

### *III. ROCAS CARBONATADAS*

---

Las rocas carbonatadas se consideran aquellas que están formadas por más del 50% de minerales carbonatados. Los carbonatos están compuestos por un grupo limitado de minerales, preferentemente calcita y dolomita. Otros minerales que normalmente están menos presentes en los carbonatos son el fosfato y la glauconita.

Las rocas sedimentarias carbonatadas se diferencian de las rocas sedimentarias siliciclásticas de varias maneras. Las rocas siliciclásticas se forman a medida que los sedimentos son desplazados, se depositan y litifican, o se compactan y cementan una roca sólida, en cambio en las rocas carbonatadas se desarrollan a través de sedimentos biogénicos formados por actividad geológica, como la creación de arrecifes y la acumulación de restos de organismos en el fondo marino. Éstas también se diferencian de las rocas clásticas por factores como la textura de depósito, los tipos de grano o de poro, la composición de la roca o la diagénesis. Las clásticas se pueden distinguir por su composición y el tamaño de los granos.

Su composición mineralógica está constituida por grupos de carbonatos:

Para determinar la composición química de los carbonatos, se utilizan los análisis normativos. En función de la abundancia, se tienen:

- Elementos mayores (>1% en peso): No se observan variaciones en los CaO y CO<sub>2</sub>; sólo se dan variaciones en el Mg. En calizas, son CaO y CO<sub>2</sub>, y en dolomías, CaO, CO<sub>2</sub> y MgO.
- Elementos menores (0'1-1% en peso): Se encuentran sustituyendo a los iones de igual carga y radio iónico parecido al del Ca. Son: Mn, Fe, Mg y Sr.

➤ Elementos traza (<0'1% en peso): Pueden entrar en la estructura, aprovechando defectos en la red, en inclusiones fluidas, o absorbidos por la red.

Es importante mencionar que la estructura de una roca carbonatada, está íntimamente relacionada con los procesos formativos, constituyendo dos grandes tipos: Aloquímicos y Ortoquímicos.

➤ Los Aloquímicos ó granos esqueletales, representan a las trocas carbonatadas de origen bioquímico o químico y que normalmente han sufrido algún grado de transporte. Construyen los restos esqueléticos formados por los organismos a través de sus funciones vitales. Estos restos pasan (enteros o fragmentados) a los sedimentos. En la construcción de estos esqueletos, el proceso que interviene es la biomineralización.

- Intraclastos
- Peletes
- Oolitos
- Fósiles y sus fragmentos

Ambientes de formación: cualquier ambiente marino o continental. Los diferentes grupos, géneros o especies están restringidos a determinados sub-ambientes.

➤ Material intergranular u ortoquímicos, constituye el material calcáreo que aglutina los aloquímicos.

Micrita (matriz), material carbonatado compuesto por un agregado de cristales finos. (< 4 o 5  $\mu\text{m}$ ).

○ Esparita, calcita cristalina límpida, cuyo tamaño es superior a 10  $\mu\text{m}$  (generalmente entre 20 y 100  $\mu\text{m}$ )

### **Intraclastos**

Fragmentos de sedimentos carbonatados débilmente consolidados y extraídos del sustrato por erosión, son transportados y sedimentados posteriormente, en la propia cuenca de sedimentación. Se origina por la erosión de un sustrato semi-consolidado (acción del oleaje o corrientes) o por la erosión de zonas expuestas (deseccación). Presentan morfología irregular, microfábrica homogénea de tamaño variable, suelen ser micríticos.

- Matriz, es el lodo micrítico o micrita, considerado como un componente de depósito. Modificaciones posteriores implicarían cambios texturales; los tipos texturales más importantes, son la micrita, micrita recristalizada (microesparita) y la pseudoesparita.

Micrita:

Origen: – Precipitación química

- Precipitación Bioquímica por fotosíntesis de algas
- Desintegración de algas verdes (hamileda, penicillus)
- Degradación mecánica de esqueletos bioclásticos
- Actividad bacteriana

- Cemento o cementante, basado en los precipitados químicos (constituidos por cristales) en los poros carbonatados, cierran la porosidad inicial interviniendo en la litificación. El tamaño cristalino puede ser equidimensional, columnar y fibroso; esta morfología está constituida por los efectos del ion Mg, (presentes en las aguas del ambiente de sedimentación) y de la velocidad de cristalización.
- La Porosidad, es el porcentaje de espacios vacíos en relación con el volumen total de la roca. Tiene una gran importancia económica, ya que en los poros es donde se encuentran los principales recursos energéticos y agua.

