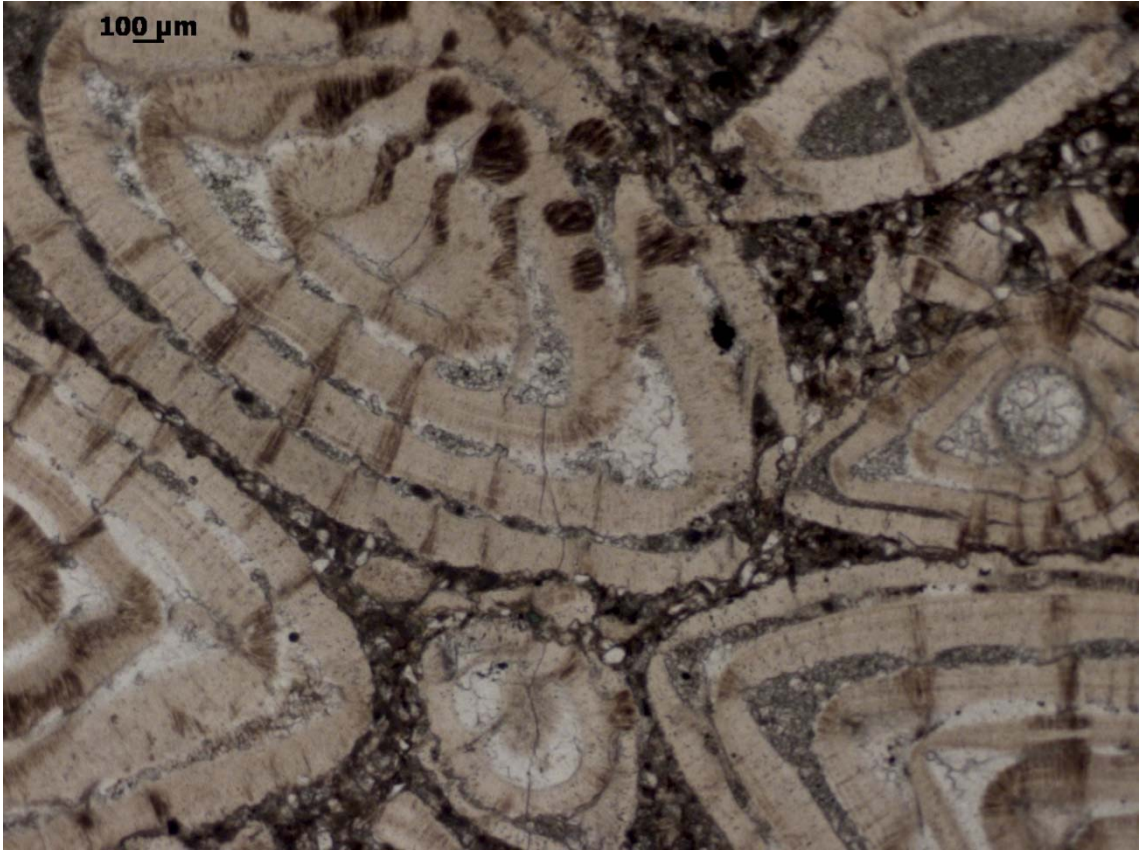
## LAS ALGAS ROJAS



*Tortonense superior. Corredor del Río Almanzora (Almería)*

Entre los granos esqueléticos de origen “animal” ordenados según complejidad biológica creciente destacan, en primer lugar, los de FORAMINÍFEROS. En estos, lo más importante desde el punto de vista sedimentario es su forma de vida: bentónicos (foto inferior arriba), ligados al sustrato y por tanto más someros y restringidos, y planctónicos (foto inferior abajo), viviendo en la columna de agua, con sus restos calcáreos acumulados en zonas marinas más profundas y/o de mar abierto (ambas fotos son de muestras del Mesozoico de las Zonas Externas de la Cordillera Bética).

