

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= potencial redox) y fuentes de energía requeridas, hasta antes del metamorfismo.

(Un valor Eh positivo y de alta magnitud es indicativo de un ambiente que favorece las reacciones de oxidación. Eh negativo y de baja magnitud es indicativo de un ambiente altamente reductor).

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.**

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 paleocuenas, 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.

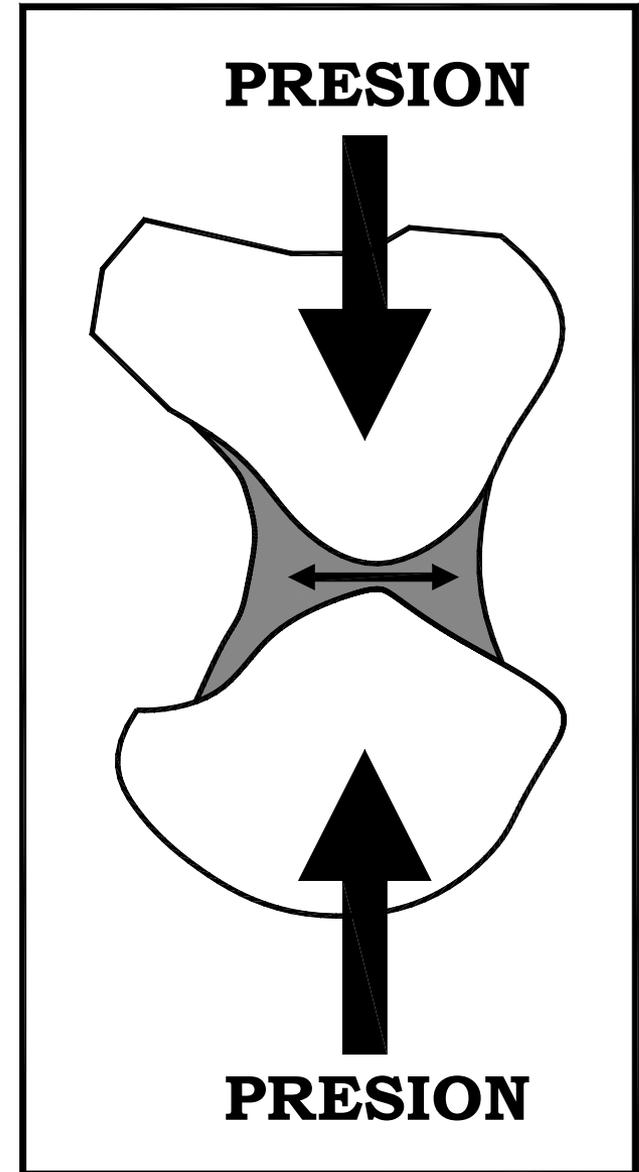
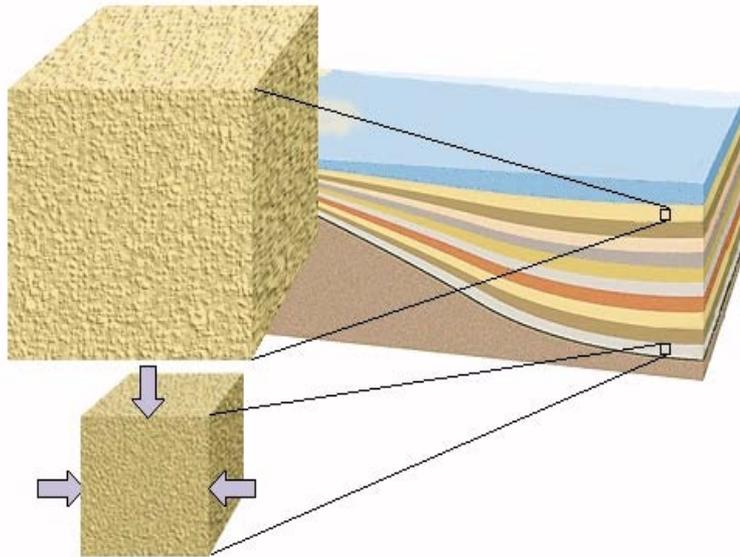
PROCESOS DE LA DIAGÉNESIS

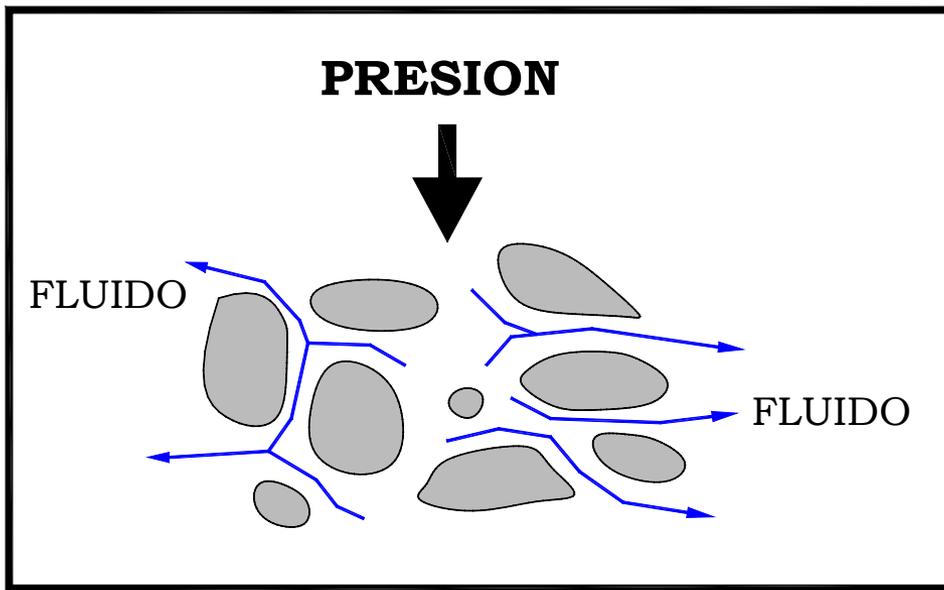
- 1. COMPACTACIÓN** (*mecánica o física y química, incluyendo una deformación o reorientación de los granos*).
- 2. CEMENTACIÓN** (*relleno de espacios porosos de origen primario o secundario*).
- 3. RECRISTALIZACIÓN** (*cambios en el tamaño del cristal, esfuerzo y geometría*).
- 4. REEMPLAZAMIENTO**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

1. COMPACTACIÓN:

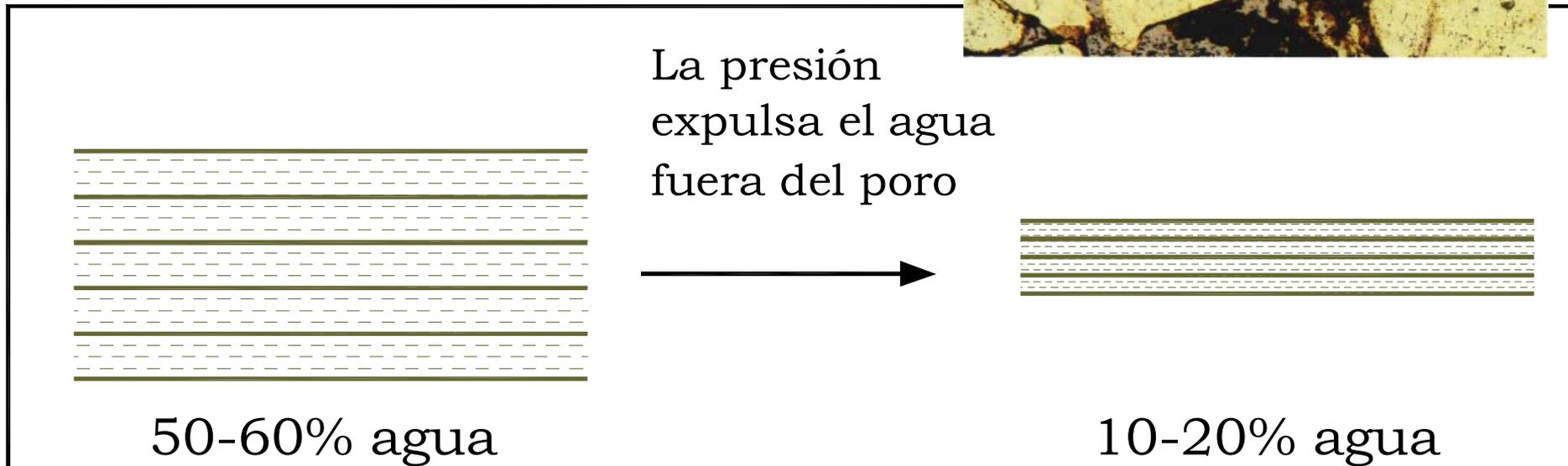
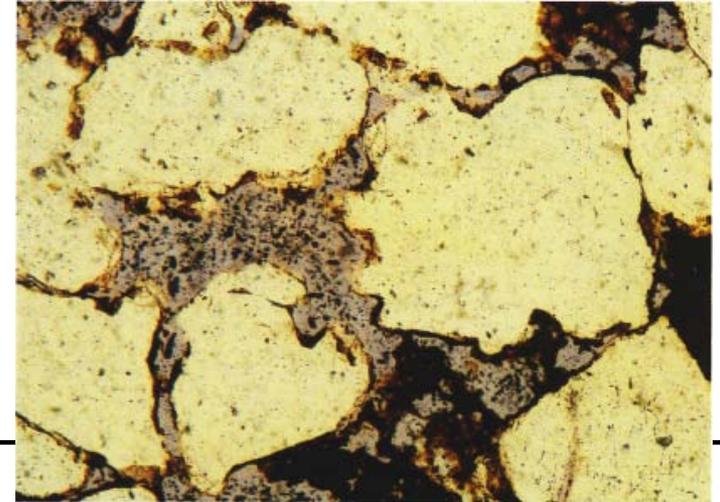
Es la reducción de volumen del sedimento, (ya sea detritos, minerales, aloquímico u ortoquímico).

Se refiere a los procesos químicos o mecánicos que son provocados por la sobrecarga de los sedimentos durante el sepultamiento y el incremento de la presión y la temperatura.