**Porosidad:**  $(\text{Volumen de poros})/(\text{Volumen total}) * 100$

-En los sedimentos carbonatados, la porosidad varía entre un 50 y un 80% según la textura del sedimento. Esta porosidad va a depender de la diagénesis, llegando a porcentajes menores al 5%. El cierre de la porosidad, se debe a fenómenos de presión-disolución.

-La porosidad puede ser primaria o secundaria, esto según se haya formado antes o después del sepultamiento. Puede ser efectiva (poros conectados entre sí) o no efectiva. La porosidad total, es la suma de la porosidad efectiva y no efectiva. La clasificación más aceptada para la clasificación de la porosidad es la de Choquette & Pray. (Figura III)

## Clasificación de Choquette & Pray

Se basa en los tipos de porosidad, procesos modificadores de la porosidad, tiempo, tamaño de los poros y forma de los mismos.

### Porosidad primaria

- Intergranular: Poros condicionados por los granos (espacios definidos entre los granos). Es una porosidad adquirida durante el depósito.
- Intragranular: Porosidad que se encuentra dentro de los granos. Va a ser más característica de los restos esqueléticos (Ej. cámaras de organismos). Es una porosidad tras el depósito.
- Condicionada o no por la fábrica

Porosidad secundaria: No relacionada con procesos de depósito.

- Intercristalina: Poros formados entre los cristales. Porosidad asociada normalmente a procesos de disolución o procesos de reemplazamiento (dolomitización).
- Móldica: Porosidad asociada a la disolución de restos esqueléticos o no esqueléticos.
- De disolución
- De fractura: Relacionada con procesos tectónicos. En etapas diagenéticas avanzadas.
- De canal: El agua circula por fracturas, disolviendo las paredes, produce cavidades mayores.
- De caverna: cavidades aún más grandes.
- De hueco "Vug": poros de morfología irregulares, no conectados entre sí, tamaño superior a 1/16 mm.

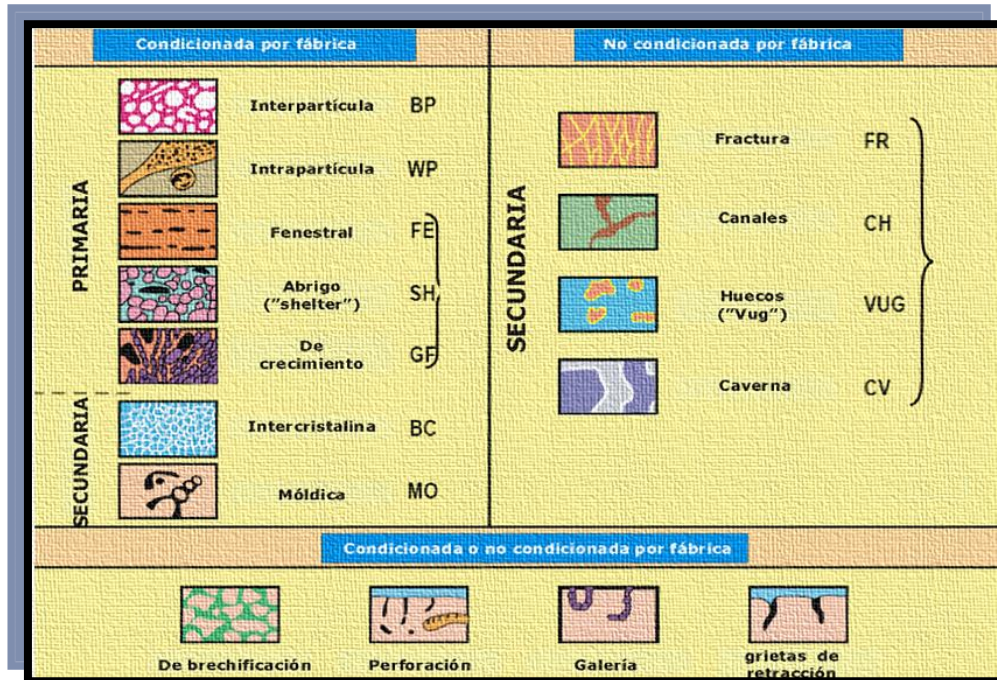


Figura III. Tipos de porosidad según la clasificación de Choquette & Pray (1970).

