

Materia: Ecología del Paisaje

III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

a) Modelado del Paisaje. Dinámica fluvial

23 abril 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario
Dra. Ofelia Gutiérrez

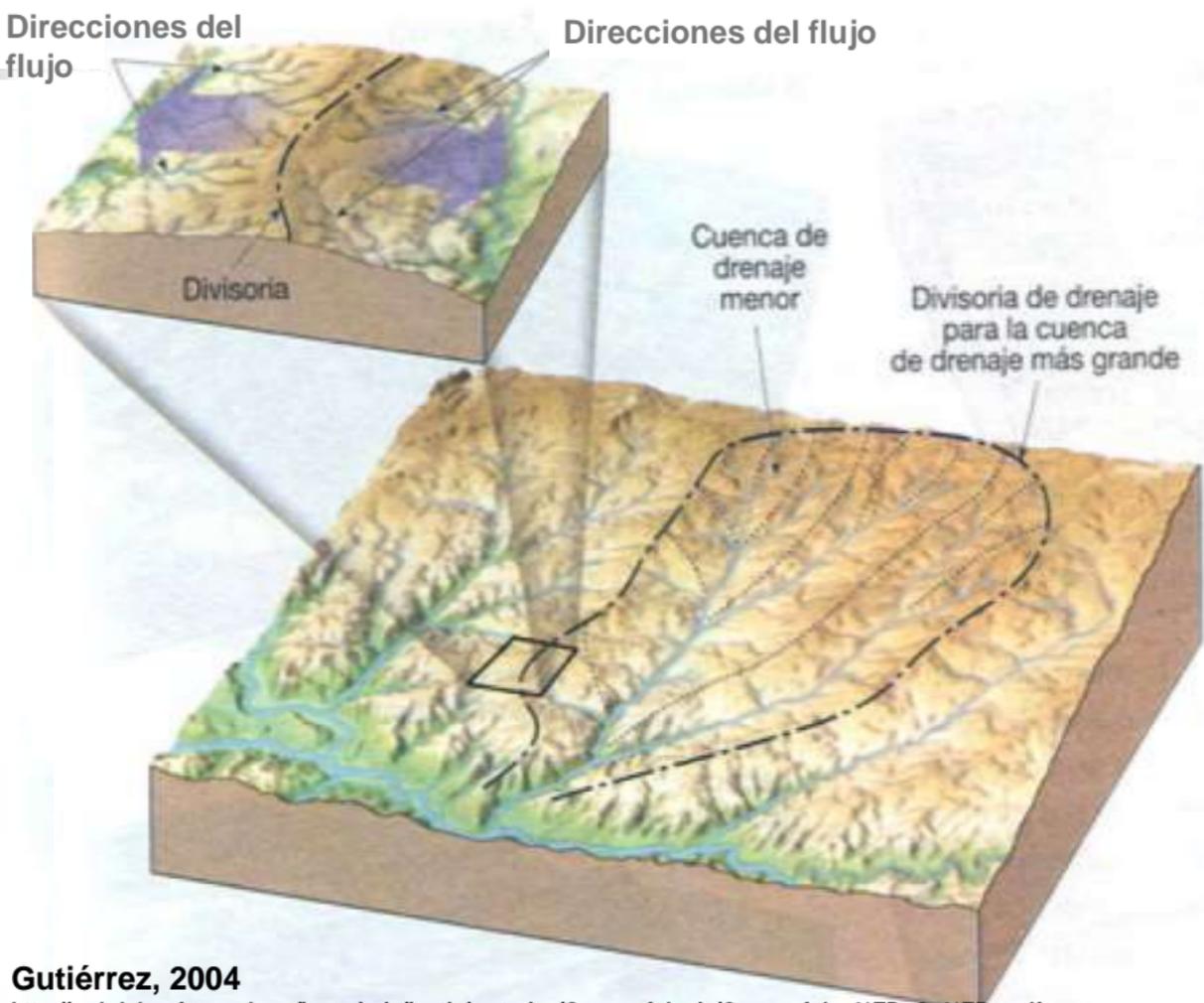
Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario (panari@fcien.edu.uy)
Ofelia Gutiérrez (oguti@fcien.edu.uy)

