



# Estructuras Sedimentarias

*Cecilia I. Caballero Miranda*  
*Clase Ciencias de la Tierra, Fac. Ciencias - UNAM*

# Estructuras sedimentarias

Son rasgos de las rocas sedimentarias que se observan frecuentemente como elementos geométricos, tales como los planos de estratificación u otros rasgos relacionados con tales planos.

Se forman debido a los procesos de sedimentación [procesos físicos, químicos, actividad biogénica contemporáneos al depósito]: **estructuras primarias**, o bien debido a los procesos **diagenéticos o posteriores al depósito** [alteración orgánica, química, deformación por compactación; en la interfase del sedimento]: **estructuras secundarias**

Se observan principalmente en:

**rocas clásticas**, aunque también pueden presentarse en **rocas carbonatadas**

La estructura primaria por excelencia en todas las rocas sedimentarias es la **estratificación**

La estratificación es un cuerpo de roca, generalmente tabular, separado de otros por un plano de debilidad; este último formado debido a una interrupción y/o erosión del depósito o bien debido a un cambio en la naturaleza del depósito. Siempre es sub-paralela a la horizontal al tiempo del depósito



Cuando los planos de estratificación se encuentran muy cercanos entre sí (escala de mm) se denomina: **laminación**

La laminación se observa únicamente en rocas con tamaño de grano fino a muy fino



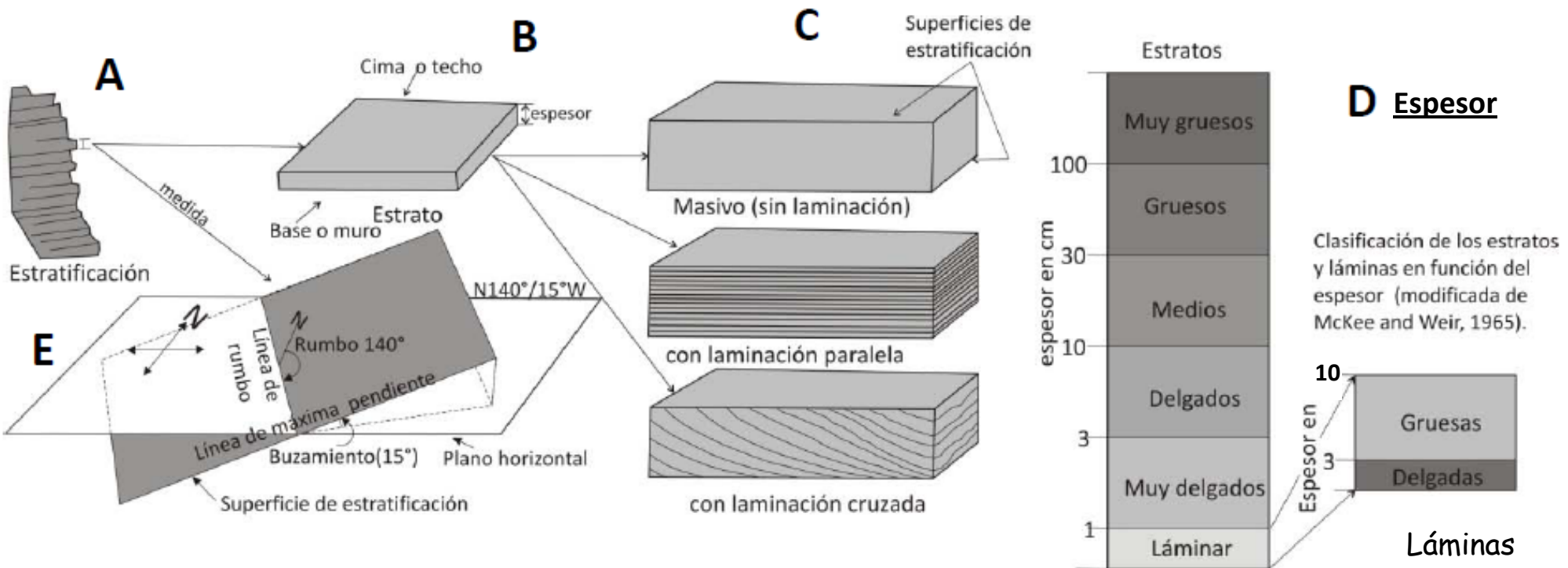
**estratificación**



**laminación**

# Estrato

El concepto de estrato incluye aspectos **geométricos** y **genéticos**.



Cada **estrato** se deposita durante un intervalo de tiempo determinado y se caracteriza por una cierta **litología**: **homogénea o gradacional**, arreglo interno (C) y un cierto **espesor** (D). Así como una orientación en el espacio (B)

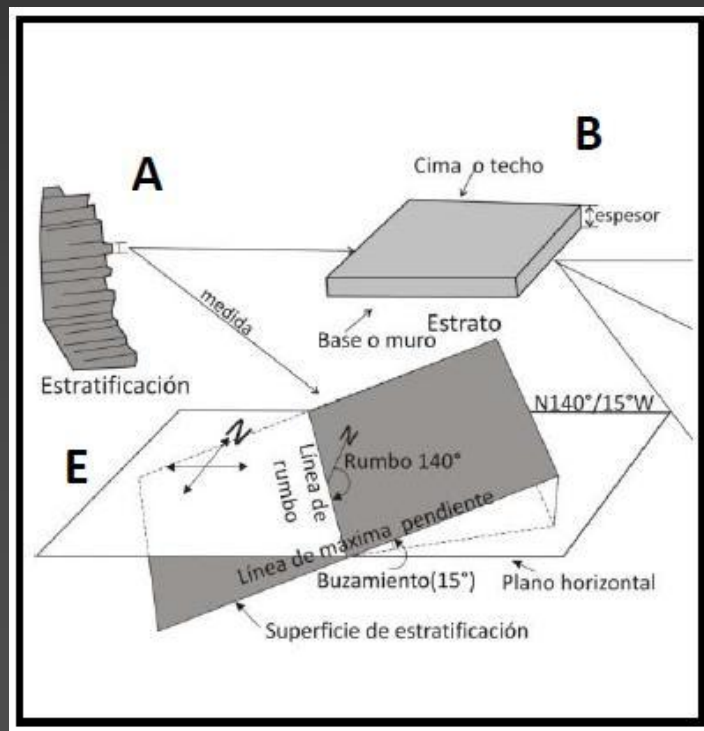
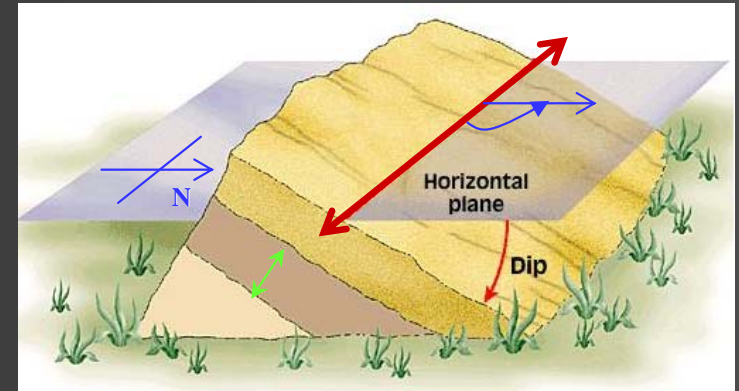
Las superficies de estratificación (base o techo) pueden ser de diferente forma (recta, irregular, ondulada, tabular, acuñaada, etc).

La geometría de la estratificación incluye:

1. El **espesor** de la estratificación y
2. La orientación del estrato: -plano de estratificación- en el espacio:

**Espesor** de un estrato: (distancia entre los planos de estratificación que lo limitan, medida perpendicularmente a ellos).

Rumbo de la estratificación (*strike*): **ángulo horizontal** que forma, con el norte geográfico, la **línea de intersección** entre la superficie de estratificación y un plano horizontal imaginario



Buzamiento (*dip*): **ángulo vertical** que forma el plano de estratificación con la horizontal, medido a 90° del rumbo (dirección de máxima pendiente)

El **espesor** puede representar un instante en el tiempo o un cierto lapso de tiempo (dependiendo del proceso sedimentario)

La **orientación del estrato** depende de procesos claramente posteriores al depósito, lificación y diagénesis (tectónicos o de deformación)

## Estructuras Sedimentarias

**Estructuras Primarias.**- Formadas al tiempo de depósito de los sedimentos

**Estructuras Secundarias.**- Formadas durante los procesos de diagénesis o posterior al depósito y a la formación de las rocas.

### 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

**Estratificación y Laminación.**- paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, imbricación

**Rizaduras de corriente (ripple marks).**- simétricas, asimétricas

**2. Estructuras sobre la superficie de estratificación.**- conservadas en base de estrato superior (o cima de inferior)

Son marcas por diversos agentes.- gotas de lluvia grietas de desecación huellas de cristales, canales

Marcas de corriente - producidas por: erosión de la corriente (**Scour Marks**)

erosión un **objeto** un la corriente (**Tool Marks**)

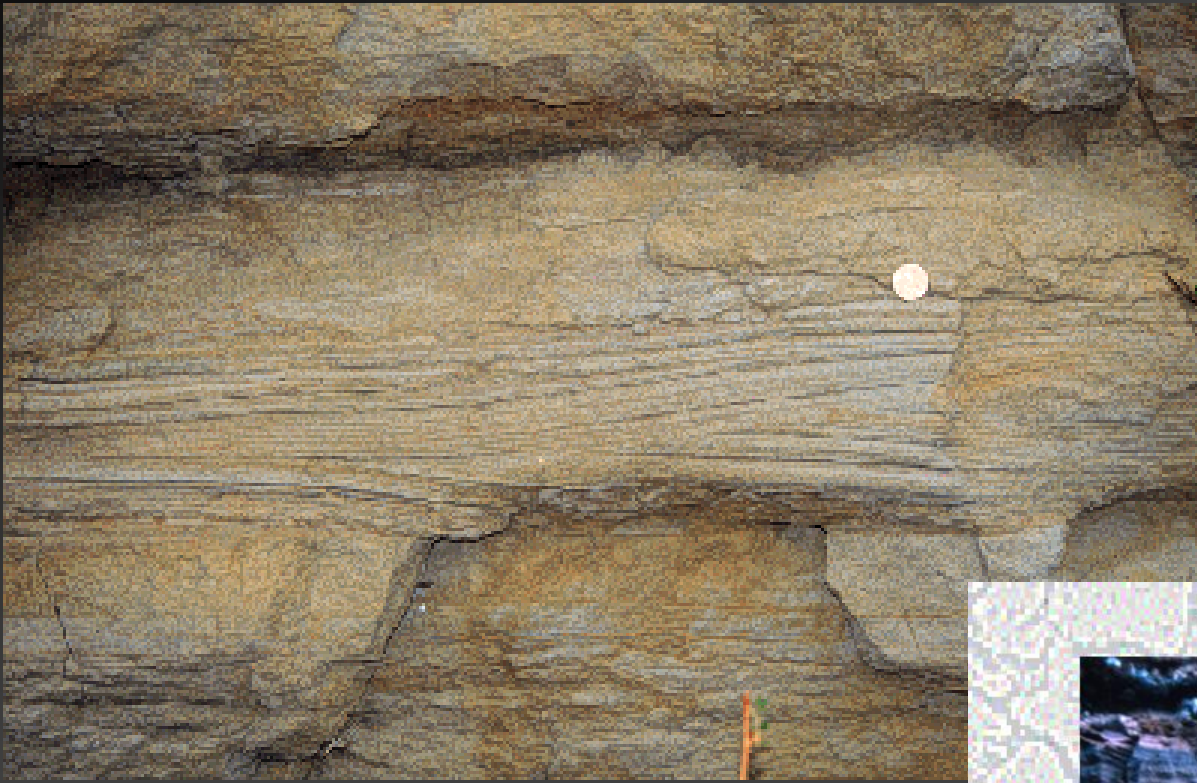
**3. Estructuras de Deformación.** De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

