

DIAGÉNESIS

Avoid incorrect exposures by taking meter readings t

CM

Grain Si

1 2 3

DIAGÉNESIS

OBJETIVO

Conocer las principales características y factores que influyen en los procesos diagenéticos del sedimento o de la roca sedimentaria.

Diagénesis:

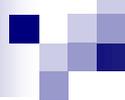
Son todos aquellos cambios (físicos, químicos y bioquímicos) que ocurren en los sedimentos o en las rocas sedimentarias después del depósito ocasionados por la circulación de fluidos, procesos fisicoquímicos (ejemplo pH, Eh) y fuentes de energía requeridas, hasta antes del metamorfismo.

Efectos en la sedimentación:

El grado de alteración diagenética de los componentes minerales y la asociación de la materia orgánica en depósitos sedimentarios, esta en función directa con el rango de sedimentación (Nazarkin, 1979).

Los controles en la sedimentación y el grado de alteración de la materia orgánica durante la diagénesis estará en función directa con la intensidad de generación de hidrocarburos.

Por ejemplo, si existe un bajo rango de sedimentación no pueden esperarse grandes acumulaciones de aceite o de gas.



Existen tres categorías propuestas para generar fuentes potenciales de petróleo en paleocuenclas, con respecto a los rangos de sedimentación:

- **1) Altos potenciales de generación de petróleo: rango de sedimentación de 300 a 900 ton/km² año.**
- **2) Medianos potenciales de generación de petróleo: rango de sedimentación de 160 a 300 ton/km²año.**
- **3) Bajos potenciales de generación de petróleo: rango de sedimentación de 60 a 160 ton/km²año.**

- **El rango de sedimentación crítica para la generación suficiente de hidrocarburos es de 60 a 100 ton/km²año.**

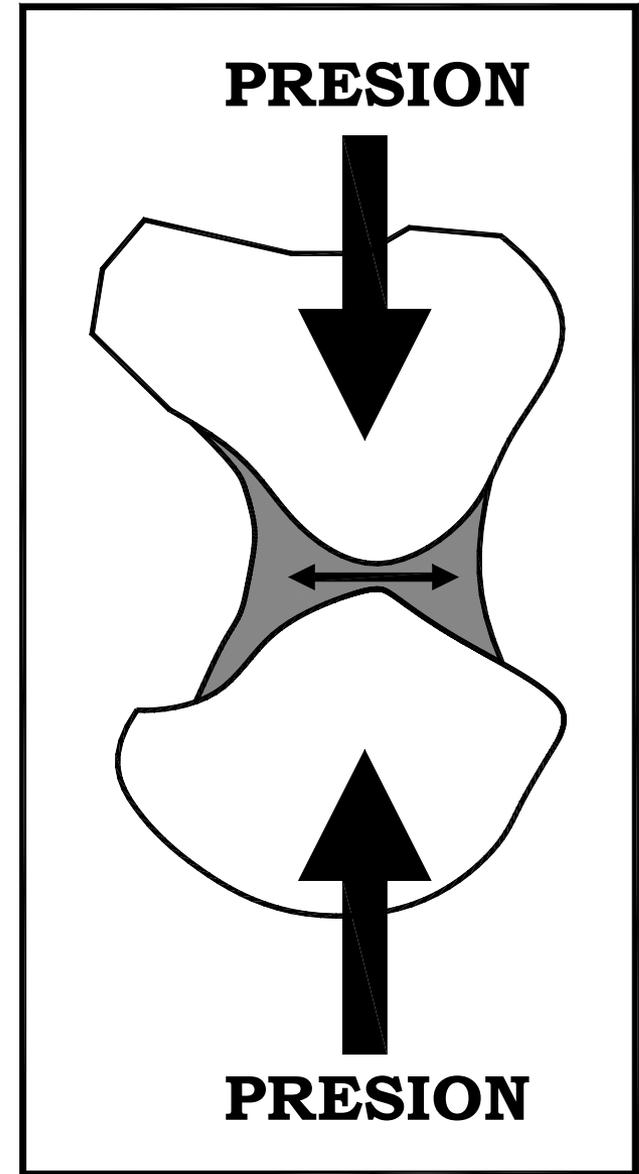
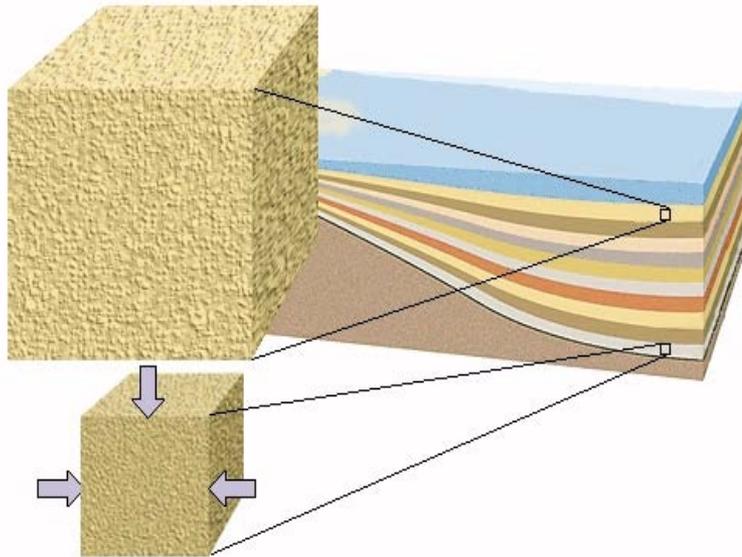
- **Por lo que la sedimentación determinará muchos procesos diagenéticos.**

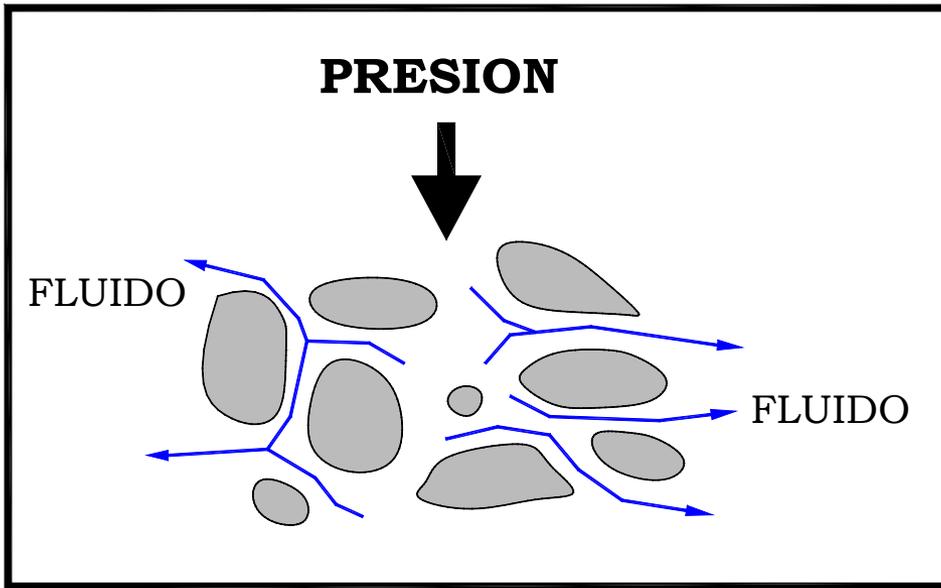
PROCESOS DE LA DIAGÉNESIS

- 1. COMPACTACIÓN** (*mecánica o física y química, incluyendo una deformación o reorientación de los granos*).
- 2. CEMENTACIÓN** (*relleno de espacios porosos de origen primario o secundario*).
- 3. RECRISTALIZACIÓN** (*cambios en el tamaño del cristal, esfuerzo y geometría*).
- 4. REEMPLAZAMIENTO** (*de un mineral por otro*).
- 5. DISOLUCIÓN** (*de minerales inestables en poros secundarios, vesículas o cavernas*).
- 6. AUTIGÉNESIS** (*desarrollo de nuevos minerales*).