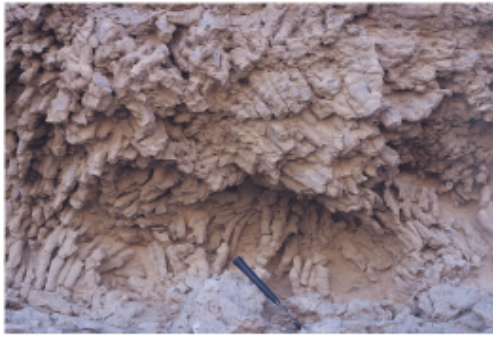




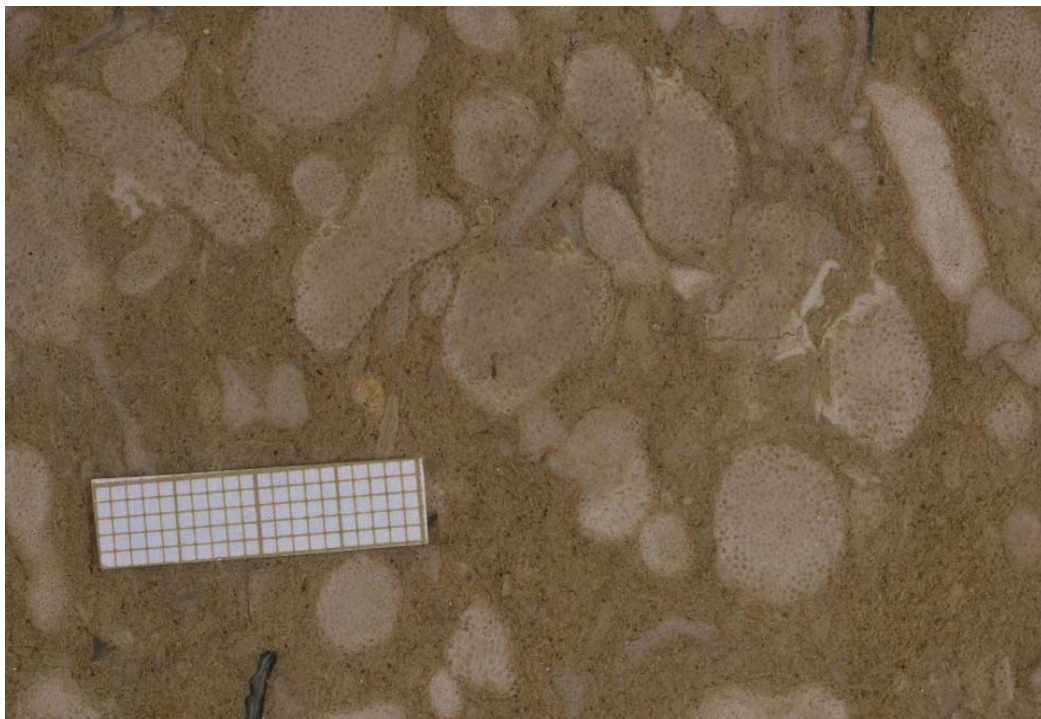


Las esponjas calcáreas destacan a su vez como elemento constructor de arrecifes (no muy frecuentes en la actualidad, pero sí por ejemplo en el Triásico). Los corales, constituyen elemento constructor esencial en los arrecifes tropicales someros actuales.

## LOS CORALES



*Queensland, Australia (arriba izquierda) (actual)  
Río Almanzora (abajo izquierda) y La Rioja (derecha), Almería (Mioceno)*



Los BRIOZOOS (foto arriba: Mioceno superior, Sorbas, Almería), serpúlidos y balánidos son elementos comunes, aunque no exclusivos, en carbonatos de plataforma de aguas templadas (frías).

