

Tema 11.- Estructuras sedimentarias de origen orgánico: Estromatolitos. Bioturbación. Pistas y galerías. Perforaciones.- **Estructuras diagenéticas :** Disolución. Precipitación.

ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS DE ORIGEN ORGÁNICO

En sedimentos y rocas sedimentarias son frecuentes las señales de actividad orgánica y en su mayoría corresponden a organismos marinos. Los hay que son capaces de **construir sedimentos** (desde estromatolitos hasta arrecifes) y otros **alteran** e incluso **destruyen los sedimentos preexistentes** (pistas, perforaciones y bioturbación).

ORGANISMOS CONSTRUCTORES DE SEDIMENTOS :

En unos casos, son organismos con esqueleto calcáreo, coloniales, que pueden construir grandes “edificaciones” o arrecifes (Corales, Estromatopóridos, Rudistas, etc); y en otros, son organismos que provocan la precipitación de carbonato y/o lo “atrapan” (estromatolitos y mallas de algas son los más característicos).

1.- Mallas de algas :

Están constituidas por un “entramado” de filamentos de algas “verdes” y “verde-azuladas” que recubren diversos tipos de sustratos, se desarrollan en aguas someras. Estas mallas presentan una superficie gelatinosa a la que se adhieren sedimentos de grano fino; cuando la “mata” queda cubierta por sedimentos, los filamentos crecen hacia arriba originando una nueva “mata”, la repetición de estos procesos da lugar a un sedimento caracterizado por una **laminación fina**. Si el sustrato sobre el que se forman es irregular, la lámina de algas tiende a exagerar el relieve, haciéndose más gruesa sobre las partes más elevadas. Son más frecuentes en **zonas intermareales**.

2.-Estromatolitos :

Son estructuras análogas a las mallas de algas en cuanto a su génesis, pero a diferencia de ellas presentan una **laminación característica** con ondulaciones y un relieve más acentuado. La estructura puede ser: tabular, columnar, etc. y las láminas aumentan de espesor hacia la parte alta de la estructura. Tienen gran importancia en interpretación de ambientes sedimentarios, ya que en todos los casos son características del medio litoral s.l. y además indican una buena zonación en relación con la energía del medio y la batimetría. Se distinguen diversos tipos en función de su morfología y significado (ver figura, Preiss,1976).

Aunque pueden aparecer en otros sedimentos, la mayor parte se relaciona con carbonatos de tamaño limo-arcilla. La morfología permite distinguir los siguientes tipos (figura adjunta), a partir de Logan et al.(1964) :En general las formas espaciadas lateralmente corresponden a medios sedimentarios de muy baja energía, mientras que las formas apiladas en la vertical y esféricas corresponden a ambientes con niveles de energía más alta.

Type	Description	Vertical section of stromatolite structure
Laterally linked hemispheroids	Space-linked hemispheroids with close-linked hemispheroids as a microstructure in the constituent laminae	
Discrete, vertically stacked hemispheroids	Discrete, vertically stacked hemispheroids composed of close-linked hemispheroidal laminae on a microscale	
Discrete spheroids	Spheroidal structures consisting of inverted, stacked hemispheroids	
	Spheroidal structures consisting of concentrically stacked hemispheroids	
	Spheroidal structures consisting of randomly stacked hemispheroids	
Combination forms	Initial space-linked hemispheroids passing into discrete, vertically stacked hemispheroids with upward growth of structure	
	Initial discrete, vertically stacked hemispheroids passing into close-linked hemispheroids by upward growth	
	Alternation of discrete, vertically stacked hemispheroids and space-linked hemispheroids due to periodic sediment infilling of microstructure spaces	
	Initial space-linked hemispheroids passing into discrete, vertically stacked hemispheroids, both with laminae of close-linked hemispheroids	
	Initial discrete, vertically stacked hemispheroids passing into close-linked hemispheroids, both with laminae of close-linked hemispheroids	

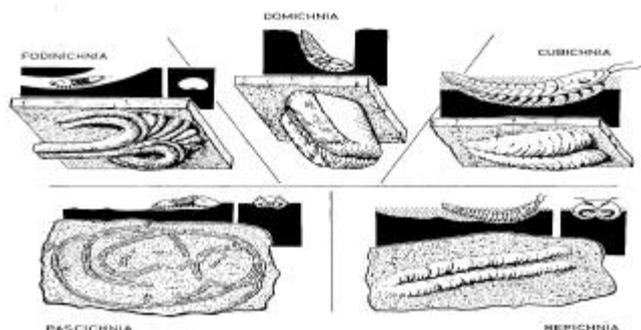
ACTIVIDADES DE ORGANISMOS SOBRE SEDIMENTOS PREEXISTENTES :

