

Flujos gravitatorios

Anteriormente hemos mencionado dos tipos de procesos que mueven partículas:

Caída por gravedad de sedimentos secos y los flujos fluídos.

Un tercer tipo de flujos , los movimientos en masa húmedos o asistidos por un fluído, tienen propiedades de ambos.

Proceso

Caída de Rocas

Deslizamiento

Asentamiento

Flujos de detritos

Flujos licuados

Flujos granulares

Corriente de Turbidez

Depósito

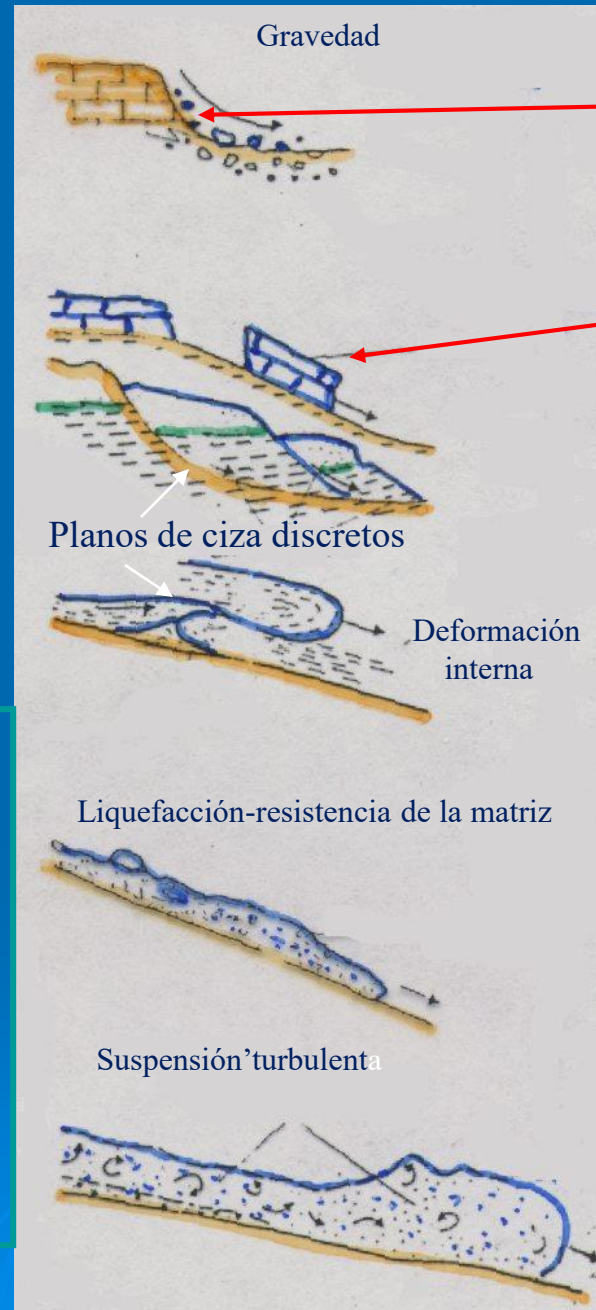
Conos de deyección

Olistolitos

De asentamiento

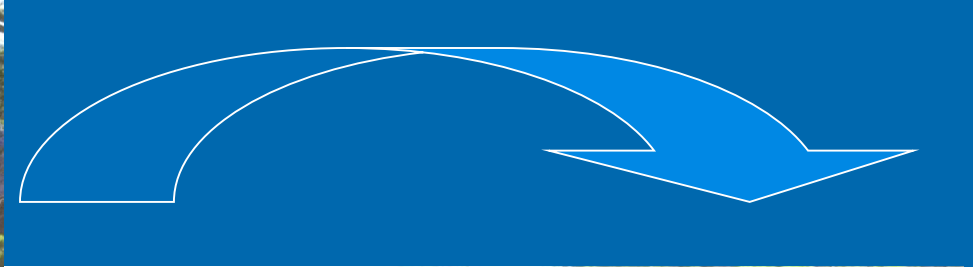
De flujo

Turbidita



Depósitos gravitatorios o de remoción en masa

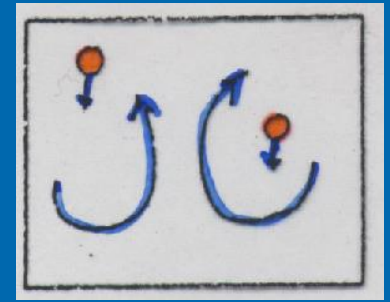
- Caídas de rocas (rockfalls) en taludes.
- Asentamientos (slumps) y deslizamientos (slides) en los cuales los materiales presentan deformación interna relativamente baja y movimiento a lo largo de planos discretos. El asentamiento es rotacional, el deslizamiento no.
- Flujos: para que exista un verdadero flujo es necesario que las partículas sean levantadas en contra de la acción de la gravedad para reducir su cohesión y fricción interna.



Se conocen 4 mecanismos en los **flujos gravitatorios**:

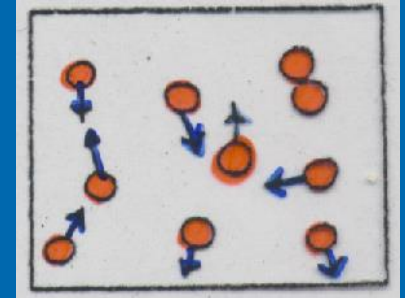
- **Turbulencia** (caso típico = corrientes de turbidez, el sedimento es soportado por la turbulencia).

Produce Corrientes de Turbidez



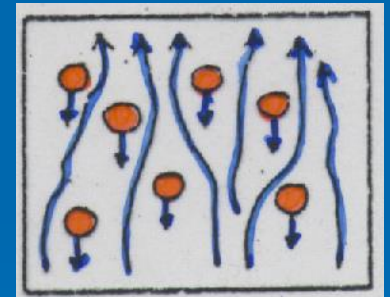
- **Presión dispersiva** (el sedimento es soportado por colisiones entre los clastos).

Produce Flujos Granulares



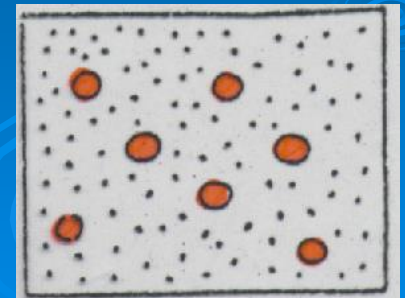
- **Liquefacción** (el sedimento es soportado por el movimiento hacia arriba de fluidos que se escapan entre los granos).

Produce Flujos Licuados



- **Resistencia de la matriz** (los clastos mayores son soportados por una matriz que es mezcla de fluidos intersticiales y sedimentos finos).