**4. Estructuras Orgánicas** Estromatolitos; Fósiles y Petrificaciones, Bioturbación [Excavaciones burrows y Perforaciones (borings) (por alimentación y morada); Pistas, Huellas],

**5. Estructuras Químicas** (diagenéticas y acrecionales).- De disolución: estilolitas

De precipitación o acreción: **Concreciones, nódulos, rosetas, esferulitas, geodas, septarias**

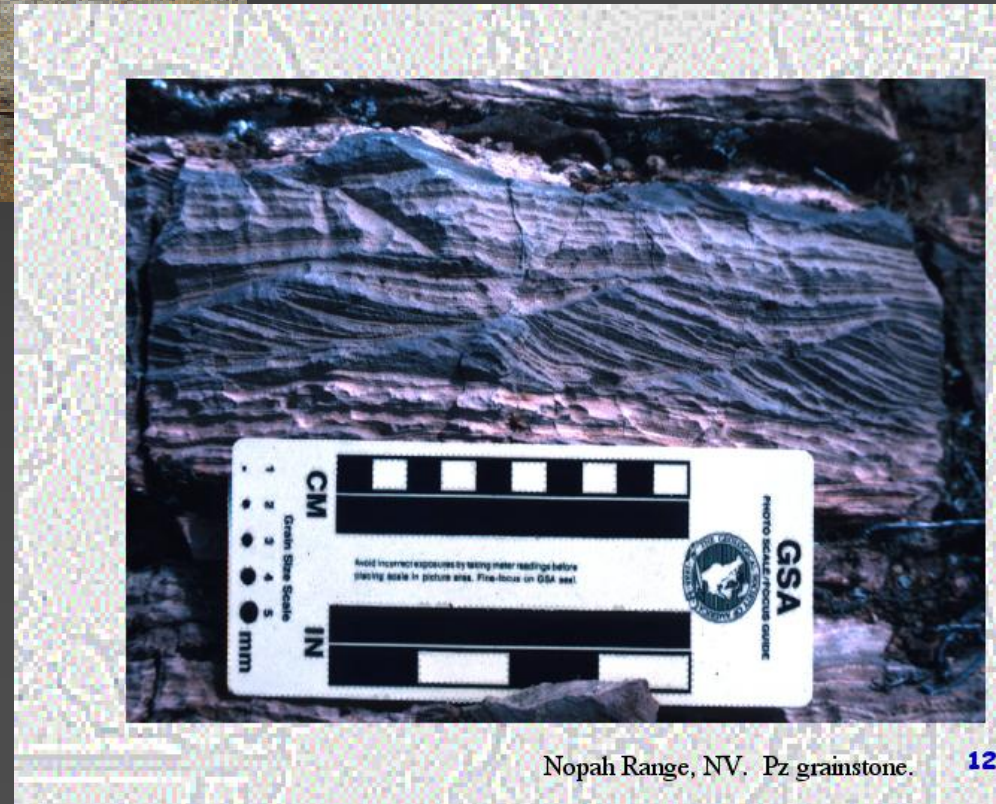
# 1. Estructuras de Ordenamiento Interno



Estratificación paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, e imbricación

dependiendo de la forma de los planos de estratificación

**estratificación cruzada**



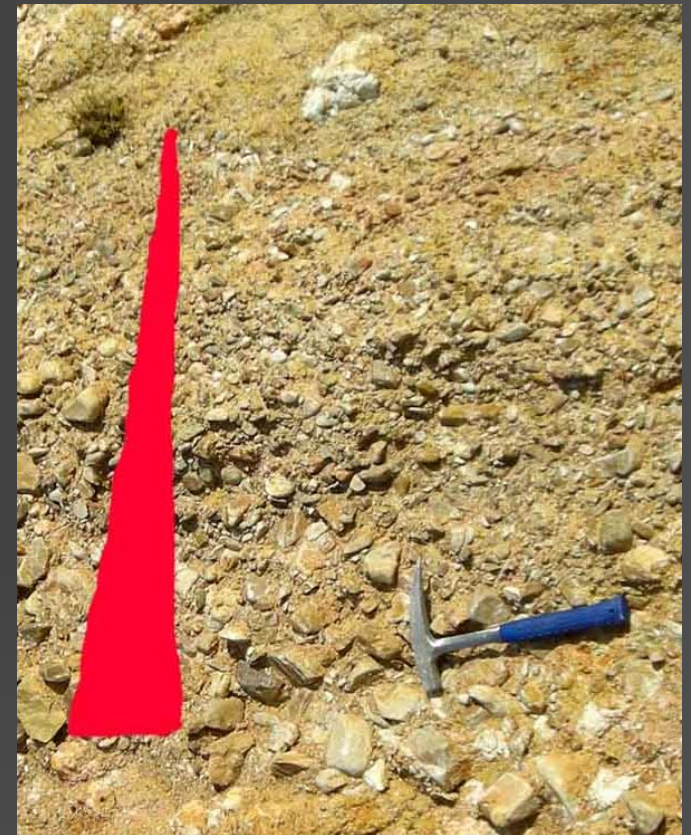
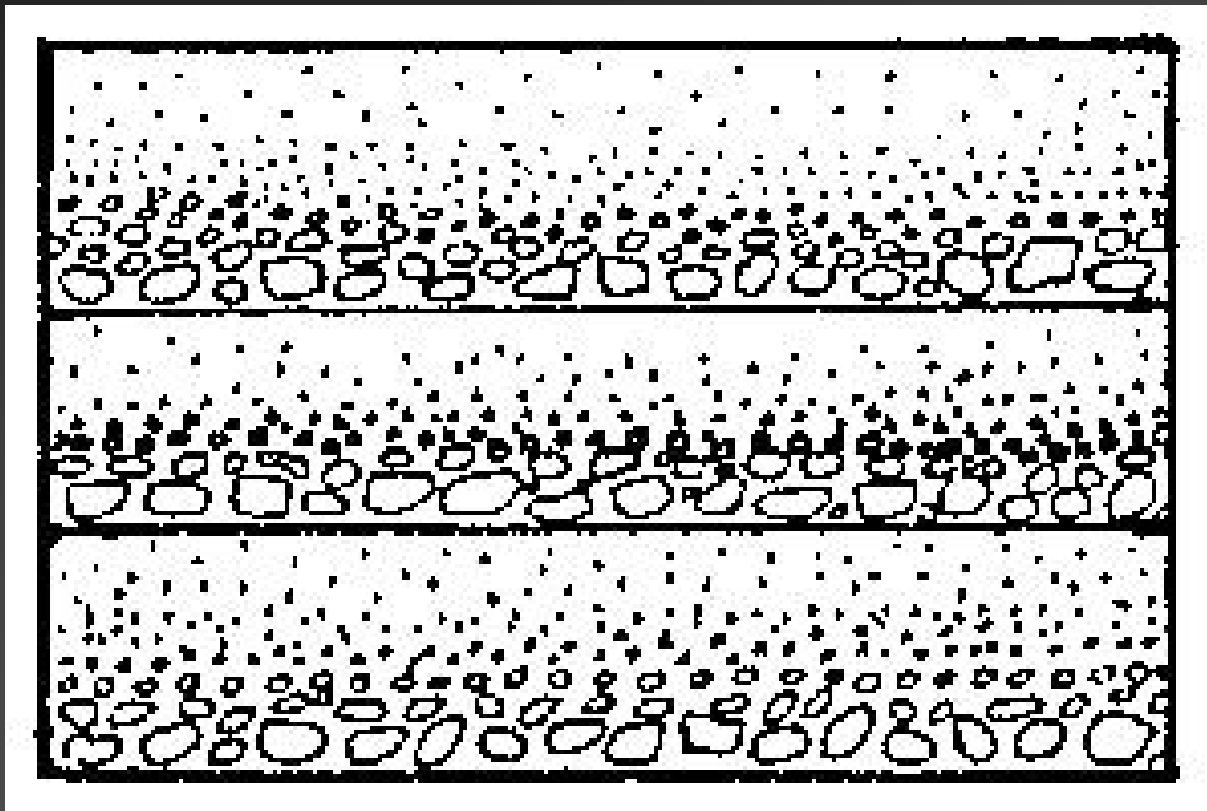
Nopah Range, NV. Pz grainstone.



# 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

Estratificación paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, e imbricación

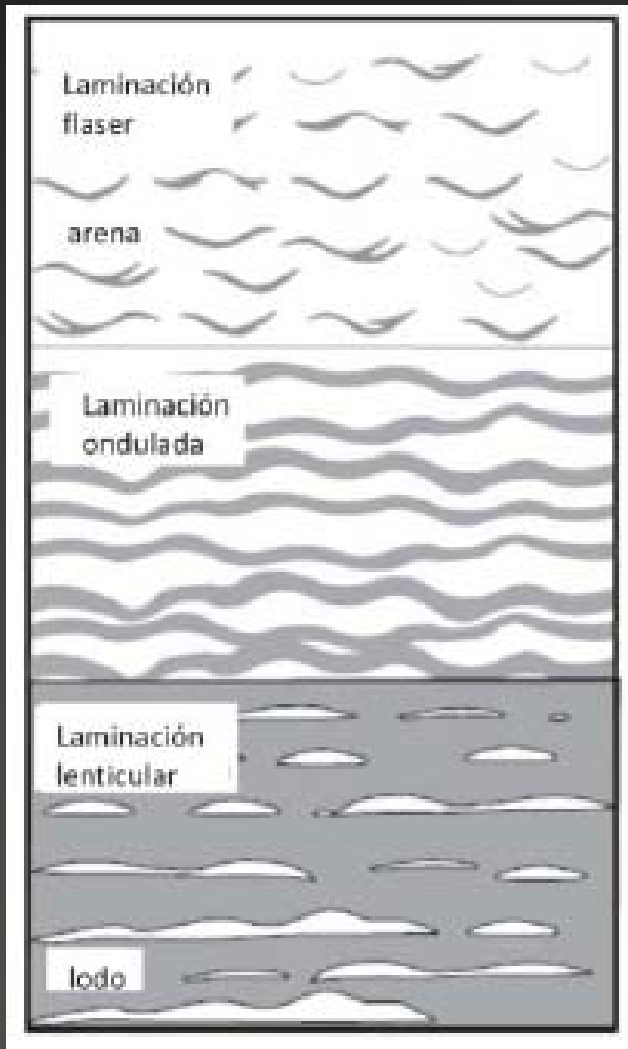
## Gradación o estratificación gradada



# 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

Estratificación paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, e imbricación

## Estratificación flaser, lenticular y ondulada



Cambios en el suministro de sedimentos producen se mezclas de arena y lodo.