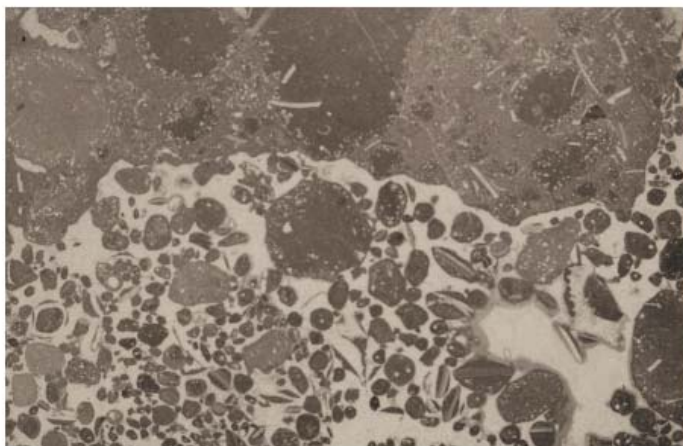
Por último, los BIVALVOS (foto inferior, Messiniense, Sorbas, Almería) son también muy abundantes en las plataformas tanto templadas (frías) como tropicales.



Así como los gasterópodos (estos caracterizan generalmente ambientes someros, restringidos) y los equinodermos.

Entre los granos no esqueléticos cabe señalar, como más significativos, los intraclastos y los oolitos. Los intraclastos son trozos de sedimento parcialmente litificado y consolidado arrancados del fondo marino por el oleaje, tormentas, etc. y redepositados. Son comunes en ambientes costeros (foto abajo: Cretácico inferior Prebético).

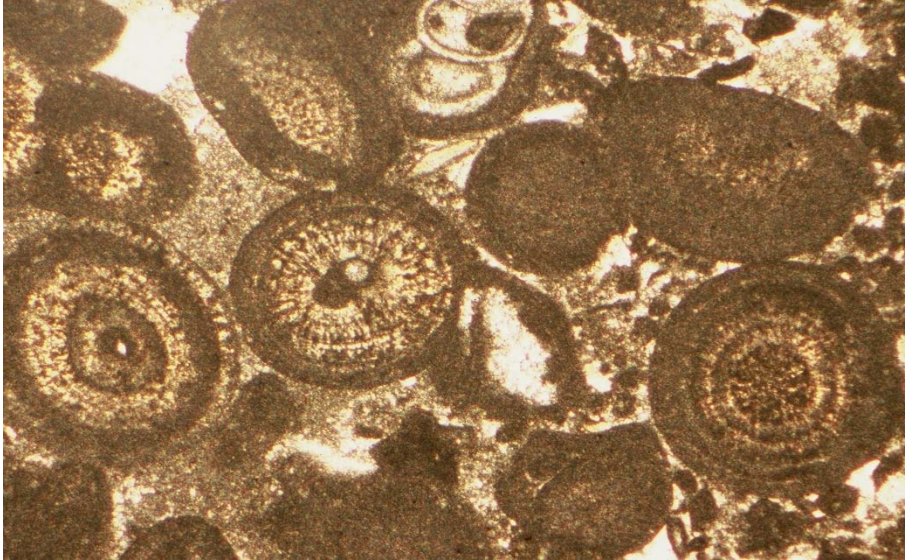
### LOS INTRACLASTOS



Los OOLITOS son pequeñas bolitas de carbonato de tamaño mm (arena) con estructura interna concéntrico-laminada. Se generan en la Zona Tropical, en ambientes costeros

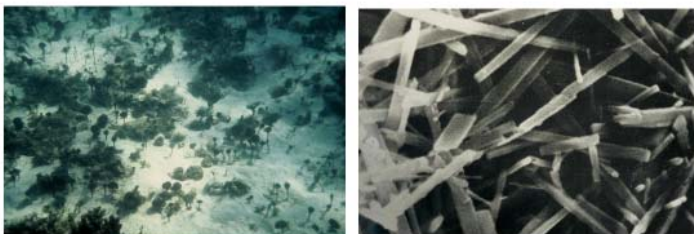


muy energéticos y agitados (playas, barras, deltas de marea, etc.), al precipitar químicamente pequeñísimas agujas de aragonito que se disponen tangencialmente en la periferia de la partícula que se está moviendo. Superpuesta a la estructura sedimentaria original aparece, a veces, otra fibroso-radiada de origen diagenético (foto inferior: Jurásico Cordillera Ibérica, Aguatón, Teruel).