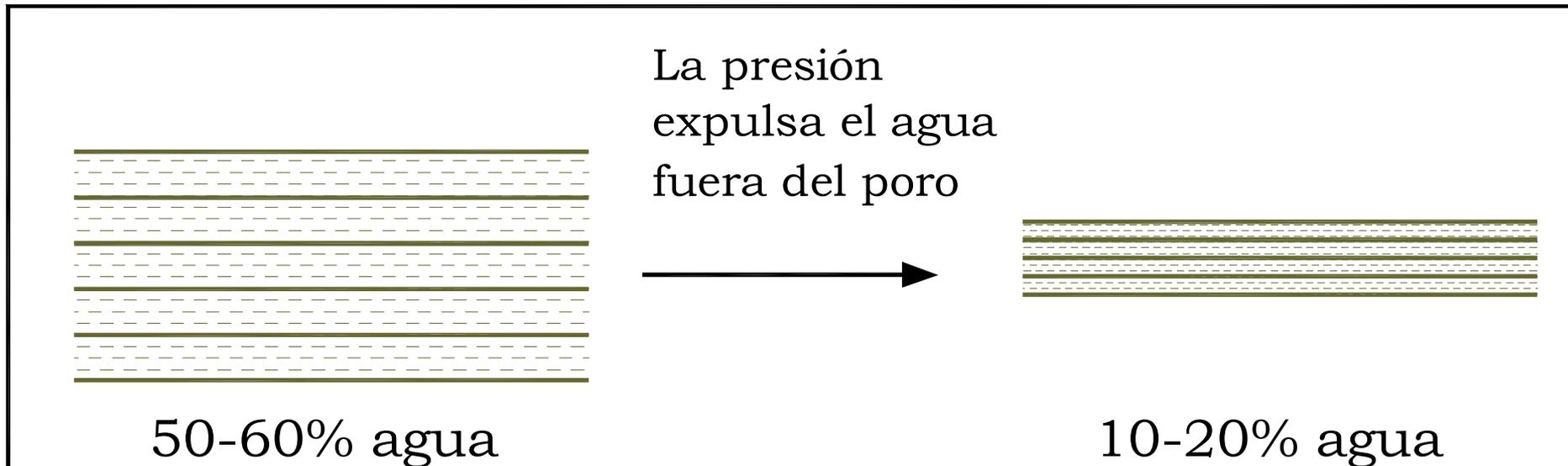
1. COMPACTACIÓN:

Es la reducción de volumen del sedimento, (ya sea detritos, minerales, aloquímico u ortoquímico), ocasionada principalmente por las fuerzas verticales ejercidas por una capa de recubrimiento creciente, o por fluidos intersticiales, a medida que es compactado el sedimento.





La **COMPACTACIÓN** también reduce los espacios porosos, resultado de la desecación y reducción de volumen de los espesores acumulados.





Compactación-disolución:

es la disolución principalmente a lo largo de la superficie de estratificación, provocada por la compactación. Se observa como estilolitas o vetas de disolución.

Foraminífero deformado por la diagénesis, 5x, luz transmitida.



**Estructuras estilolíticas,
obtenida del pozo Yaxcopoil-1,
prof. 754.5 m.**

ESTILOS DE DISOLUCIÓN POR PRESIÓN

CICATRICES NO SUTURADAS

Paralelas

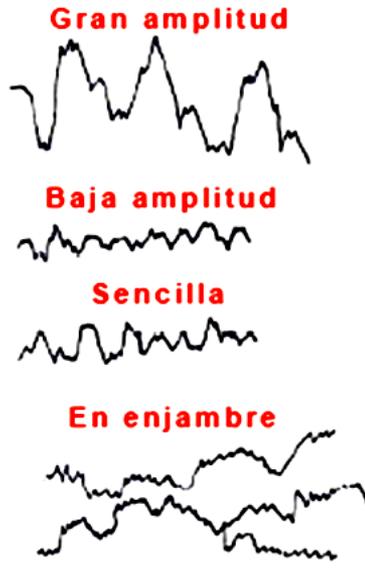


No Paralelas (Reticuladas)

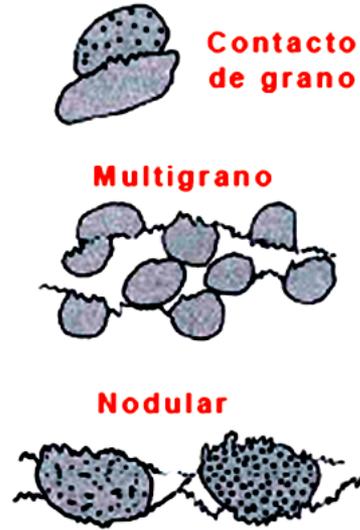


CICATRICES SUTURADAS

Paralelas

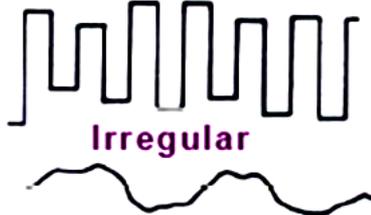


No Paralelas (Reticuladas)