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



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



Compactación- presión- solución:

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

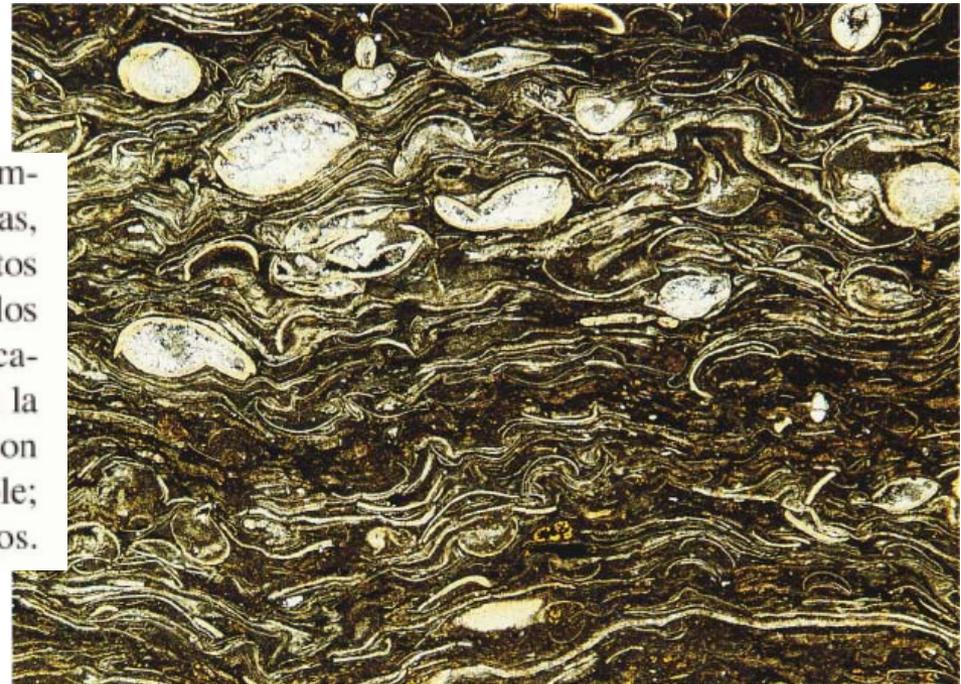


Estructuras estilolíticas, obtenida del pozo Yaxcopoil-1, prof. 754.5 m.



Sección transversal de un gasterópodo, conservado en forma de molde. La pared de la concha se fracturó y algunos de los fragmentos se reorientaron durante la compactación.

136 ilustra una roca sedimentaria bioclástica fuertemente compactada, compuesta por ostrácodos con las dos valvas unidas, también valvas desarticuladas de estos organismos y fragmentos muy delgados y alargados de bivalvos. La mayor parte de los fragmentos se presentan alineados paralelamente a la estratificación, si bien algunos están plegados y fracturados (v. p. ej., en la esquina superior izquierda de la fotografía). Los ostrácodos con las dos valvas completas han soportado una presión considerable; no obstante, la mayor parte de ellos se encuentran fracturados.



ESTILOS DE DISOLUCIÓN POR PRESIÓN

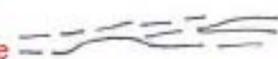
CICATRICES NO SUTURADAS

Paralelas

Sencilla



En
enjambre



No Paralelas (Reticuladas)

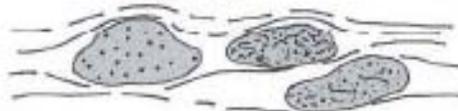
Contacto
de grano



Multigrano



Nodular



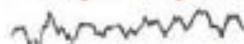
CICATRICES SUTURADAS

Paralelas

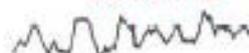
Gran amplitud



Baja amplitud



Sencilla



En enjambre

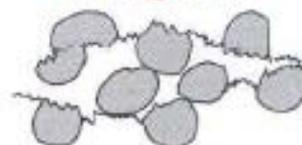


No Paralelas (Reticuladas)

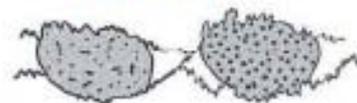


Contacto
de grano

Multigrano

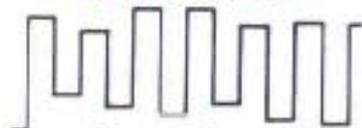


Nodular



TIPOS DE ESTIOLITAS

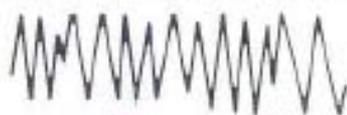
Columnares



Irregular



De picos y gran amplitud



Hummocky



De picos y
baja amplitud

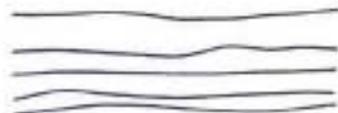


Suave

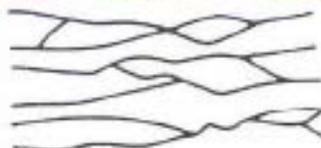


TIPOS DE SETS DE ESTIOLITAS

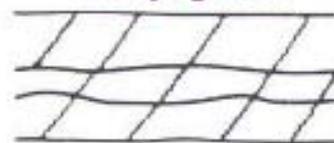
Paralelos

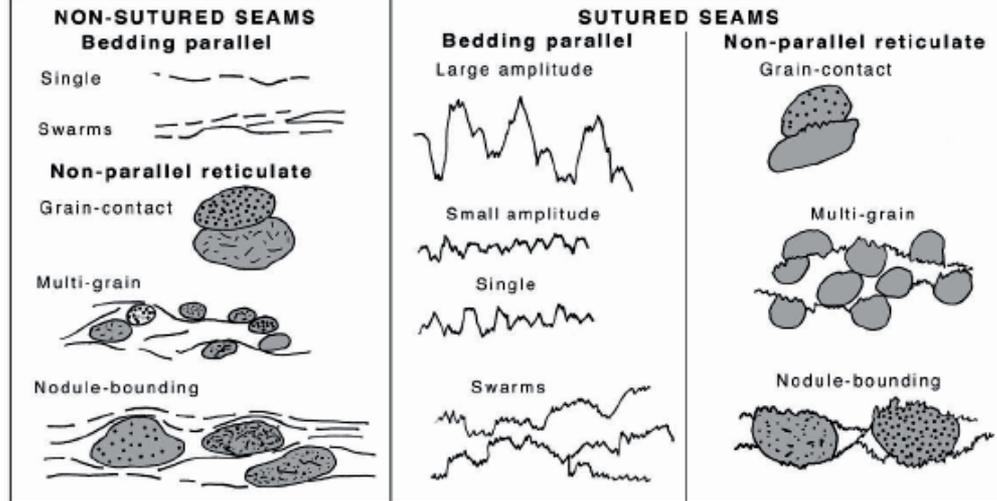
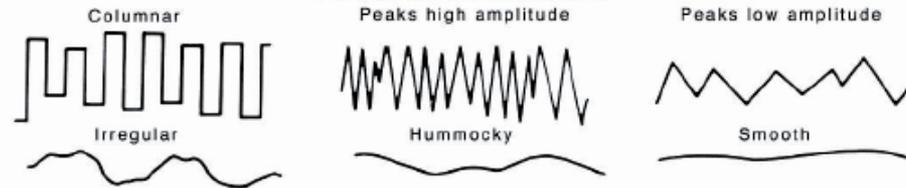
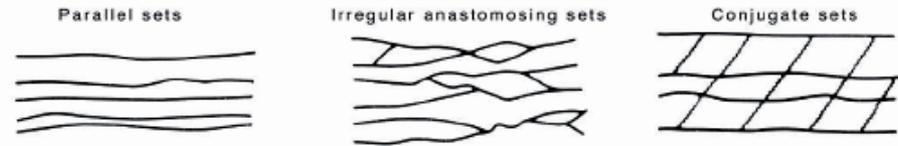
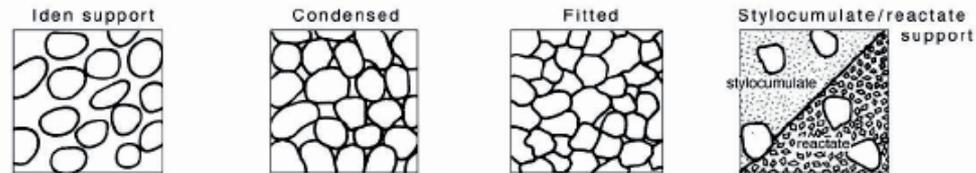
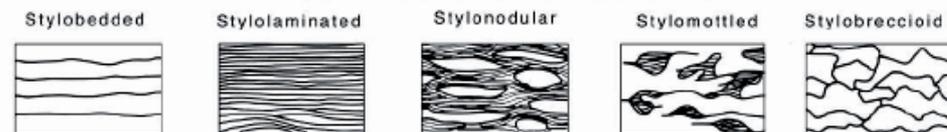


