

Petrología sedimentaria. Notas de teoría.

4. Procesos en ambientes exógenos II: El transporte

Ana M. Alonso Zarza

Departamento de Petrología y Geoquímica. Facultad de Ciencias Geológicas.
Universidad Complutense de Madrid. José Antonio Novais, 2. 28040 Madrid.
alonsoza@geo.ucm.es

Resumen: En este cuarto bloque analizaremos algunos de los procesos que dan lugar a la formación de las rocas sedimentarias. En este bloque estudiaremos cómo se realiza el transporte de los clastos y las leyes que rigen dicho transporte. Por último, se estudiarán los procesos de transporte de los clastos en distintos medios y los depósitos a que algunos de ellos dan lugar.

Palabras clave: Transporte. Medios fluidos. Transporte por gravedad. Mecanismos de transporte.

EL TRANSPORTE DE LOS CLASTOS

El transporte en medios fluidos

- El **flujo laminar** es aquel en el que las líneas de flujo son paralelas a la dirección del movimiento. Está regulado fundamentalmente por la viscosidad dinámica del fluido:

$$\mu = \tau \, dh/dV \quad \mu = \text{viscosidad dinámica}; \tau = \text{esfuerzo cortante o tensión.}$$

dh= distancia de dos capas consecutivas o según los casos espesor del fluido; dV = velocidad.

- En el **flujo turbulento** las líneas de flujo no son paralelas y varían su posición a lo largo del movimiento. Las partículas se mueven aguas abajo y paralelamente a la superficie inferior, pero también hacia abajo y arriba del fluido. Las líneas de flujo se curvan.
- El **número de Reynolds** expresa la relación entre las fuerzas inerciales y las de viscosidad del fluido, es un número adimensional.

$$R_e = \text{fuerzas de inercia/fuerzas de viscosidad} \quad R_e = \delta \, L \, V / \mu$$

Los flujos no confinados que se mueven en superficies abiertas (tormentas de viento, sheet-flows,) tienen valores del n° inferiores al rango 500-2000. Flujos con valores superiores son turbulentos. La transición entre 500 y 2000. ¿Capas límite?

- El **nº de Froude** compara la tendencia de un fluido en movimiento a continuar moviéndose con las fuerzas gravitatorias que actúan para que cese el movimiento.

F_r = fuerzas de inercia del fluido / fuerzas gravitacionales del flujo

$$F_r = V / \sqrt{Lg}$$

V = velocidad del fluido; L = altura o espesor del agente de transporte, g = gravedad

Si $NF < 1$, flujo tranquilo o subcrítico.

Si $NF > 1$ rápido o supercrítico.

$NF = 1$ = valor crítico entre un flujo rápido y uno tranquilo. ¿Qué pasa en un río?

a) Mecanismos de transporte

El clasto o sólido que se transporta está sometido a tres tipos de fuerzas:

- ✓ La fuerza de empuje.
- ✓ La fuerza de sustentación.
- ✓ Fuerza de fijación.

b) Modos de transporte

Se refiere a cómo se mueven los clastos dentro del fluido:

- ✓ Tracción, por rodamiento (rólido) o por arrastre.
- ✓ Saltación. Las cargas de tracción + saltación = carga de fondo.
- ✓ Suspensión.

Hay unas relaciones claras entre el tamaño de los clastos, la velocidad del flujo necesaria para que los clastos se erosionen, transporten o depositen.

El campo superior es la velocidad de corriente crítica necesaria para que una partícula pase al flujo, ascienda del fondo. Cuanto mayor sea el tamaño de los clastos mayor es la velocidad necesaria para levantarlos del fondo. ¿Y los finos?.

El espesor de fluido es importante. El límite inferior es válido para flujos muy someros (0.1 m), el superior para flujos más profundos (10 m o más). En flujos

someros la mayor proporción es un flujo turbulento, que facilita el ascenso de las partículas. En flujos más profundos una parte importante sigue el régimen laminar. La parte inferior del diagrama corresponde a la zona en la que hay sedimentación y representa la velocidad a la que un determinado tamaño de grano no puede ser soportado por el fluido, por lo que se deposita.

c) La sedimentación en medios fluidos

Una vez que una partícula queda suspendida en un fluido, tiende a hundirse de nuevo. La distancia que es capaz de recorrer depende de la fuerza de empuje del fluido y de la velocidad de sedimentación (caída) de la partícula

La ley de Stokes para partículas cuyo tamaño es inferior a 0-1-0.2 mm:

$$V = \frac{1}{18} \frac{d^2 g (\delta s - \delta f)}{\mu} = \frac{2r^2 g (\delta s - \delta f)}{9\mu}$$

¿Cómo influyen la densidad del clasto y la viscosidad del material?