Las clasificaciones más utilizadas para rocas carbonatadas son las de Dunham (1962), y la de Folk (1962,)

### Clasificación de Folk

Se basa en los tipos de componentes; estos componentes; pueden ser:

- Terrígenos: Granos de extra-cuenca formados por la meteorización de un área fuente; pueden ser carbonatados o no carbonatados.
- Aloquímicos: Granos de intracuenca carbonatados.
- Intraclastos, Oolitos, Bioclastos, Peloides.
- Ortoquímicos: Precipitados carbonatados.
- Micrita
- Espatita

Clasificación de Folk (1962)		Más del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO I y II		Menos del 10% de aloquímicos ROCAS TIPO III		DOLOMIAS ROCAS TIPO V	
		Cemento esparítico TIPO I	Matriz micrítica TIPO II	De 1 a 10% de aloquímicos		Con "fantasmas" de aloquímicos	Sin fantasmas
COMPOSICIÓN VOLUMÉTRICA DE ALOQUÍMICOS	Más del 25% de INTRACLASTOS	INTRAESPARITA Intraesparrudita	INTRAMICRITA Intramicrorrudita	Según el aloquímico dominante	MICRITA con Intraclastos	MICRITA BIOLITITO (ROCAS TIPO IV)	Dolomía con Intraclastos
	Menos del 25% de INTRACLASTOS	OOESPARITA Ooesparrudita	OOMICRITA Oomicrorrudita		MICRITA con Ooides		Dolomía con Ooides
	Más del 25% de OOIDES (relación de volúmenes de peloides y bioclastos b/p)	BIOESPARITA Bioesparrudita	BIOMICRITA Biomicrorrudita		MICRITA con Bioclastos		Dolomía con Bioclastos
	<1/3	BIOPELESPARITA	BIOPELMICRITA		MICRITA con Peloides		Dolomía con Peloides
	>2/3	PELESPARITA	PELMICRITA				

Figura III.1 Clasificación de rocas carbonatadas de Folk (1962).

### Clasificación de Dunham

Es la clasificación más utilizada ya que se basa principalmente en la presencia o ausencia de material micrítico, porcentaje de granos y relación entre ellos, signos de unión por crecimiento in situ de organismos; éstos son rasgos muy relacionados con la energía del medio. Dunham reconoce dos grandes grupos:

Con textura reconocible:

- Mudstone: Rocas carbonatadas con lodo micrítico y menos de un 10% de granos.
- Wackestone: Presencia de material micrítico con más de un 10% de granos, Esqueleto- matriz-soportado.
- Packstone: Matriz micrítica entre los granos; más porción de granos (esqueleto grano-soportado).

- Grainstone: No se sedimenta micrita, debido a la alta energía del medio. Esqueleto clasto-soportado.
- Boundstone: Los granos se encontraban ligados (in situ) durante la sedimentación.
- Sin textura reconocible: Calizas recristalizadas y dolomías.