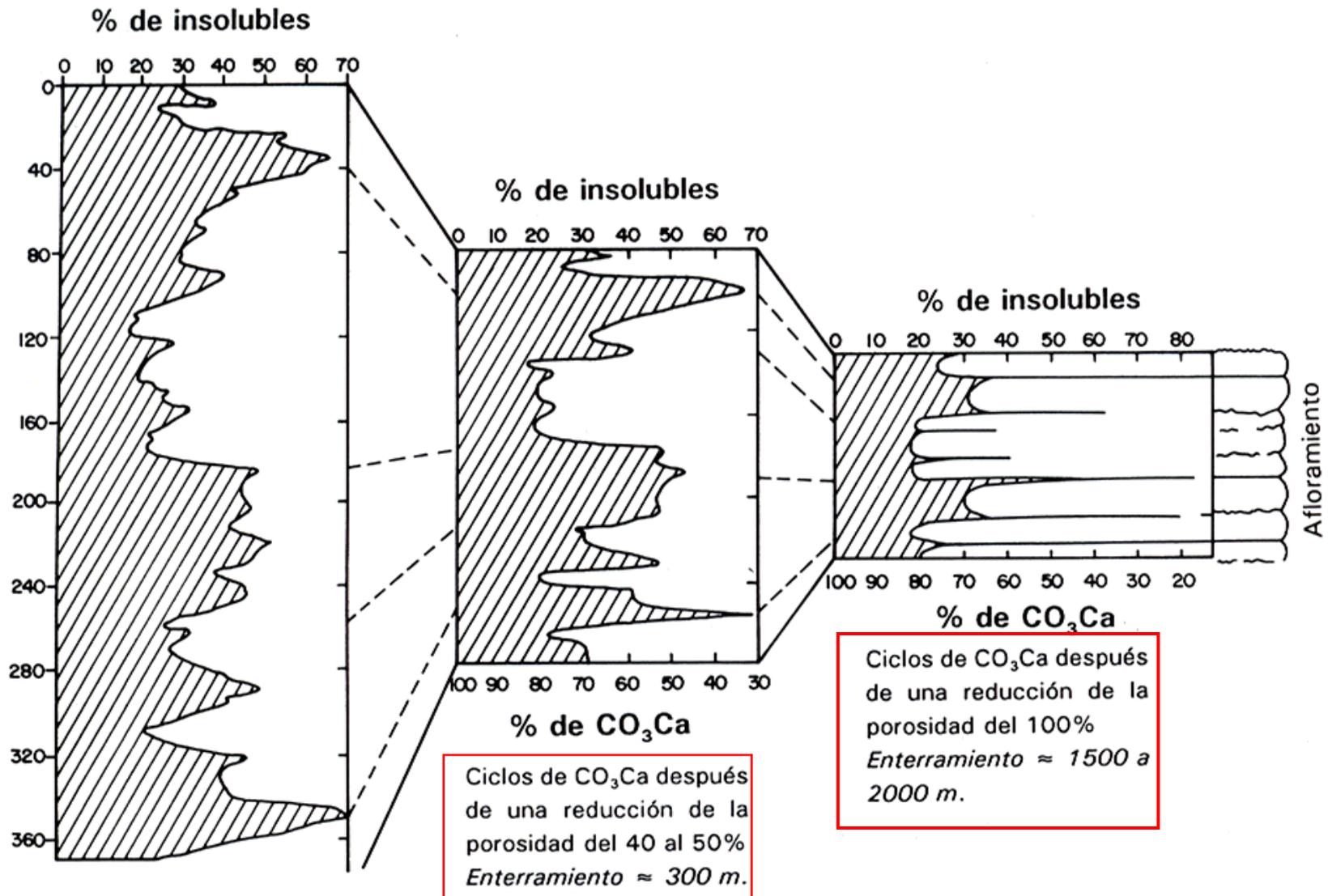
Irregulares anastomosados



Conjugados



A**STYLES OF PRESSURE SOLUTION****B****TYPES OF STYLOLITES****TYPES OF STYLOLITE SETS****FABRIC TYPES****PRESSURE SOLUTION STRUCTURES**

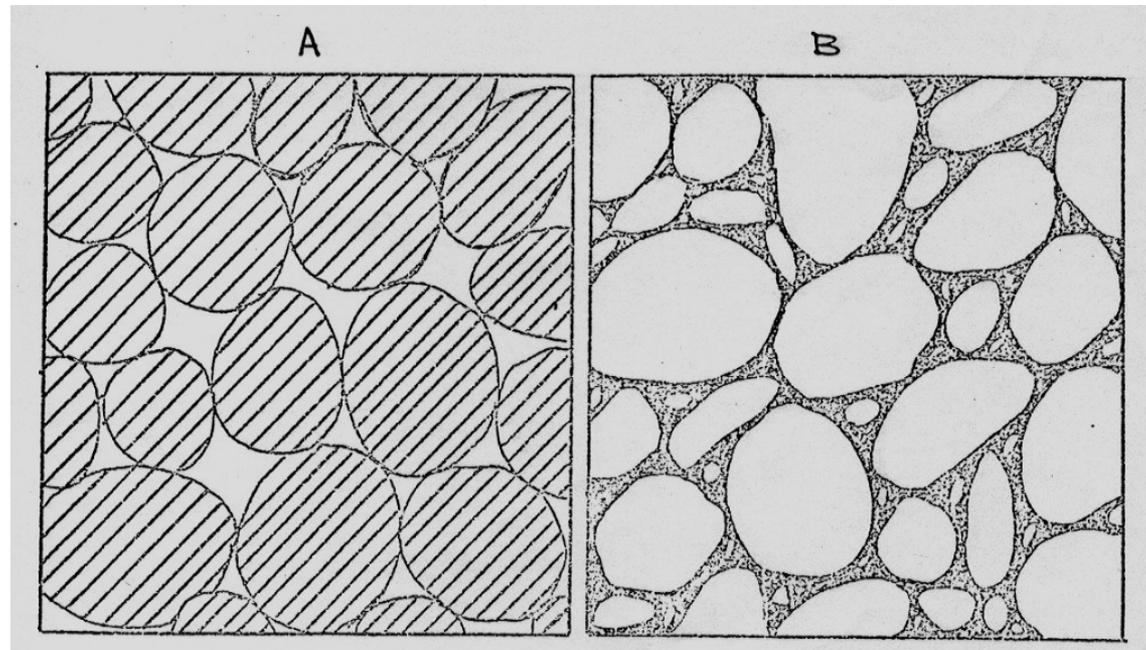


Evolución de los ciclos de calizas y margas en función de la diagénesis. La disminución progresiva de la porosidad (80% inicial), hace que durante la compactación se reduzca notablemente los espesores de niveles de máximo contenido en material insoluble, quedando representados en niveles muy finos.

Tipo de roca o sedimento

Porosidad

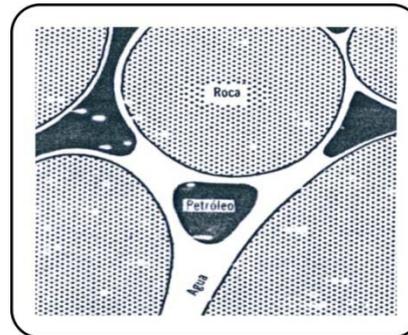
Arenisca	4-30 %
Arena limpia y uniforme	25-45
Grava limpia y uniforme (fig A)	25-45
Arena y grava mezcladas (fig B)	15±
Limolita y arcilla (depositada)	40-90
Limolita y arcilla (compactada y deshidratada)	20-40
Lutita	3-20
Calizas	1-15+



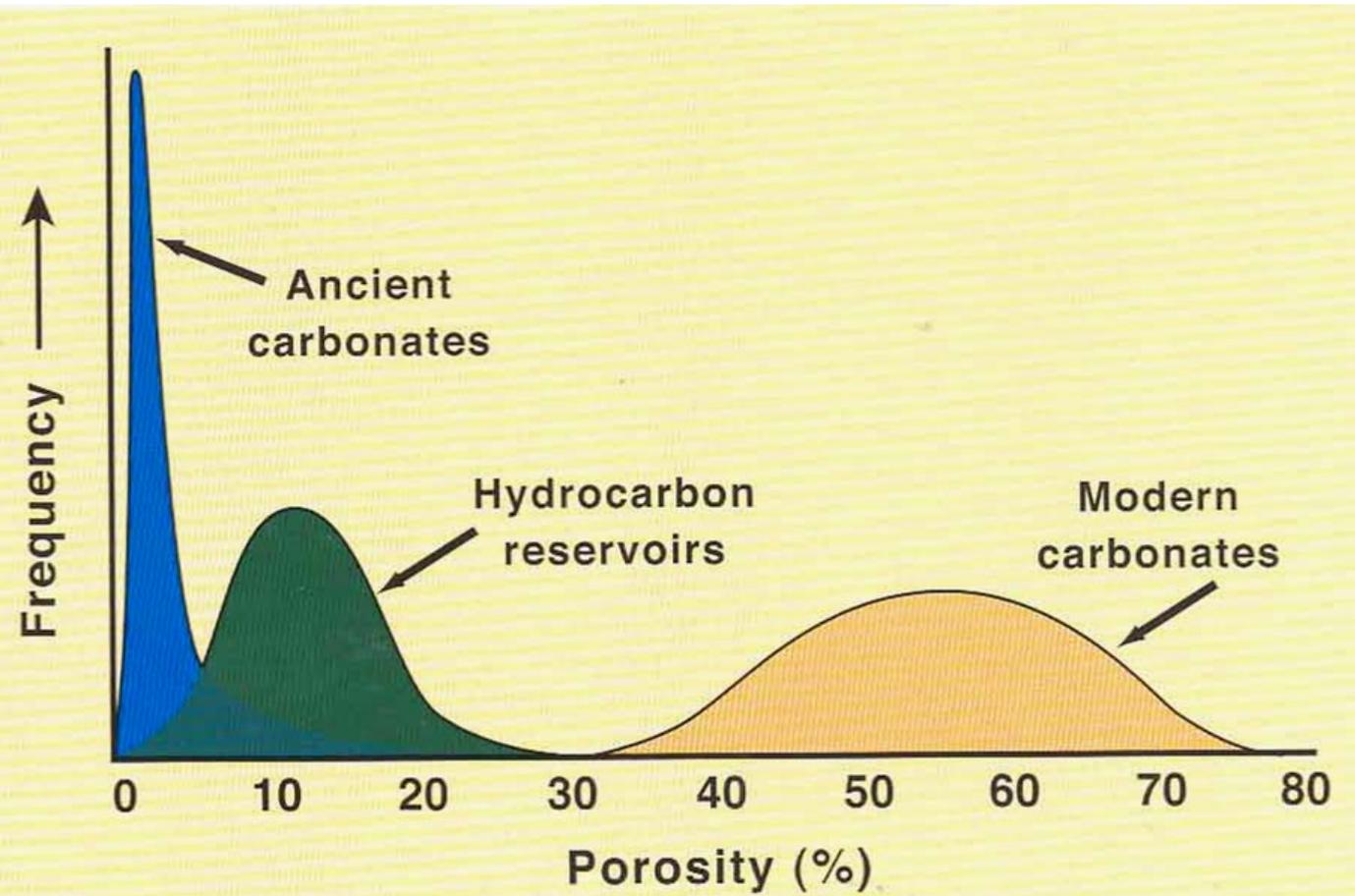
La importancia de la porosidad y del espesor depende de las condiciones locales.

La mayoría de las rocas productoras tienen porosidades $> 10\%$ y espesores superiores a los tres metros.

Las arenas depositadas por procesos de turbidez en aguas marinas profundas que generalmente alcanzan espesores de 3 metros son productoras en muchos campos del mundo.



- 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.



