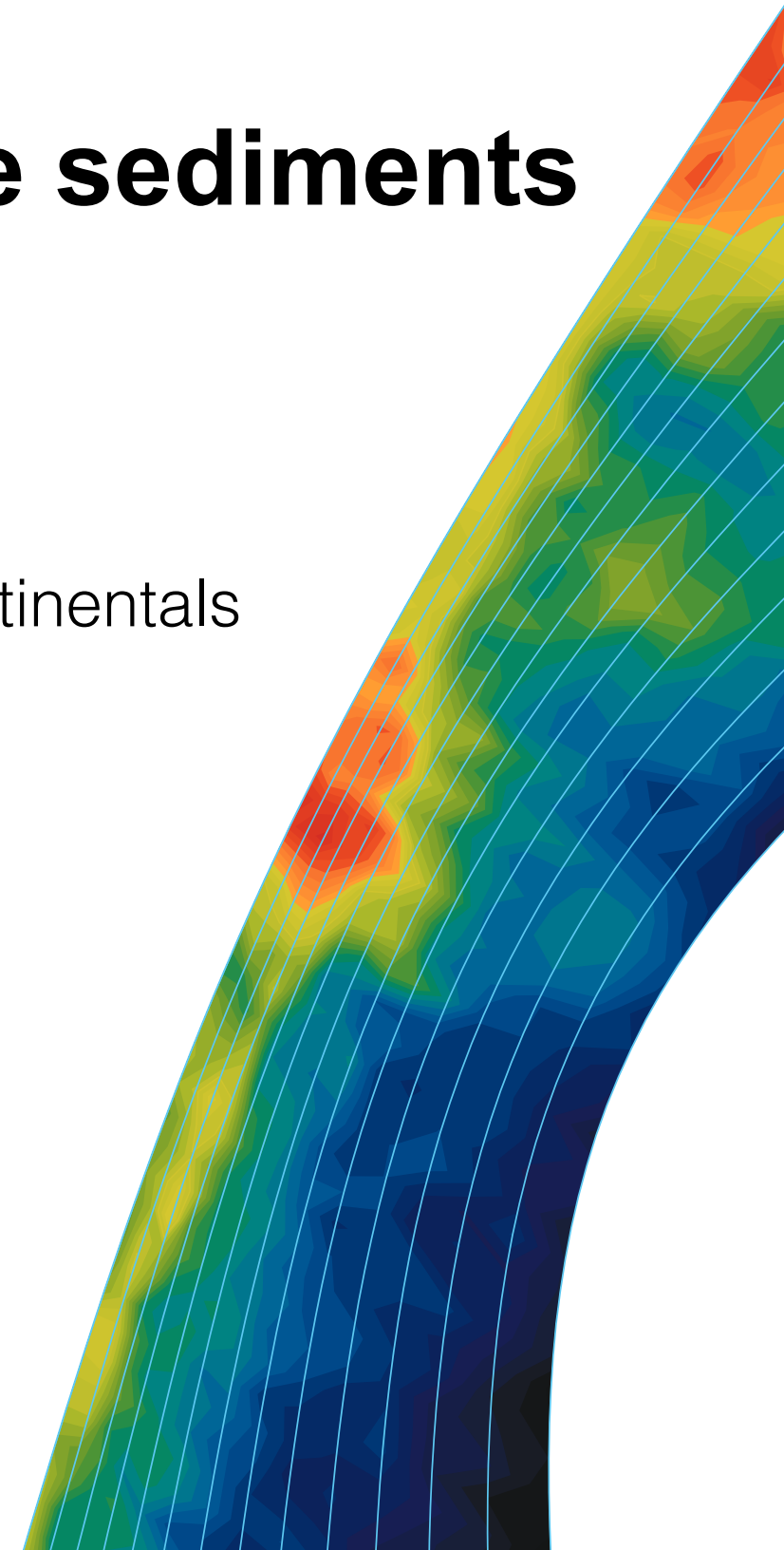




Centre de Recerca Aplicada
en Hidrometeorologia
UNIVERSITAT POLITÈCNICA DE CATALUNYA

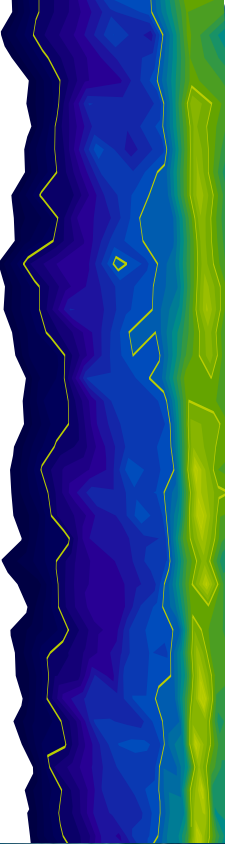
Morfologia de rius i transport de sediments

Cicle hidrològic costaner i aportacions continentals



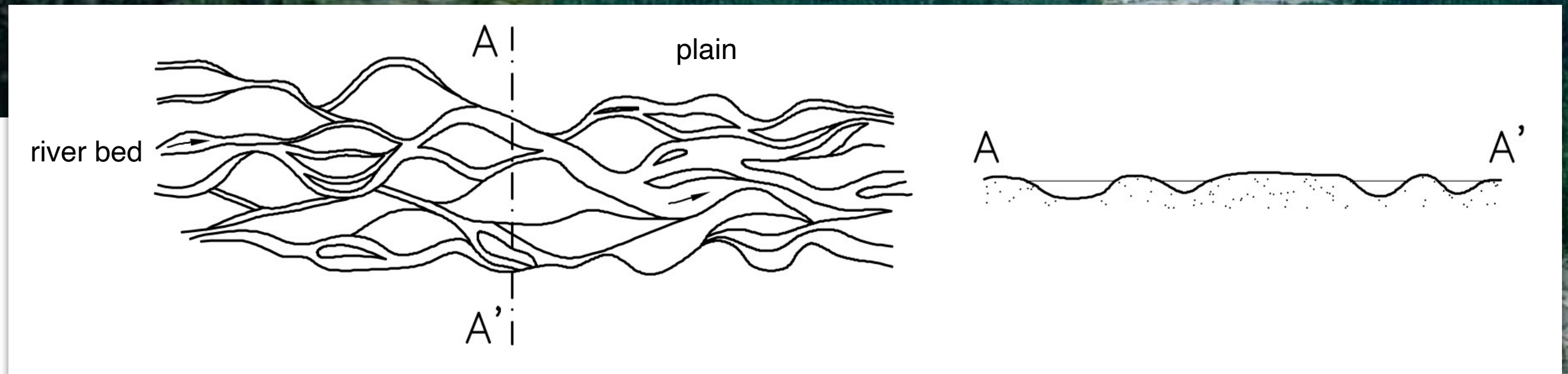
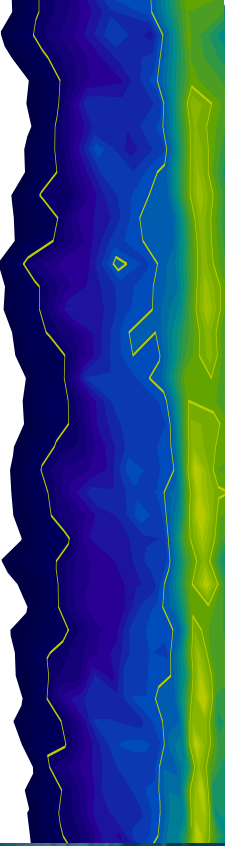
TIPUS DE MORFOLOGIES FLUVIALS

Rius trenats



TIPUS DE MORFOLOGIES FLUVIALS

Rius trenats



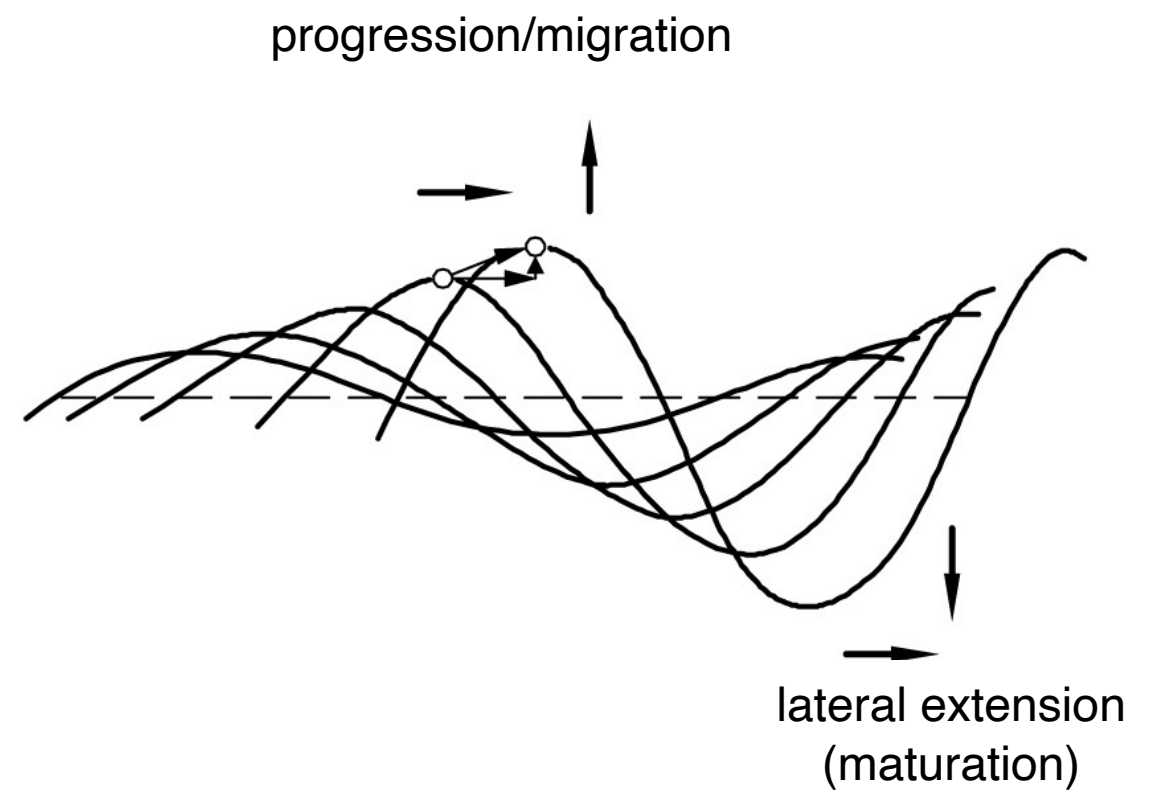
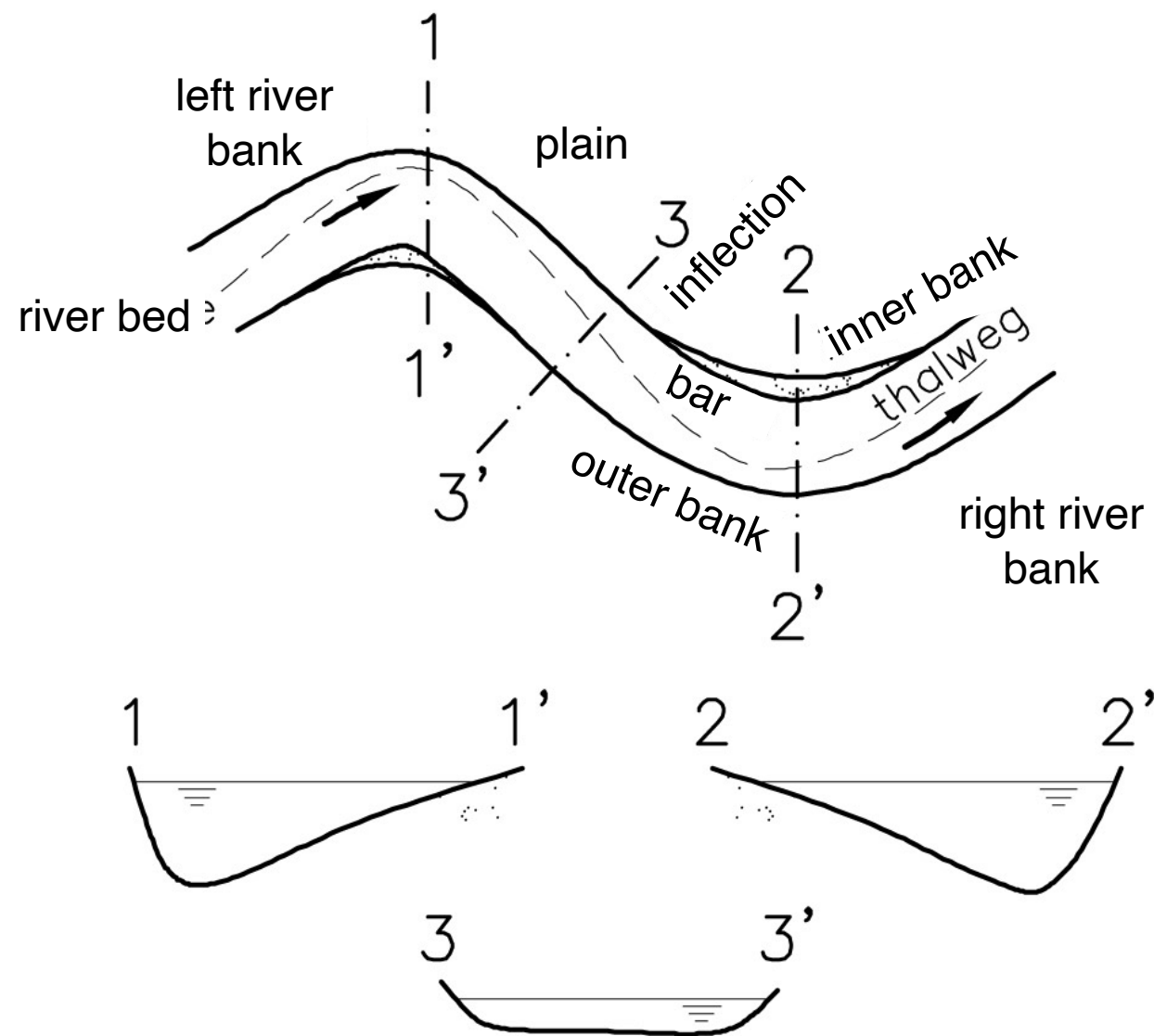
TIPUS DE MORFOLOGIES FLUVIALS