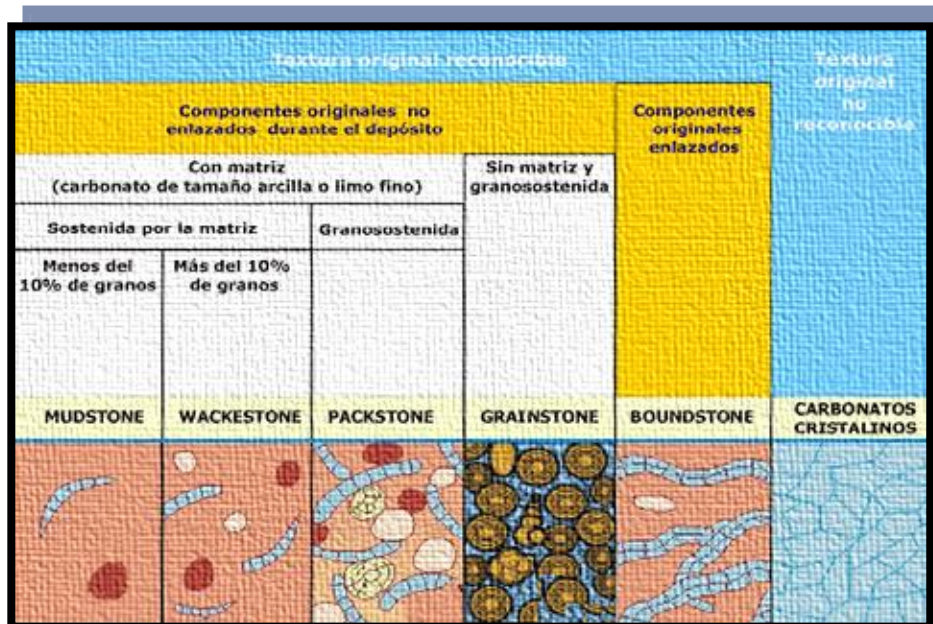


Figura III.2 Clasificación de rocas carbonatadas de Dunham (1962).

### Diagénesis

Es el conjunto de procesos que actúan para modificar a los sedimentos luego de su depositación. Se produce desde condiciones superficiales (interfase sedimentaria, sustrato sedimentario de los ambientes de acumulación) hasta profundidades de soterramiento, donde la profundidad y presión a la que se llega no es uniforme y ambos parámetros están condicionados por la geodinámica interna. (Figura III.3)



Factores que Influyen sobre la diagénesis: Tipo de roca sedimentaria (textura, composición, contenido orgánico) porosidad y permeabilidad, características de los cuerpos sedimentarios y de la sucesión sedimentaria.

- Ambiente sedimentario y clima
- Tipos de organismos y procesos biológicos
- Tiempo geológico de residencia
- Profundidad
- Temperatura
- Presión

Propiedades de las aguas de los poros: pH, redox; sales disueltas

La diagénesis puede reducir la porosidad ó también puede incrementarse éstas.

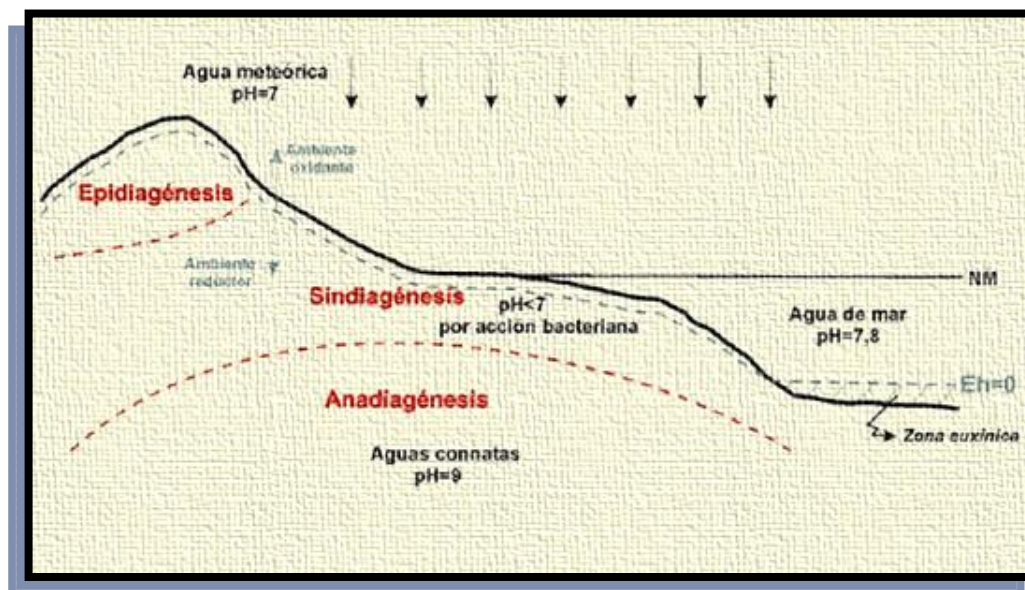


Figura III.3 Diagrama diagénesis Friedman (1978).

➤ Eogénesis o Sindiagénesis: Corresponde al ambiente de depositación y al período de soterramiento menos profundo. La diagénesis temprana puede alcanzar los 2 km de profundidad y temperaturas inferiores a 70°C.

- Meso-diagénesis o Anadiagénesis: Corresponde al ambiente de soterramiento de los sedimentos, superior a 2 km de profundidad. En este régimen se incrementa la temperatura y la presión.
- Epidiagénesis: Corresponde al ambiente diagenético generado durante la fase de ascenso tectónico y progresivo retorno de las masas sedimentarias a las condiciones superficiales. Decece la presión y la temperatura, y se produce infiltración d aguas meteóricas ácidas y oxidantes.