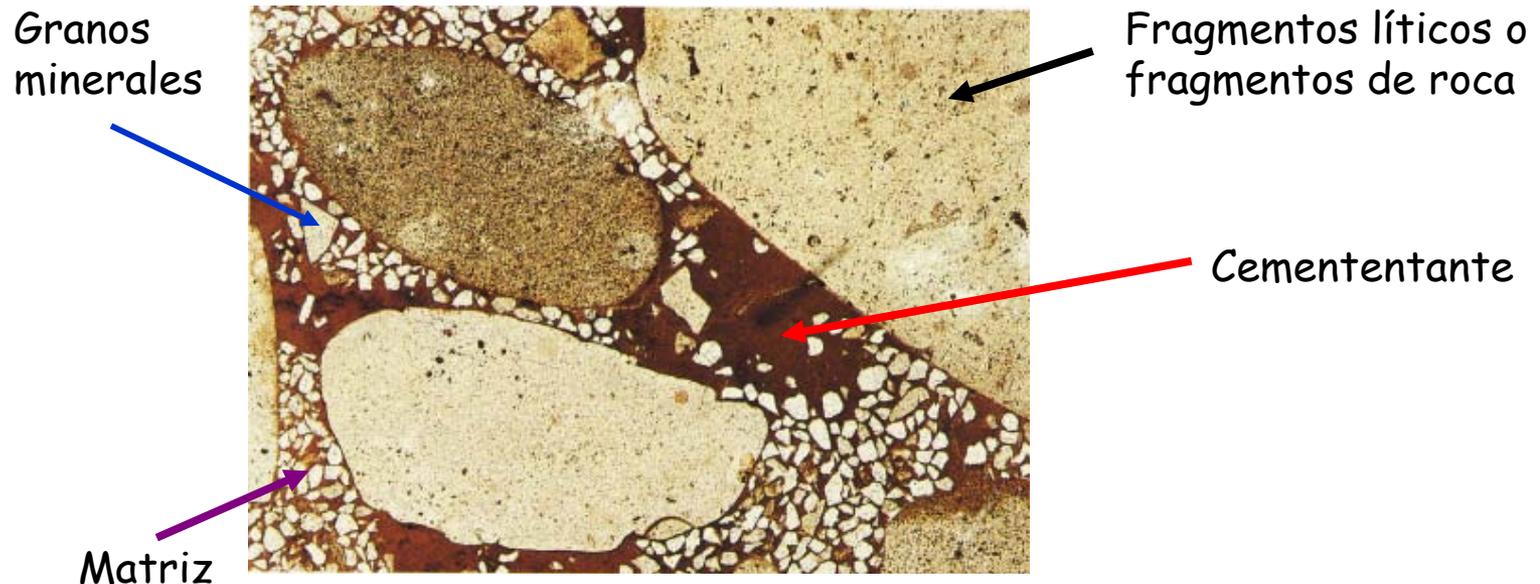
Comprender los procesos diagénéticos, los factores que provocan la pérdida de porosidad, la relativa coordinación de la migración del petróleo contra la evolución de la porosidad, son importantes en la explotación de hidrocarburos y depósitos de minerales carbonatados.

2. CEMENTACIÓN:

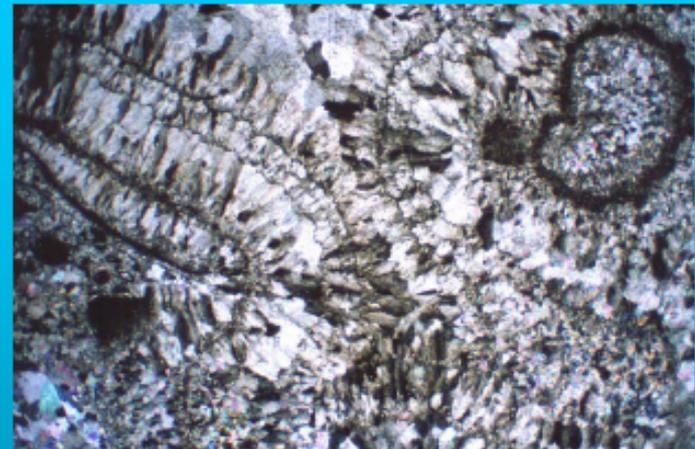
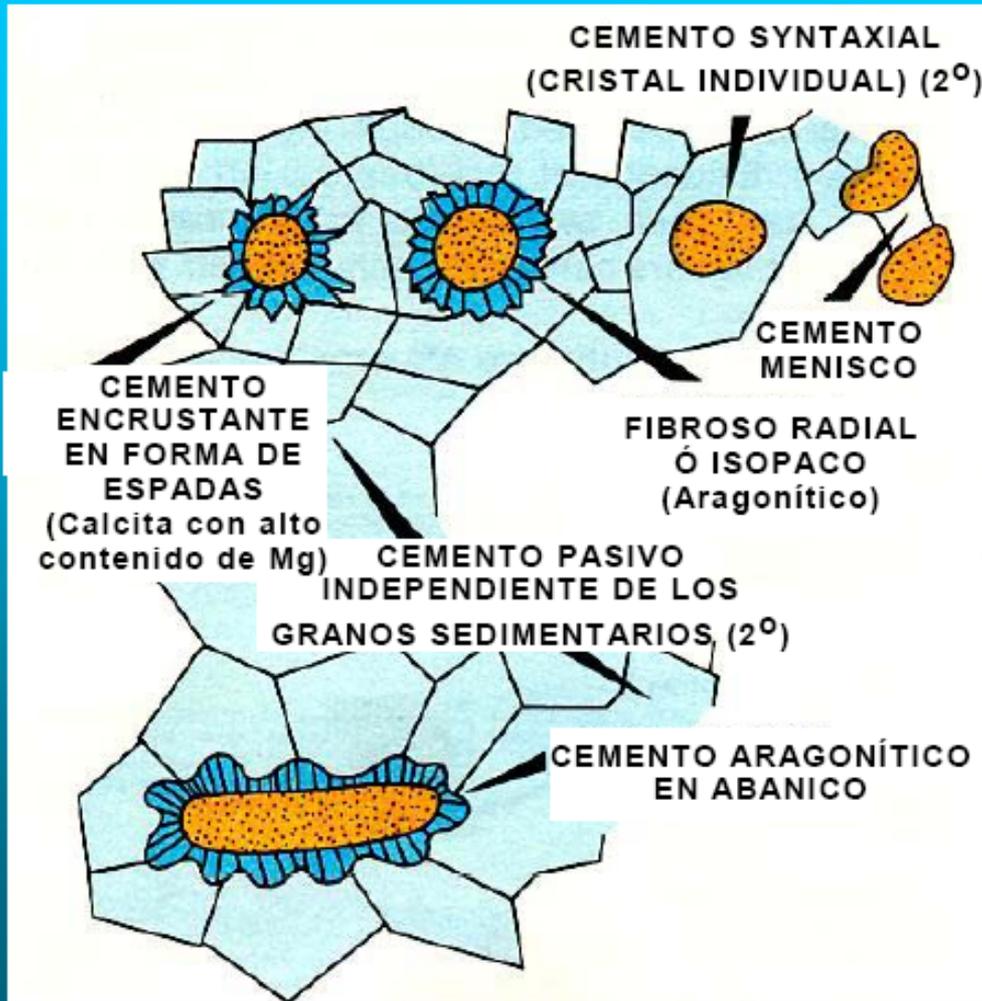
Relleno de espacios porosos de origen primario o secundario. Es uno de los cambios diagenéticos más comunes y produce la rigidez de un sedimento, uniendo a las partículas unas con otras.

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 $MgCa(CO_3)_2$, Calcita ($CaCO_3$), o Aragonita ($CaCO_3$), Sílice (SiO_2), Óxidos de hierro (Fe_2O_3), Siderita ($FeCO_3$).