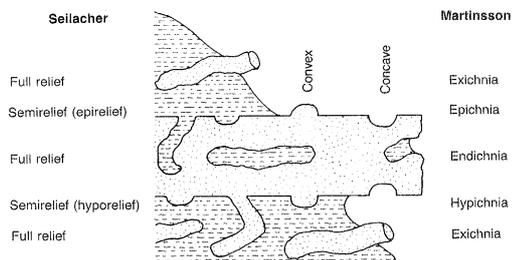
Estas estructuras se pueden desarrollar sobre sedimentos no consolidados, en ocasiones son prácticamente simultáneas a la sedimentación (**pistas** y “**burrows**”), o bien, por el contrario, se pueden originar sobre rocas totalmente consolidadas (**perforaciones**).

1.- Pistas y “burrows” :

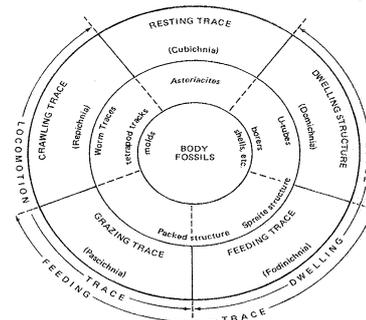
Pueden deberse a distintos tipos de **actividad orgánica** (figura, Seilacher,1970) entre las que destacan :

- **Pistas de desplazamiento y de reptación** (*Repichnia*).
- **Galerías de alimentación** de organismos hemisésiles (*Fodichnia*)
- **Pistas de nutrición** de organismos vágiles (*Pascichnia*),
- **Pistas de reposo** (*Cubichnia*).
- **Galerías de morada** (*Domichnia*).





Terminología y clasificación de "trazas fósiles" en función de su conservación, utilizada por Seilacher y Martinsson (Ekdale et al., 1984)



Clasificación de "trazas fósiles" en función de los tipos de organismos y actividades (Simpson, 1975).

1.1.- Pistas o huellas de superficie son relieves que, en la mayor parte de los casos, representan el molde de la huella original, aparecerán por tanto en el muro de los estratos.

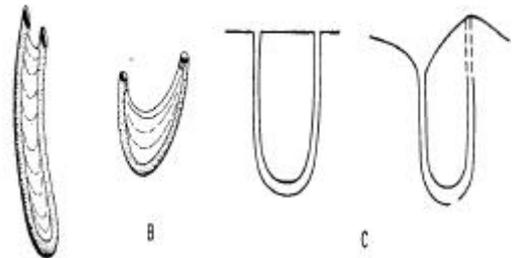
- **Cruziana** : Traza rectilínea, más o menos serpenteante, con surco axial a partir del cual salen nerviaciones. Se atribuye a *Trilobites*.
- **Fraena** : Similar a la anterior, sin nerviaciones y de dimensiones menores.
- **Rusophycus** : Similar a *Cruziana* pero de longitud menor, huella de reposo de un crustáceo.
- **Nereites** : Pistas meandríformes con un eje central y laterales estriados, pistas de nutrición producidas por gasterópodos.
- **Helmintoides** : Forma meandríforme como *Nereites*, pero más regular, se ha atribuido a desplazamiento de gusanos, a pistas de nutrición de gasterópodos, etc.
- **Paleodictyon** : Red poligonal regular, que recuerda a algunos Briozoos. Aparece en relieve en el muro de las capas y se ha atribuido a nutrición (*?*).
- **Asteriacites** : Forma estrellada y aparece repetida en láminas sucesivas (reacción del organismo frente a velocidades de sedimentación altas). Se consideran huellas de reposo producidas por ofiuroides

1.2.- "Burrows" o huellas internas: Trazas debidas a funciones de **alimentación** o de **morada**. La bioturbación provocada por el organismo en el interior del sedimento varía, desde una deformación local por "alojamiento" hasta una bioturbación completa del sedimento con destrucción total si busca "alimento". La forma de las galerías es variable, desde tubos en forma de U hasta otras más complejas. Es frecuente que los organismos segreguen "mucus" lo que endurece las paredes y hace que sobresalgan de la superficie (p.e. gusano *Arenicola*):

- **Tigillites** : Tubos cilíndricos verticales a la estratificación con forma de embudo en su terminación. Probablemente son debidos a gusanos.
- **Vexillum** : Estructura cónica, con la base del cono en la parte superior del estrato.
- **Skolithos** : Tubos cilíndricos perpendiculares a la estratificación, semejantes a *Tigillites*. Se atribuyen a gusanos.