Las consecuencias de la diagénesis son los cambios mineralógicos y geoquímicos, cambios texturales y estructurales y litificación (compactación, cementación y recristalización

### **Disolución**

Es el proceso causante de la porosidad secundaria en carbonatos. Está condicionada por la composición inicial, los principales factores que influyen, son la hidroquímica de las aguas y las propiedades intrínsecas (mineralogía inicial y porosidad). Como consecuencia, se crea una porosidad secundaria y se destruyen estructuras de depósito.

### **Compactación**

Este proceso consiste en pérdida de volumen de sedimento y el decrecimiento de la porosidad producidos por fenómenos de sobrecarga y esfuerzos

tectónicos. La compactación inicial conduce a la pérdida de agua que satura a los sedimentos y a un incremento en el empaque de granos.

Son varios, los factores que determinan el desarrollo de la compactación.

La compactación física es producida por la presión litostática o de sobrecarga y se manifiesta en el reordenamiento mecánico de los granos hacia un empaque más apretado.

Teniendo las siguientes características:

- Asentamiento y reordenación de partículas
- Expulsión de agua, lo que implica un mayor empacamiento.
- Pérdida de porosidad
- Reducción del espesor
- Rotura y deformación de partículas

### **Compactación química**

Actúa en la mesodiagénesis. Reduce el espesor (20-30%) tras actuar la compactación mecánica. El proceso más característico es la presión-disolución. La presión debida a carga o esfuerzo tectónico, transmitida y concentrada en los puntos de contacto entre granos, aumenta la solubilidad de la calcita, lo que provoca la disolución en el contacto.

### **Reemplazamiento**

Son los cambios en la mineralogía de los depósitos carbonatados. Un mineral se disuelve gradualmente y el reemplazamiento, precipita en su lugar, sin que haya un estado intermedio de porosidad. Puede ser de un mineral carbonatado

a otro carbonatado (Ej. calcita→dolomita) o de uno carbonatado a otro no carbonatado (Ej. calcita→yeso).

### **Dolomitización**

Es el reemplazamiento de un sedimento o roca de  $\text{CaCO}_3$  por  $\text{MgCa}(\text{CO}_3)_2$ . Se dan procesos de recristalización asociados; Importante creación de porosidad secundaria (rocas almacén). Destrucción de texturas de depósito.

La dolomita, generalmente se da como producto de reemplazamiento. Se dan fenómenos de dolomitización durante la diagénesis y la meso-diagénesis (procesos condicionados por la hidroquímica de las aguas diagenéticas).

Calizas autóctonas: Constituidas por componentes carbonatados originados principalmente por procesos químicos o bioquímicos, en un determinado ambiente de sedimentación (continental o marino). Estas constituyen la mayor parte de las rocas carbonatadas dentro del registro estratigráfico.

## **III.1 AMBIENTES DE SEDIMENTACIÓN DE CARBONATOS**

Los diferentes tipos de ambientes donde se lleva a cabo los depósitos carbonatados incluyen: marinos, lacustres, depósitos de caliche, agua dulce, espeleotemas y carbonatos eólicos.

El ambiente marino somero carbonatado presenta una distribución global actual restringida comparada con los períodos geológicos de la historia de la Tierra. Mares carbonatados tan extensos como los que existieron durante el Ordovícico, Devónico, Mississípico y Cretácico no existen actualmente.

Existen diferencias fundamentales entre los depósitos carbonatados terrígenos y marinos. Mientras que los terrígenos son producto del intemperismo químico y físico de las rocas preexistentes que han sido transportados a la cuenca de depósito, los sedimentos carbonatados marinos se derivan de una precipitación “*in situ*” dentro de la misma cuenca.

En el ambiente marino hay una producción considerable de carbonato permaneciendo la mayor parte en el lugar donde se precipitó, debido a la presencia de organismos que no sólo secretan el  $\text{CaCO}_3$ , sino que también lo utilizan para la construcción de sus conchas o esqueletos (Fig.III.1). Sin embargo, es importante considerar que parte del sedimento carbonatado producido en el ambiente marino, puede llegar a sufrir un cierto transporte por la acción del viento, oleaje, corrientes, etc., ya sea en áreas continentales, al borde de la plataforma o a las profundidades marinas.