El carbonato microcristalino particulado fino (“micrita”) que constituye la matriz en los sedimentos/rocas carbonatadas tiene orígenes diversos. Unas veces se forma por precipitación química directa en aguas de mares y lagos con el quimismo adecuado; otras veces se trata de sedimento carbonatado particulado fino generado por “desintegración” mecánica (abrasión) de partículas esqueléticas diversas, etc. En la actualidad, sin embargo, los dos tipos de “micrita” más comunes son los denominados “micrita somera” y “micrita pelágica”. En la “somera” son pequeñísimas agujas de aragonito (del orden de la micra), originalmente precipitadas (bioquímicamente) en el seno de los “tejidos” de determinadas algas verdes Codiáceas (diapositiva inferior derecha) en zonas tropicales someras y protegidas (“lagoons”) y liberadas al morir estas (foto inferior).

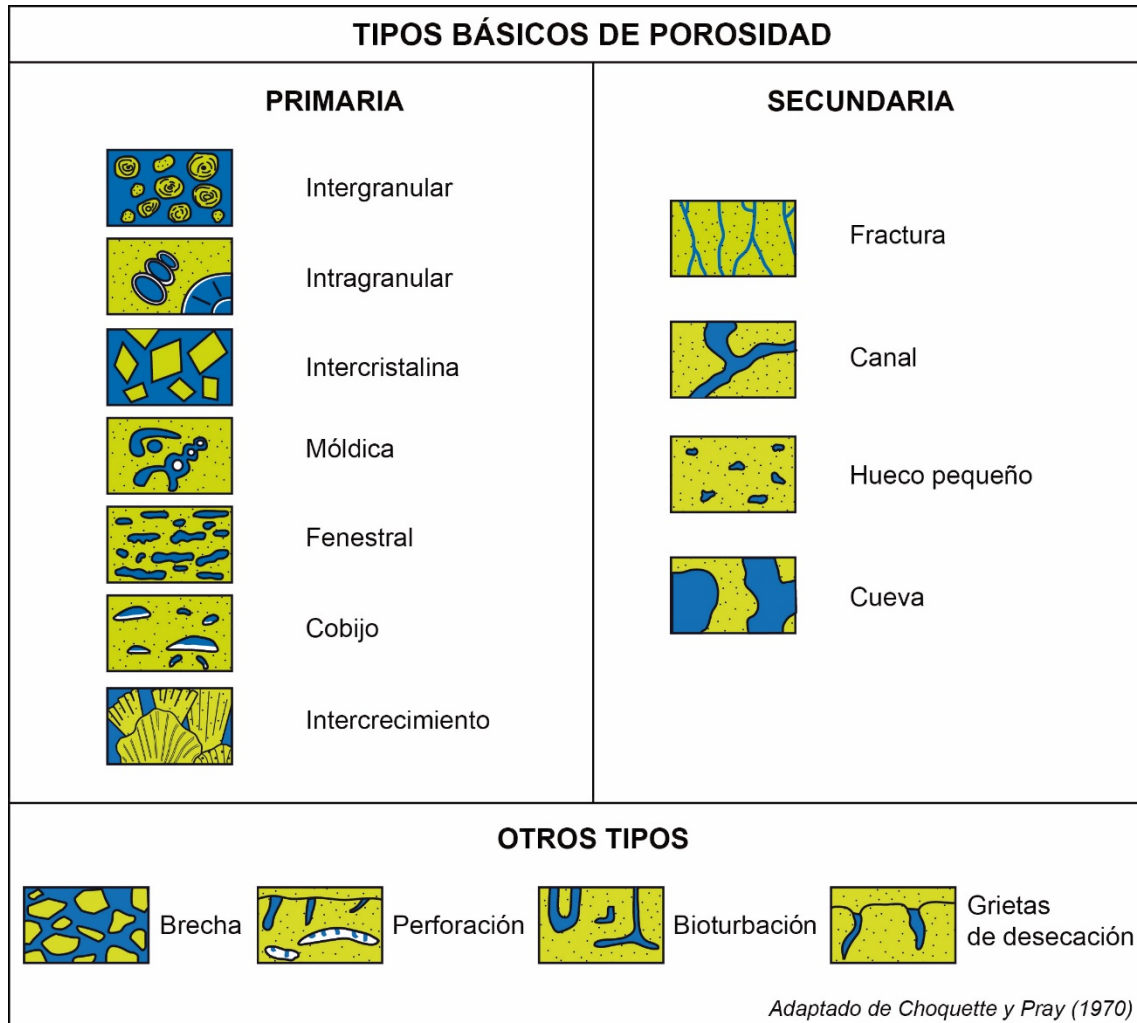
## MICRITA SOMERA





En el caso de la “pelágica” son acúmulos de restos calcáreos de cocolitofóridos (algas marrones, elemento común en el nannoplancton calcáreo de Zonas Tropicales/Ecuatoriales), también extremadamente pequeños, cuya estructura es sólo visible al microscopio electrónico.

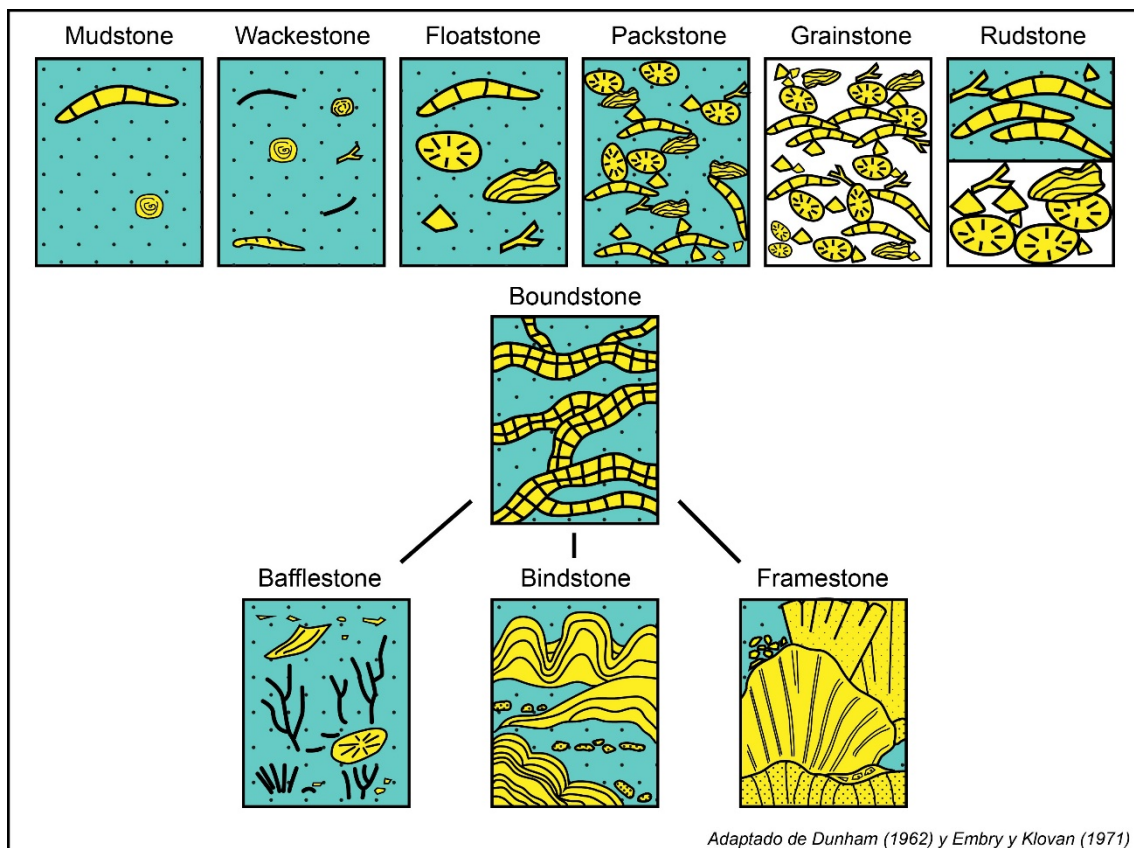
En los “huecos” (poros) del sedimento/roca carbonatada precipitan normalmente cementos. Estos huecos tienen orígenes diversos, siendo unas veces sinsedimentarios (primarios) y otros muy posteriores, al igual que el de los cementos que en ellos se encuentran.