2. Cementos

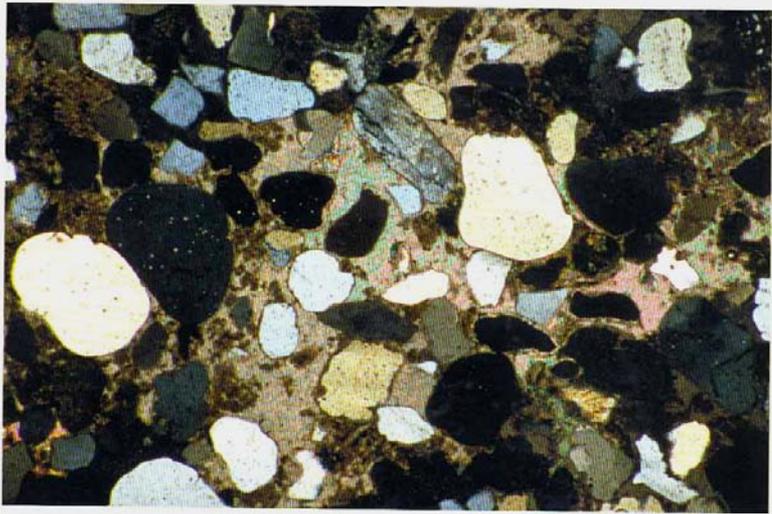


Acicular aragonítico y Micritico

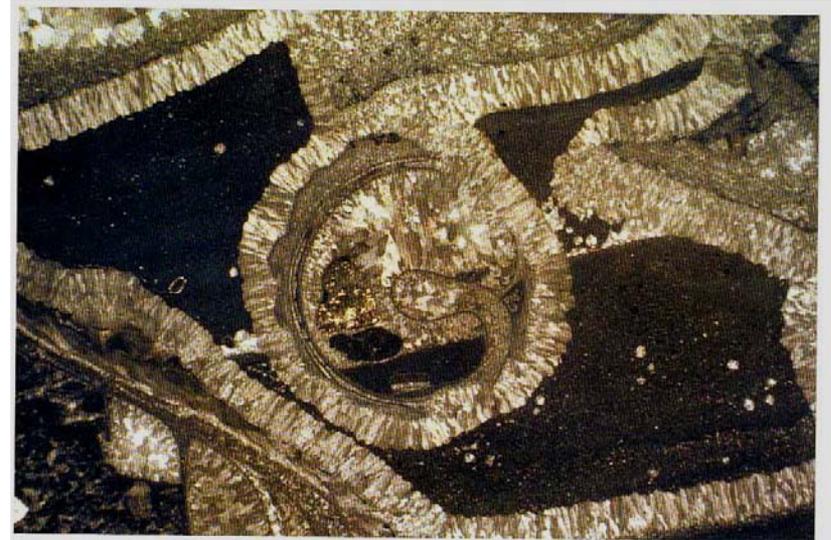
Microestalactítico



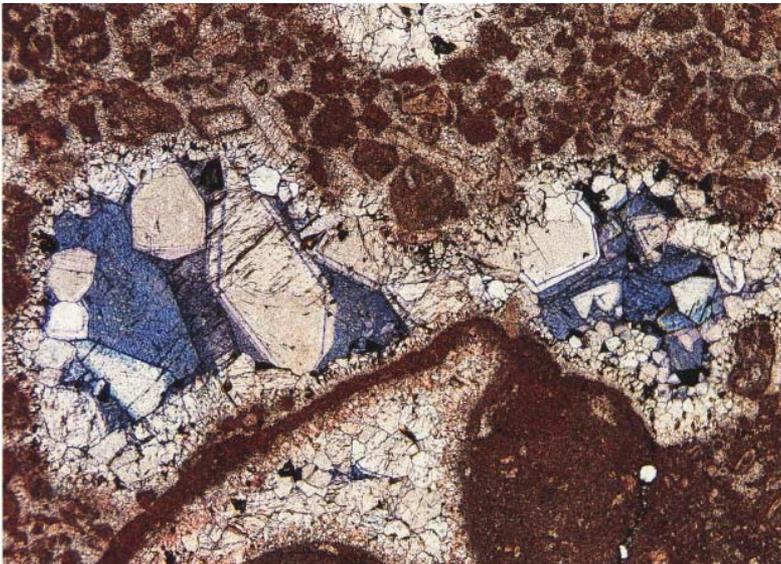
Pendente



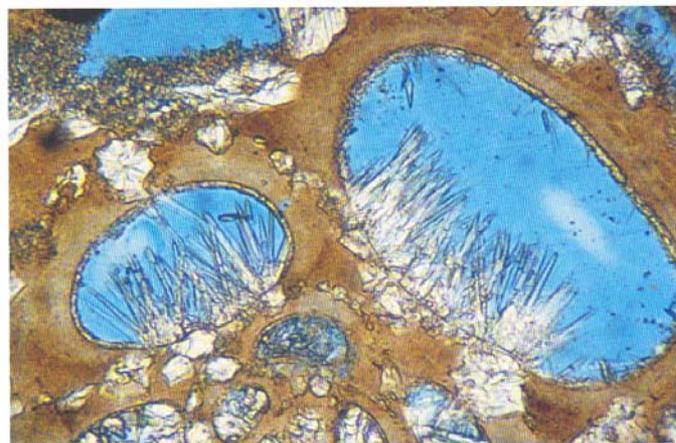
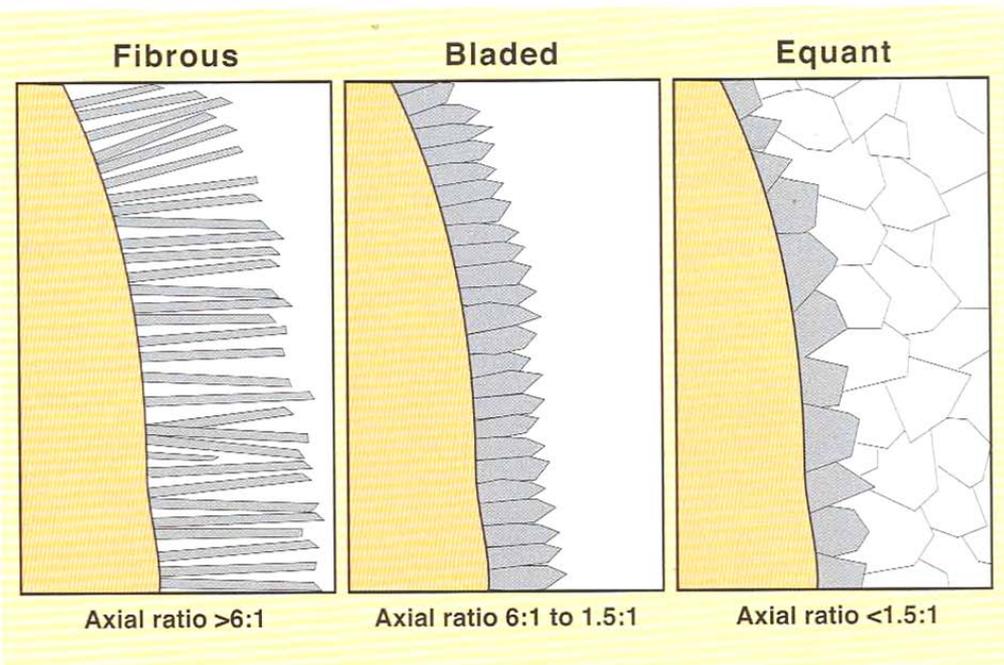
Cementación en una arenisca calcárea, cemento de calcita poikilítica.



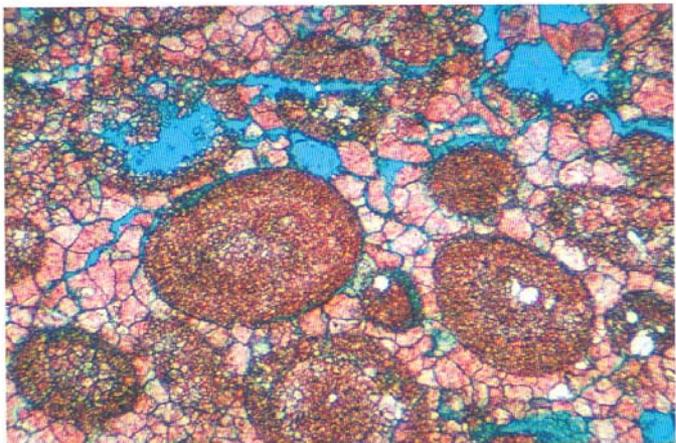
Cemento de calcita radial-fibrosa, formadas en todos los poros, envolviendo a fósiles planctónicos. Comúnes en arrecifes.



Poros que son rellenos por crecimiento de cristales en diferentes tamaños.



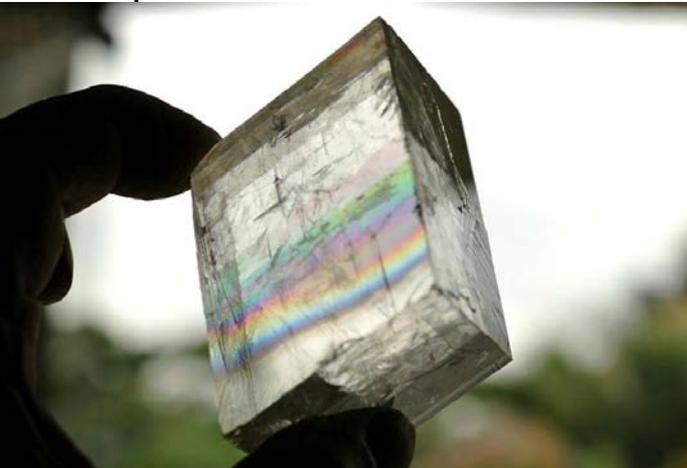
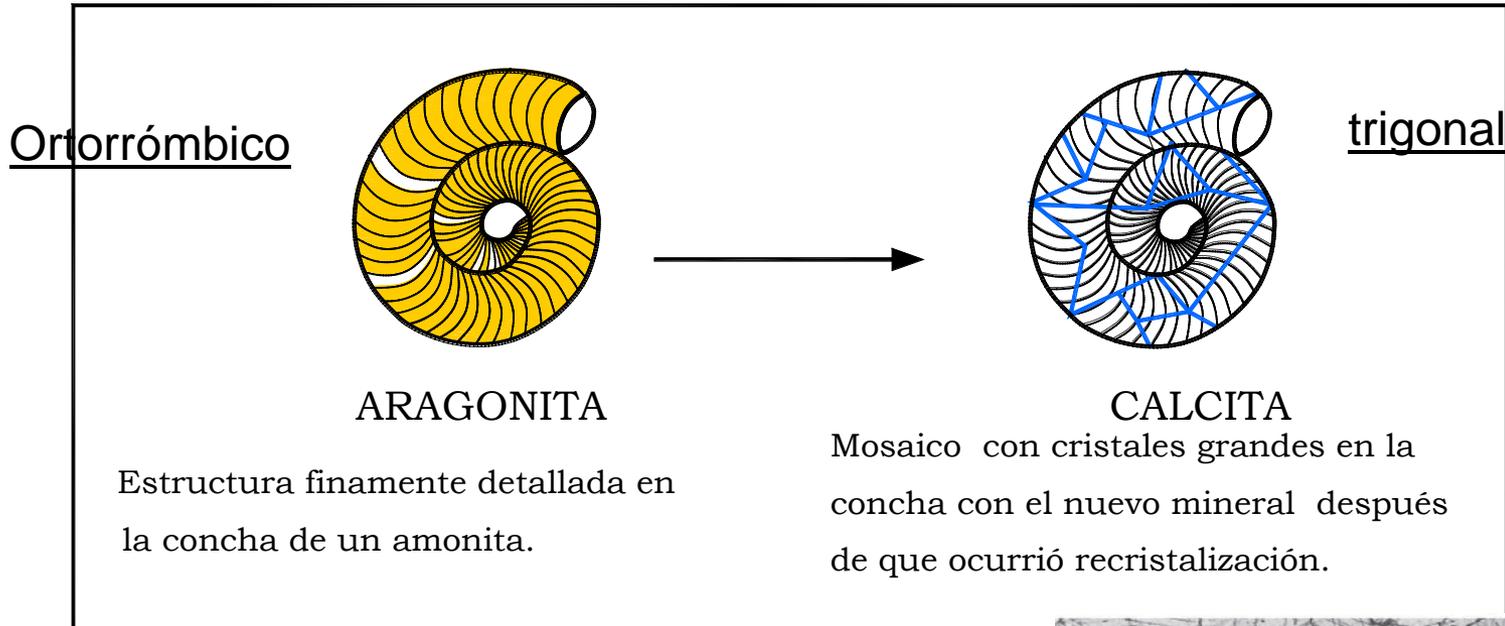
Cementación fibrosa



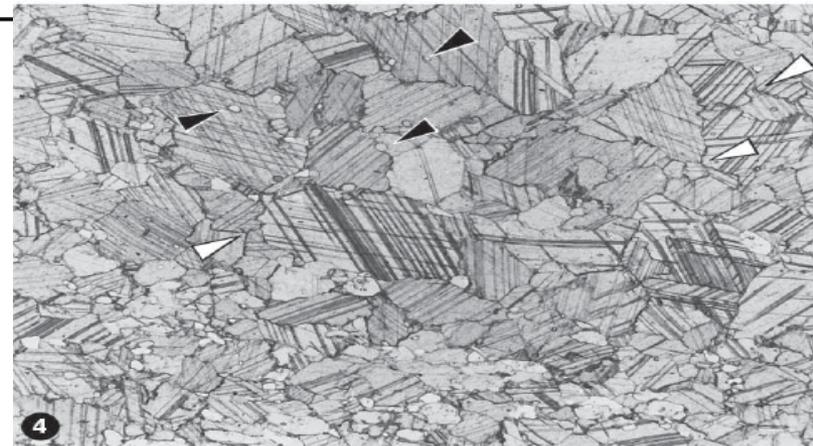
Cementación ecuante o igual

3. RECRISTALIZACIÓN:

Cambios en el tamaño de los cristales, la forma y la orientación, sin cambios en la mineralogía.