TIPOS DE ESTIOLITAS

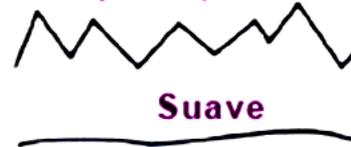
Columnares



De picos y gran amplitud



De picos y baja amplitud

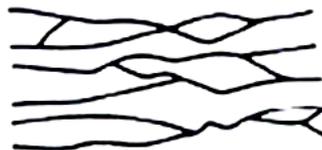


TIPOS DE SETS DE ESTIOLITAS

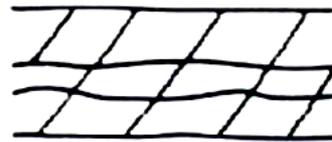
Paralelos



Irregulares anastomosados



Conjugados



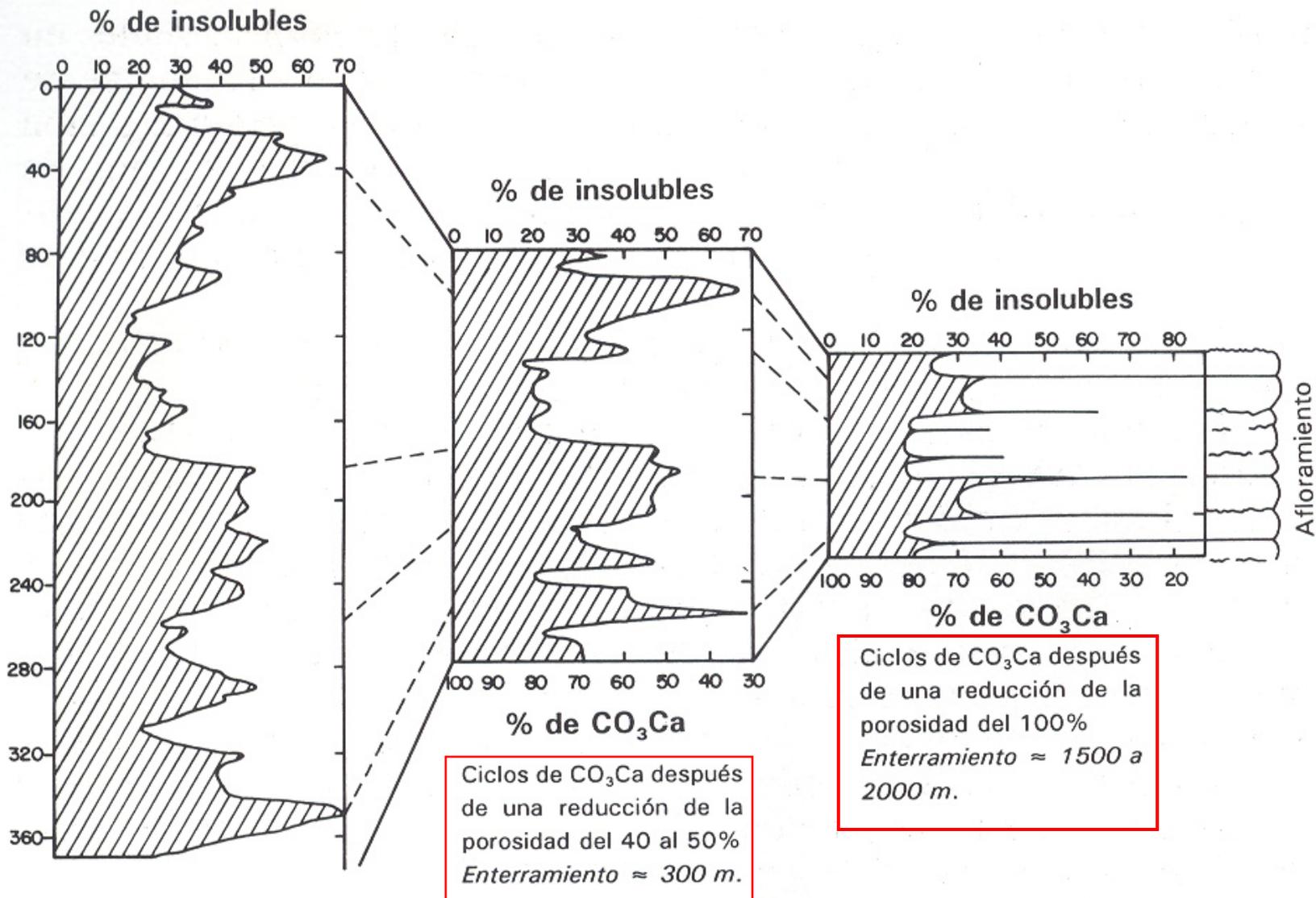
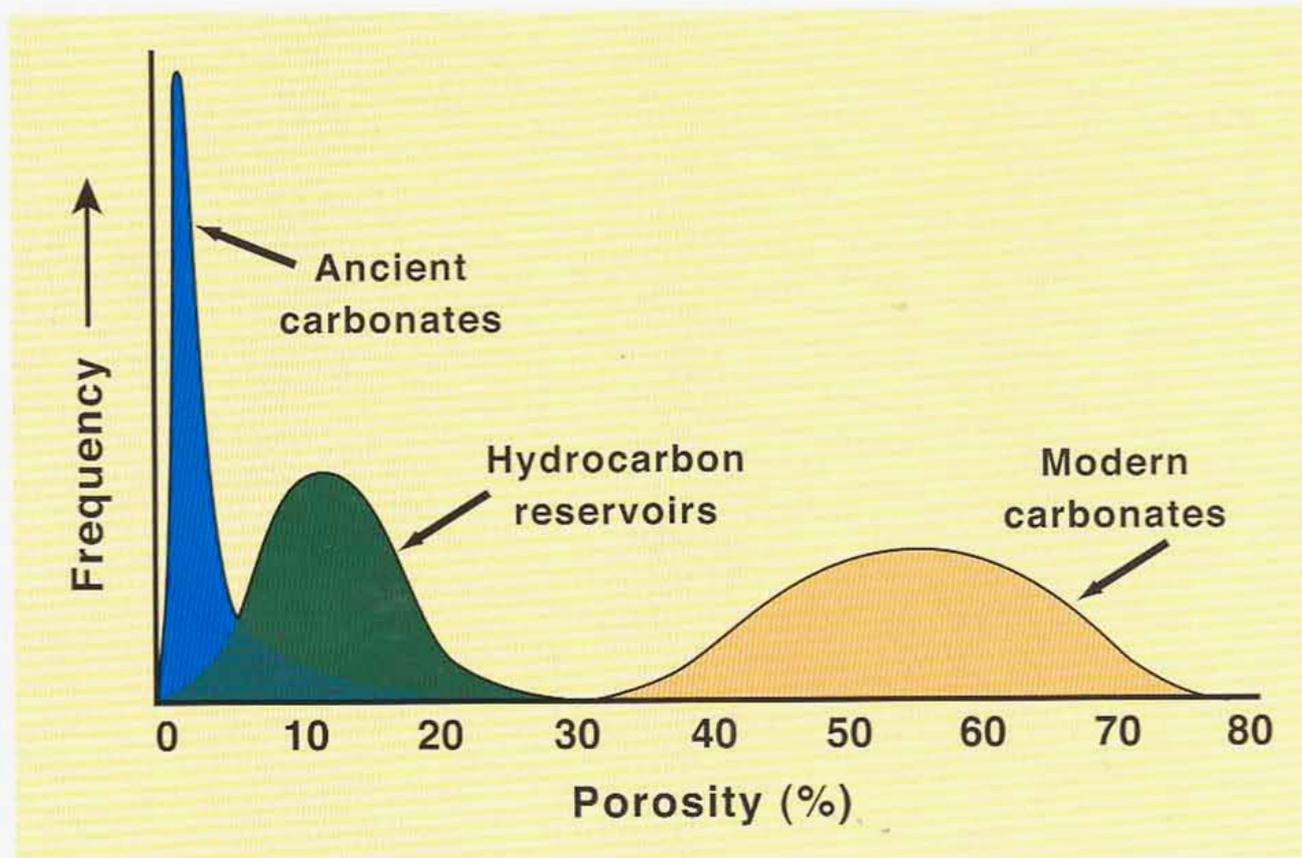


Figura 16.8.- Evolución de los ciclos de calizas/margas en función de una diagénesis creciente (Pomerol *et al.*, 1987). La disminución progresiva de la porosidad (80% inicial) hace que durante la compactación se reduzcan notablemente los espesores de niveles de máximo contenido en material insoluble, quedando representados en niveles extraordinariamente finos.

- La diagénesis puede reducir la porosidad y la permeabilidad o puede incrementarlas.
- En general existe una pérdida de estas con un incremento en el tiempo y una profundidad de sepultamiento.



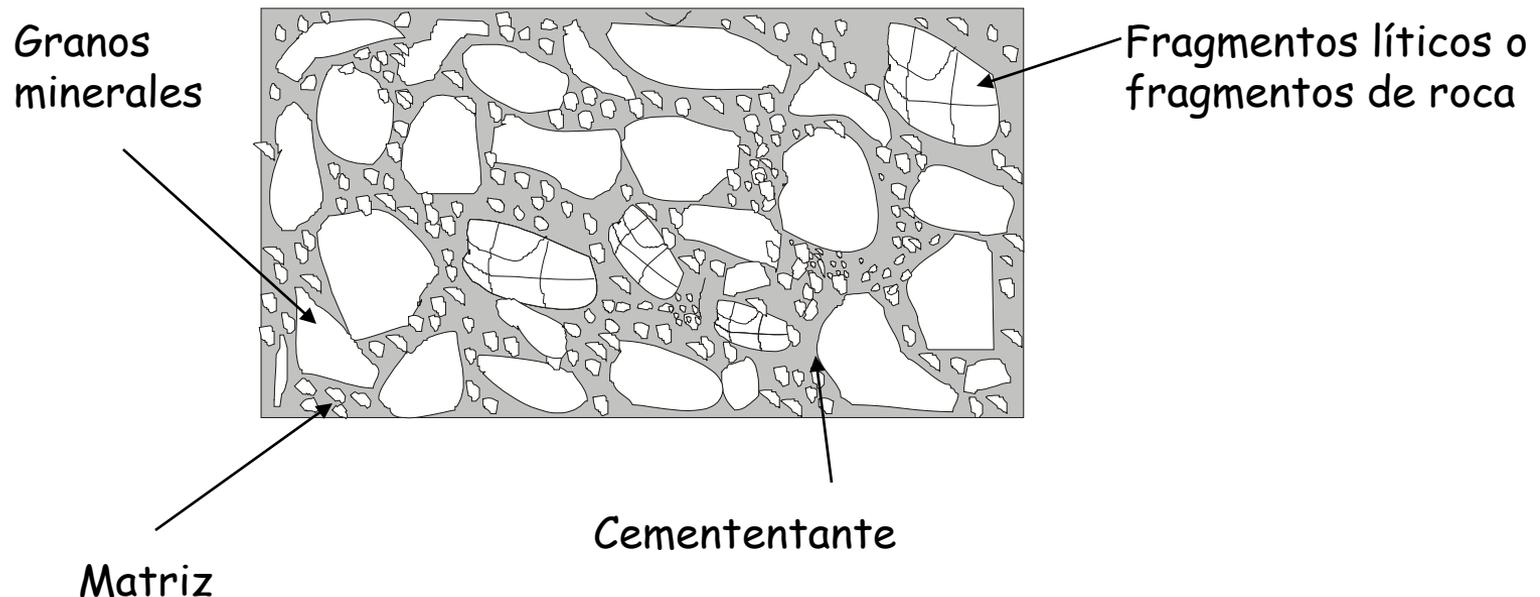
Comprender los procesos diagenéticos, los factores que provocan la pérdida de porosidad, la relativa coordinación de la migración del petróleo contra la evolución de la porosidad son importantes en la explotación de hidrocarburos y depósitos de minerales carbonatados.