Las clasificaciones de sedimentos/rocas carbonatadas más conocidas son la de Folk (1962) y la de Dunham (1962), esta última “perfeccionada” posteriormente por Embry y Klovan (1971). Aquí se va a seguir la de Dunham modificada, ya que a efectos prácticos es la más útil, siendo también la más sencilla de aplicar.

En la clasificación de Dunham (1962) los tipos texturales diferenciados son “mudstone”, “wackestone”, packstone”, “grainstone” y “boundstone”. Los cuatro primeros se diferencian en función de las proporciones relativas entre granos (tamaño “arena” exclusivamente en esta clasificación), matriz y cementos. El término “boundstone” se reserva para bioconstrucciones (arrecifes), de todos los estilos.

Las modificaciones de Embry y Klovan (1972) se refieren a considerar, por un lado, la posibilidad de la existencia de tamaños de granos mayores (tamaño “conglomerado”), incorporando los términos “floatstone” (equivalentes texturalmente a los “wackestone” pero con granos mayores de 2 mm) y “rudstone” (equivalentes texturalmente a los “packstone/grainstone” pero con granos mayores de 2 mm); y por otro, a distinguir, dentro de los “boundstone” (bioconstrucciones), tres subtipos. Los “bafflestone” (bioconstrucciones con esqueletos calcáreos de organismos “en posición de vida”, o volcados, embebidos en “micrita”), los “bindstone” (bioconstrucciones encostrantes, tipo estromatolitos, rodolitos, etc.) y los “framestone” (bioconstrucciones con los esqueletos calcáreos apilados directamente unos sobre otros normalmente también “en posición de vida”).

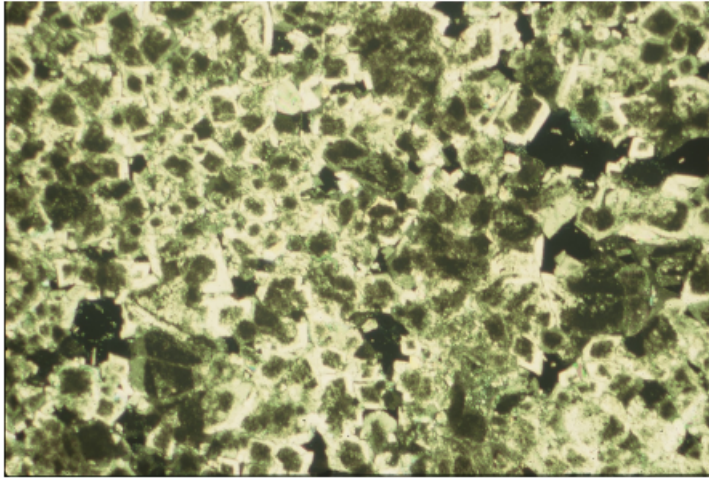


## Dolomías

Las dolomías son rocas un poco especiales ya que no están constituidas por granos sino por un entramado de cristales (de submilimétricos hasta centimétricos). En ese aspecto se asemejan más a algunas rocas ígneas, tipo granito, que a las sedimentarias más comunes (detríticas y calizas). Los cristales de dolomita están con frecuencia, aunque no siempre, bien conformados, con los romboedros parcialmente interpenetrados entre sí (es lo que se conoce como hábito cristalino idiomorfo y textura idiotípica), tal y como se ilustra en la fotografía inferior (del Cenomanense Prebético). Texturas menos comunes son la hipidiotípica (con cristales sólo parcialmente conformados) y la xenotípica (con cristales xenomorfos, sin caras definidas)