Los "**tubos en forma de U**" son muy abundantes y entre los organismos que los excavan están los Gusanos. La profundidad de los tubos depende de la longitud del animal y de la temperatura ambiente. En ocasiones aparecen partes arqueadas uniendo los tubos verticales a diferente profundidad, que se han interpretado como de remodelización y relleno. Entre los "**burrows**" más frecuentes, están :

- **Rhizocorallium** : Tubos gruesos dispuestos oblicua o paralelamente a la estratificación. Probablemente se deben a Crustáceos (A en la figura siguiente)
- **Corophioides** : Análoga a *Rhizocorallium*, per más corta y dispuesta siempre perpendicularmente a la estratificación (B).
- **Arenicolites** : Perpendiculares a la estratificación (C)
- **Diplocraterium** : Análoga a *Rhizocorallium* y *Corophioides*, los tubos pueden terminar en embudo o conservar la forma cilíndrica; se disponen perpendiculares a la estratificación.



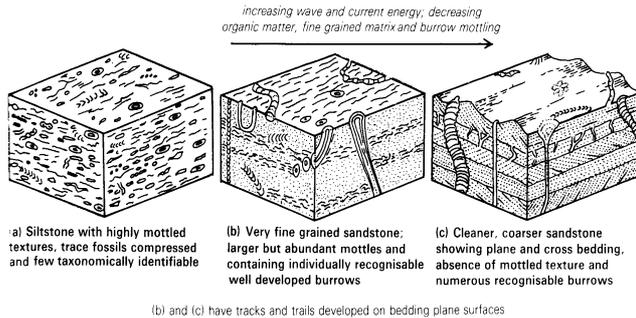
- Finalmente existen otros "burrows" de **estructuras más complejas**, entre los más frecuentes están : **Fucoides** o **Chondrites** (tubos ramificados a partir de uno central) ; y **Zoophycus** (ramificaciones en espiral, se han distinguido distintas formas : *Spirophyton* y *Cancellophycus*).

2.- Perforaciones :

Hay organismos capaces de perforar, e incluso de destruir totalmente, sustratos duros. La perforación puede ser "**mecánica**" o bien "**química**" (en cuyo caso puede liberarse carbonato cálcico). Los organismos perforadores y los tipos de perforación más frecuentes son los siguientes :

- **Talofitas** : Las perforaciones realizadas por algas, aunque se pueden confundir con las realizadas por hongos, son mayores que las de estos y de trazado contorsionado.
- **Briozoos** : Perforaciones similares a las anteriores, delgadas y ramificadas, abriéndose hacia la superficie.
- **Anélidos** : Las más frecuentes tienen forma de bolsa o de tubo.
- **Poríferos** : Galerías que se ramifican y se reúnen. Entre las perforaciones “fósiles” atribuidas a Esponjas están : *Clinolites* (galerías ramificadas y arqueadas) y *Entobia* (pequeñas galerías comunicadas por conductos capilares).
- **Bivalvos** : Las formas de perforación son muy variadas y suelen estar revestidas por carbonato.
- **Otros organismos** : Además hay otros organismos como : *Gasterópodos*, *Equinodermos*, etc.

TRAZAS FÓSILES Y AMBIENTES SEDIMENTARIOS :



Las trazas fósiles, están controladas por las mismas condiciones bajo las que viven los organismos. Los factores de mayor influencia son la **naturaleza del sustrato**, **energía del medio** y disponibilidad de **sustancias alimenticias**; estas a su vez están afectadas por los cambios en **profundidad**. Las variaciones de **energía del medio** implican no sólo cambios en la textura del sedimento, sino también en el desarrollo de las distintas formas. En la figura (Howard, 1975 y 1978) aparece el resultado de la variación de estos parámetros, en respuesta a un incremento de energía desde a) a c) en el medio deposicional

Seilacher (1964, 1967, ..) estableció la relación que existe entre el **tipo de estructuras** (pistas y “burrows”) y la **profundidad** del medio. En la zona litoral, los animales vágiles y los que se alimentan de nutrientes que están en suspensión, se entierran produciendo huellas de *reposo* o bien excavan *galerías de morada*, profundas y verticales. En zonas algo más profundas y tranquilas, el alimento se deposita y hace que los organismos desarrollen *galerías de alimentación* (también de reposo y morada). A profundidades mayores, las estructuras más frecuentes son las de *alimentación* (internas) y las de *nutrición*. De acuerdo con estas ideas de Seilacher y posteriormente de otros autores (Crimes, 1975; Ekdale et al., 1984), se definen unas “**icnofacies**”, que se caracterizan, por presentar unas estructuras orgánicas determinadas (figura) :

1.-Trypanites :Son estructuras de perforación y de morada, de seres que se alimentan del material en suspensión. Zona supramareal.