- + Si arena > lodo: lentes de lodo, la laminación/estratificación flaser.
- + Si la arena = lodo es laminación o estratificación ondulada.
- + Si el lodo > a arena se produce lentes de arena, laminación o estratificación lenticular.

Estratificación  
lenticular



Estratificación  
ondulada



Estratificación flaser

Cecilia Caballero-M

# 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

Estratificación paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, e imbricación

## **Imbricación de clastos**

Arreglo inclinado de ejes largos de clastos (imbricado) con respecto al plano de estratificación -como las escamas “imbricadas” de un pez-



Concepto de fábrica: orientación preferencial de alguna orientación particular de los granos de un sedimento

La imbricación es un tipo de fábrica, pero puede haber otros de origen primario o secundario

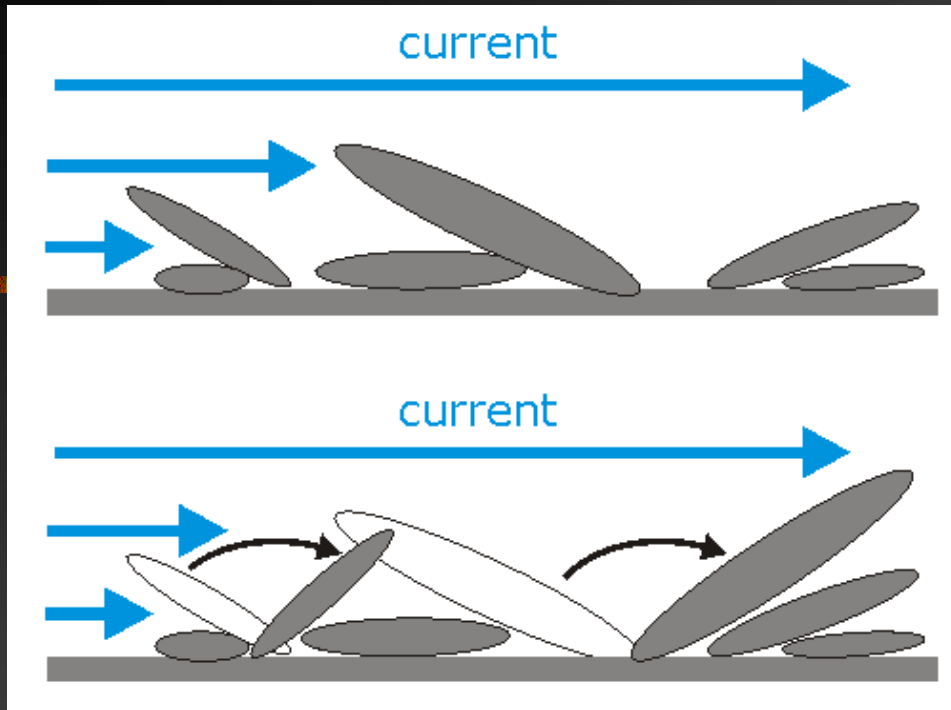
**Las estructuras primarias son particularmente valiosas ya que son el resultado y por ello indican:**

Condiciones particulares del medio de depósito, tales como: agente de depósito, tipo de flujo (turbulento ó laminar; alta o baja energía, etc.), dirección de flujo.

Y sirven también para inferir la “polaridad” ( el arriba y el abajo) de la estratificación.

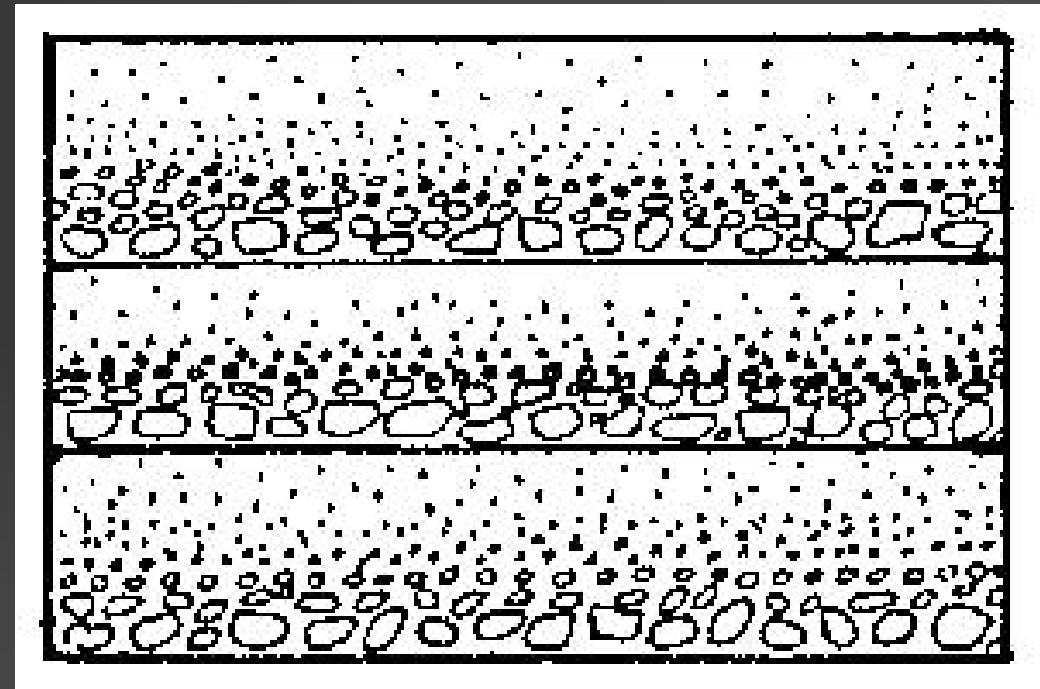
# Imbricación de clastos

Indica:  
dirección paleocorrientes,



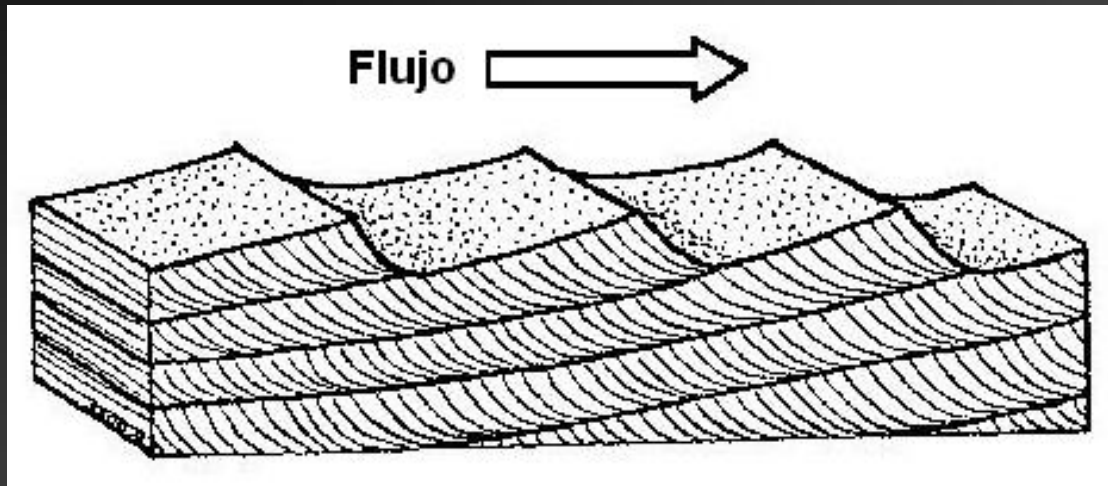
# Estratificación gradada

**Indica:**  
**polaridad estratificación,**  
**dinámica de flujo**  
**(corrientes de turbidez)**



# 1. Estructuras de ordenamiento interno

Rizaduras de corriente (ripple marks).- simétricas, asimétricas

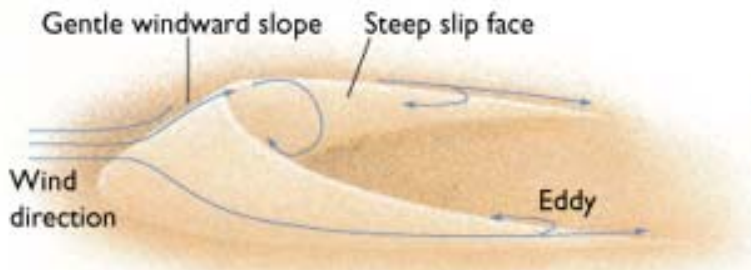


**Rizaduras y dunas,** cuestión de escalas

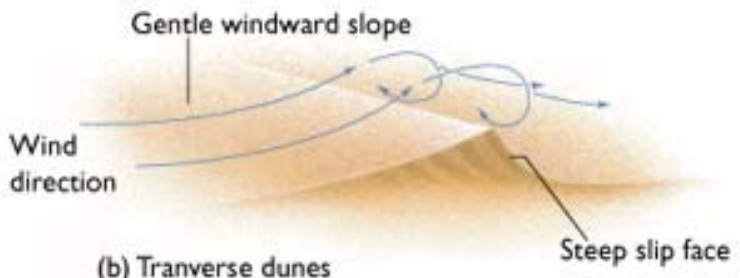
Siempre asociadas con **estratificación / laminación cruzada**