Cristal de mármol →



4. REEMPLAZAMIENTO:

Reemplaza un mineral a otro como dolomita por calcita.

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).

Anhidrita por yeso producto de la deshidratación

Felsdespato por caolinita

Serpentina por olivino

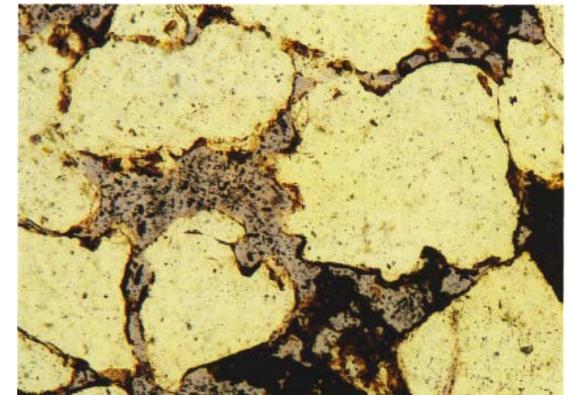
Cuarzo por calcita



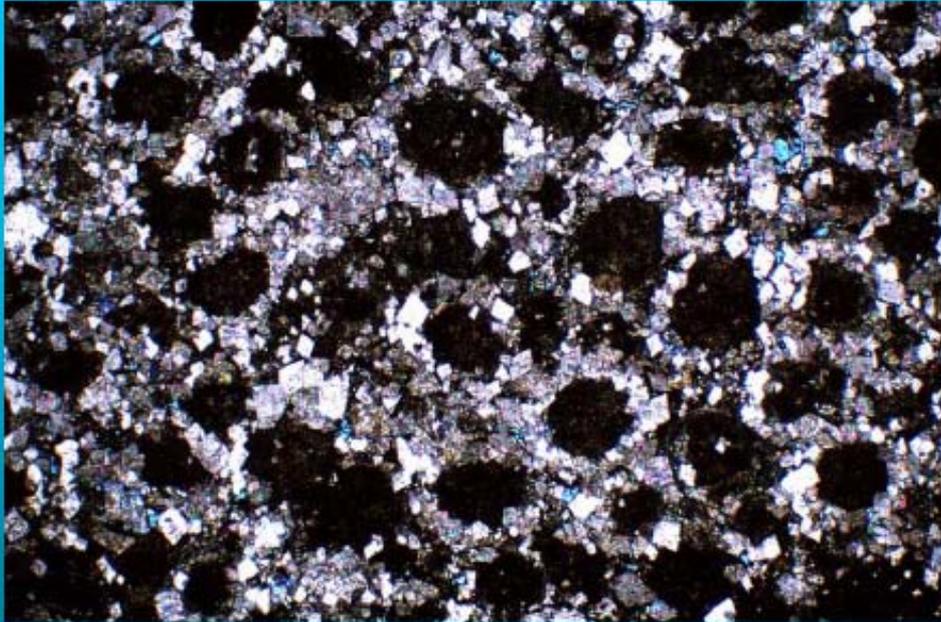
5. DISOLUCIÓN (SOLUCIÓN DIFERENCIAL):

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



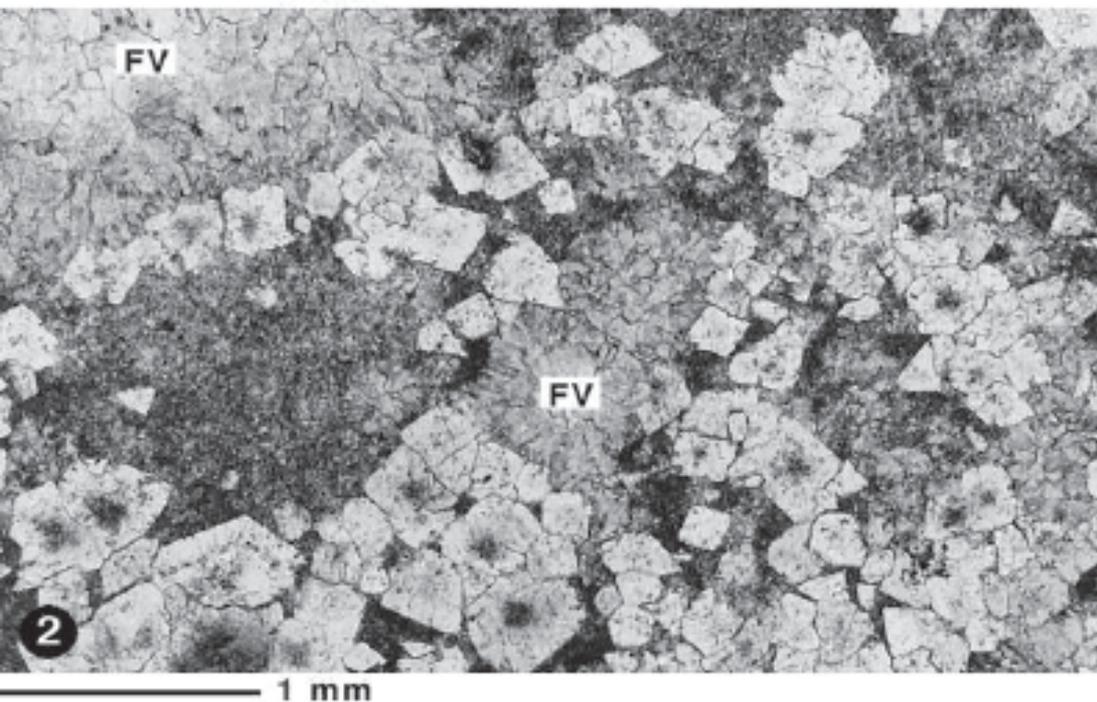
LA DOLOMITA



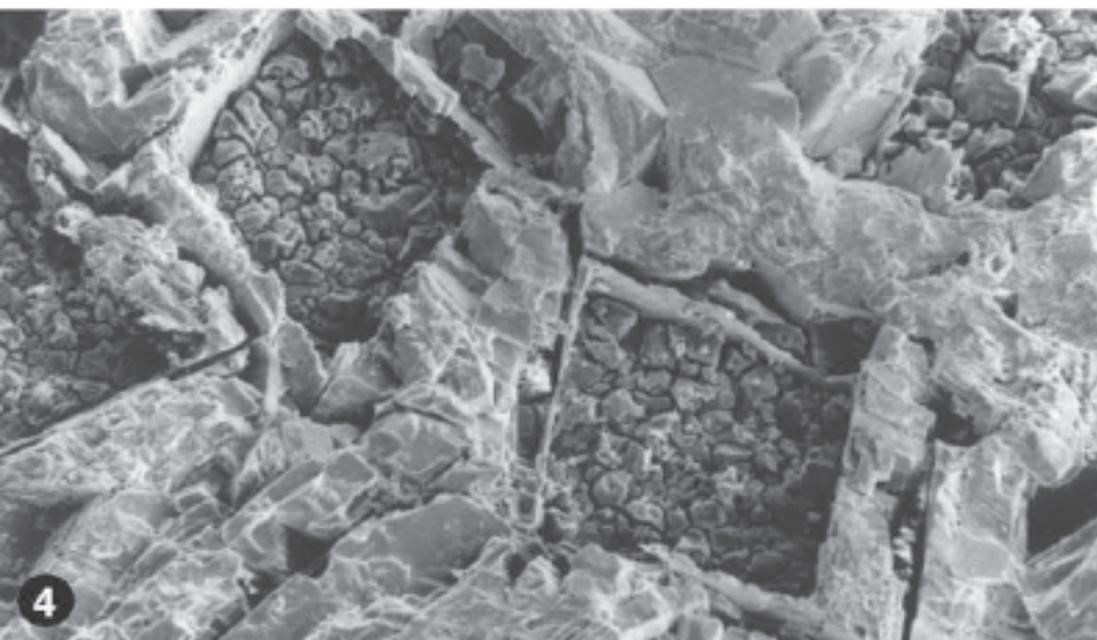
- Cemento diagenético secundario.
- Cristales rómbicos (forma más común)
- Generado por procesos muy complejos, en ambientes diagenéticos enriquecidos en Magnesio.

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

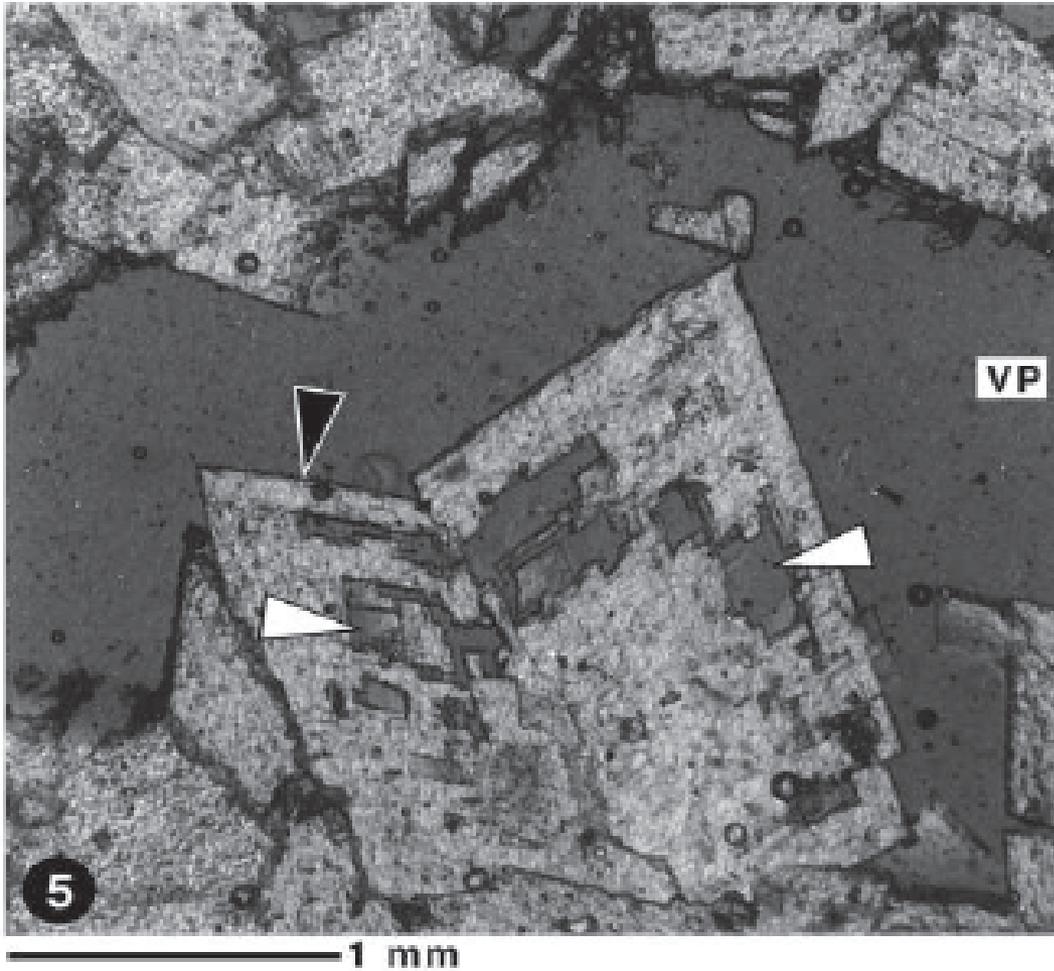
- Fuente del ión Mg^{2+} ????
- Proceso de bombeo del fluido dolomitizante dentro de la caliza ????