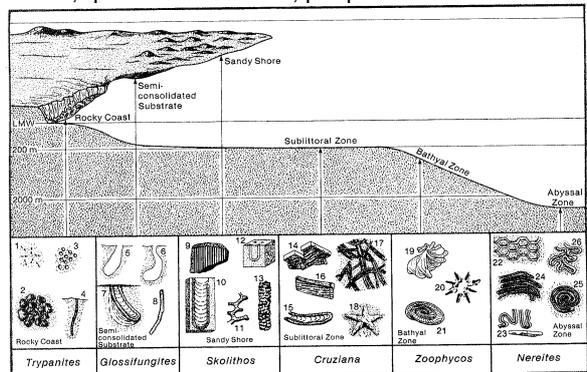
2.-Glossifungites : Estructuras verticales, en “U” y ramificadas (galerías de morada). Supra-intermareal.

3.-Skolithos : Zona Intermareal. Tubos verticales y en forma de “U” (*Skolithos Diplocraterion*, *Ophiomorpha Arenicolites*).

4.-Cruziana :Submareal. Con estructuras de morada y trazas de superficie (Crustáceos).

5.-Zoophycos : Batial.Nutrición.

6.-Nereites : Abisal, con trazas horizontales de alimentación.



ESTRUCTURAS SEDIMENTARIAS DIAGENÉTICAS

Reciben el nombre de **estructuras secundarias** por su origen postdeposicional, se pueden encontrar tanto en la superficie como en el interior del estrato (más frecuentes). Se forman durante la **diagénesis** del sedimento, en cualquiera de sus fases. Se originan como consecuencia de procesos **químicos**, pudiéndose dividir en **estructuras de precipitación** y de **disolución**, aunque estas últimas implican también la precipitación. En la tabla se sumarizan los principales tipos de estructuras diagenéticas.

ESTRUCTURAS DIAGENÉTICAS DE PRECIPITACIÓN :

Son debidas, fundamentalmente, a procesos de precipitación, se suelen agrupar bajo el nombre de “**concreciones**” (nódulos, concreciones s.s., rosetas, esferulitas, geodas y septarias) :

1.- Nódulos: Formas irregulares, esféricas, sin estructura interna y de composición diferente a la de la roca en que aparecen encajadas. Son de composición variable aunque los más frecuentes son los de “**chert**”, que aparecen normalmente en calizas y dolomias. Aunque se ha discutido mucho sobre su origen (primario o diagenético, el hecho de que en el interior de estos nódulos aparezcan inclusiones de carbonato (reemplazamiento incompleto) y el cambio lateral de calizas con nódulos a capas totalmente silicificadas, son argumentos a favor de la hipótesis de una

sustitución de carbonato por sílice. Los nódulos **carbonatados**, se forman cuando a una etapa de sedimentación arcillosa la sucede una de material más calcáreo, el carbonato se concentra en las primeras etapas diagenéticas, formando nódulos.

2.- Concreciones : Aparecen fundamentalmente en sedimentos detríticos porosos. Se forman por precipitación, alrededor de un núcleo, de una sustancia que, la mayor parte de las veces es la misma que la que se encuentra como cemento en la roca "huésped".

3.- Rosetas : Son típicas de sedimentos detríticos permeables, como las concreciones. Las más frecuentes son las constituidas por cristales de baritina, calcita o yeso

4.-Esferulitas : Formas esféricas con estructura radial, son semejantes a los "oolitos" pero a diferencia de estos se forman por precipitación tardía de un gel coloidal.

5.- Geodas : Formas subsféricas, huecas, con envoltura externa de calcedonia y el revestimiento interno en forma de "drusa" (cristales de cuarzo y calcita y más raros de dolomía, pirita, etc). Su génesis exige la existencia de una cavidad previa (puede ser el interior de un fósil) con un fluido salino.

6.- Septarias : Estructuras subsféricas de entre 15-40 cms. Dos sistemas de grietas, uno radial y otro concéntrico, la intersección de los dos da un trazado poligonal. El material que rellena las grietas es calcita, el resto es lutita. Su génesis requiere la formación de una capa externa "gelatinosa" de naturaleza aluminica, posterior endurecimiento y deshidratación interna que produce grietas, que luego se rellenan de calcita.