(a) Barchan dunes



(b) Transverse dunes

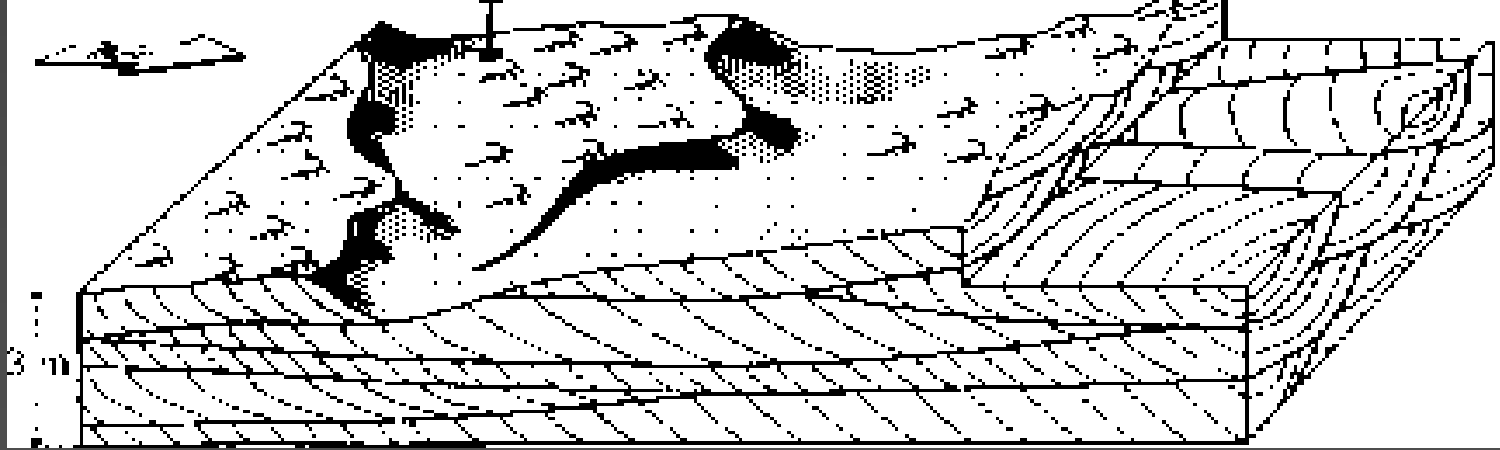


# Rizaduras y dunas

Pueden ser longitudinales o con forma de media luna

Sus morfologías tienen estrecha relación con la dirección (es) del viento

Estratificación cruzada de surco



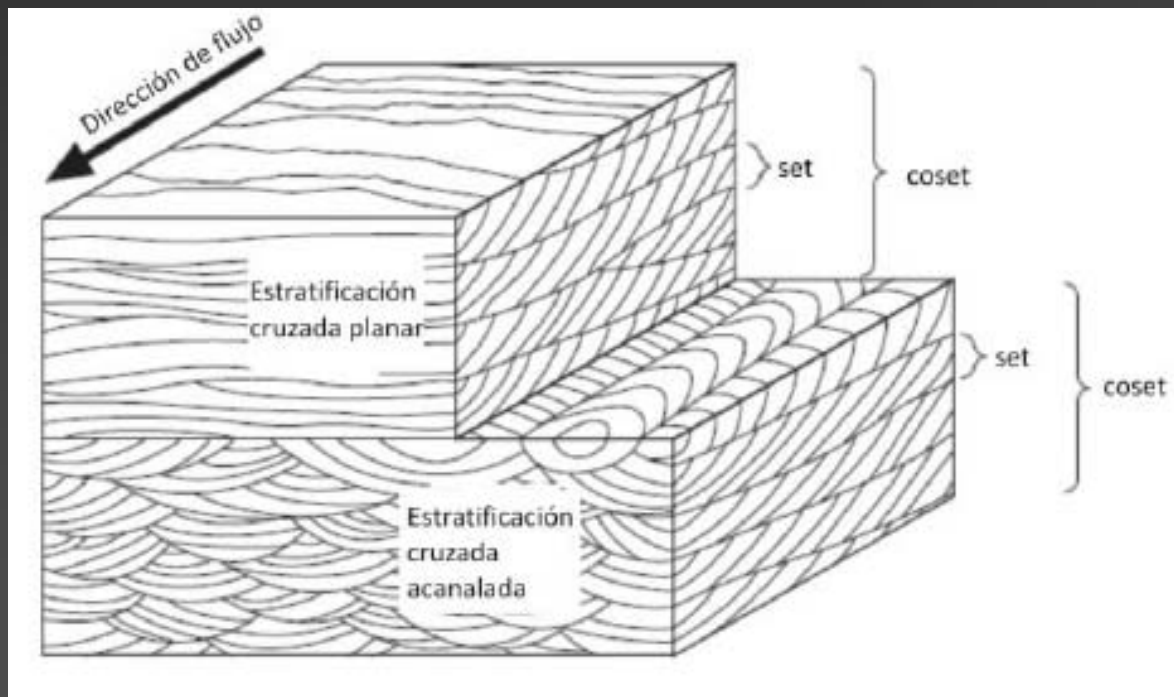
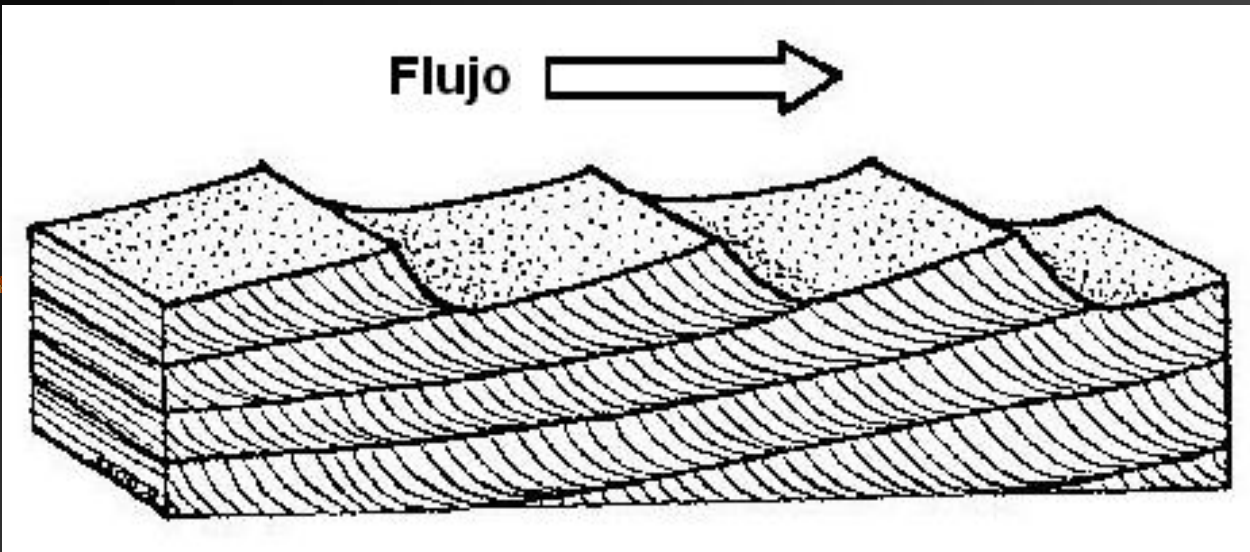
La pendiente suave del lado de barlovento, la fuerte del sotavento

# estratificación cruzada

**Indica:** dirección paleocorrientes, polaridad estratificación

**Dirección de flujo:** La ladera de mayor pendiente está en la dirección hacia donde va el viento o corriente. Ahí se deposita/construye la estratificación cruzada

**Polaridad y dirección:** La concavidad y sentido inclinación de la estratificación indica parte alta del estrato y dirección corriente





**estratificación  
cruzada**

**Arenisca Navajo, Jurásico**





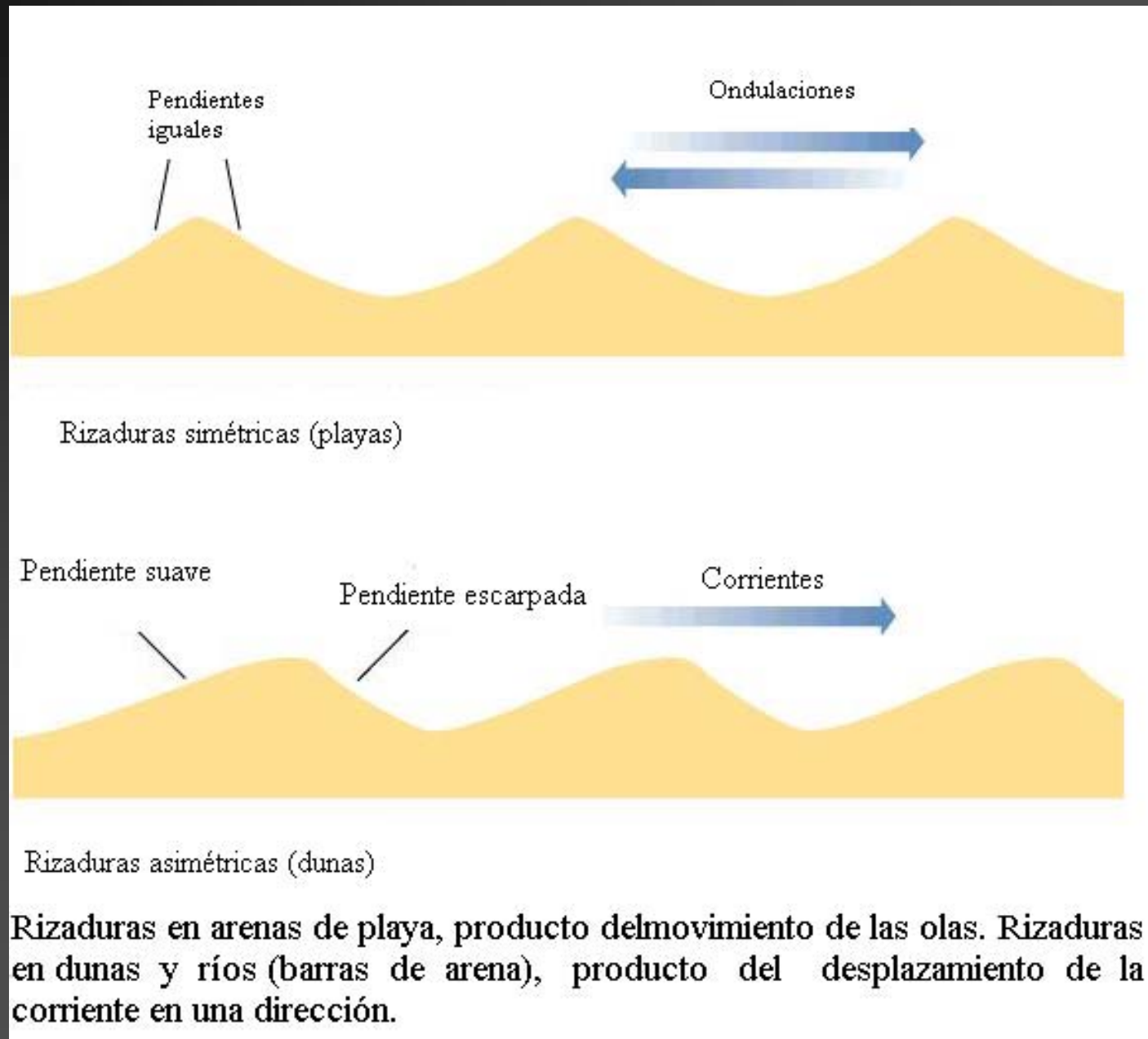
Estratificación cruzada tangencial y en artesa de origen eólico, formados por la migración dunas crecientes de crestas sinuosas. Formación Vallecito, Terciario, Precordillera, provincia de La Rioja, Argentina.