Rius meandriformes



TIPUS DE MORFOLOGIES FLUVIALS

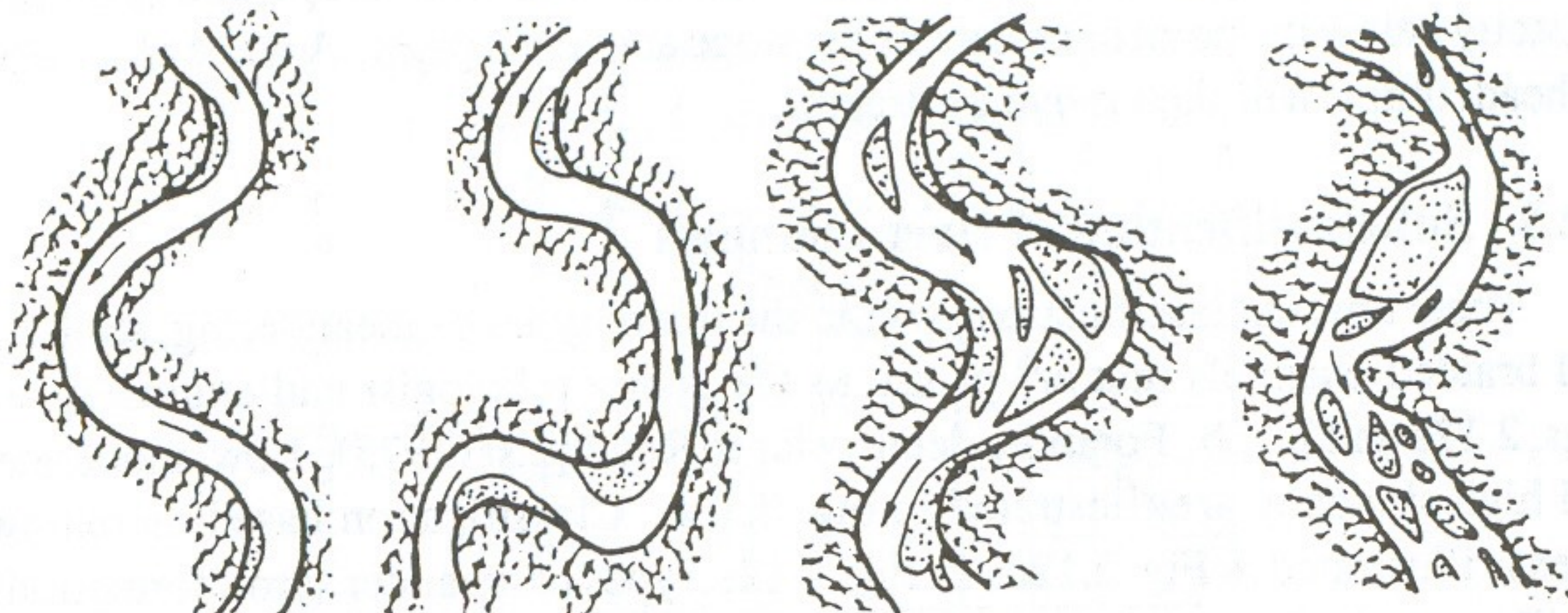
Rius meandriformes





r. Toltén (Xile)





Relació empírica

$$0.012 > s \cdot Q^{0.44} > 0.012$$

EQUILIBRI DE LES FORCES DINÀMIQUES EN UN RIU

ANALOGIA DE LA BALANÇA DE LANE (1965)

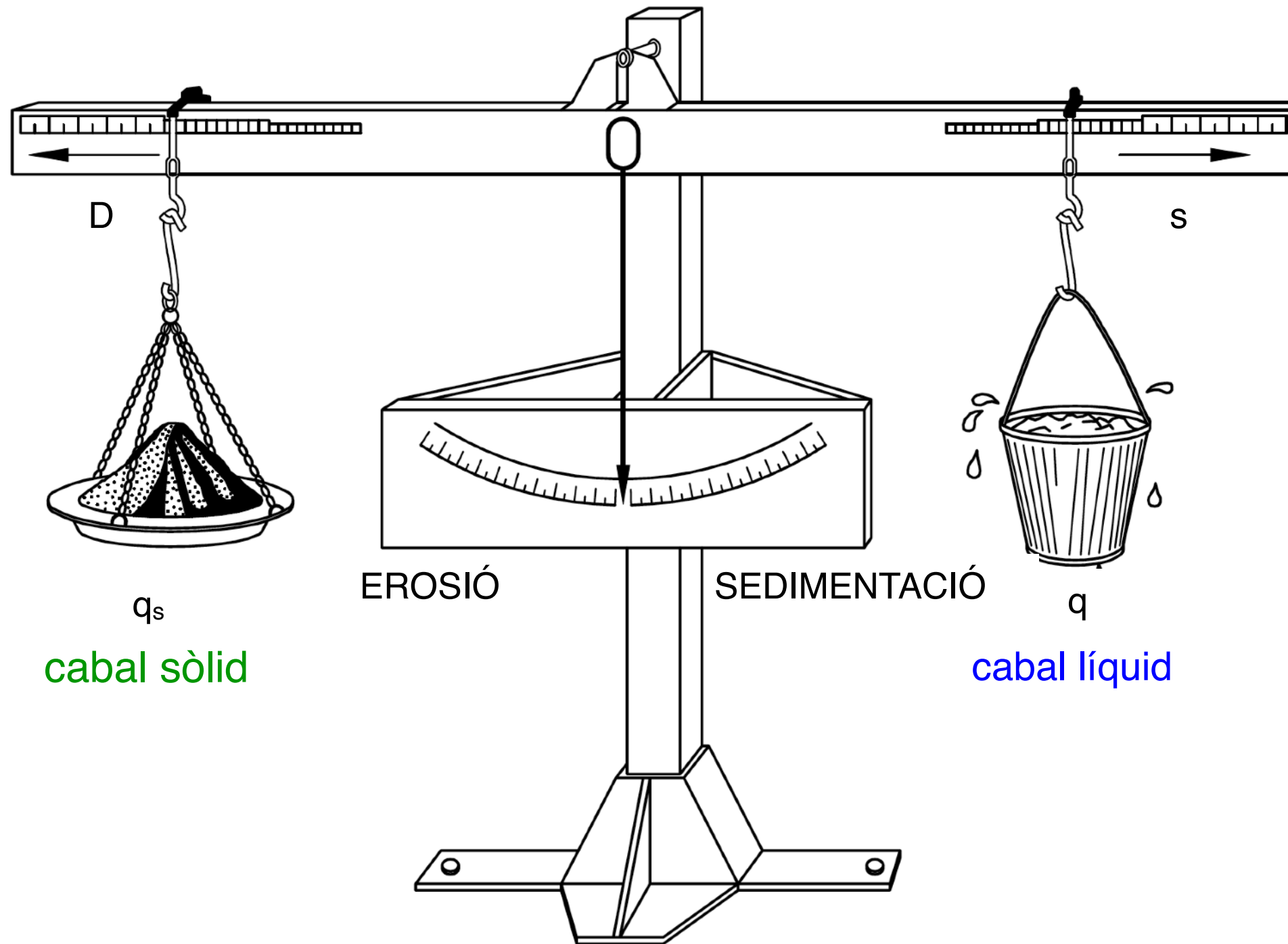


Fig. 2.9 Analogía de la balanza de Lane [5].

EQUILIBRI DE LES FORCES DINÀMIQUES EN UN RIU

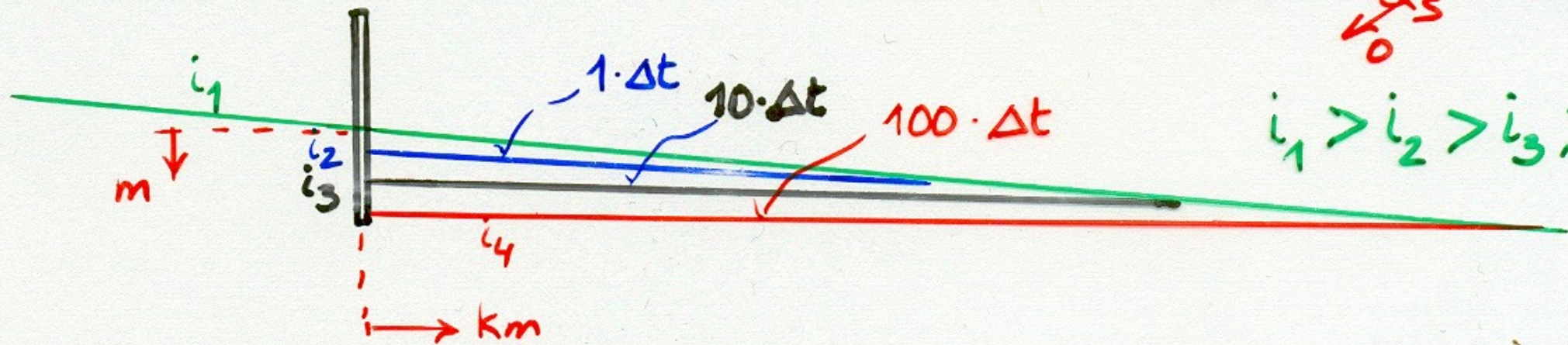
estudio del perfil

ANALOGÍA DE LA BALANZA de LANE (1955)