ESTRUCTURAS DIAGENÉTICAS DE DISOLUCIÓN :

1.-Líneas de presión-disolución :

Superficies producidas por presiones dirigidas, que producen una erosión diferencial del material, pudiéndose depositarse los residuos de la disolución a lo largo de las superficies. El tipo de superficie resultante depende de la **presión/solubilidad relativa** en la dirección del esfuerzo y del **radio de curvatura** del contacto. Cuando la presión/solubilidad relativa es equivalente a lo largo de la dirección de esfuerzo se produce una superficie suturada o **estilolítica**, por el contrario si la relación es diferente se desarrolla una superficie **suave**. Tanto en uno como en otro caso puede acumularse un residuo de material insoluble.

1.1.- Estilolitos : Pueden desarrollarse a partir de conos aplanados o agudos (clase 1), cuando aparece una partícula menos soluble puede ocurrir que el solvente penetre entre la roca y la partícula o que no lo haga (clase 2), si la partícula posteriormente es disuelta evolucionará a uno de clase 3.

1.2.-Superficies estilolíticas : Cuando los estilolitos se alinean sobre un plano se forman "superficies estilolíticas" de gran extensión, su desarrollo suele ser paralelo a la estratificación, ya que son generadas por la presión ejercida por la carga de sedimentos. Así aparecen superficies estilolíticas de clases 1, 2 y 3 (ver figura Trurnit, 1968).

1.3.- Impresiones en cantos y granos de arena : Pueden ser **suaves**, cuando la presión/solubilidad es diferente (similar a estilolitos de clase 2) y **suturadas**, con relación presión/solubilidad equivalente (comparables a estilolitos 3).

1.4.- Superficies de presión-disolución suaves y planas por removilización de estilolitos,

2.- Conos encajados : Estructura de origen muy discutido, formada por conos que se encajan unos dentro de los otros, se presentan aislados o agrupados, pero siempre con la base hacia arriba. Se encuentran sobre todo en calizas y lutitas. El material que forma los conos es, en la mayoría de los casos, calcita fibrosa (a veces siderita y yeso). Según Pettijohn, el material fibroso es anterior al cono y es el responsable de la formación de éste.

TIPOS DE ESTRUCTURAS	FENOMENOS QUE INTERVIENEN EN SU GENESIS		MATERIALES QUE LAS COMPONEN	MATERIALES EN QUE SE ENCUENTRAN	ETAPA DIAGENETICA
	Precipitación	Disolución fundamentalmente			
NÓDULOS			Chert. Anhídrita. Fosfatados. Carbonatados. Calcita, sílice, óxidos de hierro.	Calizas o dolomías, predominantemente. Sedimentos marinos, finos. Limos, lodos, margas. Sedimentos detríticos porosos, preferentemente. Sedimentos detríticos porosos.	Temprana (?). Postdolomitización. Precoz. Temprana.
CONCRECIONES S. S.			Baritina, calcita, yeso.		
ROSETAS			Calcedonia, carbonato cálcico.		Temprana (?).
ESFERULITAS			Calcedonia más cuarzo, dolomita, etc.	Calizas, generalmente.	
GEODAS			Calcita más lutitas. Cuarzo, pirita, etc.	Lutitas y arcillas. Calizas, dolomías, shales.	Temprana. Precoz a tardía.
SEPTARIAS				Calizas y dolomías, fundamentalmente. Calizas y dolomías, fundamentalmente.	Temprana (?). Tardía. Temprana (?). Tardía.
		ESTILOLITOS			
		SUPERFICIES ESTILOLITICAS IMPRESIONES EN CANTOS Y GRANOS DE ARENA			
		SUPERFICIES SUAVES			
		CONOS ENCAJADOS	Calcita fibrosa, casi siempre; a veces, yeso o siderita.		Temprana.

	Estilolitos de clase 1	Orden 1
		Orden 2
	Estilolitos de clase 2	
	Estilolitos de clase 3	
	Superficies estilolíticas de clase 1, orden 1	
	Superficies estilolíticas de clase 1, orden 2	
	Superficies estilolíticas de clase 2	
	Superficies estilolíticas de clase 3	

BIBLIOGRAFÍA :

- BOGGS, S. (1995). "Principles of Sedimentology and Stratigraphy", 2ª edición, **Prentice Halls, Inc.**
- COLLINSON J.D. & THOMPSON, D.B.(1982) "Sedimentary structures", **George Allen & Unwin.**
- CORRALES, I., ROSSELL, J., SANCHEZ DE LA TORRE, L., VERA, J. y VILAS, L. (1977). "Estratigrafía", **Ed. Rueda.**