# Rizaduras y dunas

---

Son **asimétricas** (cuando el viento o corriente se mueve en una sola dirección),  
o bien **simétricas** (si el viento o corriente se mueve en dos direcciones, como el oleaje)

# Rizaduras y dunas

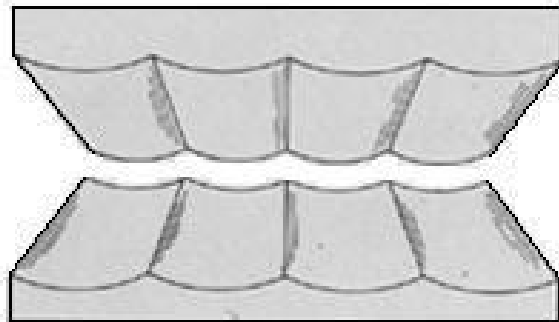




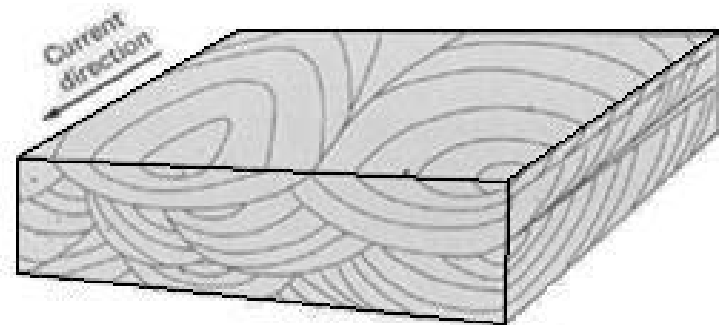




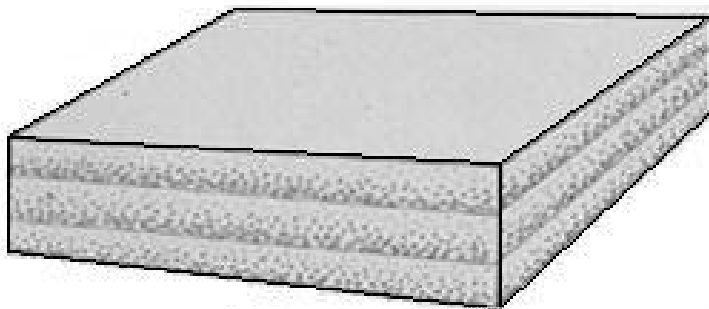
# Estructuras sedimentarias que sirven para conocer la “polaridad” de la estratificación



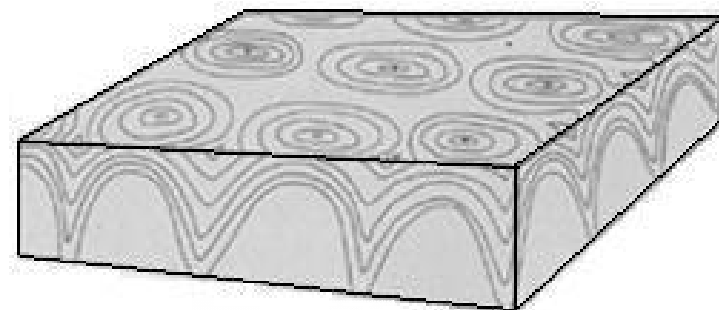
**Rizaduras de corriente**



**Estratificación cruzada**



**Estratificación gradada**



**Estromatolitos**

**FIGURE 2.11**

Representative sedimentary structures useful in distinguishing top and bottom in stratigraphic sequences: (a) Oscillation ripple marks and overlying molds are concave upward. (b) Trough cross bedding is concave upward with sets truncated at the top. (c) Graded beds become finer upward. (d) Algal stromatolite heads grow upward.

## Estructuras Sedimentarias

**Estructuras Primarias.**- Formadas al tiempo de depósito de los sedimentos

**Estructuras Secundarias.**- Formadas durante los procesos de diagénesis o posterior al depósito y a la formación de las rocas.

### 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

**Estratificación y Laminación.**- paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, imbricación

**Rizaduras de corriente (ripple marks).**- simétricas, asimétricas

**2. Estructuras sobre la superficie de estratificación.**- conservadas en base de estrato superior (o cima de inferior)

Son marcas por diversos agentes.- gotas de lluvia grietas de desecación huellas de cristales, canales

Marcas de corriente - producidas por: erosión de la corriente (**Scour Marks**)

erosión un **objeto** un la corriente (**Tool Marks**)

**3. Estructuras de Deformación.** De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

**4. Estructuras Orgánicas** Estromatolitos; Fósiles y Petrificaciones, Bioturbación [Excavaciones burrows y Perforaciones (borings) (por alimentación y morada); Pistas, Huellas],

**5. Estructuras Químicas** (diagenéticas y acrecionales).- De disolución: estilolitas

De precipitación o acreción: **Concreciones, nódulos, rosetas, esferulitas, geodas, septarias**



## huellas de lluvia

**Indican:**  
polaridad estratificación,  
(se conservan en base de  
estrato superior)

## 2. Estructuras sobre la superficie de estratificación

conservadas en base de estrato superior -como calco (*cast*), “en negativo”- (o cima de inferior)





## polígonos de deseccación



**Indican:**  
**polaridad estratificación,**  
**(se conservan en base de**  
**estrato superior)**



**Indican:  
polaridad estratificación,  
(se conservan en base de  
estrato superior)**

# Marcas / estructuras de erosión ó corriente

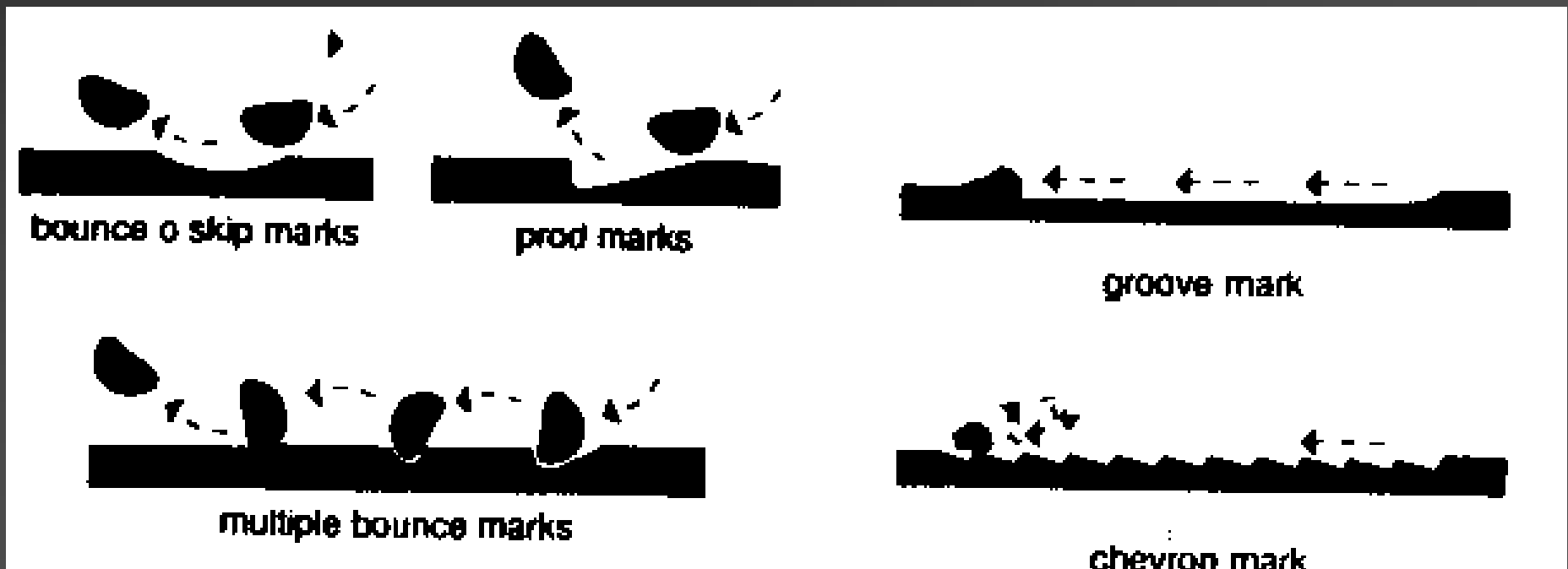
Se forman por: (a) la acción erosiva del flujo de la corriente (scour marks), (b) por el impacto, arrastre o huellas de objetos (tool marks)

Indican: polaridad estratificación (se conservan en base de estrato superior) y dirección de flujo

de rebote

de impacto

de arrastre



de rebote e impacto múltiples

chevrón: salto y arrastre

# Marcas de erosión por objetos

Generalmente se conserva su negativo “calco” en la parte inferior del estrato que rellena las depresiones formadas

Marca por  
impacto (prod) y  
arrastre (groove)  
de un objeto



Marca por  
salto y arrastre  
(en chevron)  
de un objeto

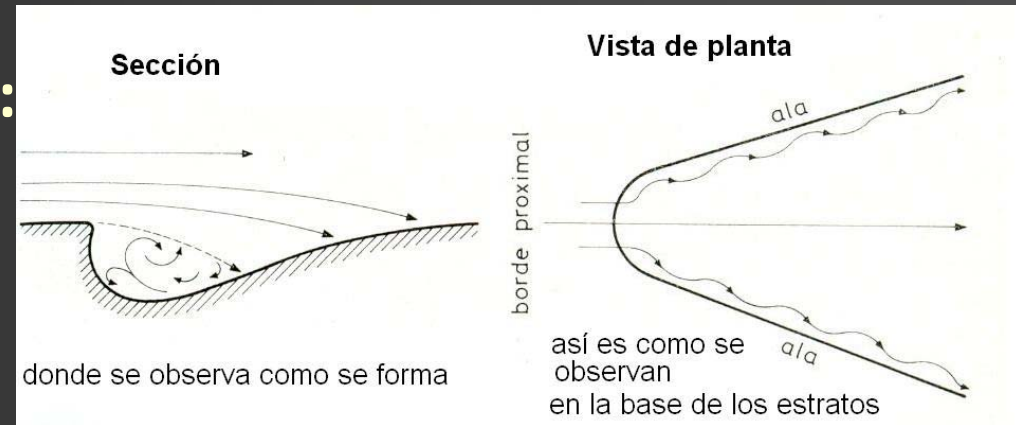


# Marcas de erosión por corriente

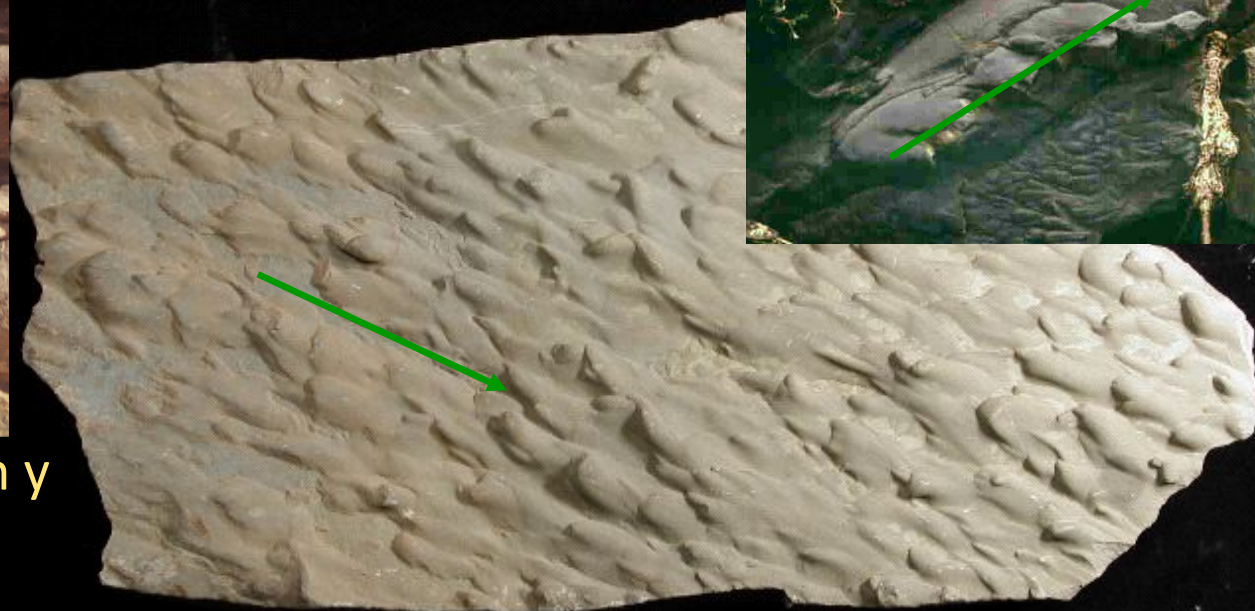
Marca formada por acción erosiva del flujo de la corriente:  
**flute marks Turboglifos**

Depresión asimétrica que se profundiza del lado de donde proviene el flujo

frecuentes en corrientes de turbidez, tempestitas marinas y lacustres



Indican polaridad; dirección y sentido del flujo





## Marcas de Media Luna “crescents marks o cast”

Por erosión combinada de corrientes y objetos fijos en el sustrato. Tienen forma de herradura alrededor de un objeto que fue obstáculo para el flujo.