Produce Flujos de detritos



Cuatro tipos de flujos gravitatorios

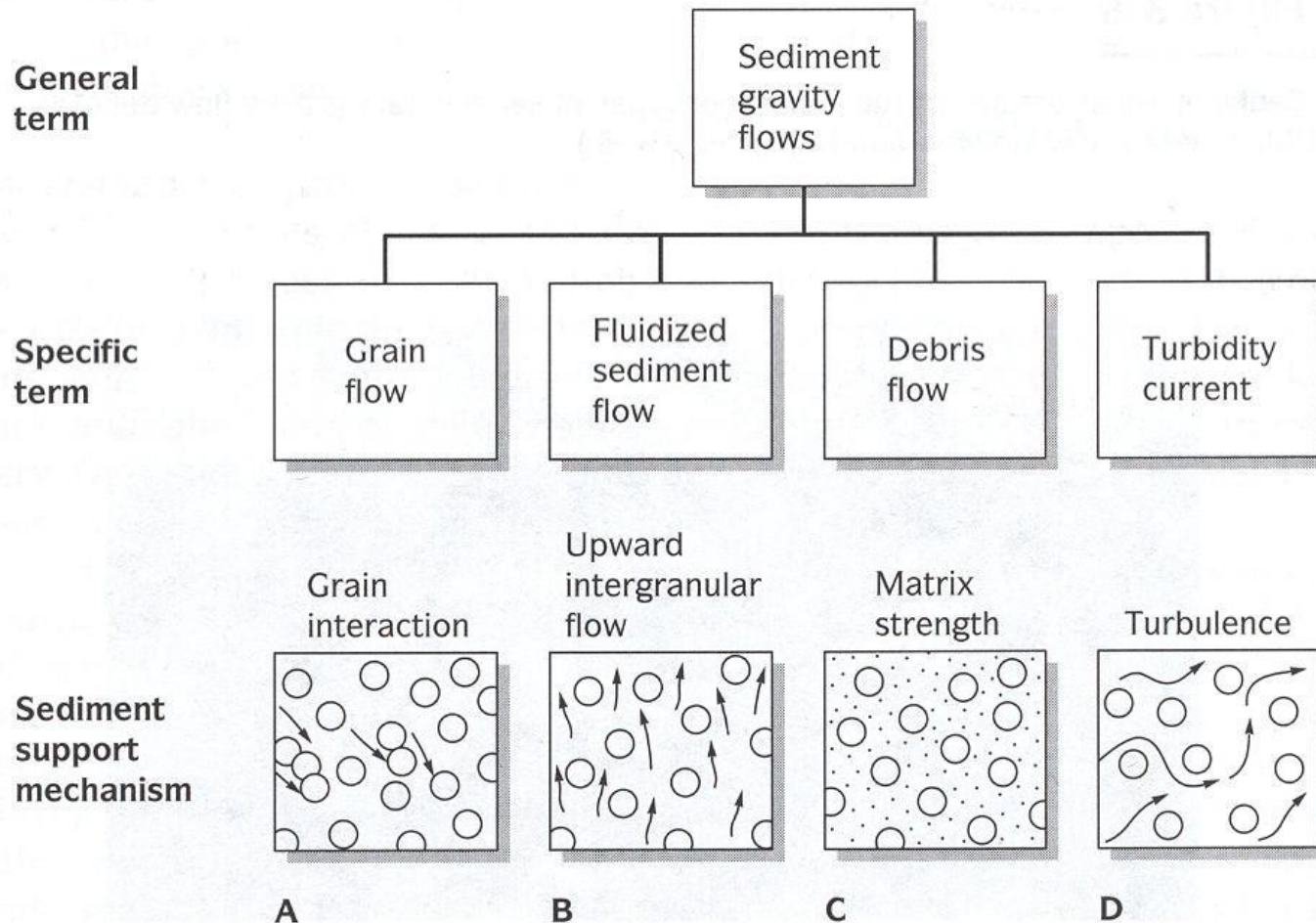
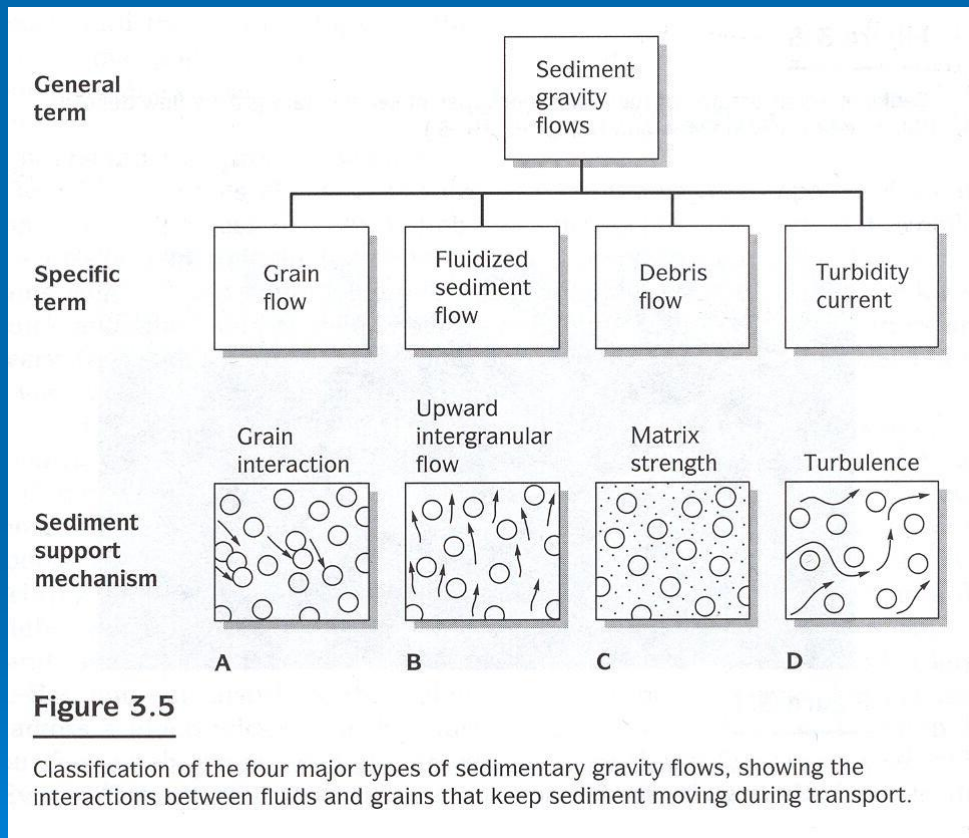


Figure 3.5

Classification of the four major types of sedimentary gravity flows, showing the interactions between fluids and grains that keep sediment moving during transport.

Cuatro tipos de flujos gravitatorios

- Flujos granulares-sedimentos inconsolidados (ej. arena seca) se mueve pendiente abajo por acción de la gravedad.
- A pesar de que hay aire o puede haber agua entre los granos estos fluidos actúan sólo como lubricante y no mueven los granos.



Flujos Granulares

- Concepto de Bagnold (1956).
- Cuando una masa no cohesiva de granos concentrados es sometida a cizalla, la interacción entre los granos produce fuerzas normales al plano de ciza, que tienden a dispersar el sedimento hacia arriba. Esta fuerza se llama “presión dispersiva” .

$$\Gamma/P_d = \tan \alpha$$



Γ es el esfuerzo de cizalla, P es la presión dispersiva y α el ángulo de fricción interna (equivale al ángulo entre la horizontal y el plano).

Flujos granulares



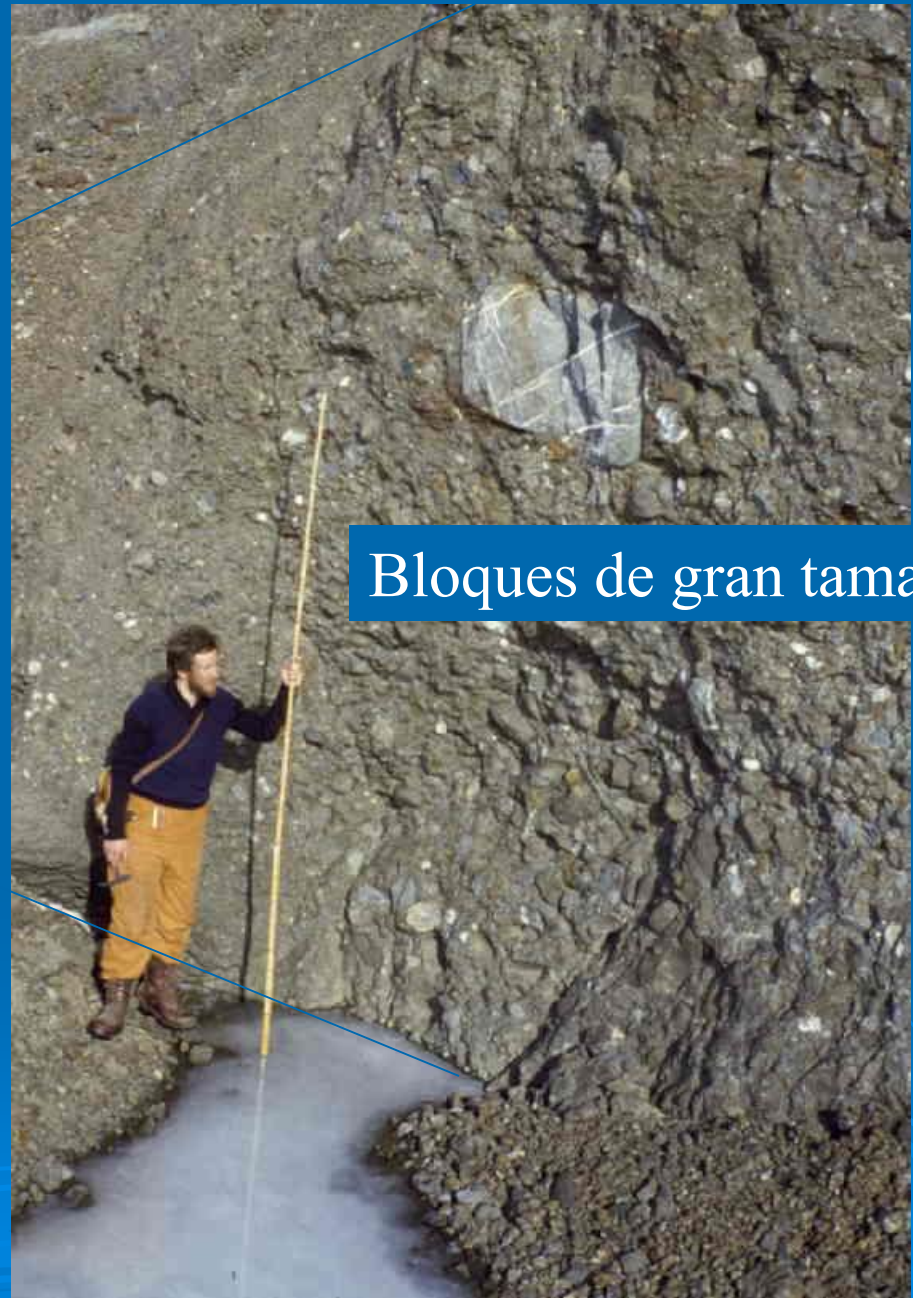
- El ejemplo más familiar es de avalanchas de arena. Ocurre cuando la pendiente supera el ángulo de reposo (25° - 30°).
- También ocurren en ambientes marinos profundos, donde hay avalanchas de arena desde los márgenes de cañones submarinos.