2. CEMENTACIÓN:

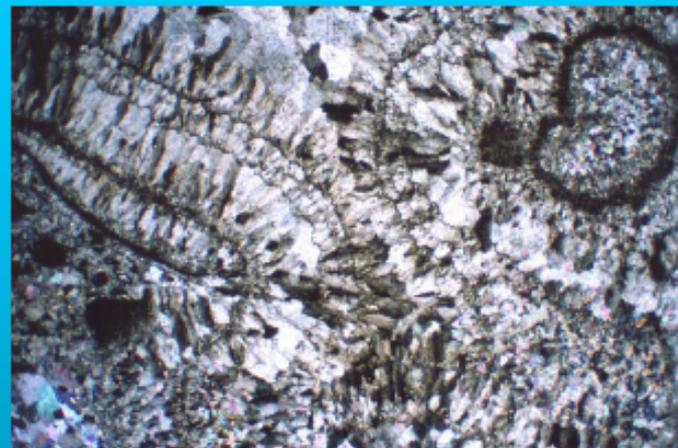
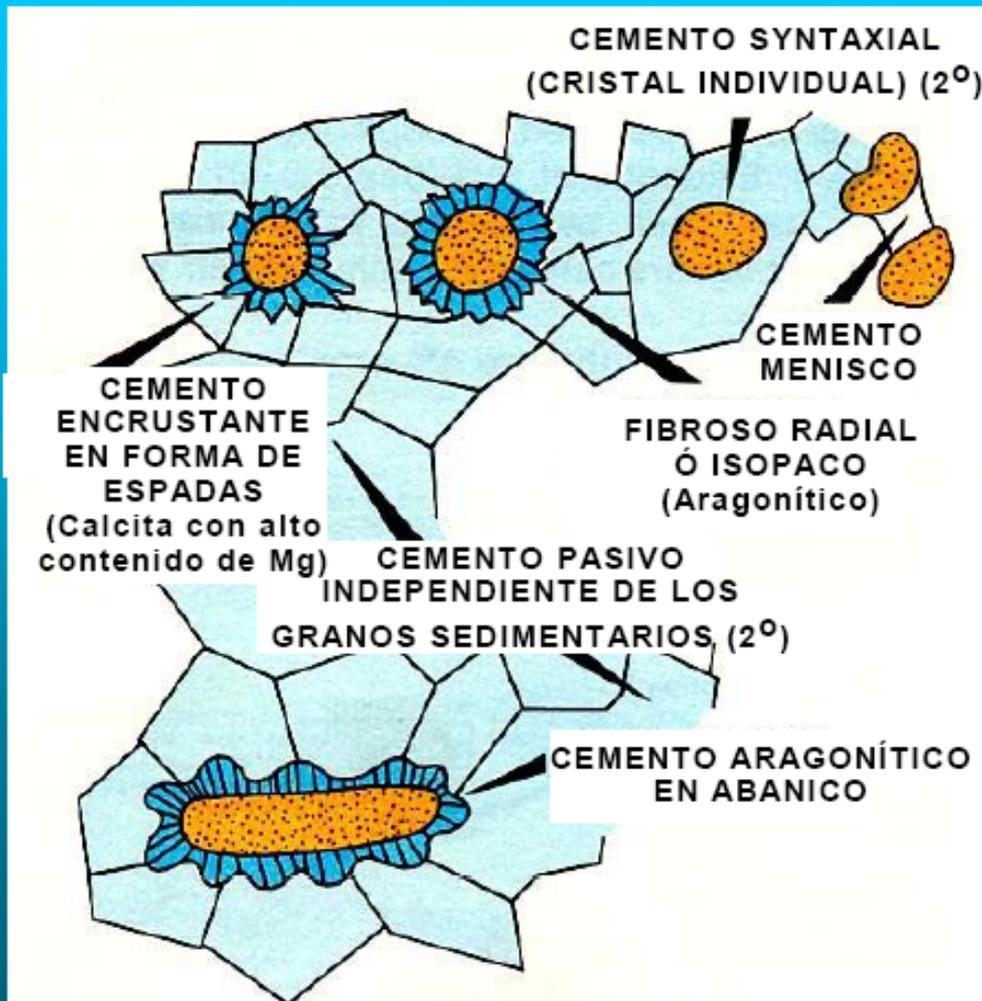
Relleno de espacios porosos de origen primario o secundario. Es uno de los cambios diagenéticos más comunes y produce la rigidez de un sedimento, uniendo a las partículas unas con otras.

La *cementación* puede ocurrir simultáneamente con la sedimentación, o bien el cemento puede ser introducido en un tiempo posterior.

Los *materiales cementantes* más comunes son: Dolomita ($(\text{Ca}/\text{Mg})\text{CO}_3$), Calcita (CaCO_3), o Aragonita (CaCO_3), Sílice (SiO_2), Óxidos de hierro (Fe_2O_3), Siderita (FeCO_3).