Se pueden conservar en la base: calco (cast) o en el techo marca (marks), con forma de depresión o abultamiento con forma de herradura indicando la polaridad.

Los objetos obstáculos (granos, conchas, etc.) son una barrera al flujo y provocan la acumulación del sedimento aguas abajo. En sustratos arenosos, asociados a estructuras de poca profundidad, como rizaduras de oleaje.



## Marcas de avenidas “rills marks” (surcos ramificados)

Se originan al bajar la marea que forma pequeños canales ramificados que aguas arriba se unen. Tienen pocos cm de anchura y mm de altura; su longitud es de pocos m. Tienen una mala conservación en arenas y lodos.



Las marcas de escorrentías “rills marks” en playas españolas



# Estrías glaciares



# Estructuras Sedimentarias

**Estructuras Primarias.**- Formadas al tiempo de depósito de los sedimentos

**Estructuras Secundarias.**- Formadas durante los procesos de diagénesis o posterior a la formación de las rocas

## 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

**Estratificación y Laminación.**- paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, imbricación

**Rizaduras de corriente (ripple marks).**- simétricas, asimétricas

**2. Estructuras sobre la superficie de estratificación.**- conservadas en base de estrato superior (o cima de inferior)

Son marcas por diversos agentes.- gotas de lluvia grietas de desecación huellas de cristales, canales

Marcas de corriente - producidas por: erosión de la corriente (**Scour Marks**)

erosión un **objeto** un la corriente (**Tool Marks**)

**3. Estructuras de Deformación.** De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

**4. Estructuras Orgánicas** Estromatolitos; Petrificaciones, burrows (por alimentación y morada), perforaciones, Bioturbación

**5. Estructuras Químicas** (diagenéticas y acrecionales).- De disolución:: **estilolitas**

De precipitación o acreción: **Concreciones, nódulos, rosetas, esferulitas, geodas, septarias**

### 3. Estructuras de deformación

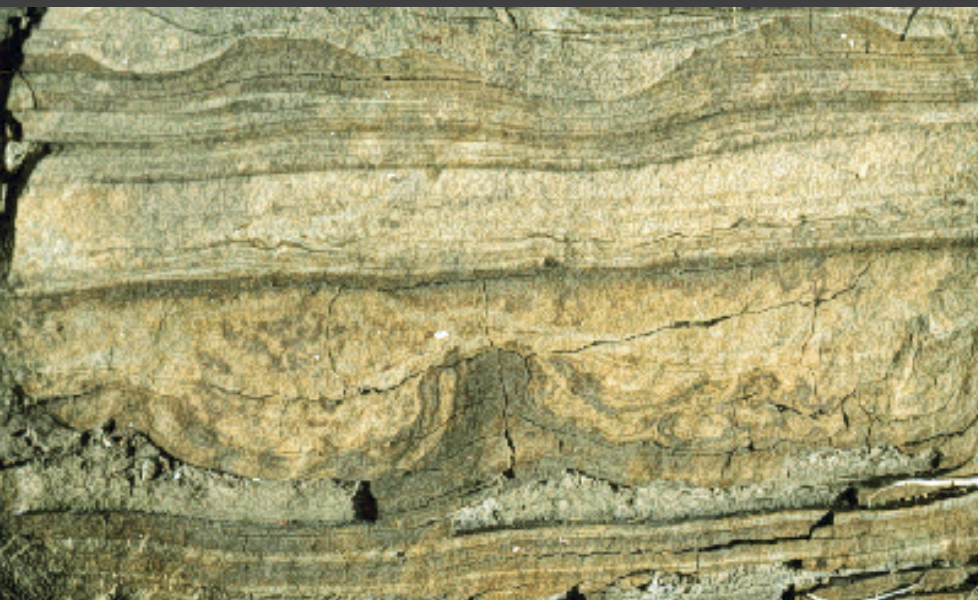
De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