EJEMPLOS DE APLICACIÓN

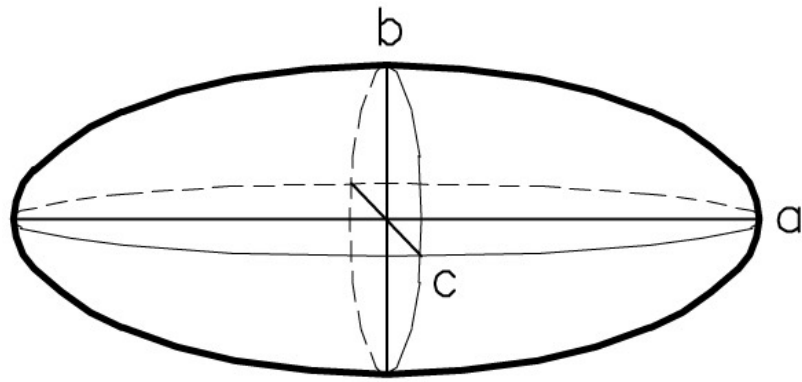
$$q_s D^{3/2} \leftrightarrow q^2 i^2$$

PRESA → DESEQUILIBRIO
EROSIÓN



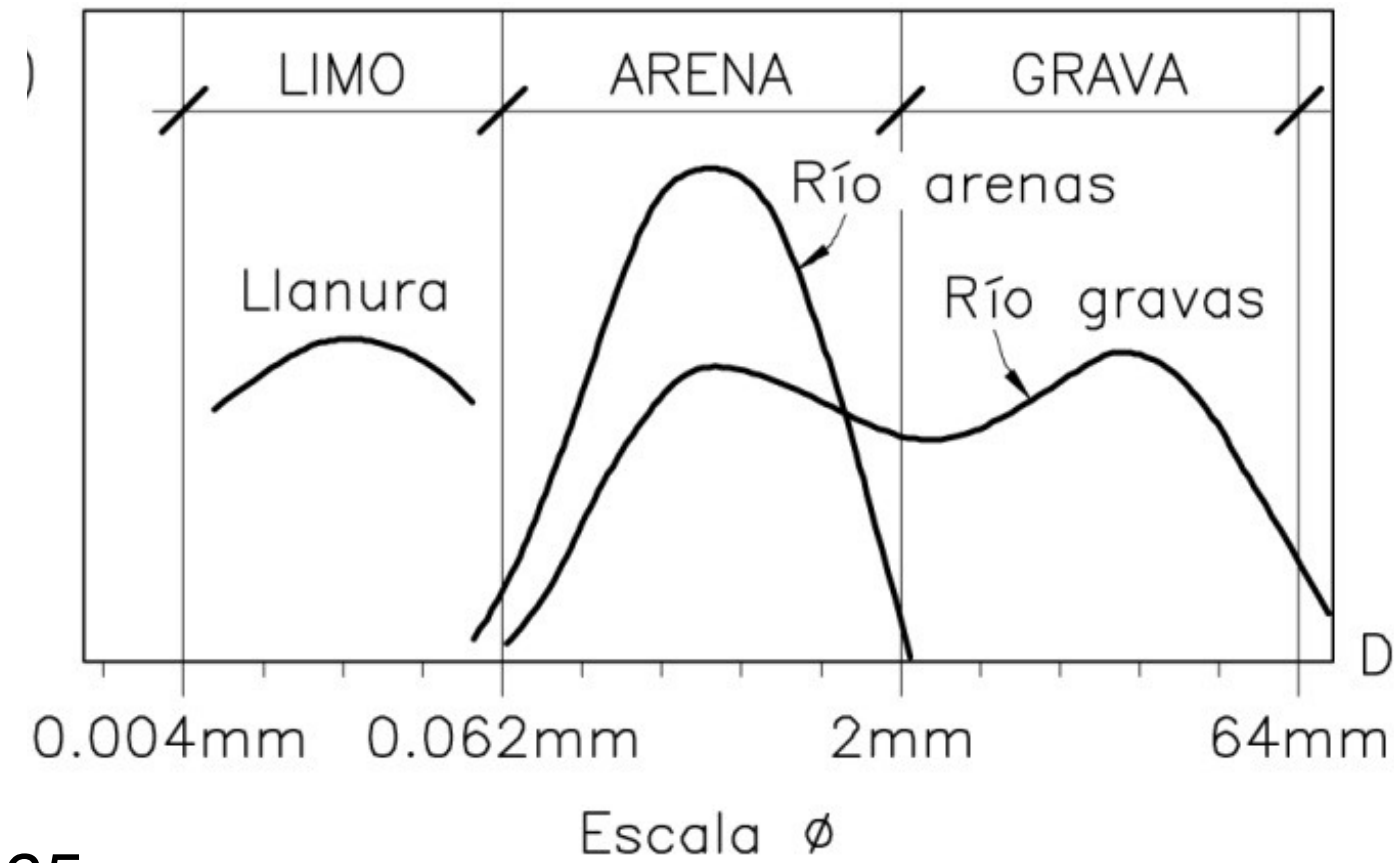


SEDIMENT - GRANULOMETRIA

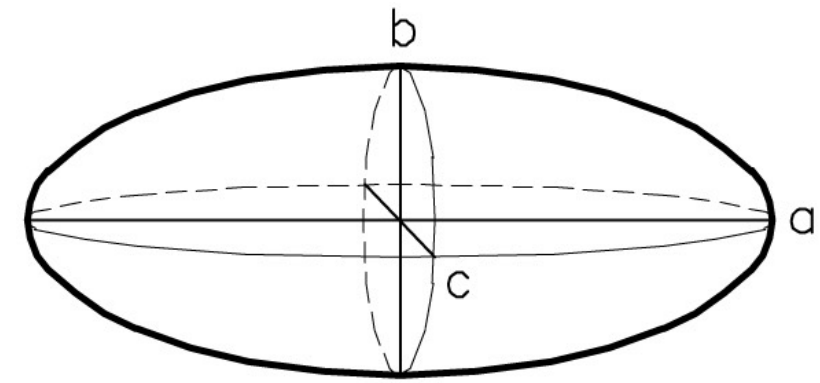


densitat del sediment: $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$

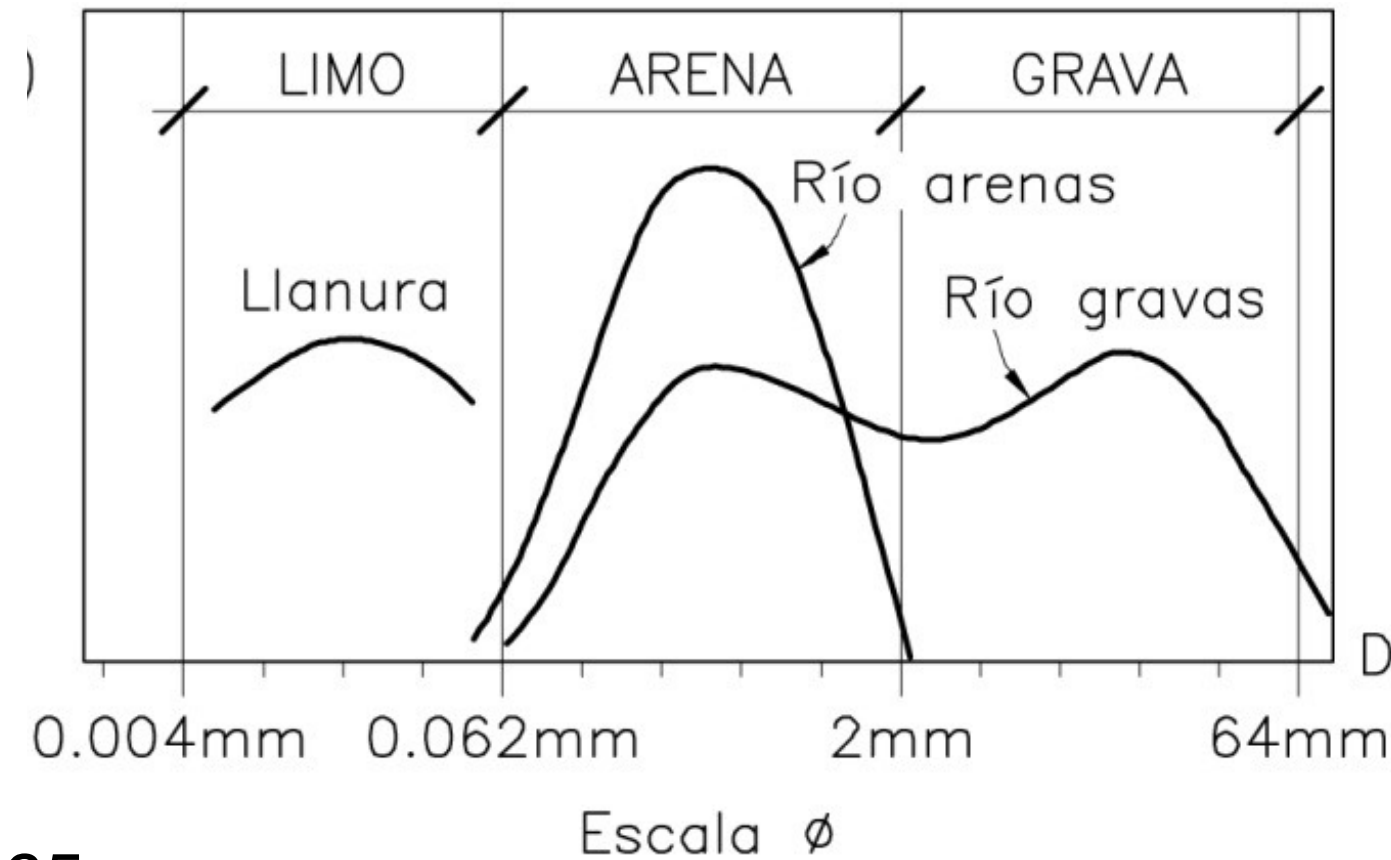
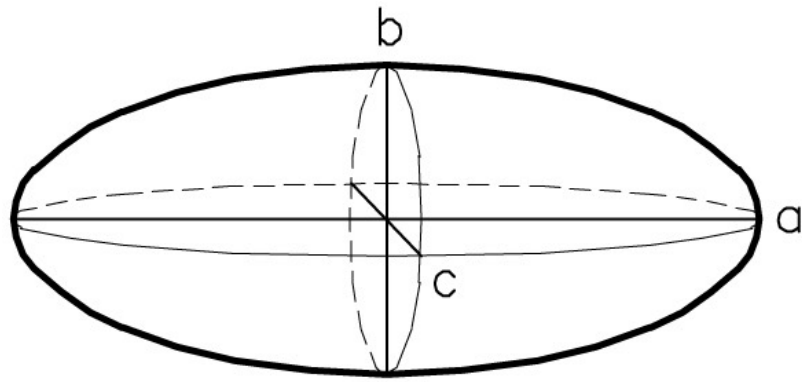
pes específic del sediment: $\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2.65 \cdot \gamma$