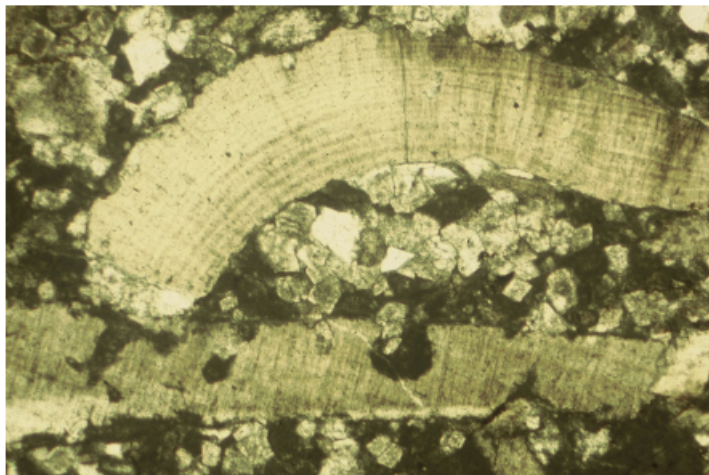


## LAS TEXTURAS DOLOMÍTICAS LOS ENTRAMADOS DE ROMBOEDROS



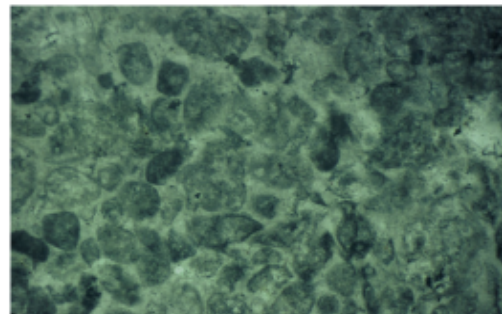
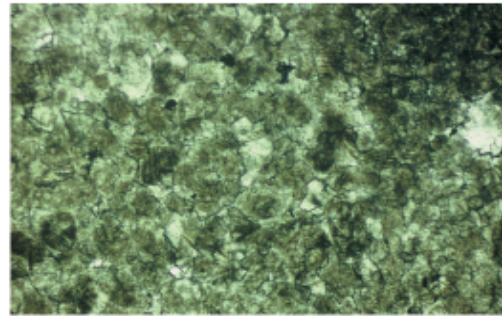
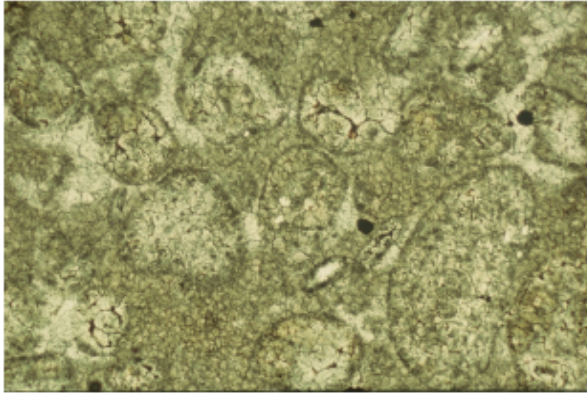
Las dolomías se forman normalmente por reemplazamiento de calizas. Las evidencias de esos reemplazamientos vienen atestiguadas por la presencia de “relictos” calizos sin dolomitizar, tanto a escala de lámina delgada (foto inferior: Cenomanense Prebético), como del afloramiento.

## EVIDENCIAS DE REEMPLAZAMIENTO LOS REEMPLAZAMIENTOS PARCIALES



Otras veces lo que se preservan son “fantasmas” de los granos de la caliza original, que son perceptibles directamente en la lámina delgada (foto inferior izquierda), o que se resaltan con la ayuda de un difusor (“folio” blanco), colocado entre la lámina delgada y la platina del microscopio (foto derecha: arriba con sólo polarizador; abajo con difusor).