Los flujos granulares producen estructuras sedimentarias tales como:

- Granos de tamaño desusadamente grande en una matriz arenosa
- Capas masivas, con contactos netos, de sedimentos de grano grueso, capas no-gradadas
- Escasez de marcas de base
- Ausencia de estructuras de corriente tractivas
- Gradación inversa (los granos más grandes tienden a escapar de la zona inferior, en donde el esfuerzo de ciza es mayor), que se suma al efecto de tamizado dinámico (el material más fino cae entre los clastos más guesos en movimiento).



**Flujos granulares
arenoso-gravosos**



Bloques de gran tamaño

Flujos granulares (avalanchas)
en dunas eólicas



Gradación inversa en flujo
granular



Flujos fluidalizados

- Dispersiones concentradas de granos soportadas por agua poral.
- Comienzan a moverse cuando algo incrementa la presión del agua poral pasando de una arena firme a un material "soposo", ej. Arenas movedizas.
- Licuefacción puede ocurrir también por ondas sísmicas sobre un sedimento embebido en agua.

Flujos de Sedimentos Licuados

- Liquefacción de un sedimento: súbita pérdida de consistencia de un sedimento poco consolidado.
- Los granos pierden temporariamente el contacto entre ellos y quedan suspendidos en el fluido poral.
- El contacto entre los granos y la coherencia de la arena se restituyen cuando los granos precipitan nuevamente.
- La liquefacción puede producirse por ondas de choque cuando los sedimentos tienen una fábrica poco apretada (p.ej. en sedimentos depositados rápidamente)

- La masa licuada puede fluir en pendientes tan bajas como 3° , aunque por corto tiempo. Pero si el flujo se acelera pendiente abajo, se pasa a corrientes de turbidez (flujo turbulento).
- Las estructuras sedimentarias características del escape de fluidos son:
 - plato (dish) y pilar (pillars)
 - la deformación
 - inyección de diques y filones clásticos (intrusiones de sedimento por alivios de presión).



Deformación

Estructura en plato y pilar

Deformación

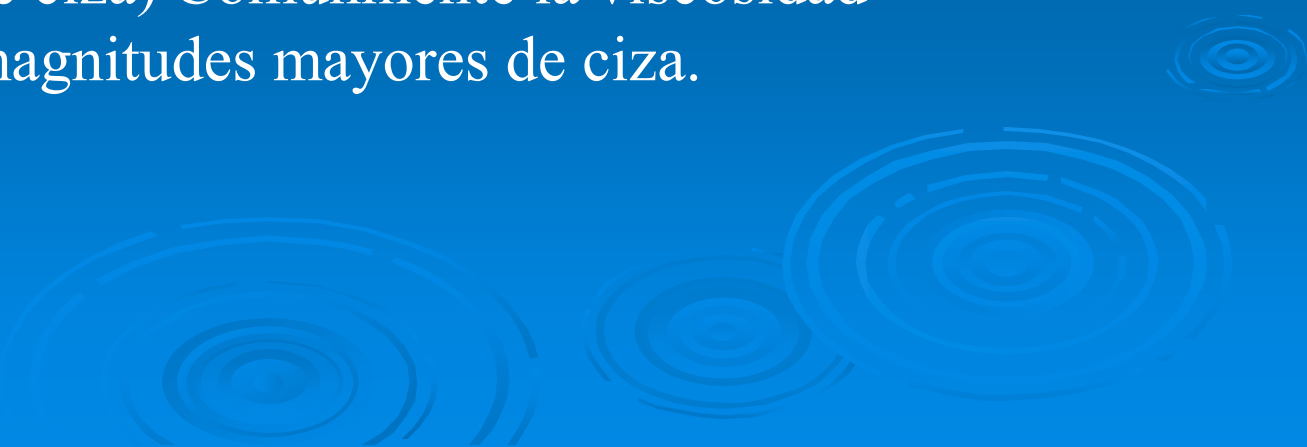
Torrentes de barro y flujos de detritos

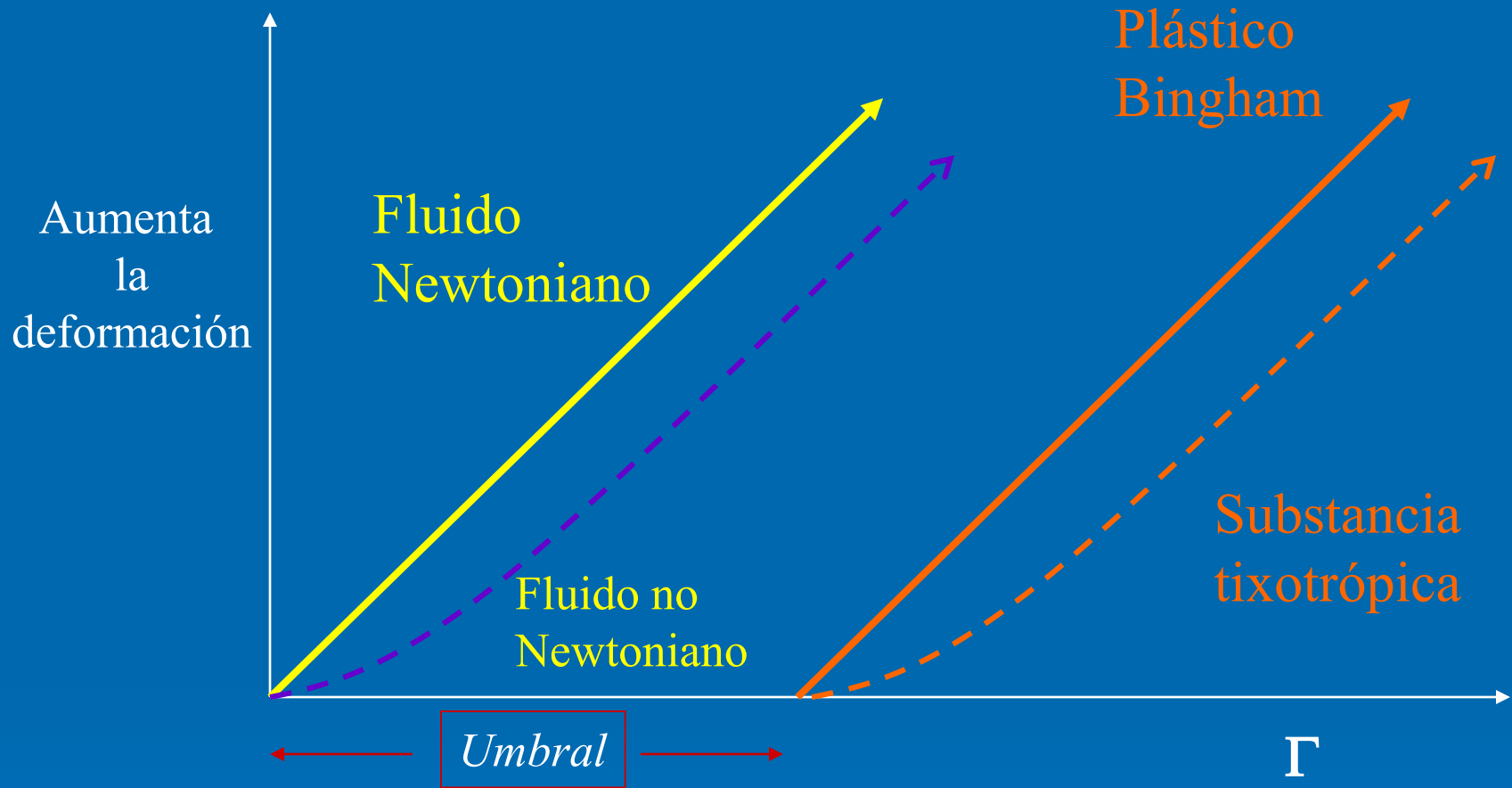
- **Torrentes de barro** son masas de fango diluido que se mueven pendiente abajo por gravedad.
- Si hay partículas mayores, como gravas o bloques, se conocen como flujos de detritos.
- **Son comunes en áreas montañosas o volcánicas** empinadas durante lluvias torrenciales.