SEDIMENT - GRANULOMETRIA

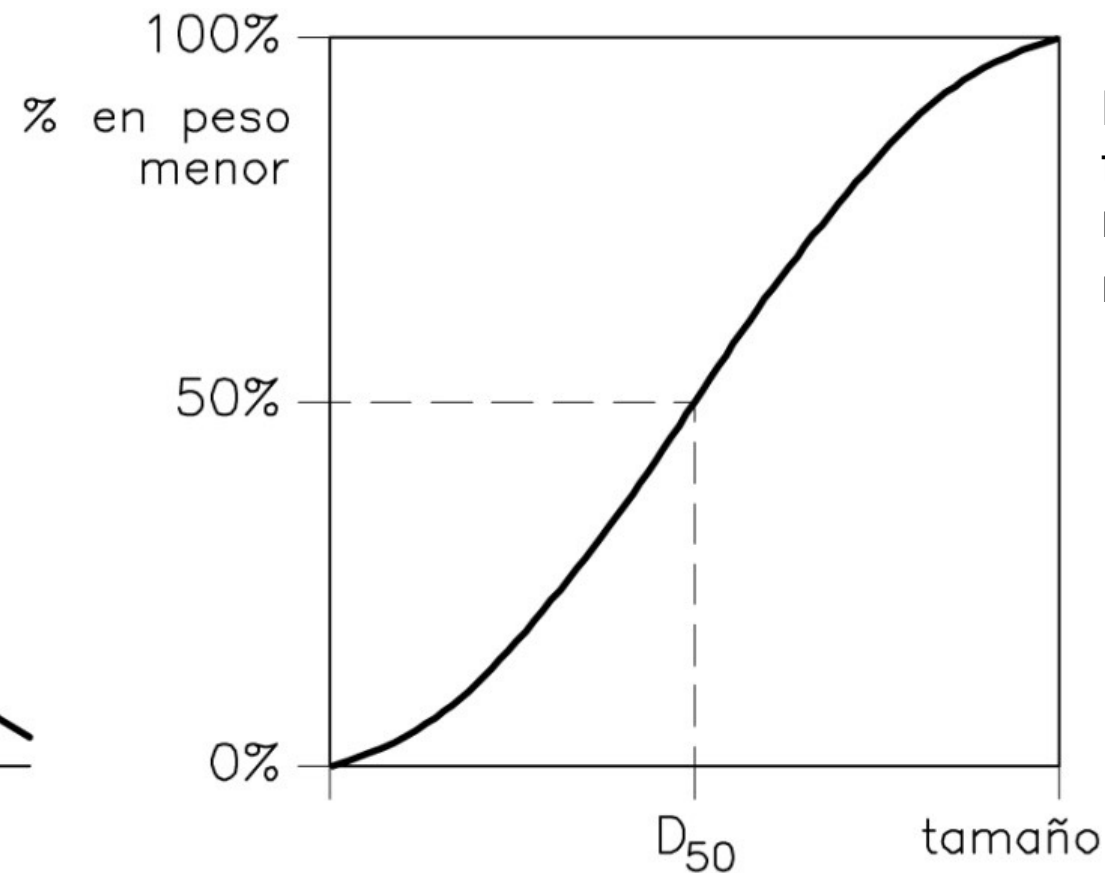
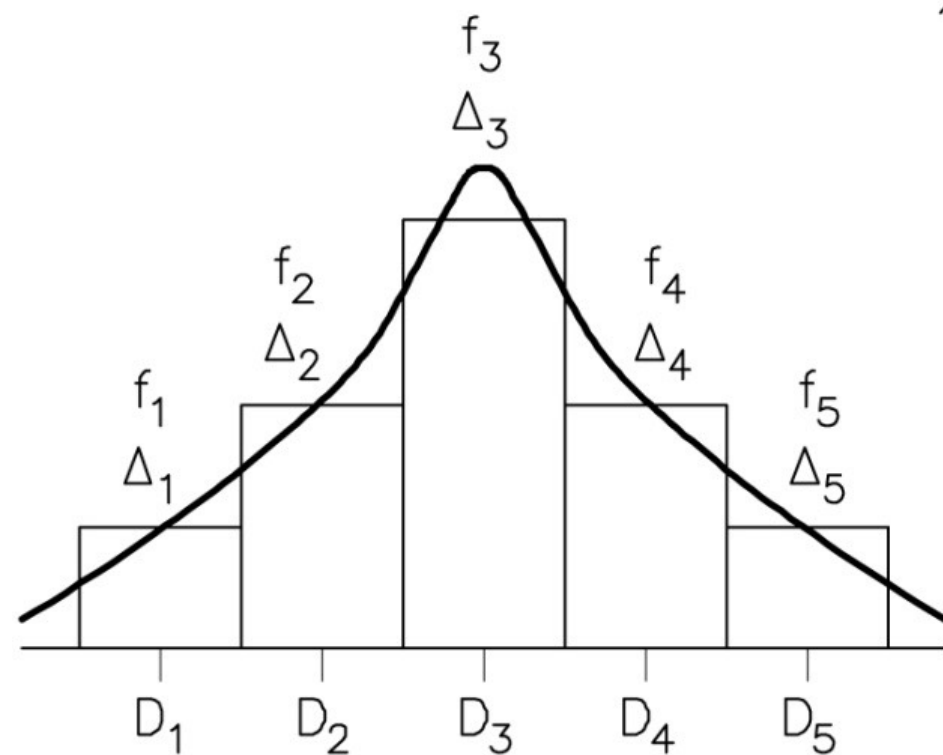


SEDIMENT - GRANULOMETRIA



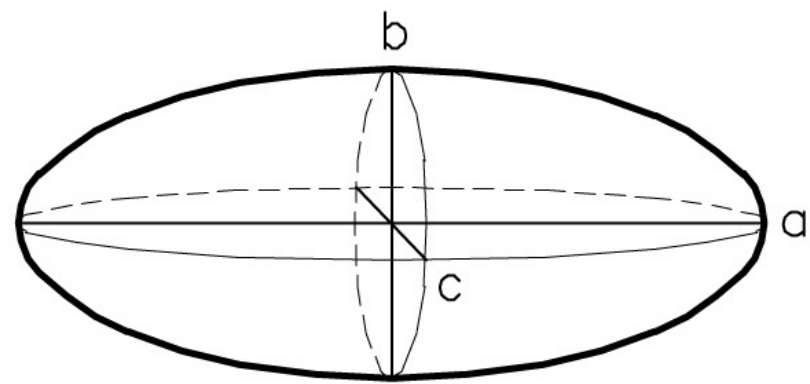
densitat del sediment: $\rho_s = 2650 \text{ kg/m}^3$

pes específic del sediment: $\gamma_s = \rho_s \cdot g = 2.65 \cdot \gamma$



La granulometria expressa la fracció de la massa de la mostra, $f_{f,i}$, tq les partícules són més petites que $D_{b,i}$.

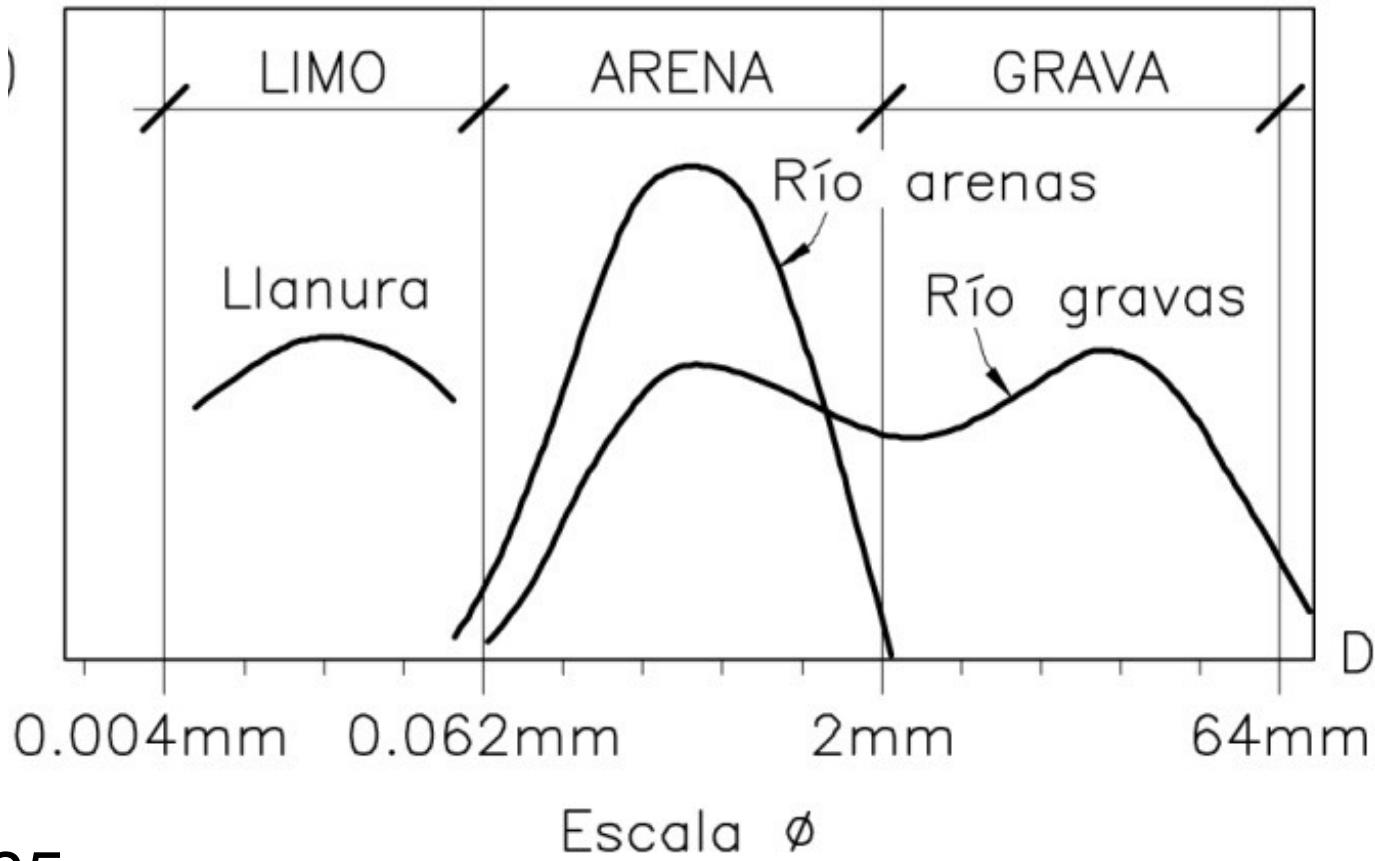
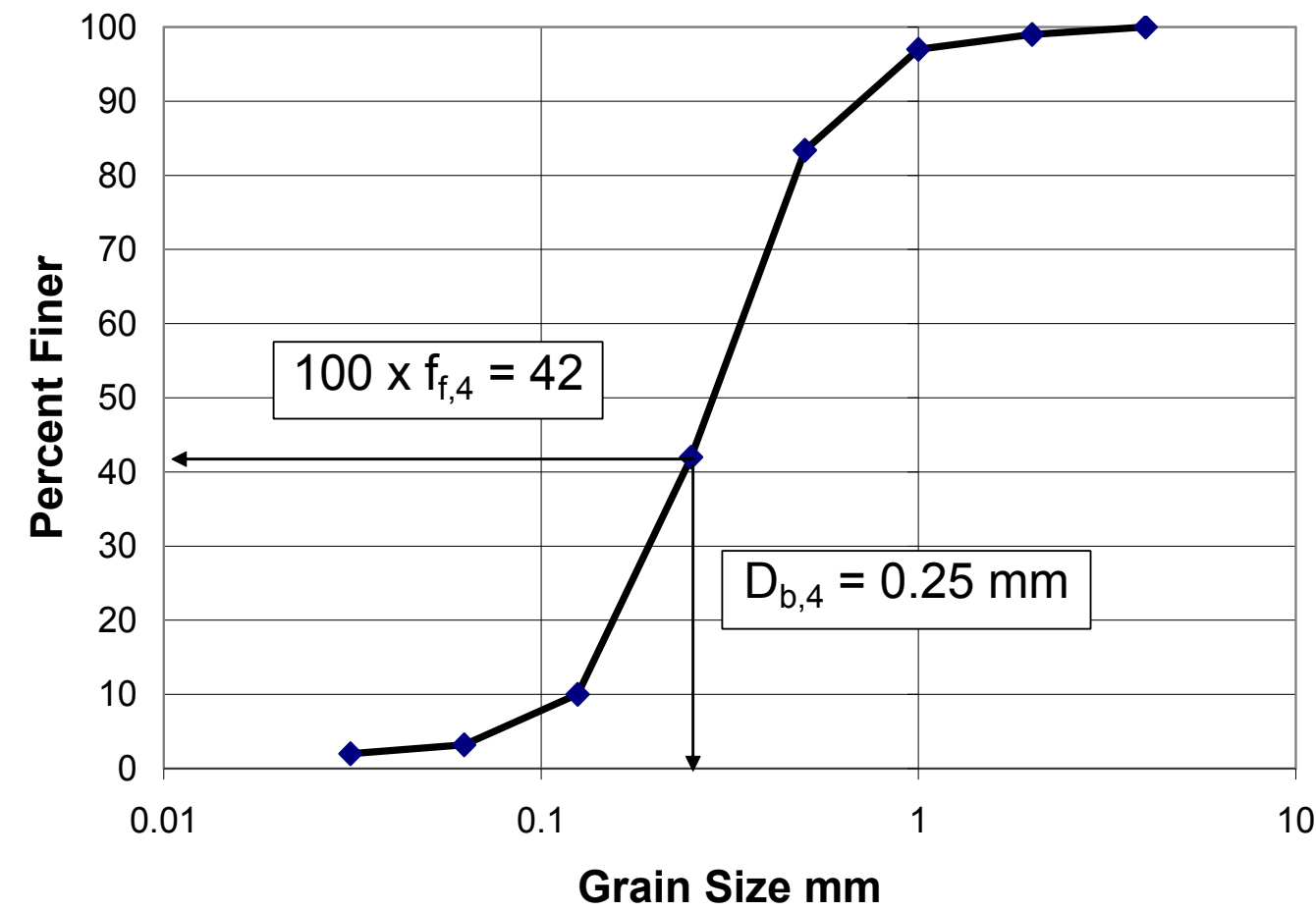
SEDIMENT - GRANULOMETRIA



densitat del sediment: $\rho_s=2650 \text{ kg/m}^3$

pes específic del sediment: $\gamma_s=\rho_s \cdot g = 2.65 \cdot \gamma$

Sample Grain Size Distribution



i	$D_{b,i}$ mm	$f_{f,i}$
1	0.03125	0.020
2	0.0625	0.032
3	0.125	0.100
4	0.25	0.420
5	0.5	0.834
6	1	0.970
7	2	0.990
8	4	1.000

La granulometria expressa la fracció de la massa de la mostra, $f_{f,i}$, tq les partícules són més petites que $D_{b,i}$.
A l'exemple de l'esquerra, s'utilitzen $N+1 = 8$ tamisos.