Las partículas de mayor tamaño, se suelen mover en flujos turbulentos. La ley es la Ley del Impacto.

¿Y las partículas no esféricas y las más angulosas?

$$V = \frac{\sqrt{9\mu^2 + \frac{1}{3} c \delta f (\delta s - \delta f) g r^3}}{c r \delta f} - 3\mu$$

Tamaño Hidráulico Equivalente. El Concepto fue propuesto por Rittenhouse, quien define el THE como el tamaño relativo de dos clastos con idéntico comportamiento hidráulico, en el que el factor fundamental es la densidad de los clastos. ¿Interés económico?

$$r_1 = r_2 \sqrt{\frac{\delta s_2 - \delta f}{\delta s_1 - \delta f}}$$

Si $V_{sed} < 1 \text{ cm /sg}$

$$r_1 = r_2^3 \sqrt{\frac{\delta s_2 - \delta f}{\delta s_1 - \delta f}}$$

Si $V_{sed} > 10 \text{ cm /sg}$

El transporte en masa en seco

Estos procesos movilizan suelo y fragmentos rocosos distancias cortas pendiente abajo. Este transporte está sólo regulado por la gravedad y no hay ningún agente que comunique la energía necesaria a los detritos para que estos se desplacen:

- **Caída.** Se incluyen aquí los **desprendimientos**, un caso es la rotura de acantilados, cuando han sido descalzados por erosión diferencial de la zapa en la parte inferior y los **desplomes**, son derrumbes de rocas sin necesidad de erosión de zapa.
- **Desplazamientos.** Son movimientos de reajuste de rocas sobre superficies planas o curvas. Está favorecido por la presencia de un material favorable para el deslizamiento (arcillas, evaporitas, etc.).

El transporte en masa en presencia de agua (sediment gravity flows)

Los granos o clastos se mueven esencialmente por la acción de la gravedad, pero en presencia de un fluido. Se diferencian cuatro tipos de flujos de sedimentos inducidos por la gravedad:

- **“Grain flows” o flujos de granos.** Se producen cuando sedimentos no cohesivos se mueven pendiente abajo por el empuje de la gravedad. Aunque hay aire o agua entre los granos, sólo actúa como lubricante y no empuja a los granos. El flujo de granos se mantiene por las presiones causadas por las colisiones grano-grano. Ej.: Avalanchas de arena.
- **Los flujos de sedimentos fluidificados.** Son dispersiones concentradas de granos soportadas por el agua intersticial que hay entre los poros. Comienzan a moverse cuando algo hace aumentar la presión del agua intersticial, convirtiendo la arena en un líquido viscoso. Un buen ejemplo son las **arenas movedizas**. Son simplemente capas de arenas con los poros saturados en agua.
- **Flujos de barro y Debris Flows.** Los flujos de barro (**mudflows**) están formados por una masa resbaladiza de barro licuefactado que se mueve pendiente abajo por la fuerza de la gravedad. Si hay partículas gruesas se denominan **debris flows**. Estas corrientes son lo suficientemente densas como para soportar partículas muy gruesas. Los flujos tienen la consistencia del cemento húmedo y se pueden mover a velocidades relativamente altas.
- **Corrientes de turbidez.** Son fluidos gravitatorios en los que el sedimento se soporta por la turbulencia que el fluido ejerce hacia arriba dentro del flujo. Se generan cuando un choque agita una mezcla de arena y barro del fondo de un lago u océano. La masa de sedimento en suspensión es más densa que el agua que la rodea, por lo que se puede mover aguas abajo por la acción de la gravedad, aunque la pendiente sea muy baja. Una corriente de turbidez no está generada por el agua sino por la gravedad, el agua sólo suspende las partículas. Suelen dar gradación positiva. No se mezcla con el agua que la rodea.

BIBLIOGRAFÍA DE CONSULTA

Leeder, M. R. 1999. *Sedimentology and Sedimentary Basins*. Blackwell Science, Oxford, 592 pp.

Mingarro, F. y Ordóñez, S. 1982. *Petrología Exógena I*. Ed. Rueda, Madrid, 387pp.

Pettijohn, F.J. 1975. *Sedimentary Rocks*. 3rd ed. Harper & Row Publ. New York. 628 pp.

Pettijohn, F.J.; Potter, P.E., y Siever, R. 1987. *Sand and Sandstone*. Springer-Verlag, New York.

Prothero, D.R. y Schwab, F. 2004. *Sedimentary Geology. An Introduction to Sedimentary Rocks and Stratigraphy*. W.H. Freeman and Co. New York. 557 pp

Recibido: 28 abril 2009.

Aceptado: 25 enero 2010.