Flujos de detritos

El agua, el aire y las dispersiones diluidas, se denominan **Newtonianos**, porque obedecen las leyes de Newton de la viscosidad.

Las concentraciones de partículas de arena en más de un 30% en volumen o concentraciones mucho menores de partículas de arcilla (que son cohesivas y forman una dispersión estructurada) forman dispersiones **no-newtonianas**, *que no son cohesivas* (pero su viscosidad varía con el esfuerzo de ciza) Comúnmente la viscosidad disminuye para magnitudes mayores de ciza.

A decorative graphic consisting of several sets of concentric circles, resembling ripples in water, located in the bottom right corner of the slide.



La dispersión tiene “resistencia” (strength) y no se deforma hasta un valor crítico de ciza. Luego de pasado el umbral, el comportamiento es como el de un fluido. Si su viscosidad es constante, se comporta como un “Plástico Bingham”. Si no, es una substancia tixotrópica

Si hay un período de inmovilidad, la sustancia recupera su cohesión inicial
(ejemplo de la bentonita en los pozos de petróleo, que cuando se detiene la circulación se “congela” para evitar que decante todo el material).

Johnson (1970) explicó que los flujos de detritos tienen un comportamiento pseudoplástico en su parte inferior, mientras que los grandes bloques son transportados en la parte media o superior sin que la matriz haya perdido resistencia.

El esfuerzo de ciza producido por la gravedad se incrementa desde el techo hacia la base del flujo, en donde es máximo:

$$\Gamma_o = (\delta + \Delta\delta) g D \alpha$$

δ = densidad del fluido

$\Delta\delta$ = agregado por la mezcla con el sedimento

g = gravedad

D = espesor del flujo

α = pendiente.

Si el flujo es subácueo g es reemplazado por $g' = \Delta\delta/\delta g$, teniendo en cuenta el efecto de flotación que produce el agua.



Flujo de detritos fangoso,
Mendoza, enero 2005.
(Cortesía de L. Legarreta)



Borde del lóbulo



Mala Selección

Proyección de clastos





Flujo de detritos en clima semiárido, Quebrada de Humahuaca

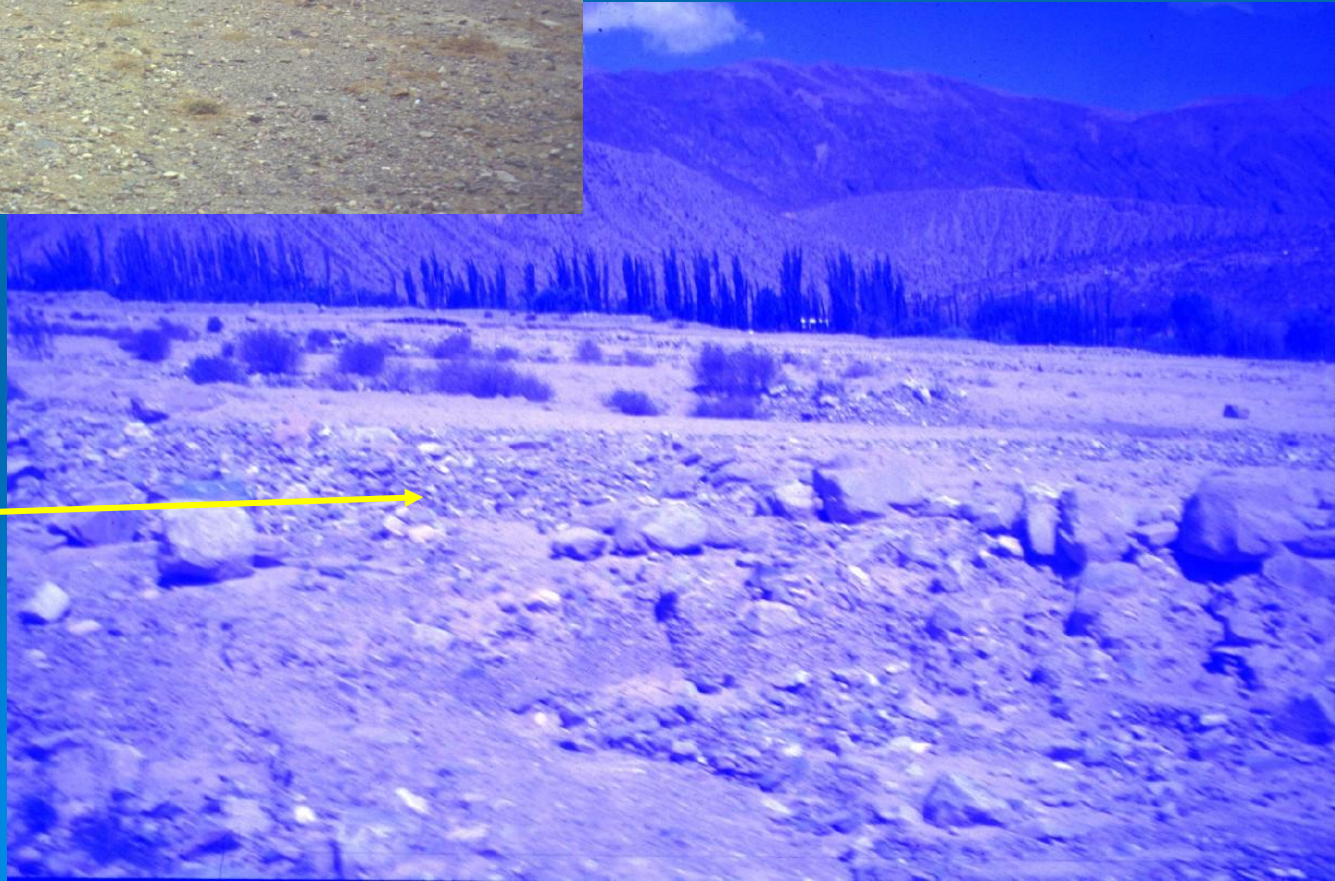


Estratificación caótica



Techo de una casa

**Coraza de bloques
por erosión del
flujo**





Bloques angulosos

Flujo de detritos subácueo, Cretácico, Is. James Ross, Antártida



Base de grano fino

Flujo volcaniclástico, Jurásico, Chubut

- Los flujos de detritos subácueos pueden incorporar agua y diluirse, transformándose en corrientes de turbidez.
- Por erosión de su superficie puede formarse coraza de bloques en su frente y parte superior).
- Puede producirse hidroplaneo (si hay matriz fangosa) y desintegración del flujo.
- Rasgos generales:
 - * estratificación caótica
 - * un depósitos basal más fino en la base (fango-arena).
 - * Textura matriz-sostén.
 - * Proyección de clastos.
 - * Muy mala selección.