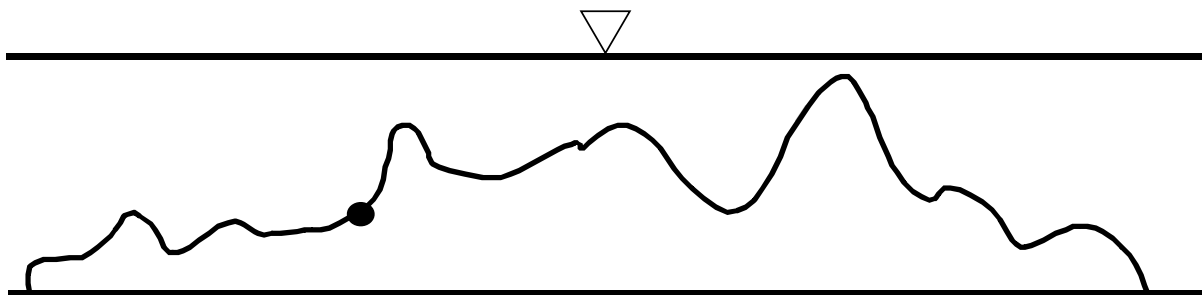
D_x és la mida size tq un $x \%$ de la mostra correspon a mides més fines que D_x

TIPUS DE TRANSPORT

EN SUSPENSÍO

sostingut per la turbulència del flux
pot ser el >90% del transport sòlid

$D < 0.0625 \text{ mm}$



DE FONTS

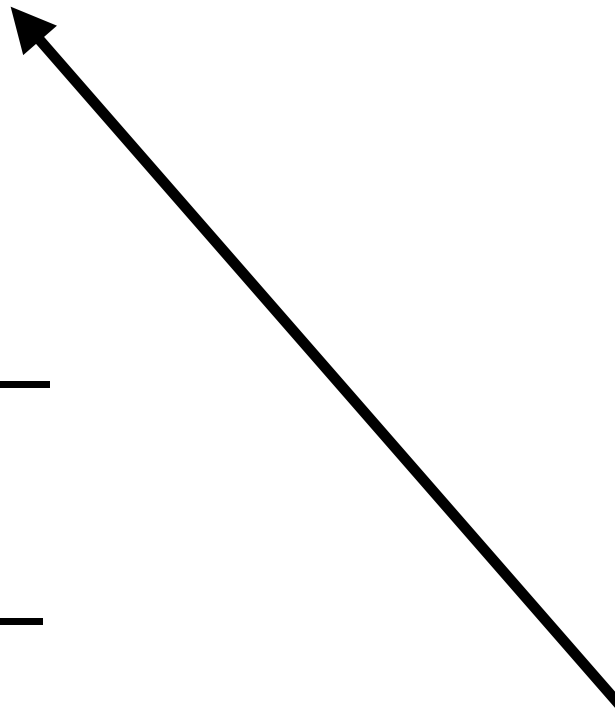
rodant, lliscant o saltant pel llit del riu

$D < 0.0625 \text{ mm}$

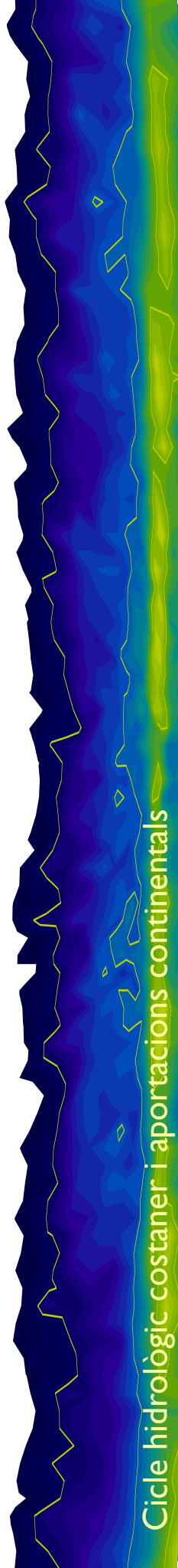


CONCA

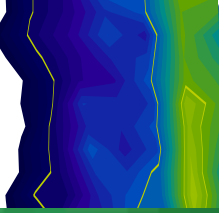
rentat de la conca



LLERA



TIPUS DE TRANSPORT



EN SUSPENSió

sostingut per la turbulència del flux
pot ser el $>90\%$ del transport sòlid
 $D < 0.0625 \text{ mm}$

DE FONTS

rodant, lliscant o saltant pel llit del riu
 $D < 0.0625 \text{ mm}$



VARIABLES PRINCIPALS

Fluid:

densitat de l'aigua: $\rho=1000 \text{ kg/m}^3$ (pes específic: $\gamma=\rho \cdot g = 9800 \text{ N/m}^3$)

viscositat cinemàtica: $\nu=10^{-6} \text{ m}^2/\text{s}$

Sediment:

granulometria, D_m , D_{50}

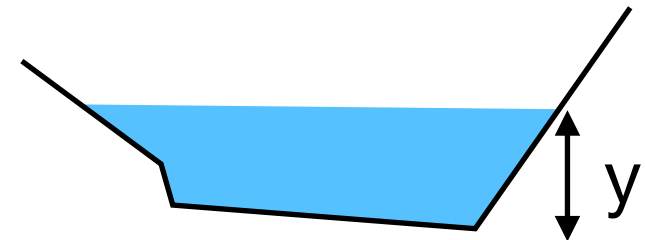
densitat: $\rho_s=2650 \text{ kg/m}^3$

Flux:

y: calat

$A(y)$: àrea mullada

s: pendent.



ALGUN CONCEPTE BÀSIC D'HIDRÀULICA

Equació de Bernoulli

$$h + \frac{P}{\gamma} + \frac{v^2}{2g} = B$$

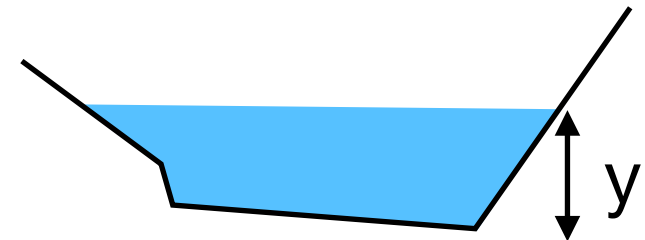
Fórmula de Manning (flux uniforme)

$$v(y) = \frac{1}{n} \cdot R_h(y)^{2/3} \cdot s^{1/2}$$

n : coeficient de rugositat de Manning

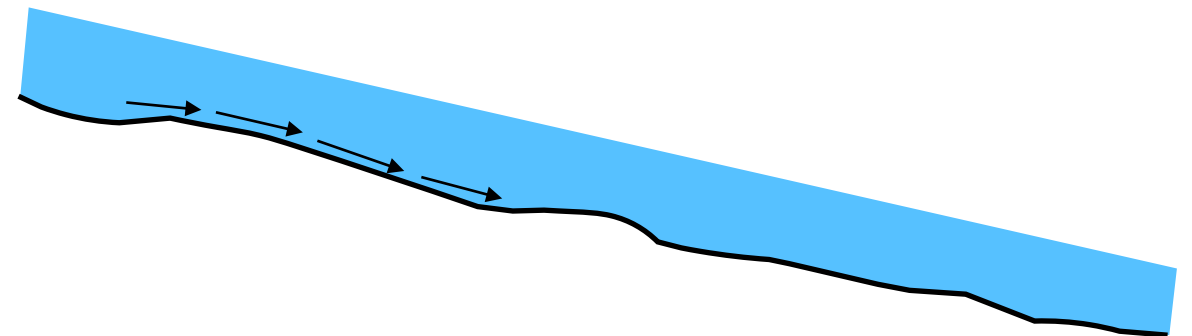
$R_h = \frac{A}{p_w}$: radi hidràulic

p_w : perímetre mullat



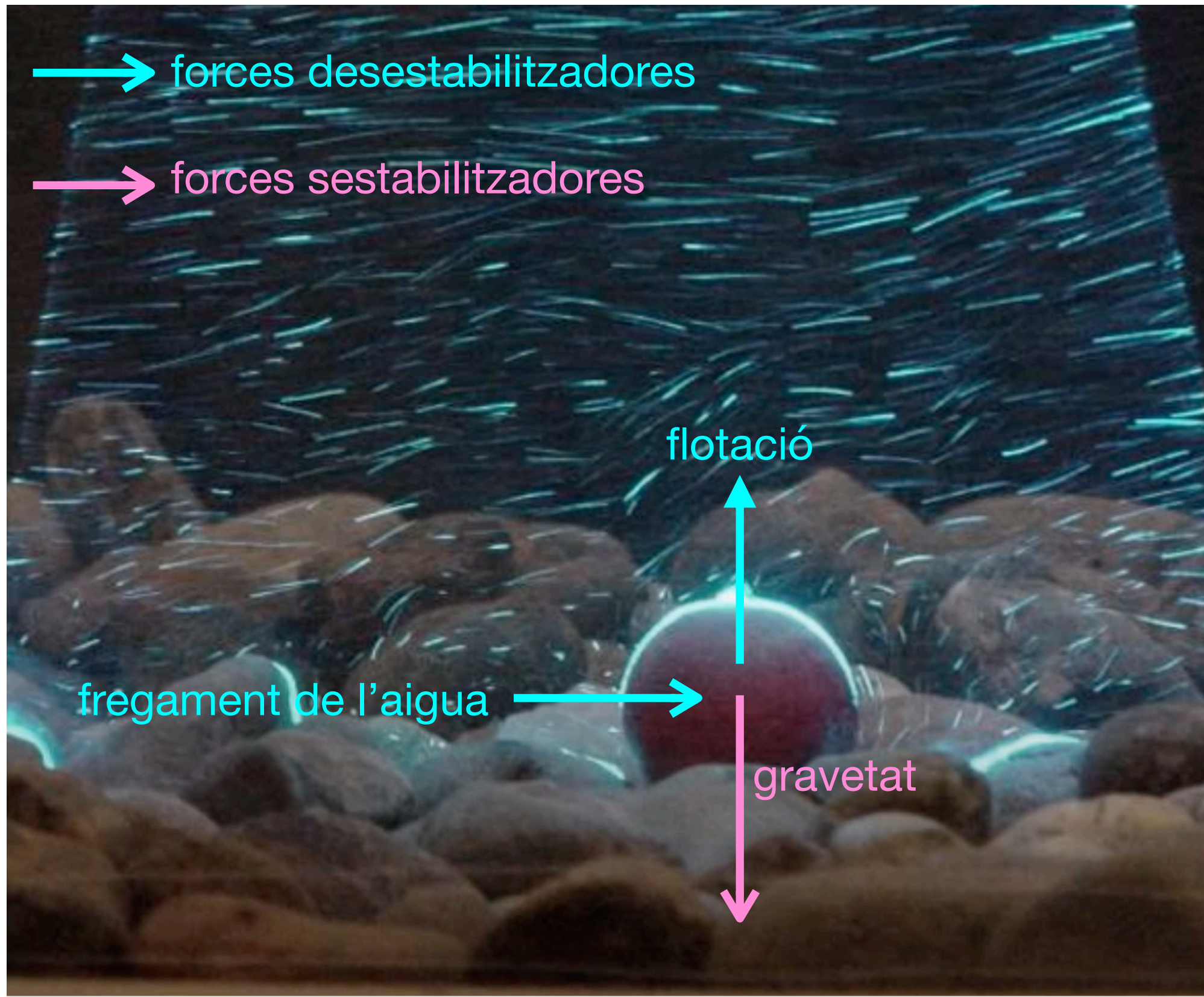
Esforça tallant sobre la llera

$$\tau = \gamma \cdot R_h \cdot I \approx \gamma \cdot y \cdot s$$



LLINDAR DEL MOVIMENT

Per a què es produeixi transport, primer l'aigua ha de poder mobilitzar el sediment.