EVIDENCIAS DE REEMPLAZAMIENTO  
LOS "FANTASMAS" DE LA ESTRUCTURA CALIZA ORIGINAL



*Cenomanense Prebético (izquierda)*  
*Trías medio (Ladiniense) Alpujarride (derecha)*





Por último, excepcionalmente, los remplazamientos son totalmente miméticos, preservándose con pulcritud de detalles (en dolomita) la textura caliza original, caso del ejemplo mostrado (foto superior) correspondiente a bioconstrucciones de serpúlidos, estromatolitos y cementos sinsedimentarios submarinos del Triásico superior del Complejo Alpujárride (Zonas Internas, Cordillera Bética).

Ejemplos conocidos de dolomías de formación reciente o actual (por precipitación directa o por reemplazamiento sinsedimentario) son pocos y de muy escasa entidad. En los de precipitación directa, descritos en algunos lagos costeros hipersalinos (Brasil), la intervención de bacterias es clave para su precipitación. Los casos de reemplazamientos sinsedimentarios son de ambientes costeros de Zonas Tropicales y Ecuatoriales: llanuras supramareales (Golfo Pérsico, Bahamas, Antillas Holandesas) (ver Tema 18) y “lagoons”, costeros (Australia) y de atolones (en el Pacífico). Los mecanismos involucrados son capilaridad (en la llanura mareal) y reflujo (en el “lagoon”).

La gran mayoría de las dolomías son de origen claramente diagenético. En su formación intervienen aguas ricas en magnesio que percolan a través de calizas, introducen el  $Mg^{+2}$  y arrastran a su vez el  $Ca^{+2}$  liberado en la dolomitización. Estos procesos de dolomitización operan generalmente a muy gran escala, en la diagénesis tardía (epigénesis) y afectan a grandes volúmenes de rocas (varios millones de  $m^3$ ). Dan origen a las denominadas “Dolomías Regionales”, así calificadas por la enorme extensión que alcanzan. Ejemplos conocidos en la Cadena Bética son los del Cretácico superior (Cenomanense) de la Zona Prebética, el del Jurásico inferior (Hettangiense-Sinemuriense) de la Zona Subbética y los del Triásico medio (Anisiense) y Triásico superior (Noriense) del Complejo Alpujárride (foto inferior).



Todos ellos comparten una serie de características en común ya que se trata, en todos los casos, de formaciones carbonatadas muy potentes (varios cientos de metros) situadas directamente encima de formaciones arcillosas de las que presumiblemente “escapó” el agua rica en magnesio durante su compactación, dolomitizando la caliza suprayacente.

En otros ejemplos, caso del abajo ilustrado correspondiente al Carbonífero de la Cordillera Cantábrica, el control es claramente estructural, ya que los fluidos ricos en Mg circulan inicialmente a través de fracturas (fotografía inferior izquierda; la pared tiene varios cientos de metros de altura), desde las que localmente se extienden lateralmente al atravesar formaciones más porosas (fotografía superior derecha), dejando algún “enclave” calizo sin dolomitizar (fotografía inferior derecha).

### LAS DOLOMÍAS EPIGENÉTICAS DOLOMITIZACIÓN A FAVOR DE LÍNEAS DE FRACTURA



Un punto importante a considerar es el de la porosidad que se genera en el proceso de dolomitización. Ello se debe a que el reemplazamiento se produce mol a mol y a que la densidad de la calcita (mineral de partida) es de  $2,718 \text{ gr/cm}^3$ , frente a la de la dolomita que es de  $2,866 \text{ gr/cm}^3$ . Ello comporta una reducción de volumen de aproximadamente el 12% en el proceso de dolomitización, que se manifiesta normalmente como “porosidad intercrystalina”, con los “huecos” (poros) localizados en las zonas de contacto entre cristales. De ahí la alta cristalinidad que presentan muchas dolomías, con romboedros de dolomita excepcionalmente hasta centimétricos, y su aspecto: es lo que se conoce como “dolomía azucarada”. Las dolomías en general son rocas muy porosas y constituyen además excelentes reservorios de agua, petróleo o gas.