- Los flujos de detritos subaéreos son comunes en zonas áridas y semiáridas por el humedecimiento de masas de detritos durante lluvias torrenciales. Están compuestos por material mal seleccionado, con un contenido de agua de hasta el 40%. El flujo en ellos es de tipo laminar, con velocidades máximas de hasta 3 m/s y fluyen con pendientes tan bajas como 1°.

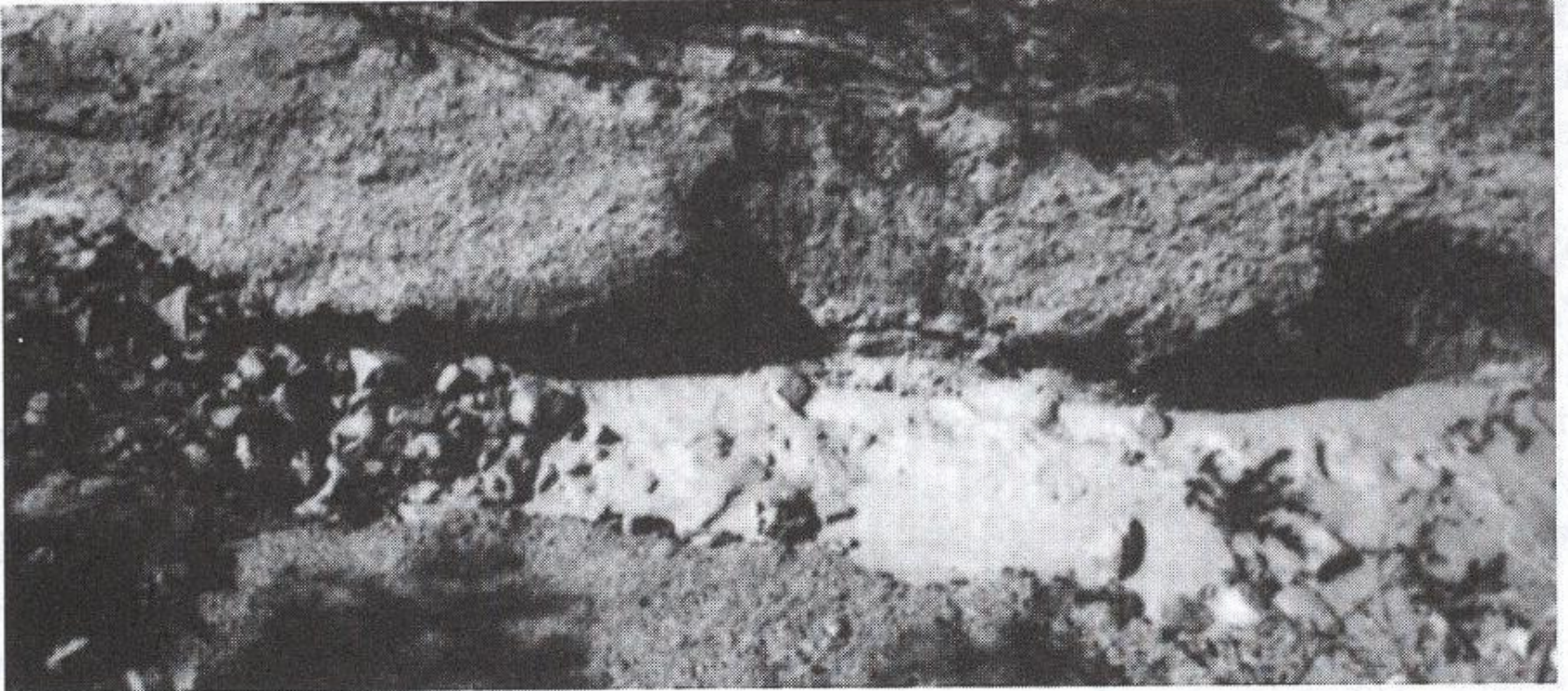


Torrentes de barro

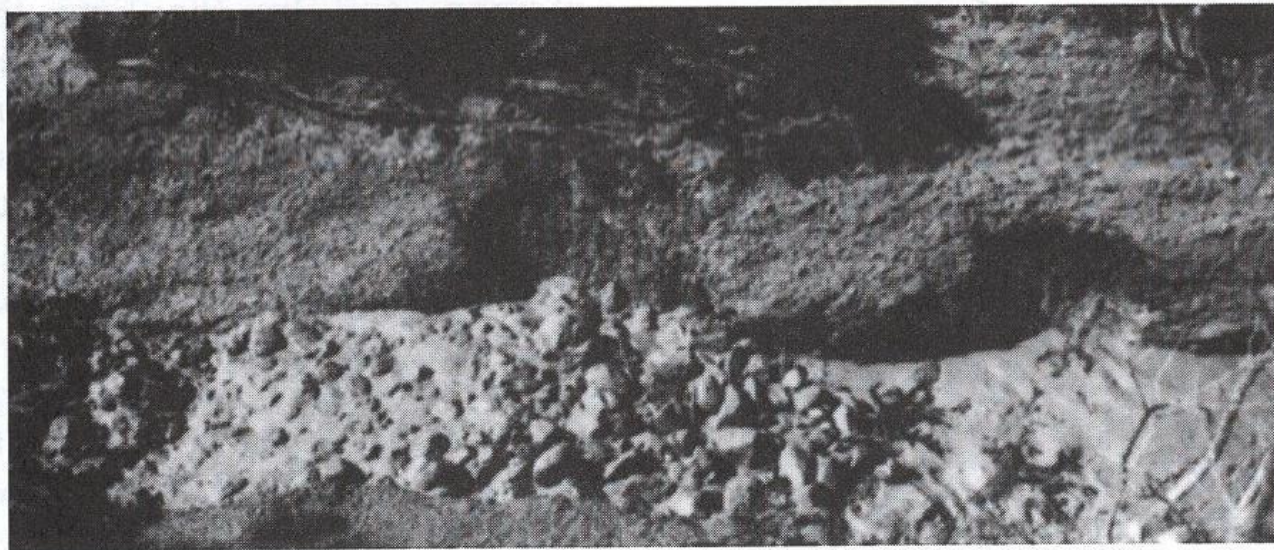


- Tienen la consistencia de cemento fresco y se pueden mover tan rápido como corrientes fluídas.

Secuencia fotográfica de un flujo de detritos en un cañón.