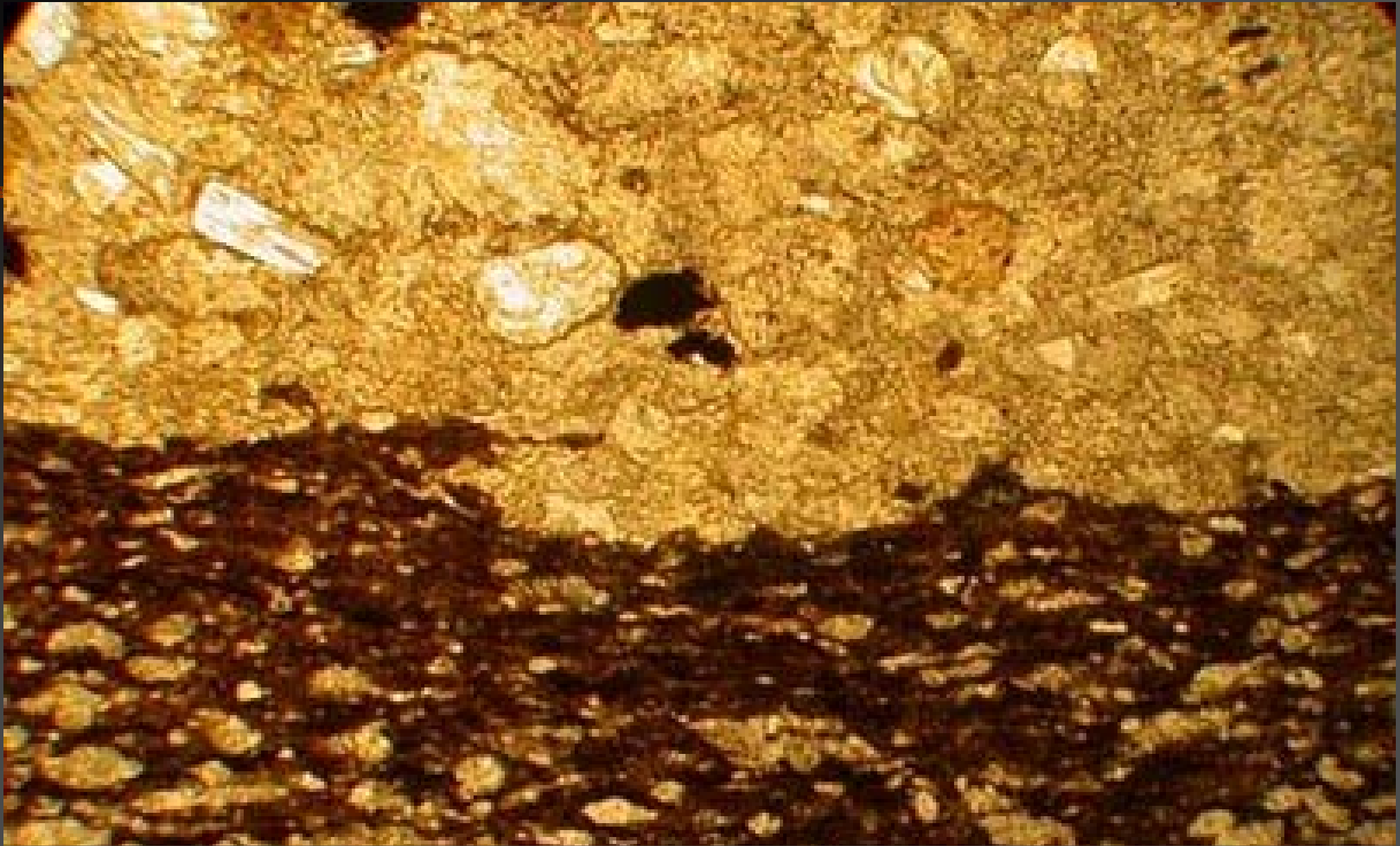


### de carga

Formadas por el peso de los sedimentos singenética o posteriormente al depósito

En base de estrato superior





Calcos de carga de microescala

### 3. Estructuras de deformación

De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

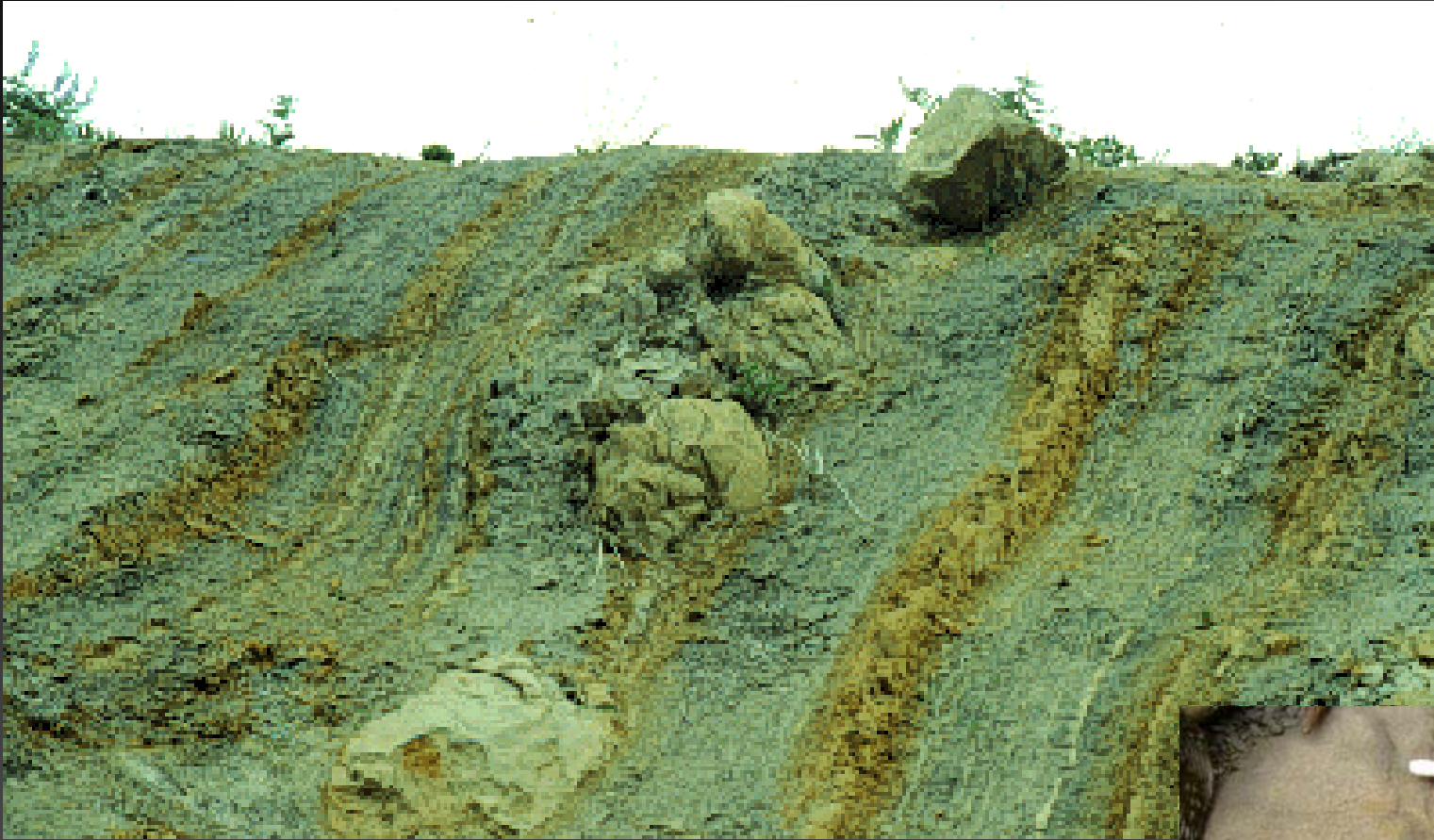
**de carga**



**Estratificación  
convoluta**



# estructuras de carga



licuefacción de lutitas

Estructura en flama (flame)







Slump y brechas submarinas, España

## Slumps en turbiditas



Deformación de sedimentos blandos.  
en una planicie de mareas



## Estructuras Sedimentarias

**Estructuras Primarias.**- Formadas al tiempo de depósito de los sedimentos

**Estructuras Secundarias.**- Formadas durante los procesos de diagénesis o posterior al depósito y a la formación de las rocas.

### 1. Estructuras de Ordenamiento Interno

**Estratificación y Laminación.**- paralela, cruzada, gradada, flaser, lenticular, imbricación

**Rizaduras de corriente (ripple marks).**- simétricas, asimétricas

**2. Estructuras sobre la superficie de estratificación.**- conservadas en base de estrato superior (o cima de inferior)

Son marcas por diversos agentes.- gotas de lluvia grietas de desecación huellas de cristales, canales

Marcas de corriente - producidas por: erosión de la corriente (**Scour Marks**)

erosión un **objeto** un la corriente (**Tool Marks**)

**3. Estructuras de Deformación.** De carga, estratificación convoluta, de inyección; slumps y contorsionadas

**4. Estructuras Orgánicas** Estromatolitos; Fósiles y Petrificaciones, Bioturbación [Excavaciones burrows y Perforaciones (borings) (por alimentación y morada); Pistas, Huellas],

**5. Estructuras Químicas** (diagenéticas y acrecionales).- De disolución: estilolitas

De precipitación o acreción: **Concreciones, nódulos, rosetas, esferulitas, geodas, septarias**

## 4. Estructuras orgánicas

### Estromatolitos



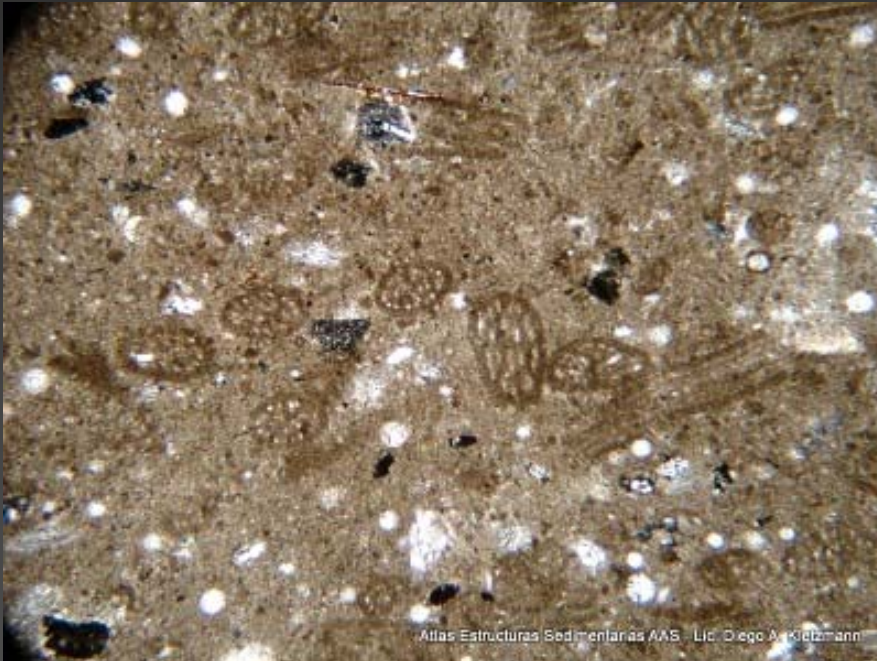
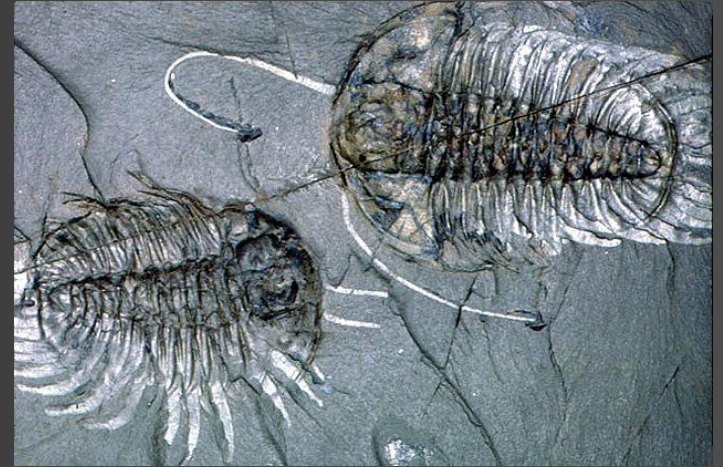
# Oncolitos

Partículas esféricas a subesféricas compuestas por un núcleo y una corteza irregular formada por envolturas micríticas no-concéntricas y parcialmente superpuestas. De origen biogénico similar a los estromatolitos: debido al crecimiento de cianobacterias, microbios y algas. Pueden tener hasta 30 cm. Son comunes en ambientes subtidales y lacustres. Se forman en condiciones de relativa tranquilidad, pero interrumpidas por episodios de alta energía en aguas agitadas.



# Fósiles y Estructuras de biodepositación

Fósiles: moldes, petrificaciones, calcos



Las E. de bio-depositación reflejan la producción o concentración de sedimento por la actividad de un organismo. Ejemplos: coprolitos, regurgitalitos y cololitos.

# Bioturbación

Huellas y rastros (tracks) de animales



Indican:  
polaridad estratificación,  
(se conservan en base de  
estrato superior)





# Bioturbación

Huellas de aves



Atlas Estructuras Sedimentarias AAS - Dr. Roberto A. Scasso

*Asteriacites* isp.



Atlas Estructuras Sedimentarias AAS - Lic. Estefanía Tudisca

Pistas  
(trails)



Atlas Estructuras Sedimentarias AAS - Dr. Florencio Acenolaza

madrigueras de animales

# Bioturbación

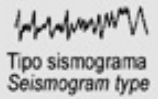
Excavaciones (burrows), sedimento suave  
Perforaciones (borings), en roca dura



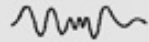
# 5. Estructuras Químicas

## Diagrama A / Diagram A

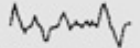
CLASIFICACIÓN SEGÚN LA GEOMETRÍA  
CLASSIFICATION ACCORDING TO GEOMETRY



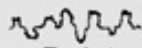
Tipo sismograma  
Seismogram type



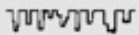
Tipo vetas simple  
Simple wavelike type



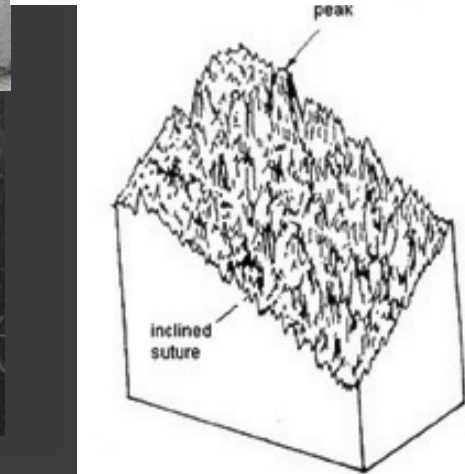
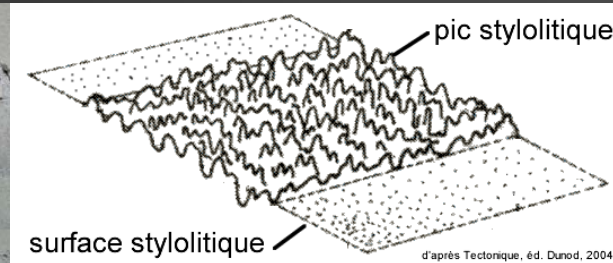
"Sharp-peak"  
Sharp-peak (tapered  
and pointed)



Tipo juntas  
Sutured type with insoluble residues  
emphasized in bolder black peaks



Tipo rectangulares  
Up - and Down-peak (rectangular types)



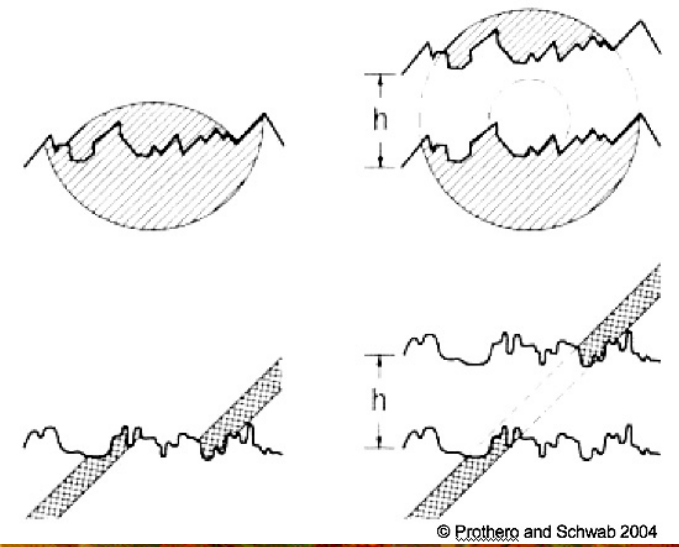
d'après Tectonique, éd. Dunod, 2004

## Disolución



## Estilolitas

¡Cuidado!  
Debido a la  
pérdida de  
material por  
disolución, una  
estilolita puede  
parecer una falla



© Prothero and Schwab 2004



## Estructuras Geopetales

Las estructuras químicas pueden ser sinsedimentarias o pertenecer a estadios diagenéticos tempranos o tardíos.