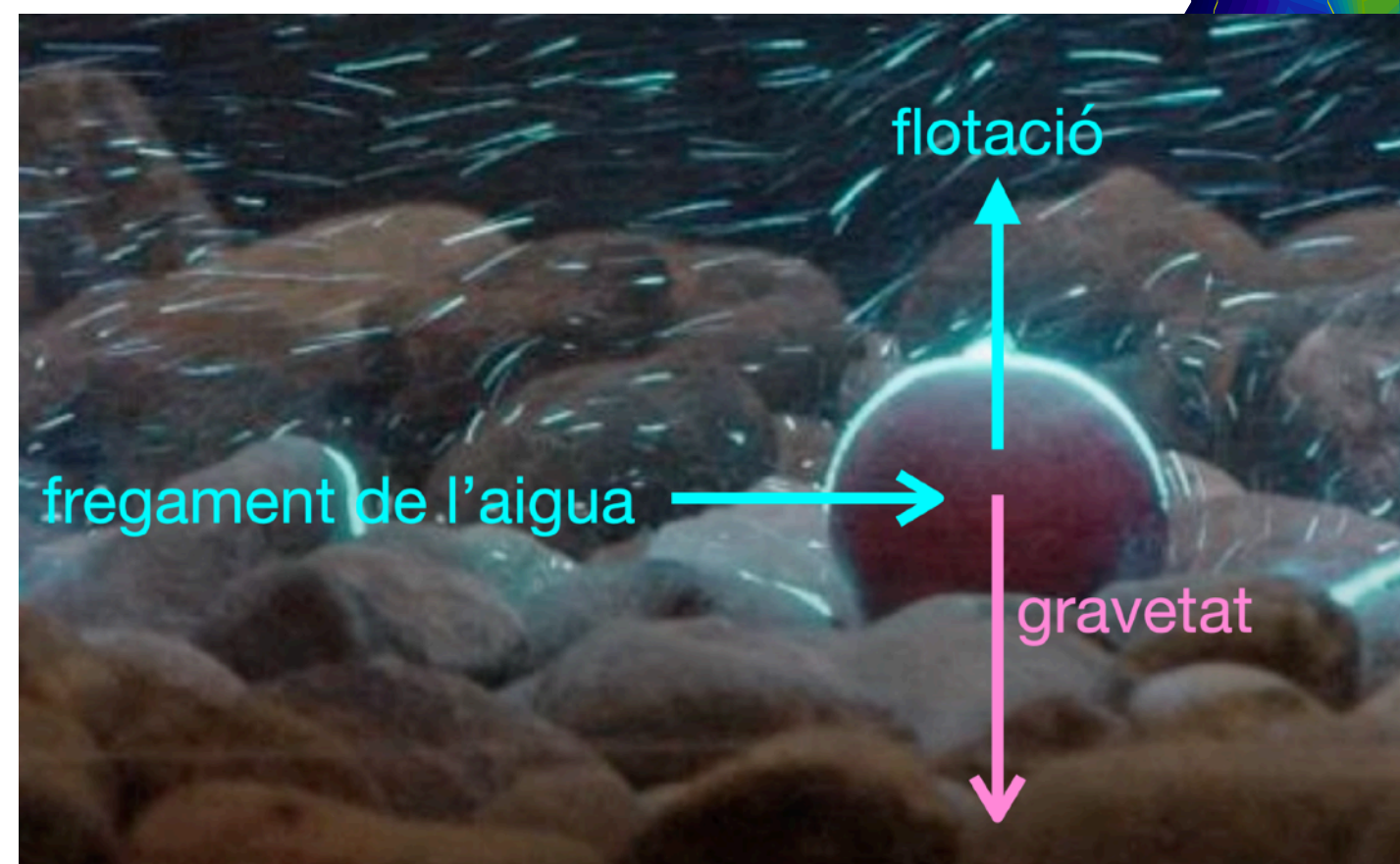
LLINDAR DEL MOVIMENT

Força estabilitzadora (pes submergit):

$$P' = P - F_B = m \cdot g - m_w \cdot g =$$

$$V \cdot (\rho_s - \rho) \cdot g = \frac{4\pi}{3} \left(\frac{D}{2} \right)^3 (\rho_s - \rho) \cdot g =$$

$$\frac{\pi}{6} \cdot D^3 \cdot \rho_s' \cdot g = C_1 \cdot D^3 \cdot \rho_s' \cdot g$$



Força desestabilitzadora (fregament de l'aigua): $F_M = A_D \cdot \tau = 4\pi \left(\frac{D}{2} \right)^2 \tau = \pi \cdot D^2 \cdot \tau$

Paràmetre de Shields: $\bar{\tau} = \frac{\tau \cdot D^2}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D^3} = \frac{\tau}{(\gamma_s - \gamma) \cdot D}$.

← desestabilitzadora (blau)
← estabilitzadora (vermell)

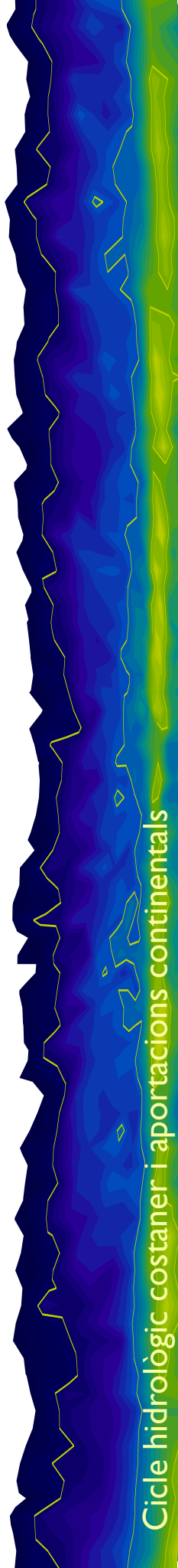
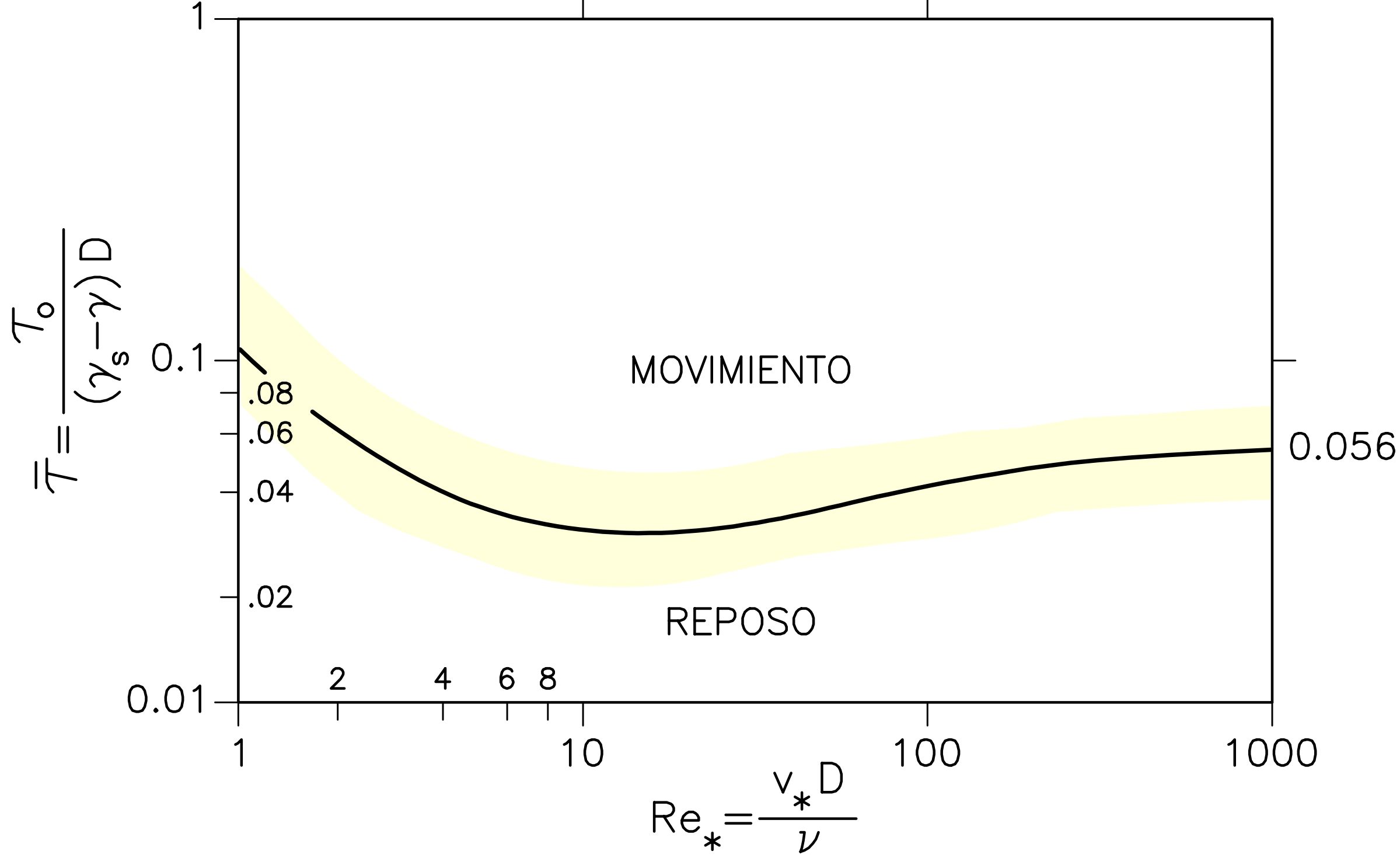
Velocitat de tall: $v^* = \left(\frac{\tau}{\rho} \right)^{1/2}$.

Reynolds granulomètric: $Re^* = \frac{v^* \cdot D}{\nu}$.