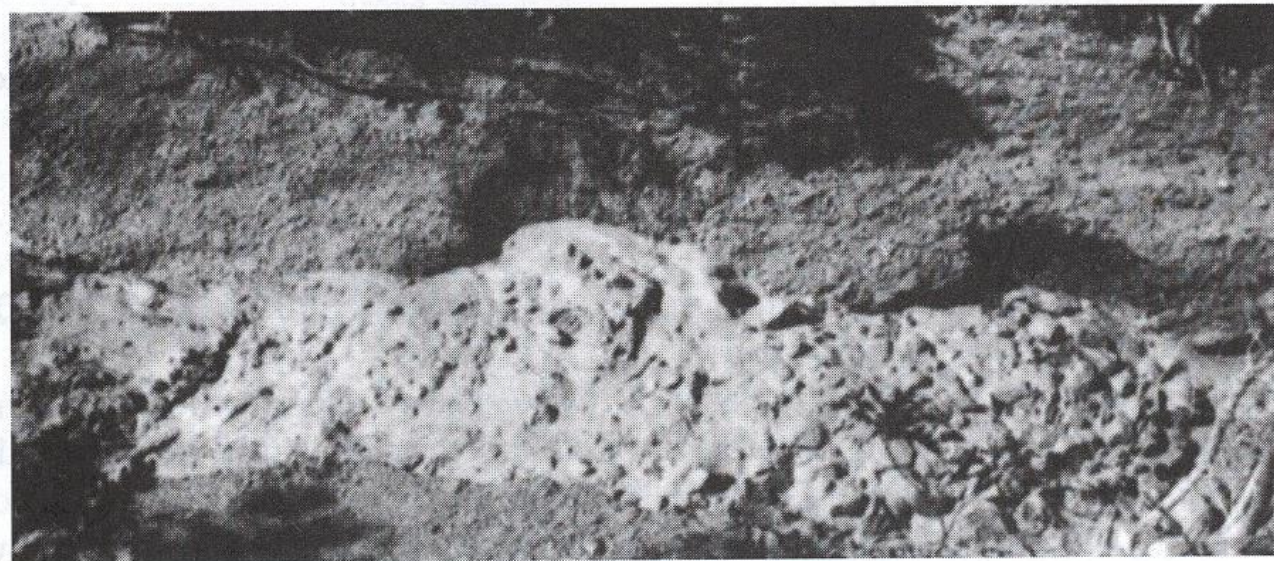


A



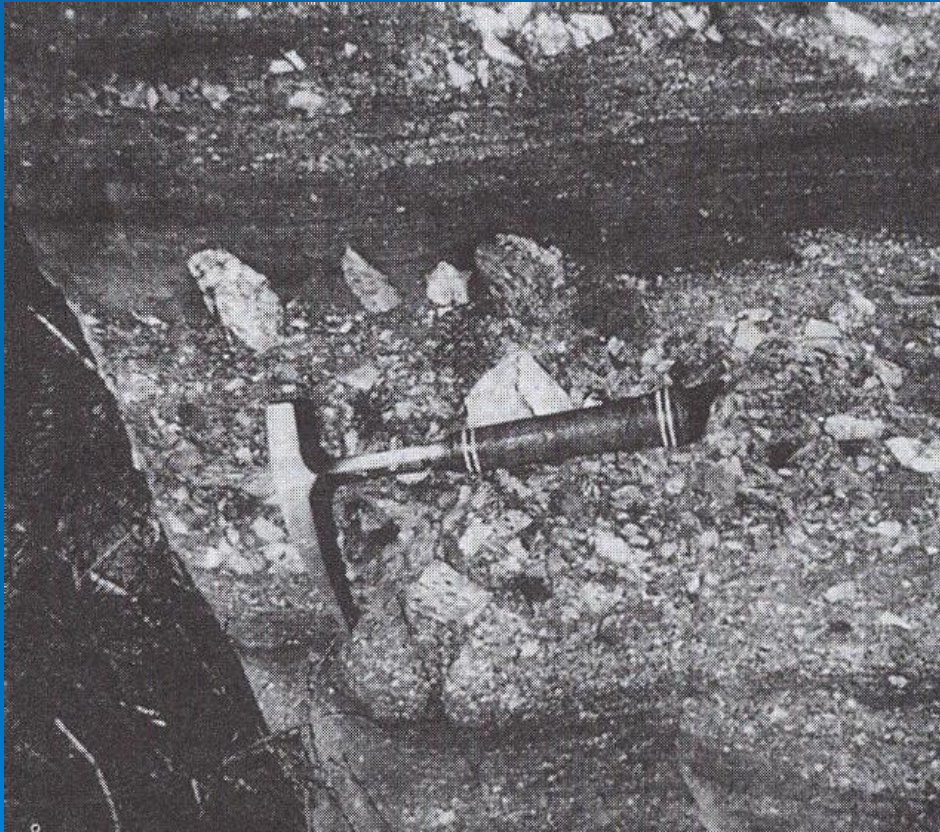
B

2 metros de alto.
Velocidad 1.3 m/s



C

Torrentes de barro



- Algunas capas muestran gradación inversa La presión empuja las partículas hacia arriba y cuando se detienen estas tratan de decantar.

Corrientes de turbidez

- Las corrientes de turbidez son dispersiones de sedimentos diluidas, de densidad mayor que el medio, que se mueven por acción de la gravedad.
- La mayor densidad puede deberse a la salinidad, temperatura, composición y sedimentos dispersos.
- Son hidrodinámicamente estables (se mezclan poco con el fluido del medio).
- Son autosuspendidos, ya que erosionan e incorporan material al flujo, lo que a su vez produce la aceleración del flujo y por eso pueden viajar varios cientos de kilómetros.

- Son flujos esporádicos y diferenciados internamente en cabeza-cuerpo-cola.
- Pueden producir erosión en su cabeza. La circulación interna de los fluidos es hacia arriba y hacia atrás en la cabeza del flujo. Allí puede depositarse lo más grueso.
- El cuerpo se aproximaría al estado de flujo persistente. En la cola quedan los materiales mas finos en suspensión.
- En 1936 Daly sugiere que la formación de cañones submarinos era un rasgo relacionado con corrientes de turbidez.
- En 1950 Keunen produce experimentalmente corrientes de densidad con arena y arcilla.

Límite de la Plataforma

Escaia - 500 km

Depósito

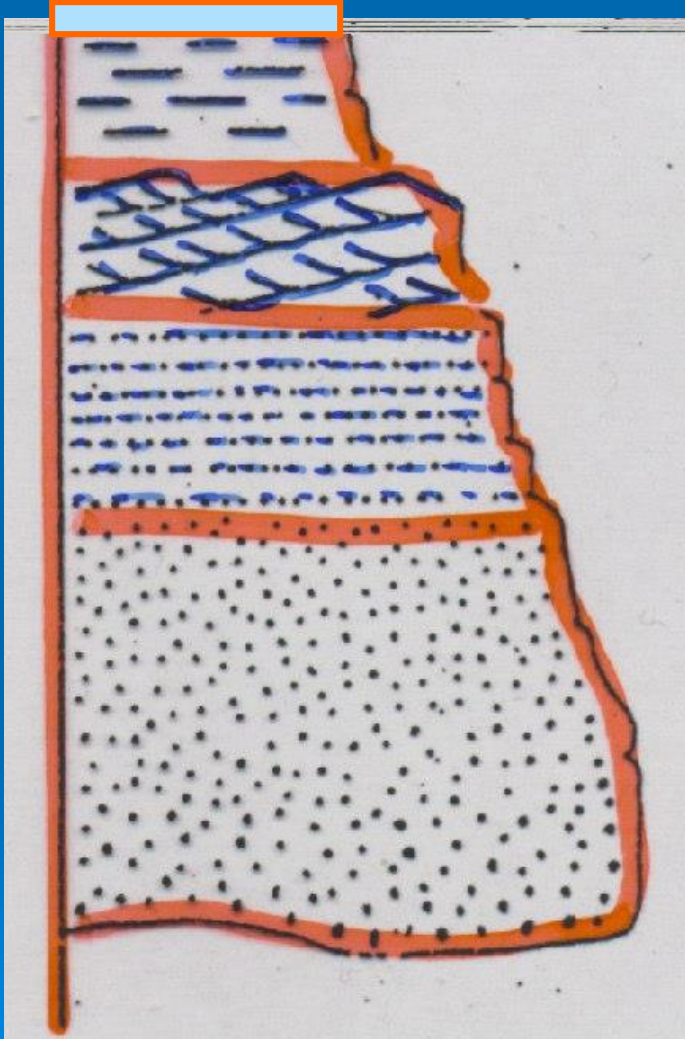
Slumping

Epicentro

- La hipótesis de la existencia de corrientes de turbidez permitió explicar satisfactoriamente muchos rasgos de depósitos muy comunes de areniscas gradadas y pelitas (secuencias de Bouma) con estructuras sedimentarias características.
- La destrucción de cables de transmisión de comunicaciones submarinos (terremoto de Grand Banks, 1929) permitió verificar la existencia de las corrientes de turbidez y medir la velocidad de propagación del flujo (20 m/s).