2. Cementos

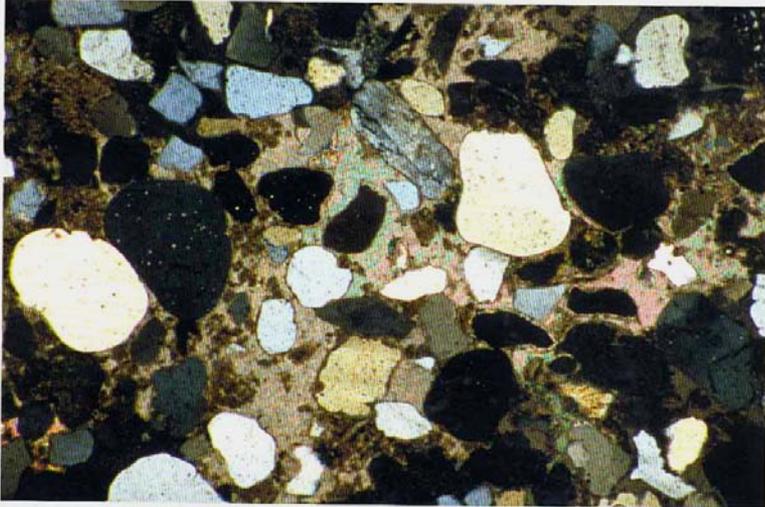


Acicular aragonítico y Micritico

Microestalactítico



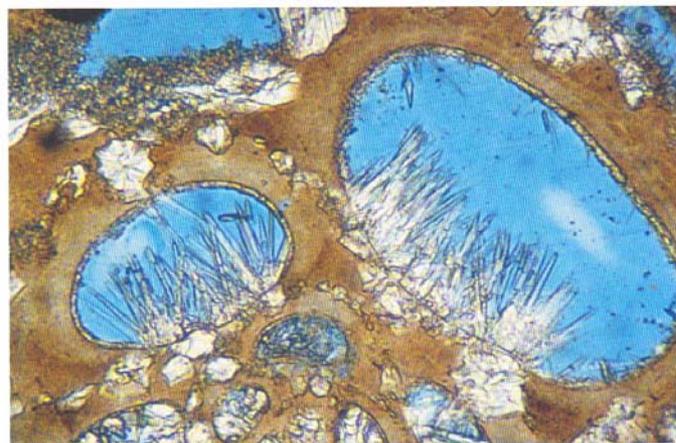
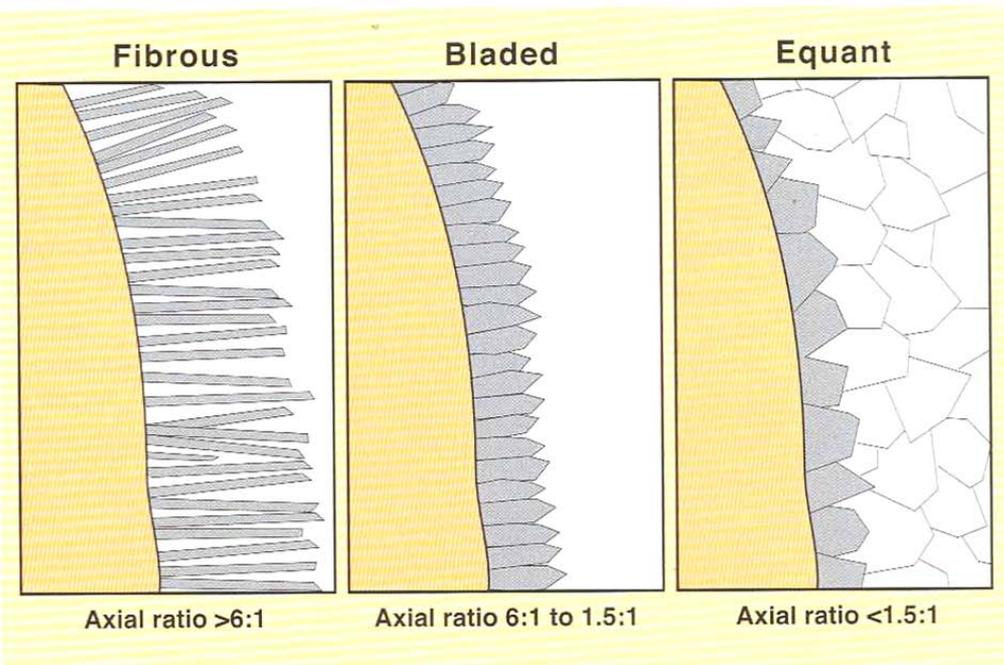
Pendente



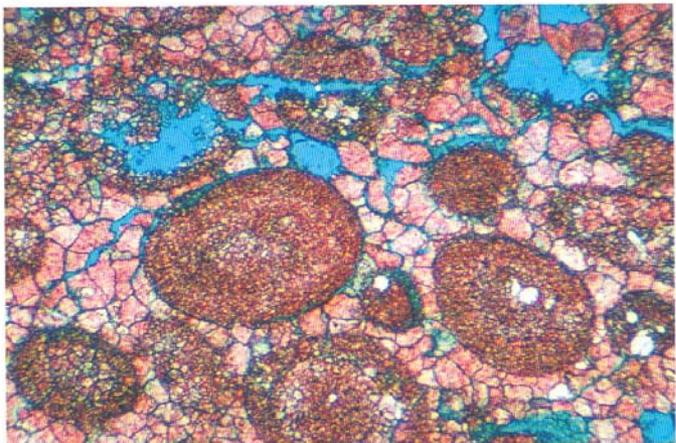
Cementación en una arenisca calcárea, cemento de calcita poikilítica.



Cemento de calcita radial-fibrosa, formadas en todos los poros, envolviendo a fósiles planctónicos. Comúnes en arrecifes.



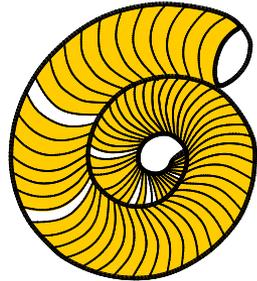
Cementación fibrosa



Cementación ecuante o igual

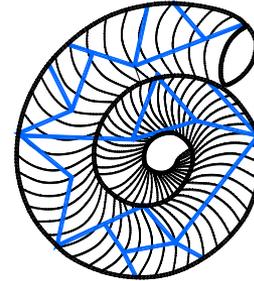
3. RECRISTALIZACIÓN:

Reorganización cristalográfica secundaria de los minerales, debido a un incremento de esfuerzos u otras influencias.



ARAGONITA

Estructura finamente detallada en la concha de un amonita.



CALCITA

Mosaico con cristales grandes en la concha con el nuevo mineral después de que ocurrió recristalización.

4. REEMPLAZAMIENTO:

Existe un desarrollo de nuevos minerales por reacciones entre los elementos constitutivos originales de los sedimentos y los materiales acarreados de fuentes externas.

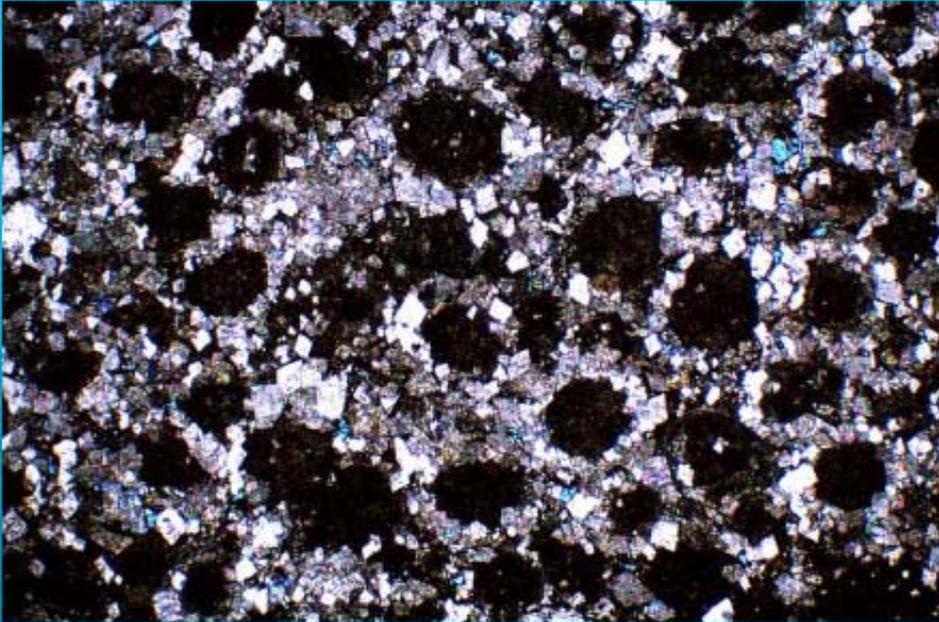
El nuevo mineral se desarrolla en el espacio ocupado por el original, sin cambio de volumen, y puede tomar la forma del mineral reemplazado (pseudomorfo).

5. DISOLUCIÓN (SOLUCIÓN DIFERENCIAL):

Son procesos de disolución selectiva dentro del sedimento, como elementos constitutivos particulares o a lo largo de los planos de estratificación.