En general, las plataformas de ambientes carbonatados se desarrollan en áreas donde el influjo de terrígenos no existe o es mínimo; esto es una de las razones por las que actualmente existen sólo algunas de estas. El aporte de terrígenos en la mayor parte de las márgenes continentales afecta directamente el crecimiento de los organismos productores de carbonatos, especialmente en los constructores de arrecifes. Como resultado, los arrecifes se desarrollan en áreas donde no existe una fuente de terrígenos, como es el caso del Golfo Pérsico, la Plataforma de Yucatán y las Bahamas.

En estas plataformas existe un equilibrio dinámico entre la producción de carbonatos y la subsidencia, para permitir acumulaciones gruesas y mantener la profundidad adecuada para favorecer continuamente el aporte de  $\text{CaCO}_3$ . (Figura III.1)

La península de Yucatán es un banco calcáreo de estructura tabular con movimiento de emersión paulatina que cierra la configuración del Golfo de México por el oriente (Morán, 1984; Molina & Urrutia, 1992).

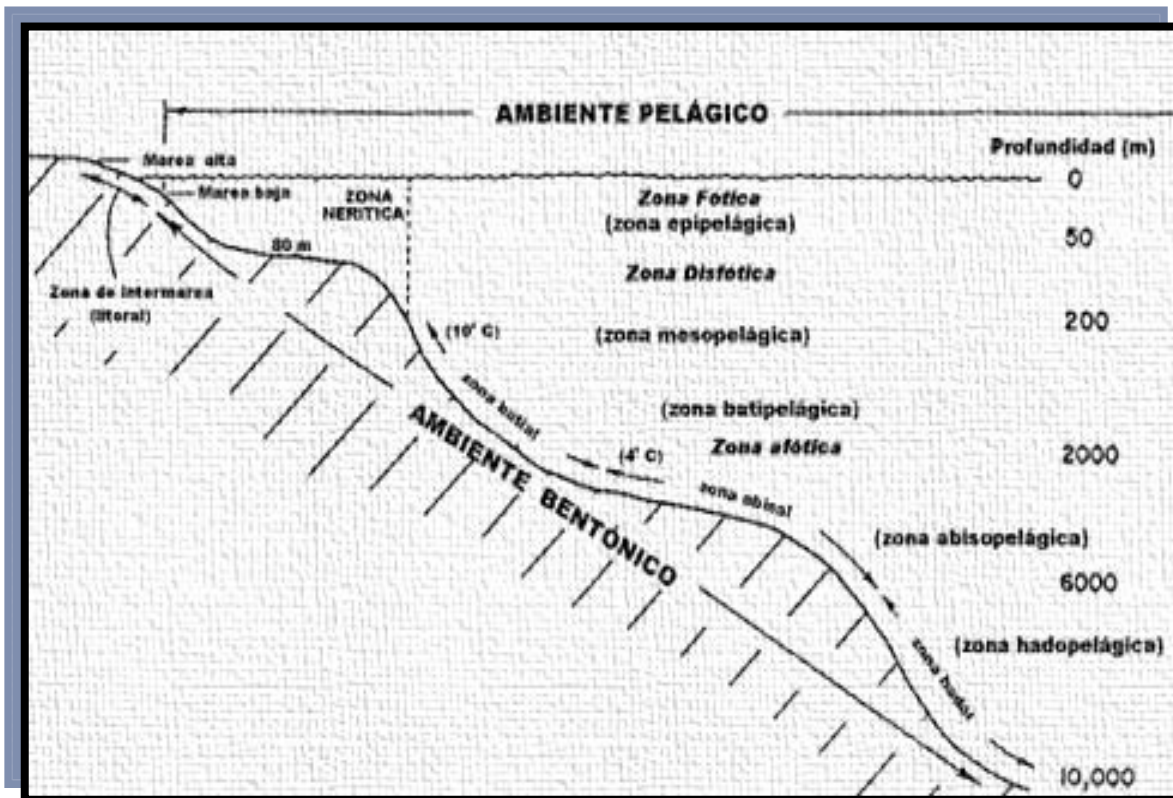


Figura III.1 Perfil esquemático mostrando las subdivisiones ecológicas tanto del piso oceánico como del cuerpo de agua. Simplificado de Friedman (1978).