TURBIDITA CLASICA (SERIE DE BOUMA)



E = suspensión normal

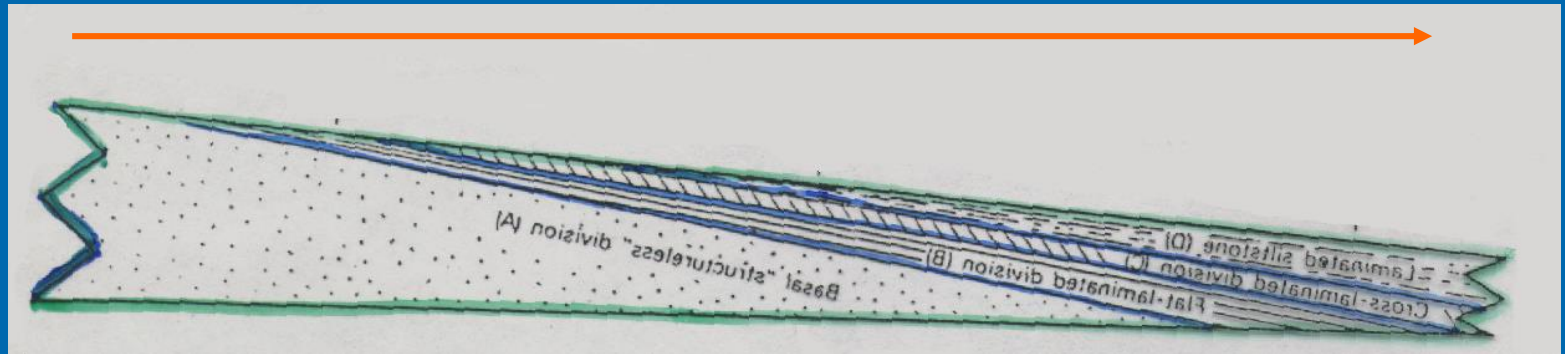
D = laminación paralela (bajo régimen de flujo)

C = laminación ondulítica

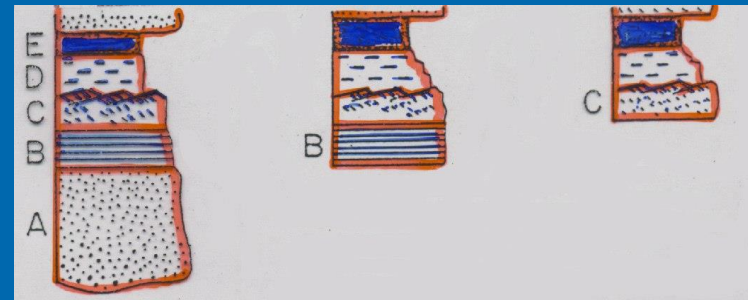
B = laminación paralela (alto régimen de flujo)

A = estratificación gradada, base erosiva con marcas de flujo

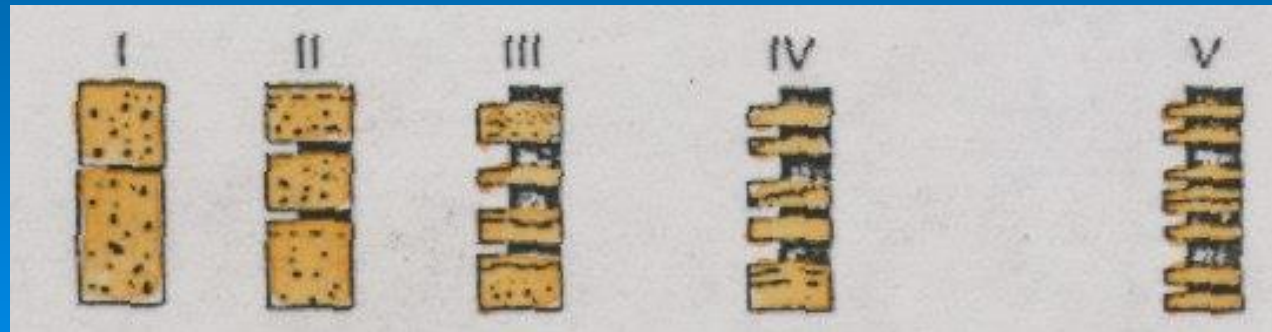
Dirección de avance de la corriente de turbidez



El depósito
(Turbidita) es
diferente en
distintas
localizaciones



Secuencia de
varias
turbiditas





**Turbiditas en
la Pla. Byers,
Shetland del
Sur, Antártida**

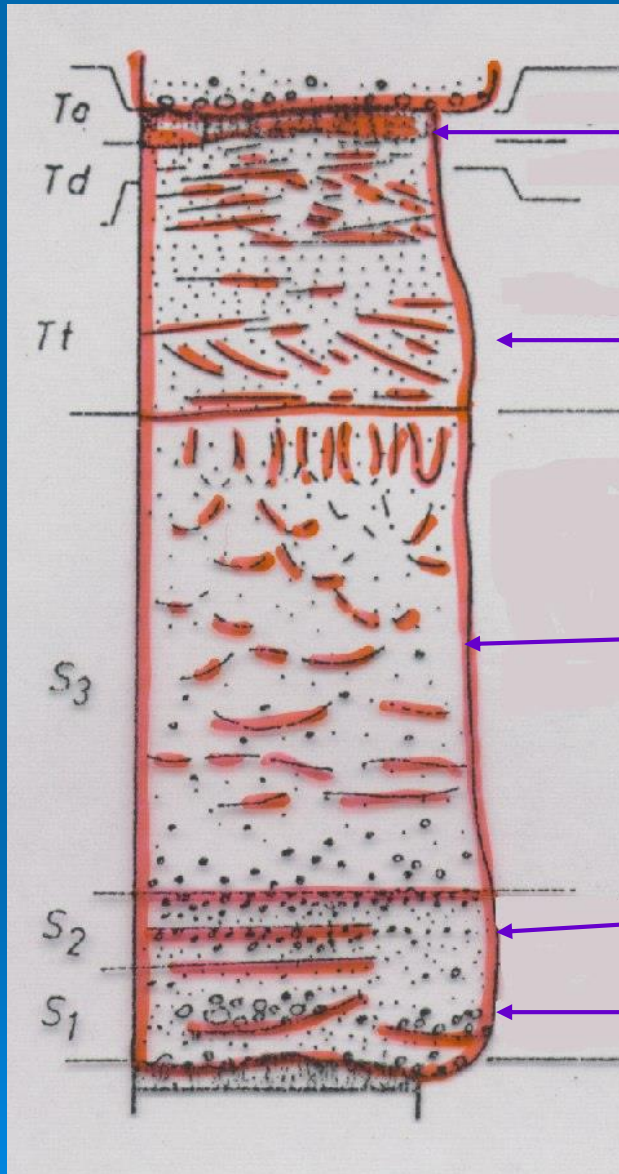


Paleoceno de Tierra del Fuego

Turbiditas “Arenosas”