Disolución de
aragonito en
oolitas

LA DOLOMITA



- Cemento diagenético secundario.
- Cristales rómbicos (forma más común)
- Generado por procesos muy complejos, en ambientes diagenéticos enriquecidos en Magnesio.

LA DOLOMITIZACIÓN: Proceso a través del cual cristales de Dolomita - $\text{CaMg}(\text{CO}_3)_2$ - reemplazan carbonato de calcio (CaCO_3)

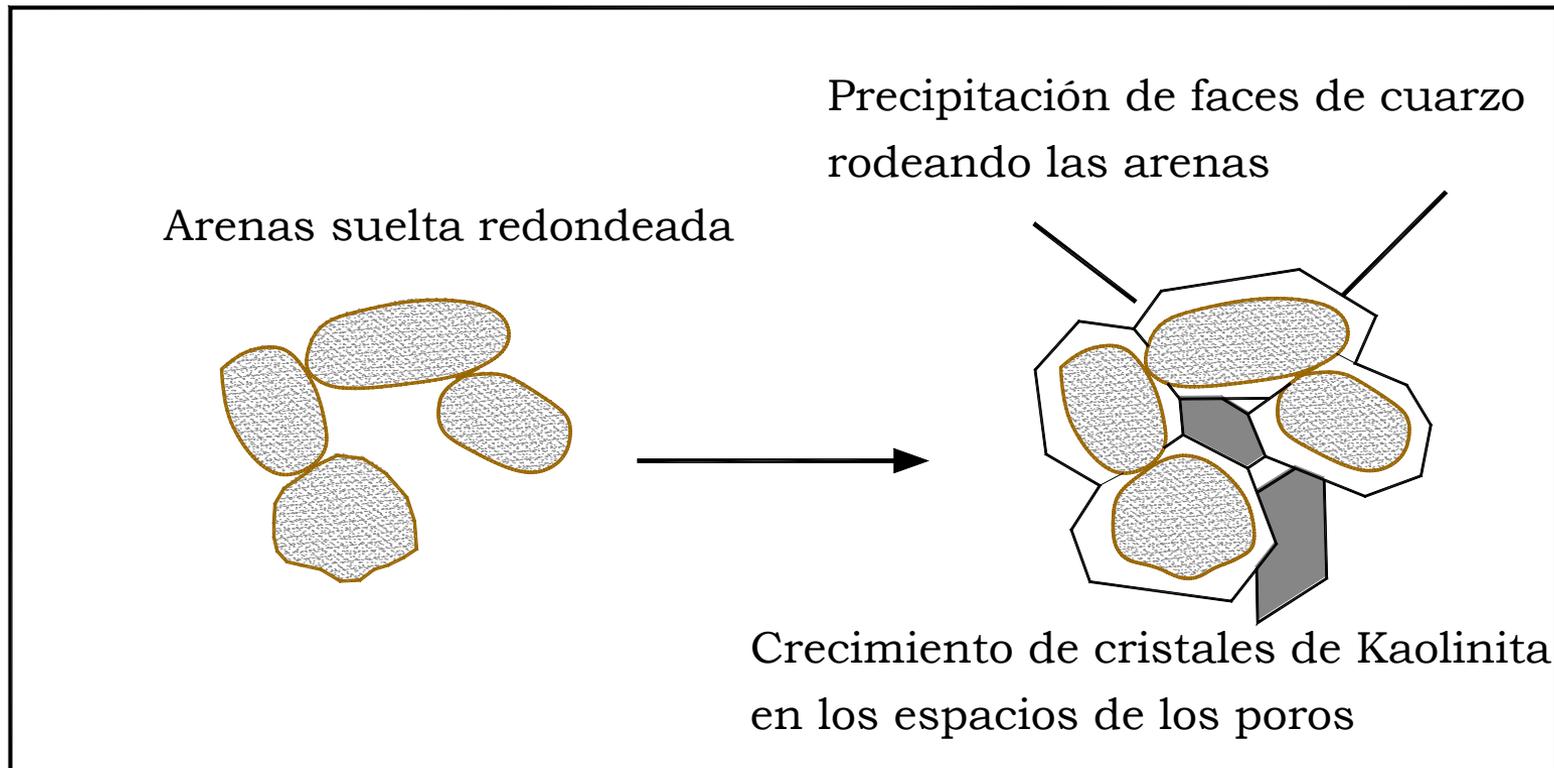
- Fuente del ión Mg^{2+} ????
- Proceso de bombeo del fluido dolomitizante dentro de la caliza ????



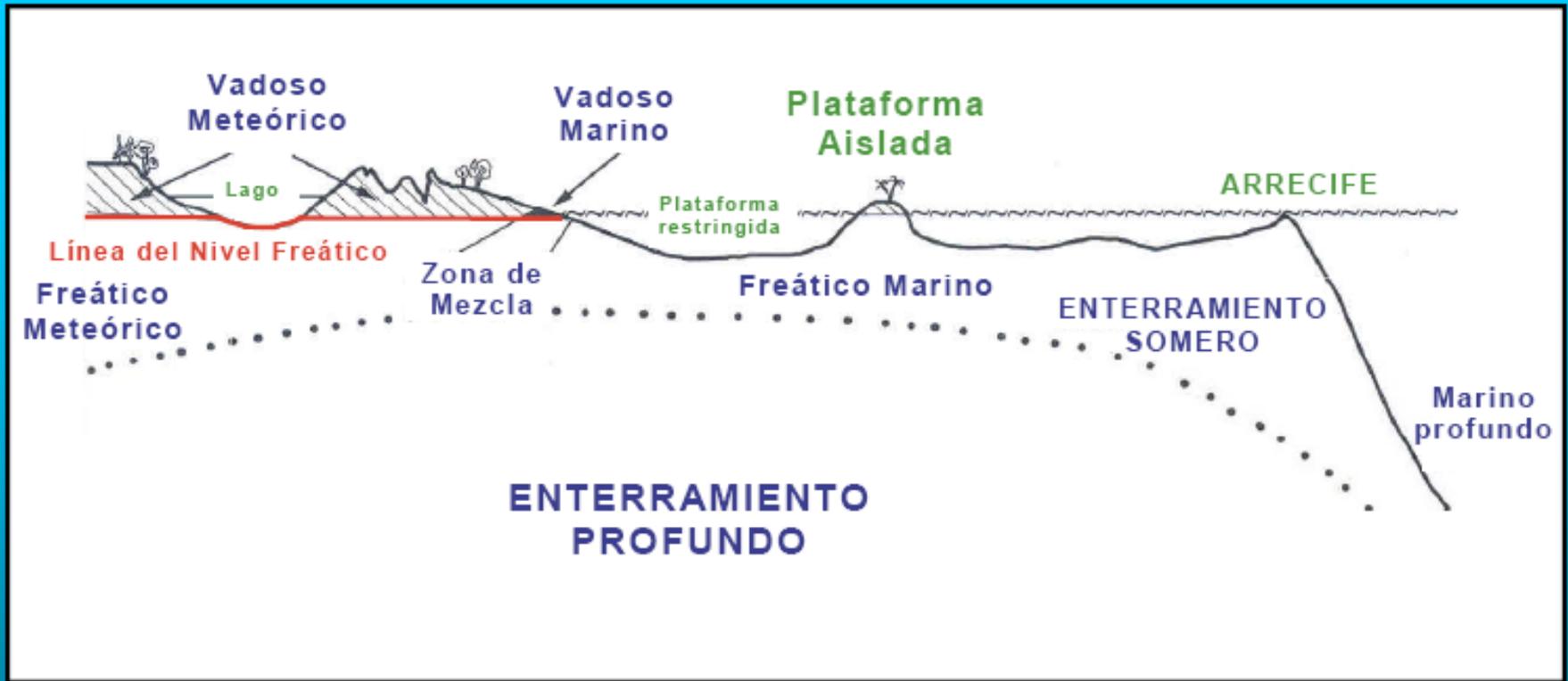
NODULOS: Formas irregulares, esféricas, sin estructura interna y de composición diferente a la de la roca encajonante. Son de composición variable aunque los más frecuentes son los de “pedernal”, que aparecen normalmente en calizas y dolomías.