← forces inercials (blau)
← foces viscoses (negre)

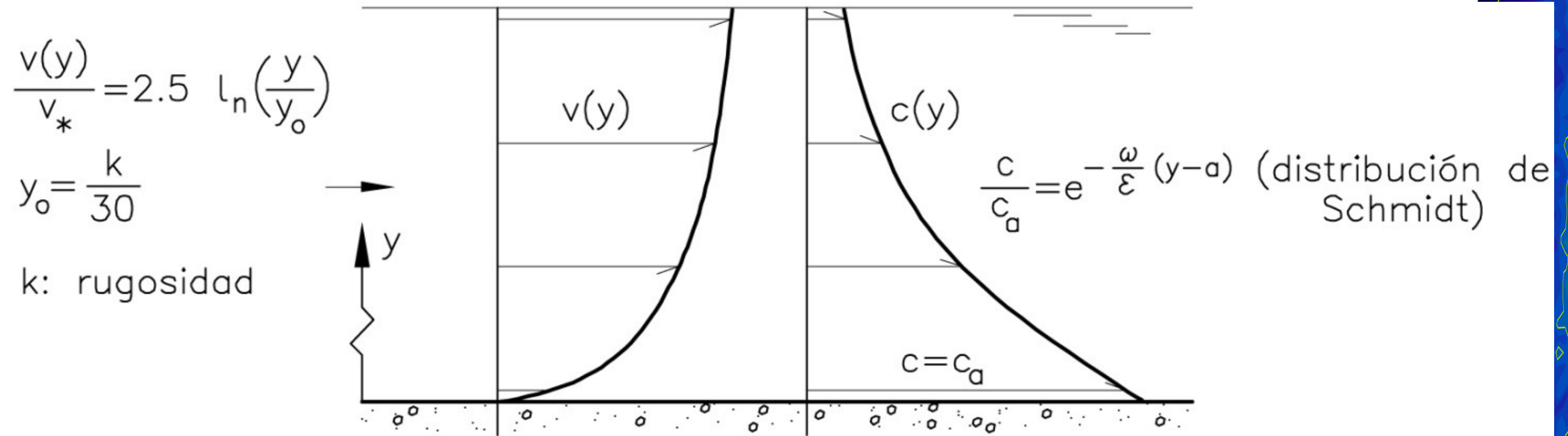
LLINDAR DEL MOVIMENT

DIAGRAMA DE SHIELDS



TRANSPORT EN SUSPENSÍÓ

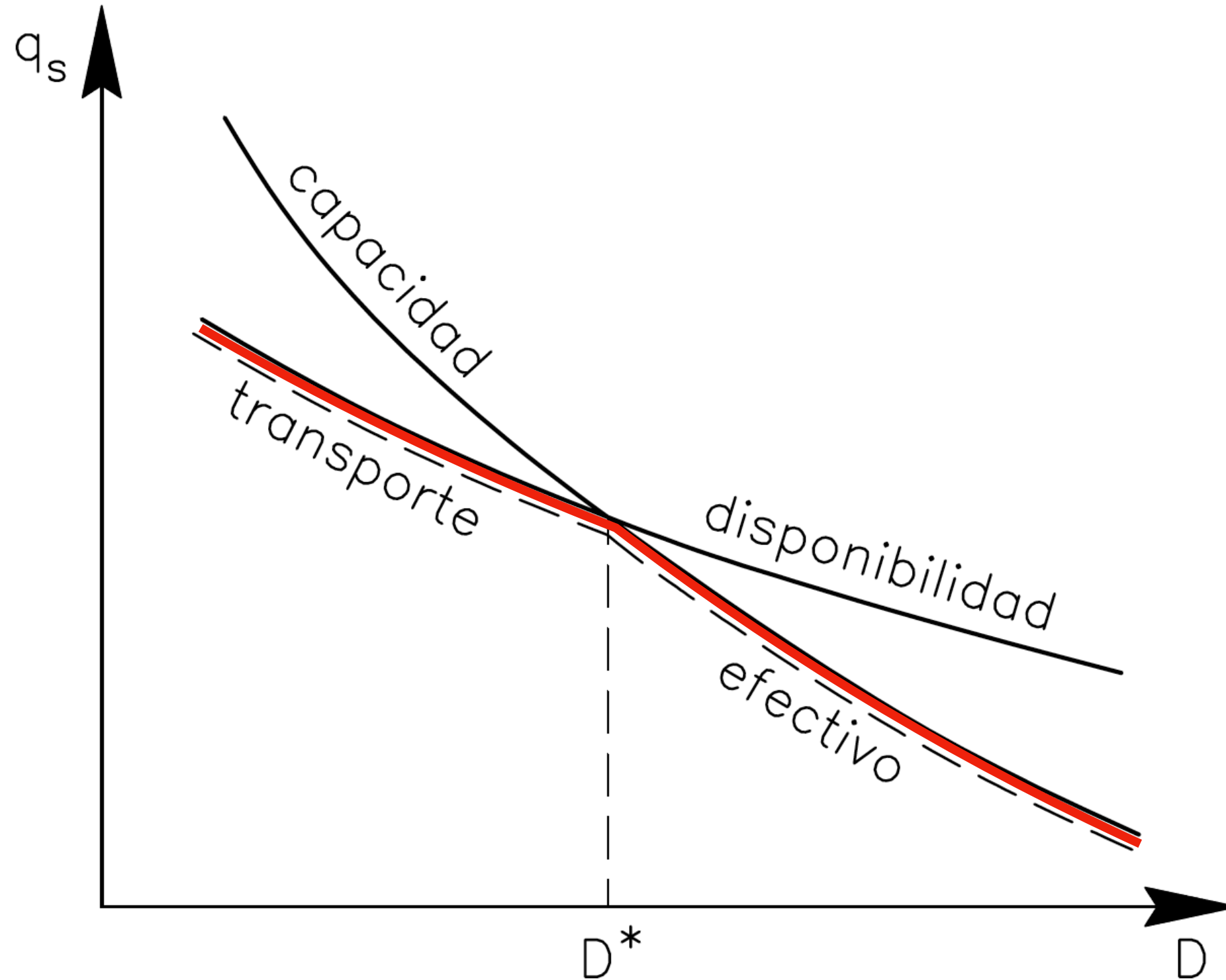
perfils de velocitat i concentració



$$q_s = \frac{Q_s}{B} = \int_0^y v(y)c(y)dy$$

EQUACIONS DE TRANSPORT DE FONS

Modelen la capacitat de transport de fons

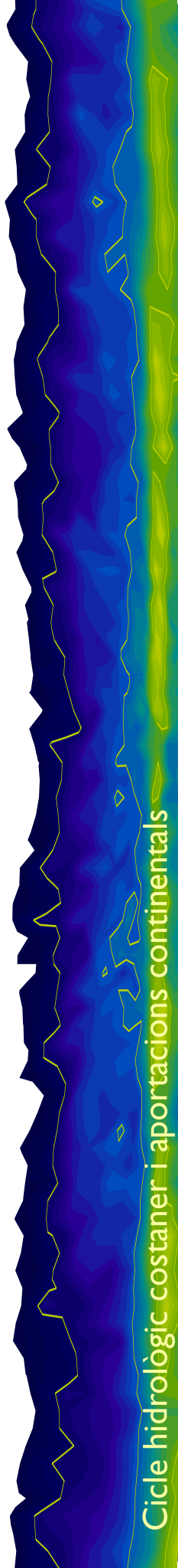
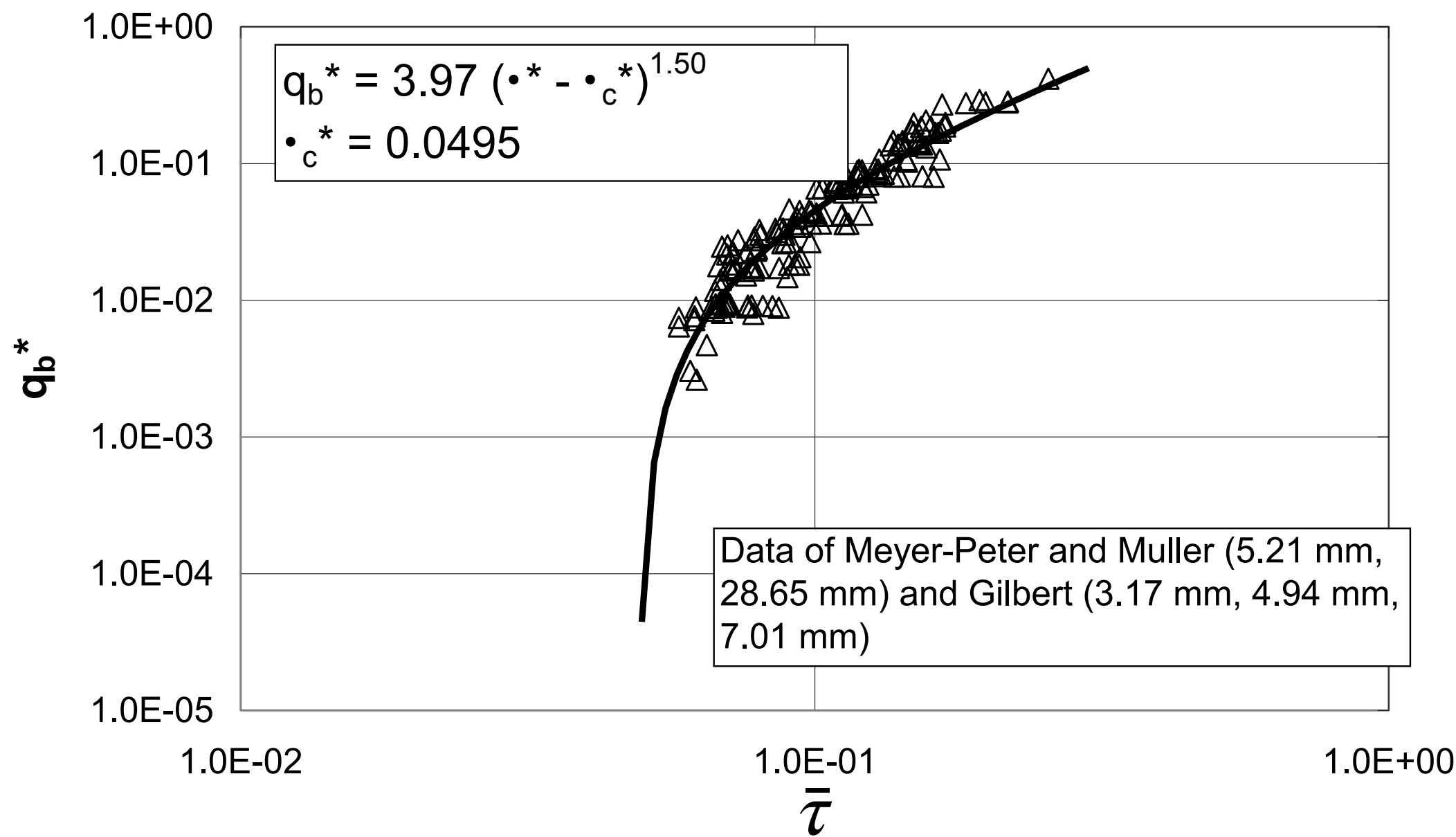


EQUACIONS DE TRANSPORT DE FONS

Fórmula de Meyer-Peter i Muller:

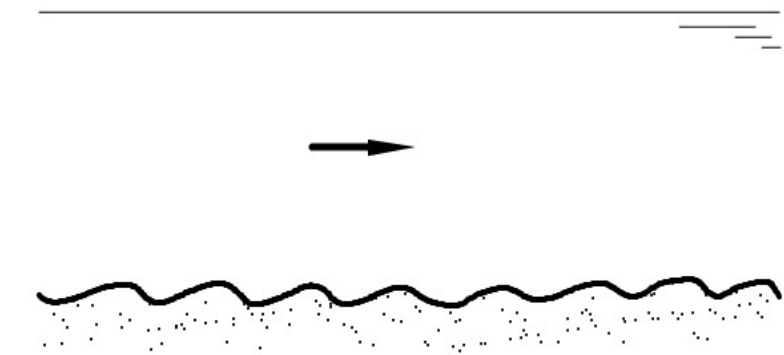
$q_b = 3.97(\bar{\tau} - \bar{\tau}_c)^{1.50}$, amb $\bar{\tau}_c = 0.047$.