## Concreciones y nódulos

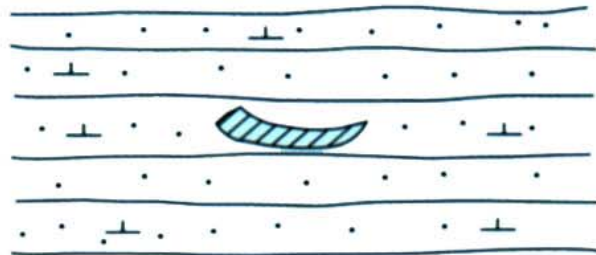
Cuerpos esféricos a subesféricos postdepositacionales (**diagénesis temprana** o tardía). Por precipitación localizada de un cemento en los espacios porosos: alrededor de un núcleo (concreciones) o por reemplazo de un mineral (nódulos). En zonas donde las condiciones físico-químicas (e.g., Eh y pH) favorecen su precipitación.

Puede actuar como núcleo un organismo, cuya descomposición genera cambios pH / Eh localizados, ej. conchas carbonatadas.

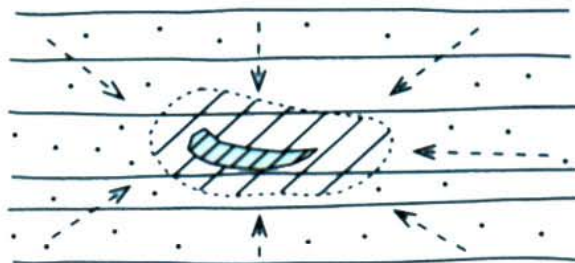
El crecimiento puede ser "concéntrico" [capas concéntricas sucesivas] o "pervasivo" [cementación generalizada / al mismo tiempo].

Los cementos (más comunes son calcita (o aragonita) y dolomita, aunque también son frecuentes los de óxidos de hierro: nódulos siderita; los sulfatos: nódulos de anhidrita o yeso; los fosfatos: nódulos de colófano; los sulfuros: nódulos de pirita, entre otros.

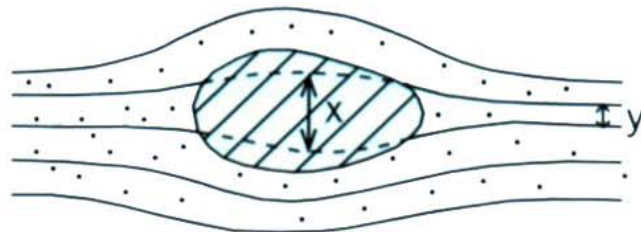
formation of pre-compactional nodule



calcite fossil deposited in calcareous sand

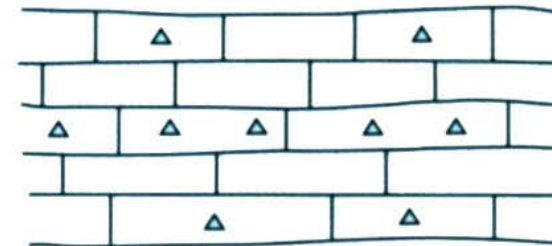


dissolution of dispersed calcite, focussing of pore fluids, precipitation of calcite cement in area around fossil (i.e. calcareous nodule)

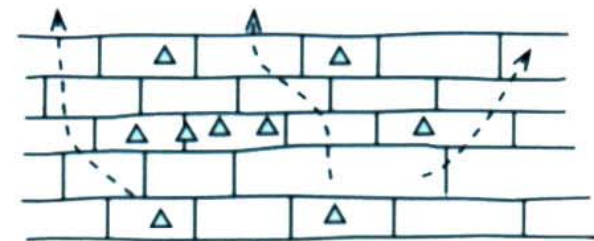


compaction occurs after nodule formation; amount of compaction given by  $[(x-y)/x] \times 100\%$

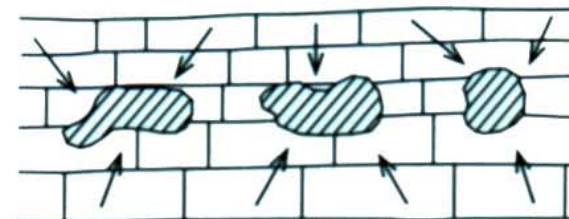
formation of post-compactional nodule



dispersed siliceous microfossils deposited in calcareous ooze



sediment compaction and dewatering  $\pm$  incipient precipitation of siliceous-rich material around original concentrations



precipitation of chert nodules in chalk during late-stage pore-fluid movement



Concreción por crecimiento concéntrico

Concreciones calcáreas en una arenisca glauconítica.



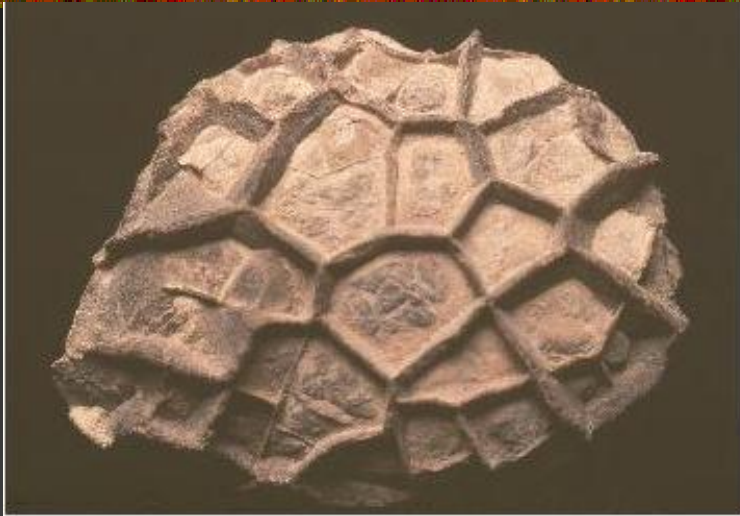
Algunos nódulos forman texturas particulares como las texturas *chicken wire* o *bird's eyes*, que son un tipo de estructuras nodulares que generan por el remplazo de anhidrita por yeso debido al ascenso por capilaridad de aguas poro sulfatadas, que generan expansión, deformando y plegando la laminación. Son estructuras típicas de los sectores de supramarea de los *sabkhas*.





# Septarias

Son concreciones de origen incierto que contienen grietas ó cavidades angulares, posiblemente por encogimiento /deseccación y posiblemente formadas de fuera hacia el centro, ya que el relleno es de material más suave/fino

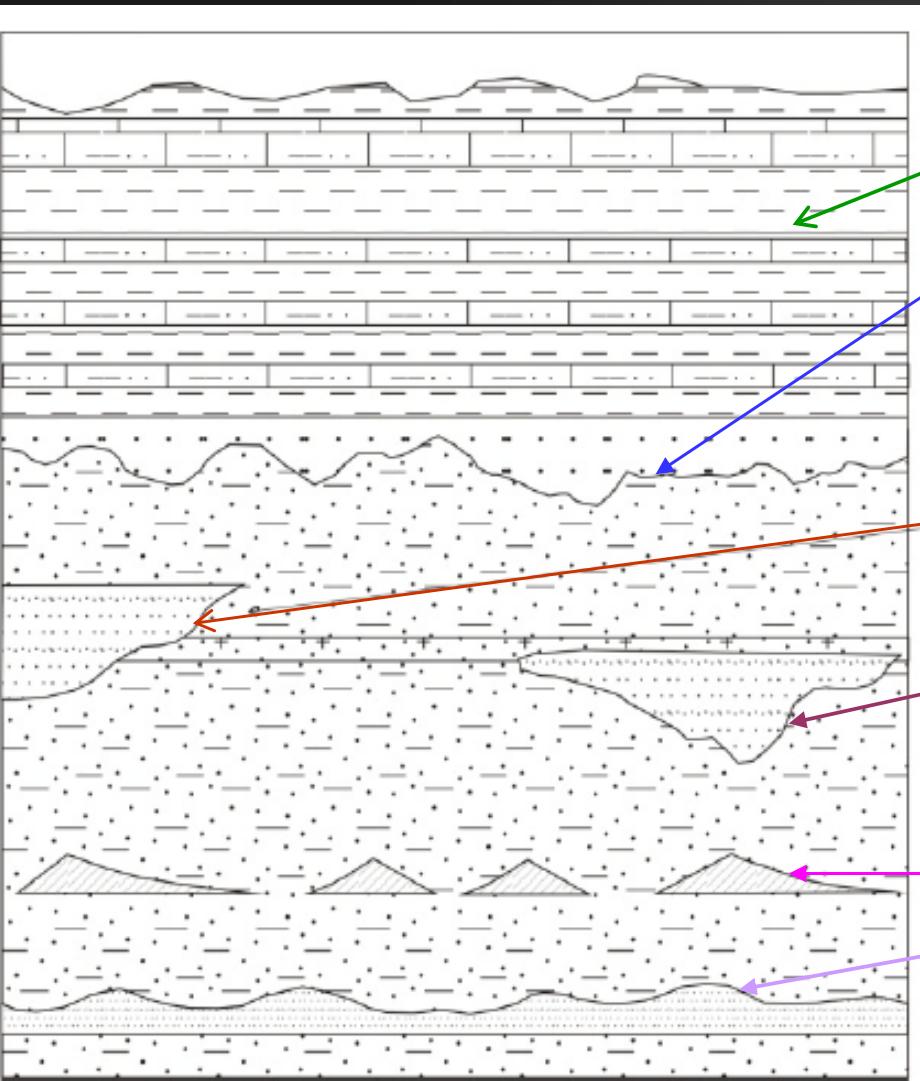


## Clasto armado

Clasto blando de material margoso "armado" de clastos siliciclásticos recogidos del fondo de una rampa en un episodio de tormenta.  
Marruecos

# Otros tipos de planos de estratificación

## Geometría de los estratos.



Tabular (planar): Superficies de estratificación planas y paralelas entre sí.

Irregular: Estratos de relativa extensión lateral con su base irregular y erosiva y su cima plana, con lo que el espesor varía.

En cuña: Los límites son superficies planas no paralelas entre sí, que terminan lateralmente por pérdida de espesor.

Acanalada: Poca extensión lateral y espesor variable, geometría interna similar a la de la sección de un canal.

Lenticular: Cuerpos discontinuos.

Ondulada: Con muro plano, rizaduras de corriente o de ola.



**Canales fluviales y barra arenosa, Tlapa, Gro.**

# Bibliografía

Collinson, J.D. & Thompson, D.B., 1992. *Sedimentary Structures*. Chapman & Hall, 2nd ed., 207 p. Cambridge

Corrales, Z. I., Rosell, S. J., Sánchez de la Torre, L., Vera, T. J. A., Vilas M. L., 1977. *Estratigrafía*. Editorial Rueda. Madrid, España.

Gary, N. 2009, *Sedimentology and Stratigraphy*. Wiley-Blackwell Science, 2nd ed., 419 p. Oxford

Stow, D. A. V., 2006. *Sedimentary Rocks in the field. A color guide*. Academic Press., 320 p. London.

Pettijohn, F.J., 1975. *Sedimentary Rocks*. Harper & Row, Publishers, 3d. ed., 628 p. New York