Baja
densidad

Alta
densidad



Suspensión

Tracción

Suspensión

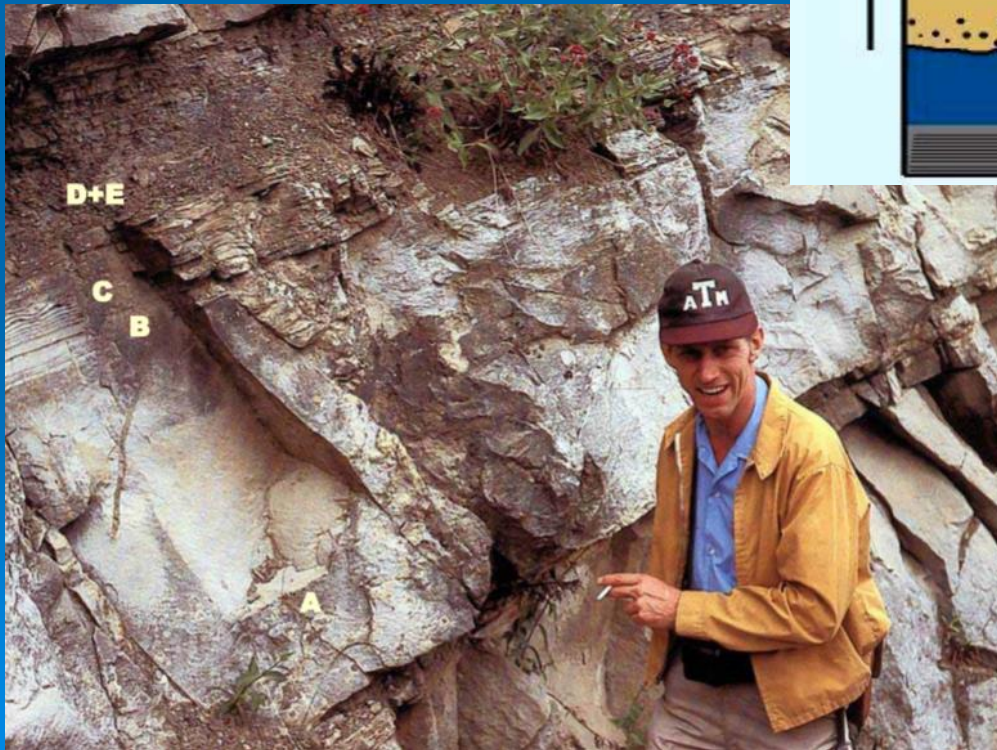
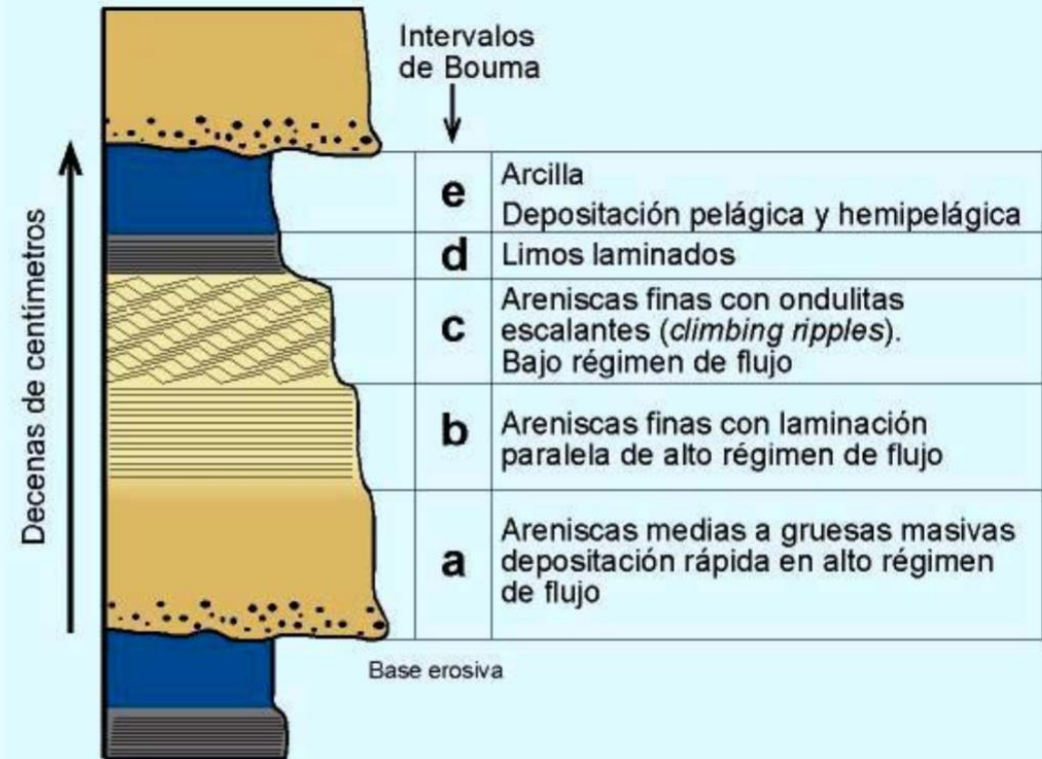
Carpeta de tracción

Tracción

Participa la turbulencia, pero también la presión dispersiva

Turbiditas clásicas

Modelo de Bouma (1962)



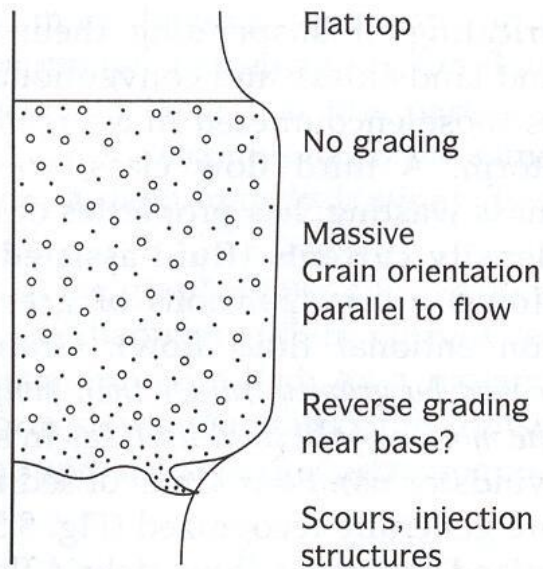
Formación de una Carpeta Tractiva en un flujo gravitatorio



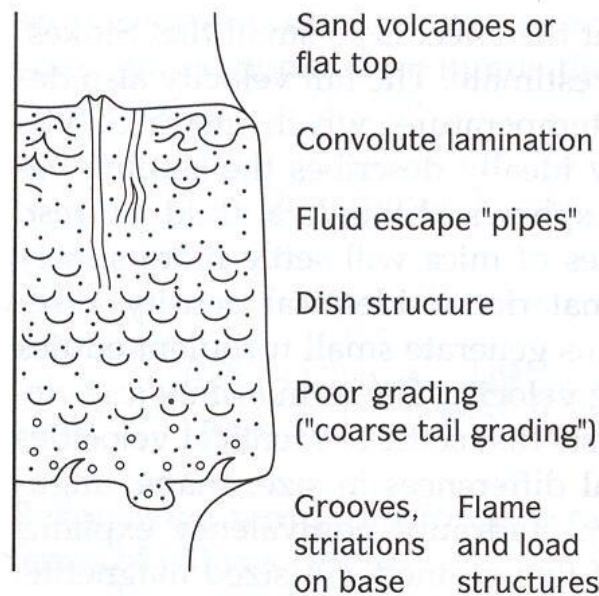
- En la “**carpeta tractiva**”, la presión dispersiva actúa formando una carpeta de granos en movimiento en la parte inferior del flujo. El esfuerzo de ciza es transmitido desde el fluido hacia las partículas de la carpeta tractiva (puede producirse también en un flujo fluido).



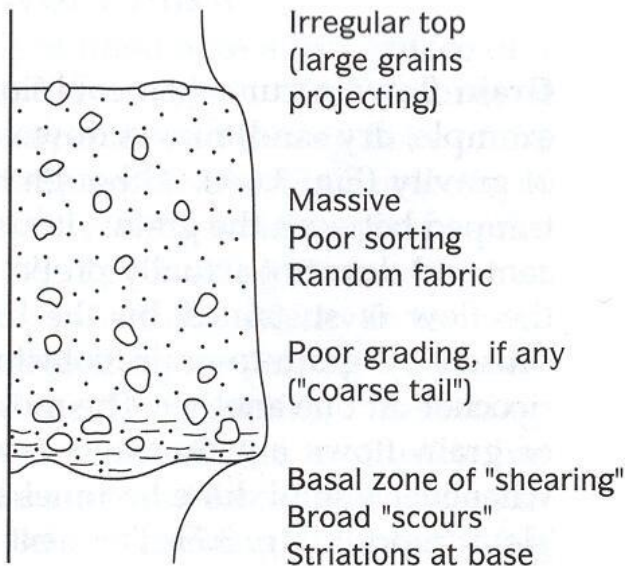
**Turbiditas arenosas en el Cretácico de la Pla. Sobral,
Antártida**



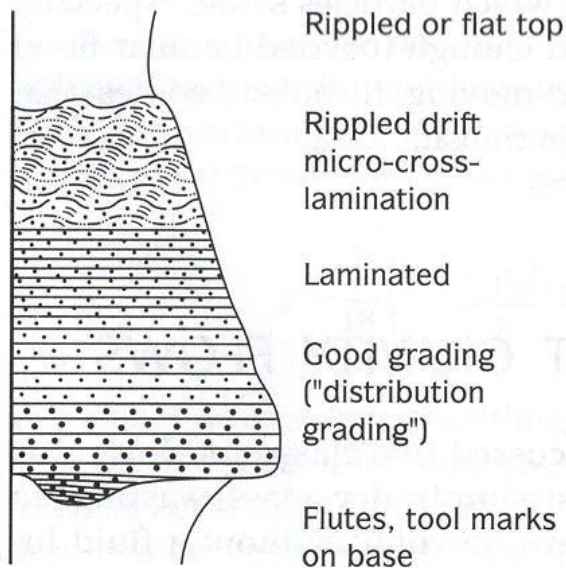
A Grain flow



B Fluidized flow



C Debris flow



D Turbidity current

➤ Estructuras sedimentarias de los depósitos de los cuatro principales tipos de flujos gravitatorios