Bedload Relation: Modified MPM

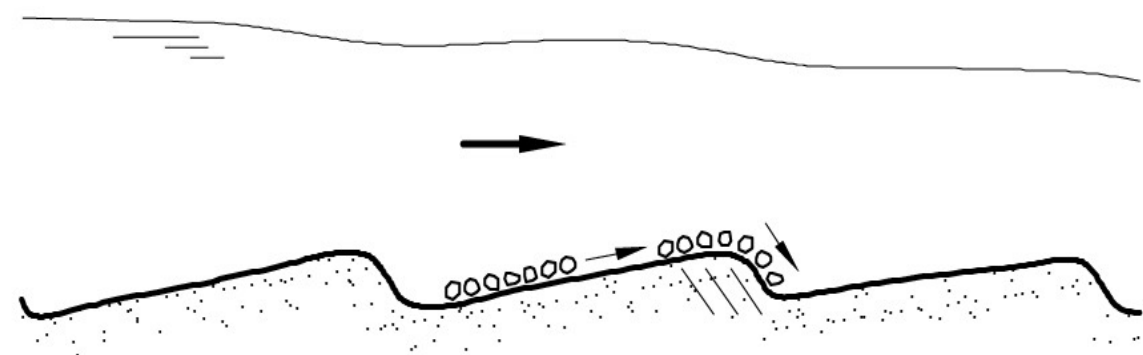


FORMES DE FONS

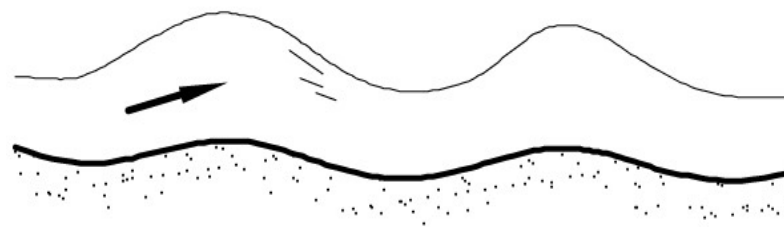
La interacció entre el flux i el transport de sediment sovint crea formes de fons (arrugues, dunes, antidunes i barres). Aquestes formes de fons poden interactuar amb el flux i modificar el transport de sediment.



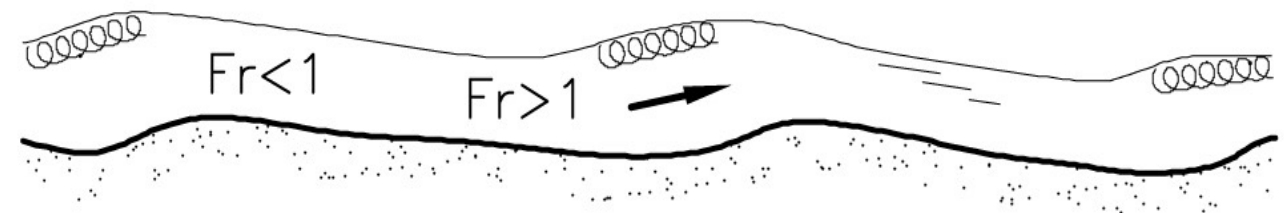
arrugues (a)



dunes (b)



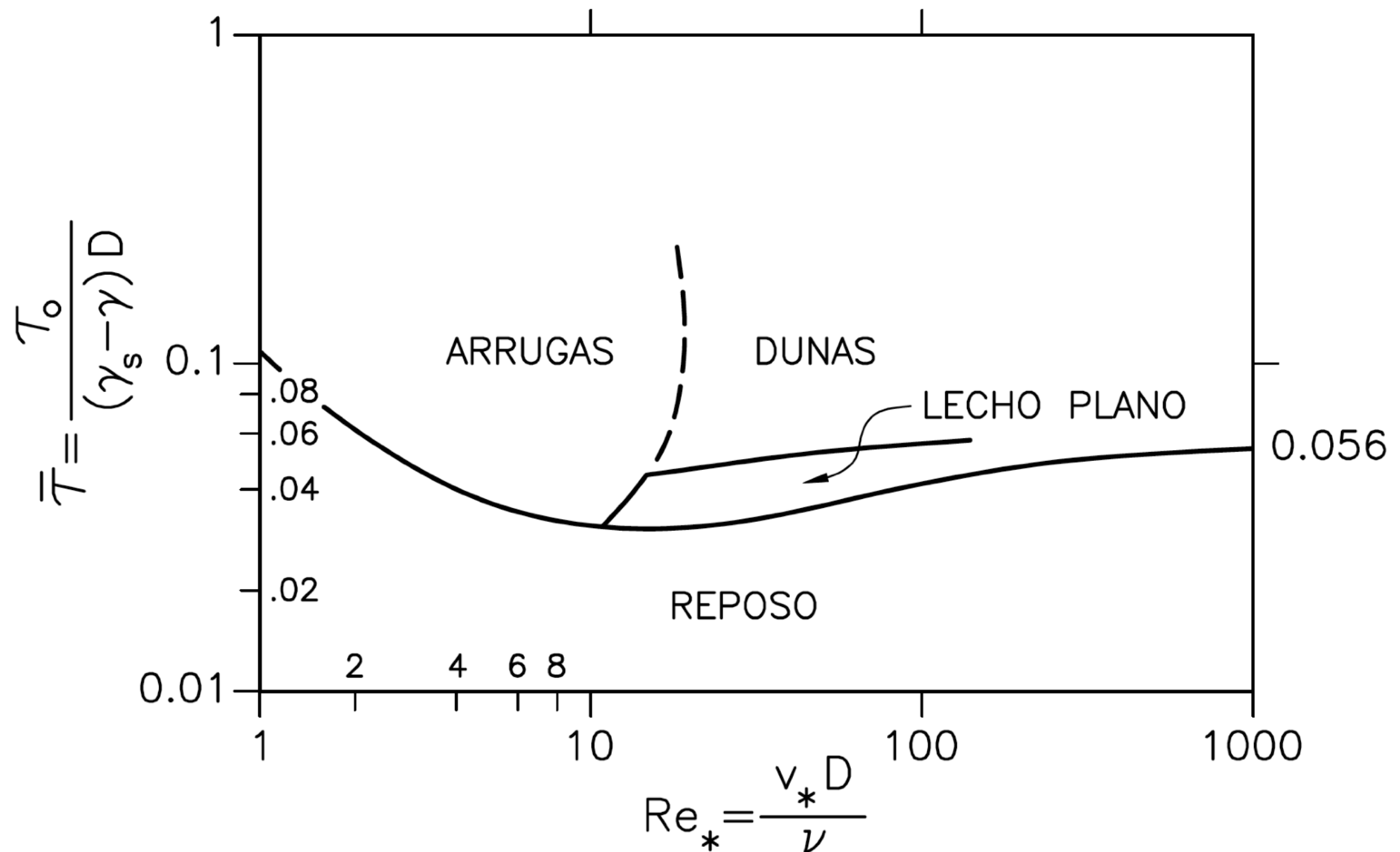
antidunes (c)



ràpids i pous (d)

FORMES DE FONS

La interacció entre el flux i el transport de sediment sovint crea formes de fons (arrugues, dunes, antidunes i barres). Aquestes formes de fons poden interactuar amb el flux i modificar el transport de sediment.

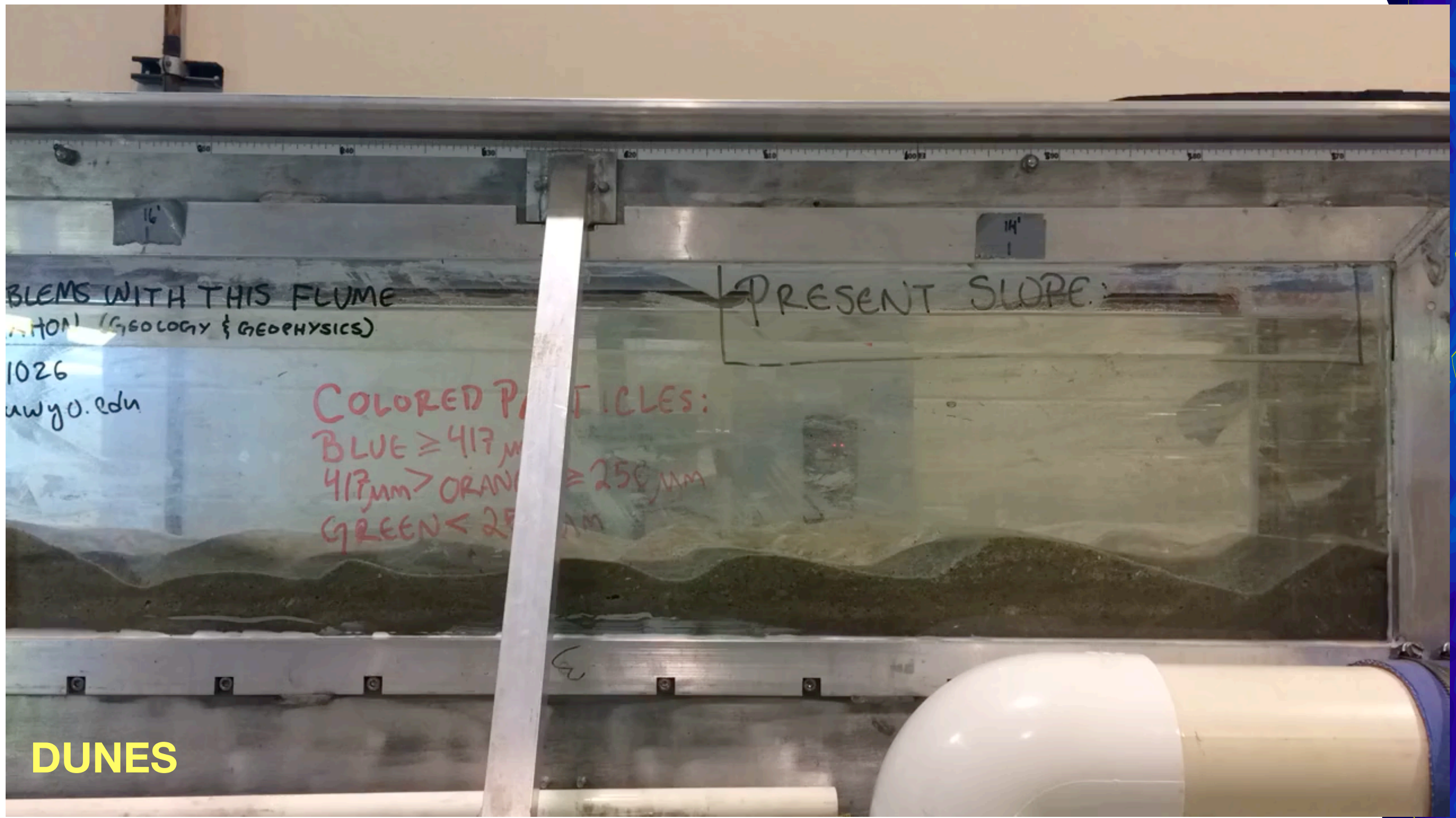


FORMES DE FONS

La interacció entre el flux i el transport de sediment sovint crea formes de fons (arrugues, dunes, antidunes i barres). Aquestes formes de fons poden interactuar amb el flux i modificar el transport de sediment.

FORMES DE FONS

La interacció entre el flux i el transport de sediment sovint crea formes de fons (arrugues, dunes, antidunes i barres). Aquestes formes de fons poden interactuar amb el flux i modificar el transport de sediment.



DUNES

FORMES DE FONS

La interacció entre el flux i el transport de sediment sovint crea formes de fons (arrugues, dunes, antidunes i barres). Aquestes formes de fons poden interactuar amb el flux i modificar el transport de sediment.

ANTIDUNES

Provided by: Nikki Strong, St. Anthony Falls Laboratory

Description: Shows upper plane bed to antidune transition in two views. Flume is 30 cm high, 30 cm wide and is 5.1 m long. Flow is from the right to left. Note antidunes grow out of upper plane bed transport. They migrate upstream as they grow and steepen, eventually collapsing back to upper plane bed.

ANTIDUNES

Vídeos

Fluvial type:

https://www.youtube.com/watch?v=_TCOkDN4gjo

Bedforms under steady flow

<https://www.youtube.com/watch?v=Jyv2yTmy0Sw>