Cristales de dolomita en
lámina delgada



Cristales en microscopio
electrónico

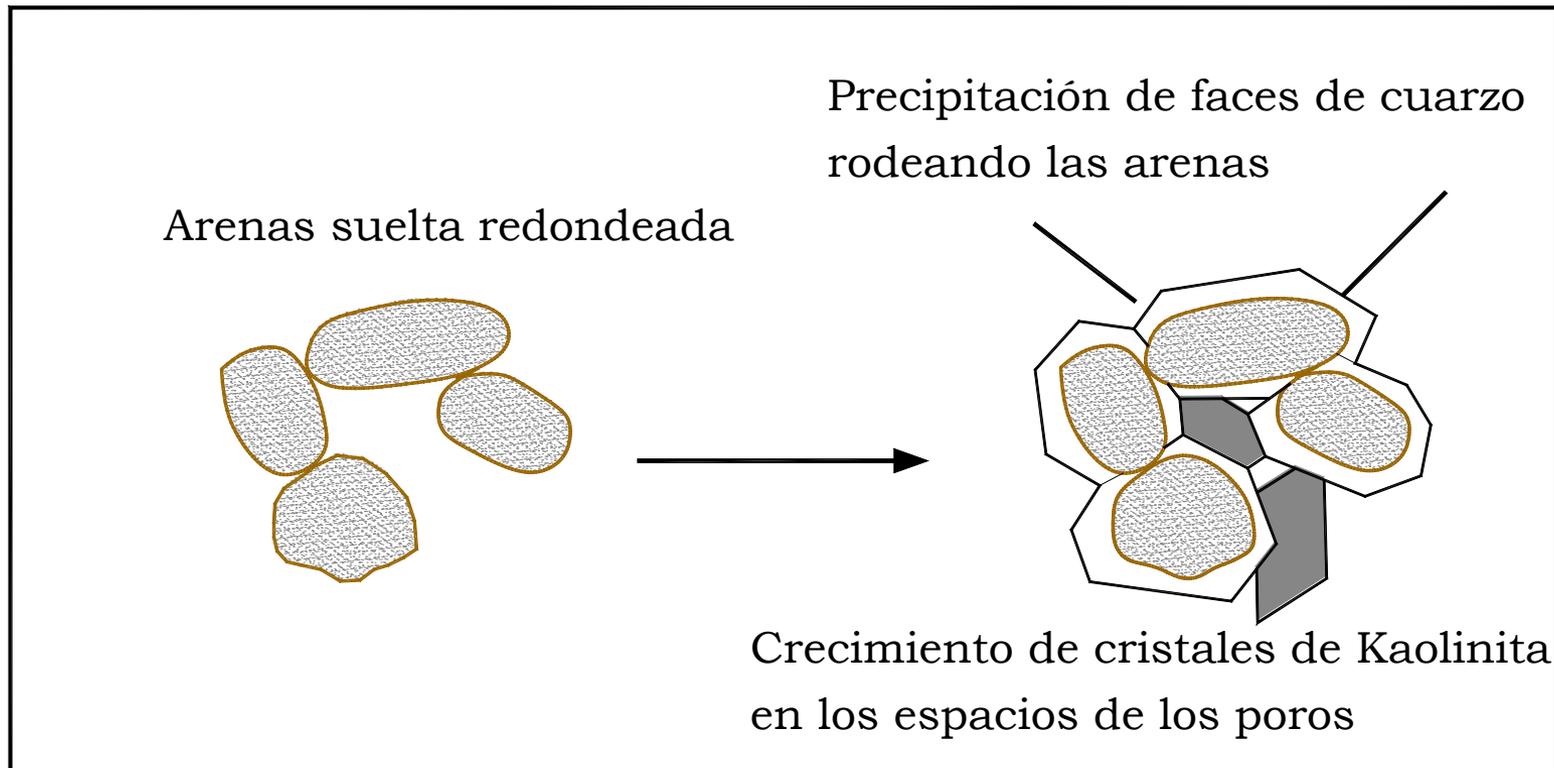


Dedolomitización,
cristales de dolomita.

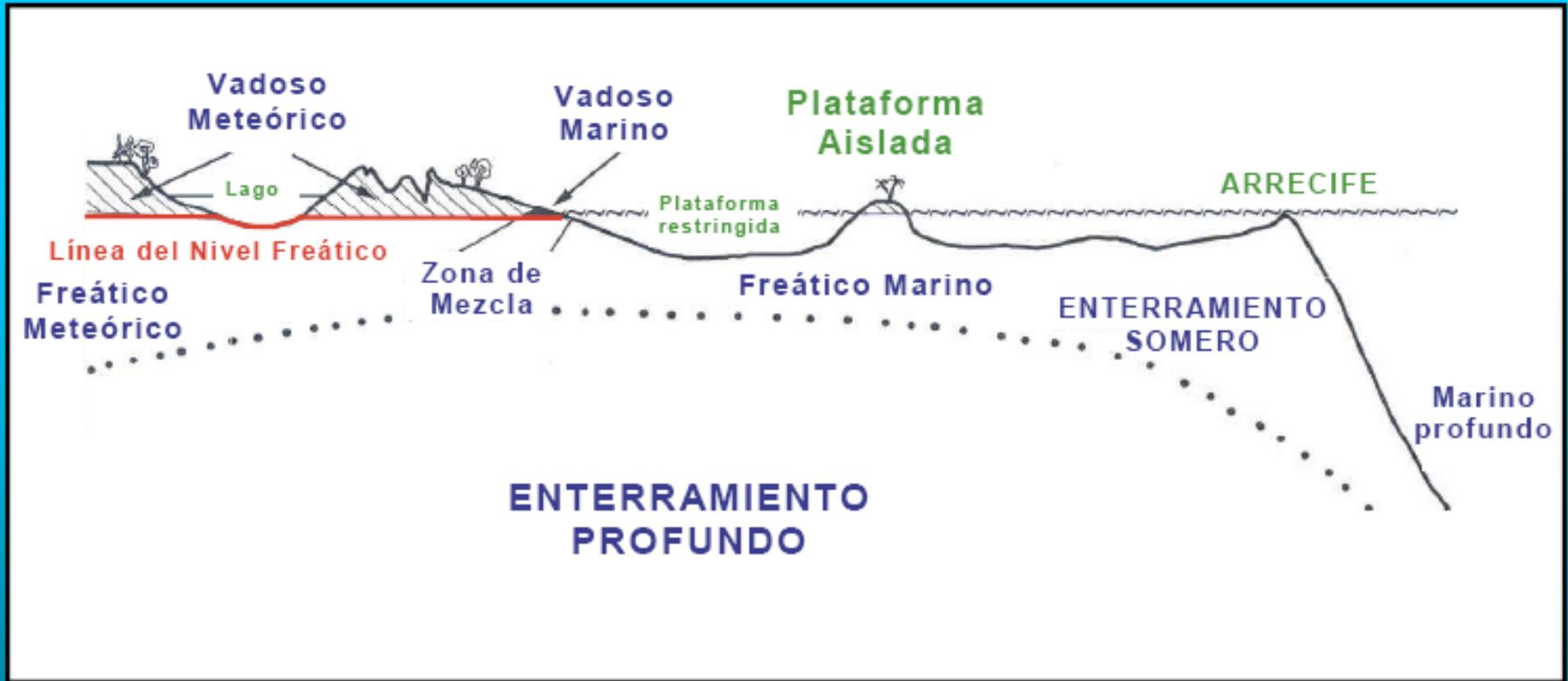
Los cristales son
corroídos internamente
por soluciones con bajo
contenido de sal, esto se
origina en zonas de
diagénesis tardía,
creando porosidades
vulgares.

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.

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 de diagénesis:

- Sindiagénesis (penecontemporánea)
- Anadiagénesis (durante el sepultamiento y la orogenia)
- Epiadiagénesis (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**

METAGÉNESIS

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

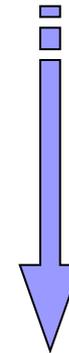
La **diagénesis** y la **catagénesis** se han ordenado en cuatro etapas según la variación de los factores al aumentar la profundidad de enterramiento.