6. AUTIGÉNESIS:

Es el desarrollo de nuevos minerales o sobrecrecimientos dentro de un sedimento.



Ambientes Diagenéticos



VADOSO: Por encima del nivel freático (poros rellenos de aire y agua meteórica)

FREÁTICO METEÓRICO: Por debajo del nivel freático con influencia de agua meteórica (poros con agua meteórica)

FREÁTICO MARINO: Por debajo del nivel freático con influencia de agua marina (poros con agua marina)

DE SEPULTAMIENTO: Por debajo de la influencia de la diagénesis superficial y hasta la línea donde comienza el metamorfismo de bajo grado

Los cambios diagenéticos son importantes porque pueden **modificar** considerablemente las **propiedades originales** de los **sedimentos**, es decir, afectan:

- *la composición*
- *la textura*
- *y en ciertos casos las estructuras primarias de los sedimentos*

De la misma manera, los eventos diagenéticos perturban a *la porosidad y permeabilidad* de los sedimentos alterando el potencial de los mismos como receptáculos de agua, gas y aceite.

A M B I E N T E

D I A G E N É T I C O

V A D O S O

F R E Á T I C O M E T E Ó R I C O

F R E Á T I C O M A R I N O

S E P U L - T A M I E N T O

Zona de Solución

Procesos:

1. Solución por aguas meteóricas no saturadas con CaCO_3

Productos

1. Remoción preferencial de la aragonita
2. Alta porosidad secundaria

Zona de Precipitación

Procesos:

1. Distribución del agua pendiente o menisco

Productos:

1. Cementación menor:
Pendiente Menisco
2. Conservación y alargamiento de la porosidad

Zona de Solución

Procesos:

1. Solución por aguas meteóricas no saturadas con CaCO_3

Productos:

1. Porosidad móldica y vugular
2. Neomorfismo

Zona Estancada

Procesos:

1. Poca o nula circulación de agua
3. Saturación de CaCO_3

Productos:

1. Poca cementación
2. Poca disolución de los cementarios
3. Estabilización de la aragonita
4. Preservación de la porosidad
5. Neomorfismo

Zona Activa

Procesos:

1. Agua circulante a través del sedimento
2. Cementación rápida

Productos: **Mayoría de cementación secundaria**

1. Calcita ecuante
2. Calcita isopaca en cuchillos
3. Ortoesparita
4. Porosidad baja
5. Crecimiento sintaxial

Zona Estancada

Procesos:

1. Poca o nula circulación de agua
2. Control bacteriano en la cementación
3. Saturación de CaCO_3

Productos:

1. Poca cementación
2. Poca disolución de los cementarios

ZONA DE MEZCLA:

Dolomitización y Silicificación activas

Procesos:

1. Agua circulante a través del sedimento
2. Aguas empobrecidas con respecto a CaCO_3

Productos: **Mayoría de cementación primaria**

1. Agujas aragoníticas
2. Aragonita fibrosa isopaca
3. Aragonita botryoidal
4. Calcita Mg micritica y fibrosa.

1. Compactación física

2. Compactación química (Estilolitización)

3. Cementación tardía obliterante

4. Reducción de la porosidad

5. Dolomitización muy activa

6. Silicificación muy activa

A. Superficial (hasta 10's de m)

B. Profundo (hasta 100's y 1000's de m)

TRANSFORMACIÓN DEL PETRÓLEO

Un aspecto muy importante de las reacciones diagenéticas es que **pueden crear petróleo por transformación de materia “prima” orgánica** de los sedimentos.

La **migración del petróleo y su entrapamiento** final están claramente relacionados con las reacciones diagenéticas.

Si los **hidrocarburos ocupan los espacios** porosos no se precipitará algún cemento mineral.

Se han reconocido tres fases o estados para la diagénesis:

Fairbridge reconoce 3 fases:

- Sindiagénesis (penecontemporánea)
- Anadiagénesis (durante el sepultamiento y la orogenia)
- Epidiagénesis (tardía)

Choquette y Pray reconoce tres estados:

- Eogenético (diagénesis temprana)
- Mesogenético (diagénesis media)
- Telogenético (diagénesis tardía)

Estos sistemas expresan tres condiciones: tiempo, lugar y procesos.

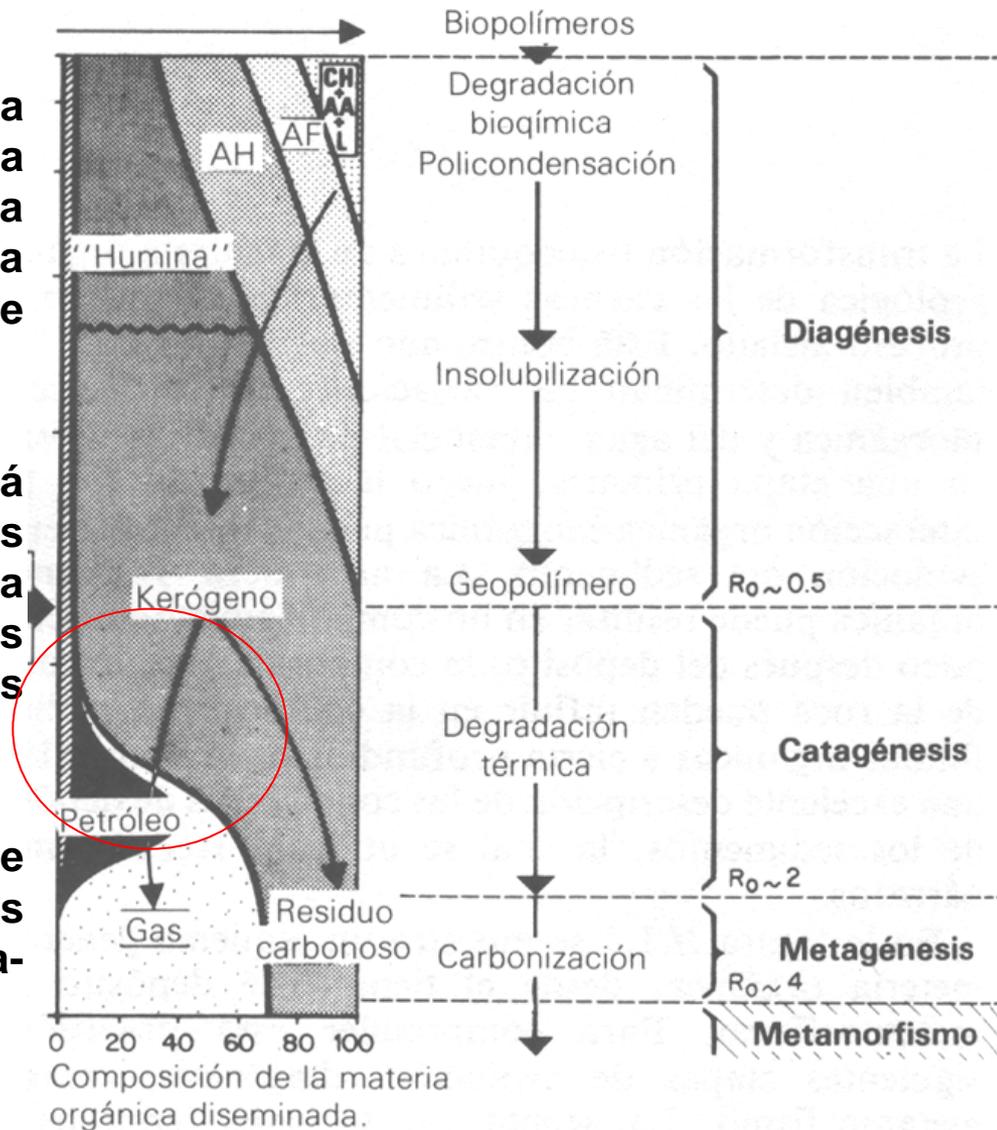
Strakhov distingue 2 tipos de cambios primordiales:

- La **SEDIMENTOGENESIS** que se refiere a la formación del sedimento
- La **METAGENESIS** que reúne a tres procesos que son:
 - * **Diagénesis**
 - * **Catagenesis (epigénesis)**
 - * **Protometamorfismo**

DIAGENÉISIS.- Se ha restringido a la transformación del sedimento a roca sedimentaria, incluyendo la neoformación de minerales, la redistribución y recristalización de minerales y litificación.

CATAGÉNESIS (epigénesis).- Está relacionada a los cambios secundarios que se originan en la roca sedimentaria ya formada, es decir, se aproxima y enlaza con los procesos metamórficos.

PROTOMETAMORFISMO.- Fase que se excluye de los procesos sedimentarios (procesos meta-sedimentarios).



ETAPAS DE LA DIAGÉNESIS SEGÚN N. M. STRAKOV

La **diagénesis** y la **catagénesis** se han ordenado en cuatro etapas según la variación de los factores al aumentar la profundidad de enterramiento.

ETAPA I . HALMIRÓLISIS

ETAPA II . SINDIAGÉNESIS

ETAPA III . REDOXOMÓRFICA

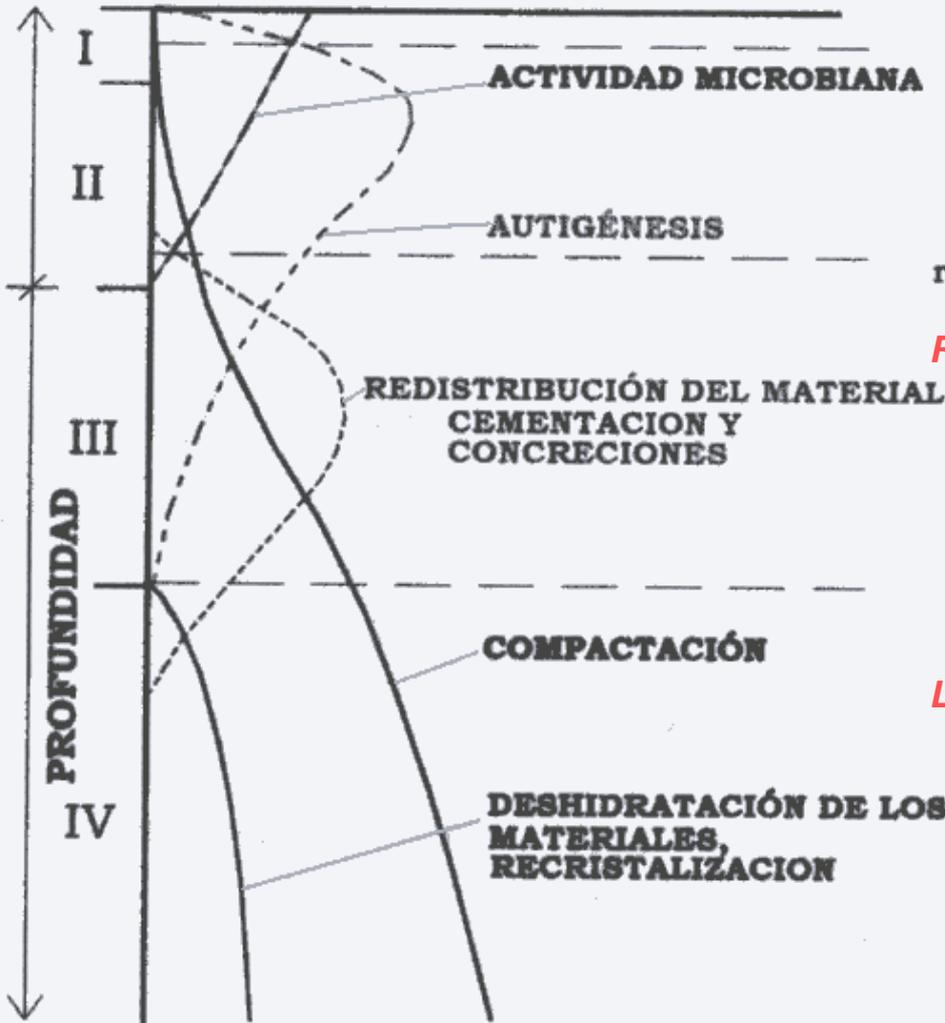
ETAPA IV . LOCOMÓRFICA



Aumenta la
profundidad
de
sepultamiento.

DIAGENESIS

CATAGENESIS



HALMIRÓLISIS

Neoformación oxidante (1a etapa).

SINDIAGÉNESIS

Neoformación reductora (2a etapa).

REDOXOMÓRFICA

Cementación redistribucion concreciones (3a etapa).

LOCOMÓRFICA

Litificación (4a etapa).

Diagénesis inicial
Enterramiento temprano

ANADIAGÉNESIS



ETAPA 1. HALMIRÓLISIS

Reorganización y sustitución que tienen lugar en el sedimento cuando aún está en contacto con el agua de mar y cuando las partículas pueden ser removidas por ella.

Se realizan procesos de **neoformación** (autigénesis o neogénesis) de minerales bajo condiciones oxidantes o neutras.

Puede darse de 1 a 2 metros, pero en cuencas normales se reduce a una profundidad de 10 a 50 cm. y en cuencas restringidas, con poca agitación y condiciones reductoras puede estar ausente.

- La actividad bacteriana es intensa.
- Existen transformaciones químicas submarinas de los minerales que han pasado a inestables en el medio diagenético.
- Se liberan sustancias como **sílice**.
- El **Fe, Mn y P** se fijan selectivamente al sedimento o entran a formar parte de minerales autigénicos como la glauconita.

ETAPA 2. SINDIAGÉNESIS

- Separada de la anterior por el límite Eh (potencial redox)=0
- Zona reductora y con vida anaérobica.
- La neoformación tiende a dar minerales con iones en forma reducida, transformación de sulfatos (marcasita) en sulfuros (pirita).
- Los minerales producto de estas dos primeras etapas van a depender del líquido intersticial, de la composición del sedimento y la variación de los factores de la diagénesis en profundidad.
- Con el objeto de poder aplicar estos conceptos al estudio de los procesos geoquímicos que ocurren en la naturaleza debemos incluir otro término, el *potencial redox (Eh)*.
- Sabemos por ejemplo que el azufre disuelto en los mares abiertos (oxigenados) se encuentra en la forma de SO_4^{2-} , mientras que en charcas anóxicas, éste se encuentra bajo la forma de H_2S . Esta capacidad de los ambientes naturales para oxidar o reducir compuestos es medida cuantitativamente mediante el *potencial redox (Eh)*.

ETAPA 3. REDOXOMÓRFICA ***(Autometamórfica)***

- Termina la actividad orgánica.
- Inicio de la compactación.
- Máxima redistribución de sustancias con recristalización durante la formación del cemento o de las concreciones.
- Cambios en el aspecto geométrico original del sedimento.
- Transformaciones mineralógicas.

ETAPA 4. LOCOMÓRFICA (ANADIAGÉNESIS)

- **Transformación del sedimento plástico en roca, intensa compactación acompañada de reestructuraciones cristalinas.**
- **Deshidratación y estabilización**
- **Precipitación de minerales en los poros.**
- **Introducción de cemento.**
- **Crecimientos cristalinos secundarios.**

FIN