ETAPA 1 . HALMIRÓLISIS

ETAPA 2 . SINDIAGÉNESIS

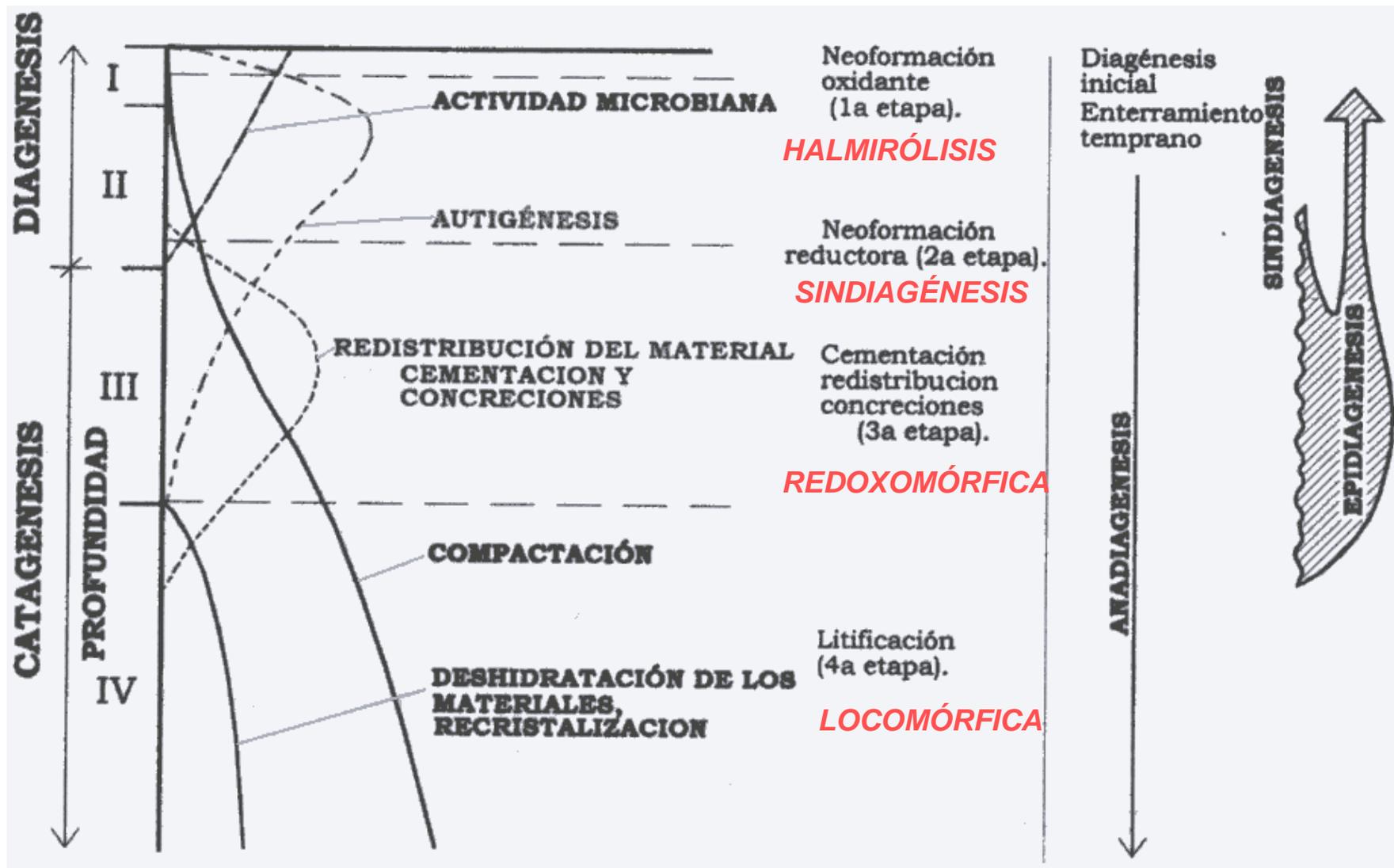
ETAPA 3 . REDOXOMÓRFICA

ETAPA 4 . LOCOMÓRFICA



Aumenta la
profundidad
de
sepultamiento.

ETAPAS DE LA DIAGÉNESIS (STRAKOV)



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

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.

Fórmula química



ETAPA 2. SINDIAGÉNESIS

- Separada de la anterior por el límite Eh (potencial redox, potencial de oxidación).

(Sabemos por ejemplo que el azufre disuelto en los mares abiertos (oxigenados) se encuentra en la forma de SO_4^{2-} , mientras que en zonas 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*).

- 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.

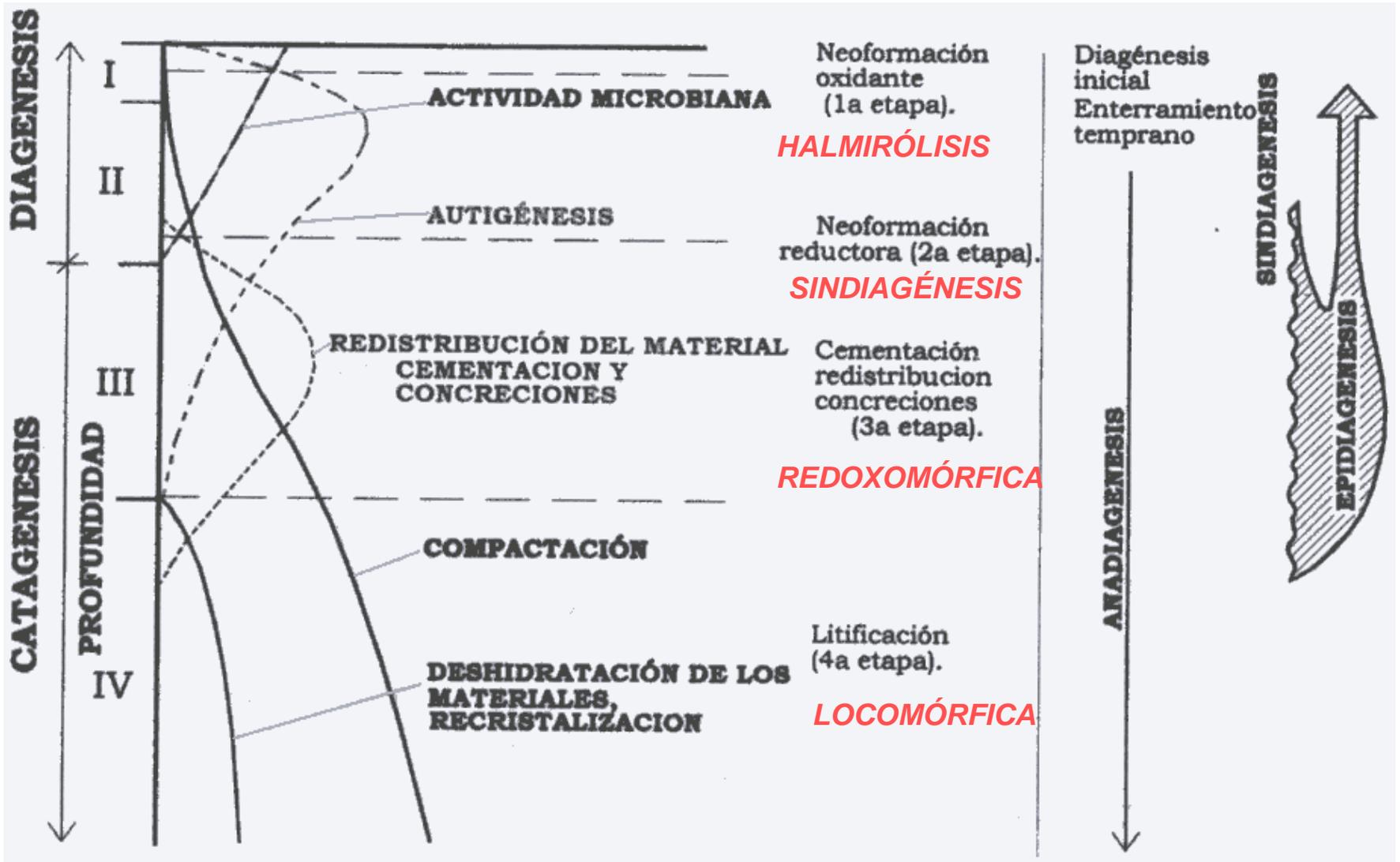
ETAPA 3. REDOXOMÓRFICA (AUTOMETAMÓRFICA)

- Termina la actividad orgánica.
- Inicia 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)

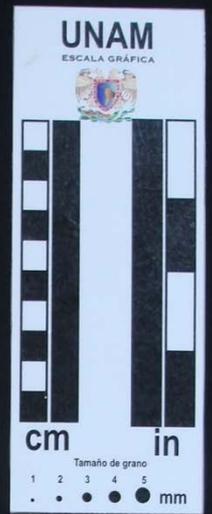
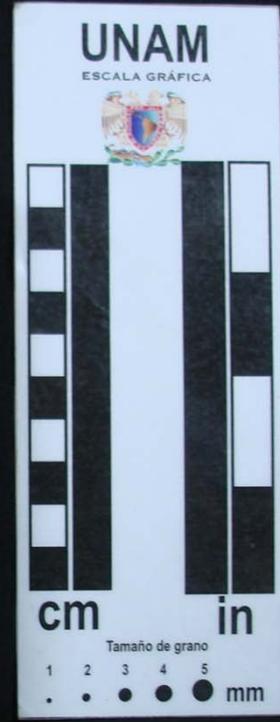
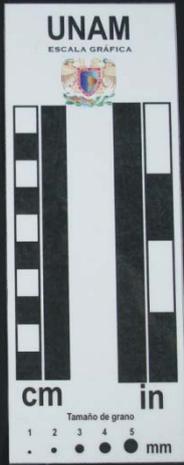
- **Transformación del sedimento plástico en roca, intensa compactación acompañada de reestructuraciones cristalinas.**
- **Deshidratación y estabilización a profundidades de 200 a 300 m.**
- **Precipitación de minerales en los poros.**
- **Introducción de cemento.**
- **Crecimientos cristalinos secundarios.**

ETAPAS DE LA DIAGÉNESIS (STRAKOV)





(784.86-784.98 m)



**MUCHAS
GRACIAS
POR SU
ATENCIÓN**

Escala de Udden-Wentworth para los diferentes tamaños de los granos.

Krumbein introduce el (phi)
 $\phi = -\log_2 d \text{ (mm)}$

Longitud de la partícula			Grado	Clase	Fracción	
m	mm	ϕ $\phi = -\log_2 d$			Sin litificar	Litificado
4.1	4096	-12	muy grueso grueso medio fino	Bloque	↑ ?	Conglomerado
2.0	2048	-11				
1.0	1024	-10				
0.5	512	-9				
0.25	256	-8				
	128	-7	grueso fino	Guijón	Grava	
	64	-6				
	32	-5	muy grueso grueso medio fino	Guijarro		
	16	-4				
	8	-3				
	4	-2		Granulo		
	2	-1				
	1	0	muy grueso grueso medio fino	Arenas	Arenas	Areniscas
	0.50	1				
	0.25	2				
	0.125	3				
	0.063	4	muy fino			
	0.031	5	grueso medio fino	Limo	Lodos o limos	Limolitas o Lutitas
	0.015	6				
	0.008	7	fino muy fino			
	0.004	8				
	0.002	9	(1/256)	Arcillas		
	0.001	10				
	0.0005	11				
	0.0002	12				
	0.0001	13				
				↓ ?		