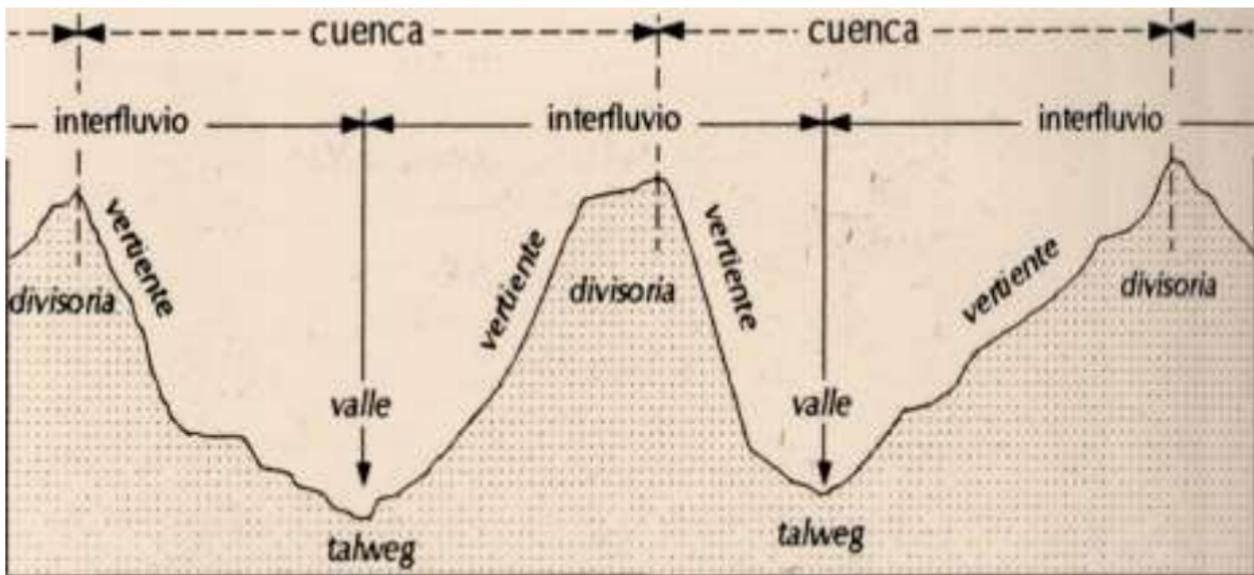
**¿Cómo funciona el
paisaje?**

La cuenca como
unidad
geomorfológica



Gutiérrez, 2004

<http://webdelprofesor.ula.ve/ingenieria/jgutie/materias/Geomorfologia/Geomorfolog%EDaGu%EDa.pdf>



Posición de la vertiente en relación con los elementos generales del relieve (Pedraza, 1996)

Erosión fluvial

Mecanismos

- Disolución
- Acción hidráulica $f(v)$
- Acción mecánica de las partículas:

Abrasión: sobre el lecho

Atrición: entre ellas



Erosión fluvial

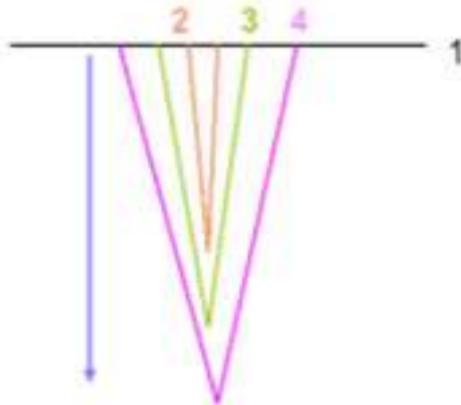
Resultados

1. **Erosión lineal** (incisión y profundización)
2. **Erosión lateral** (socavación y ensanchamiento)
3. **Erosión regresiva** (retroceso en cabecera)

Erosión fluvial

Resultados

1. Erosión lineal (incisión y profundización)

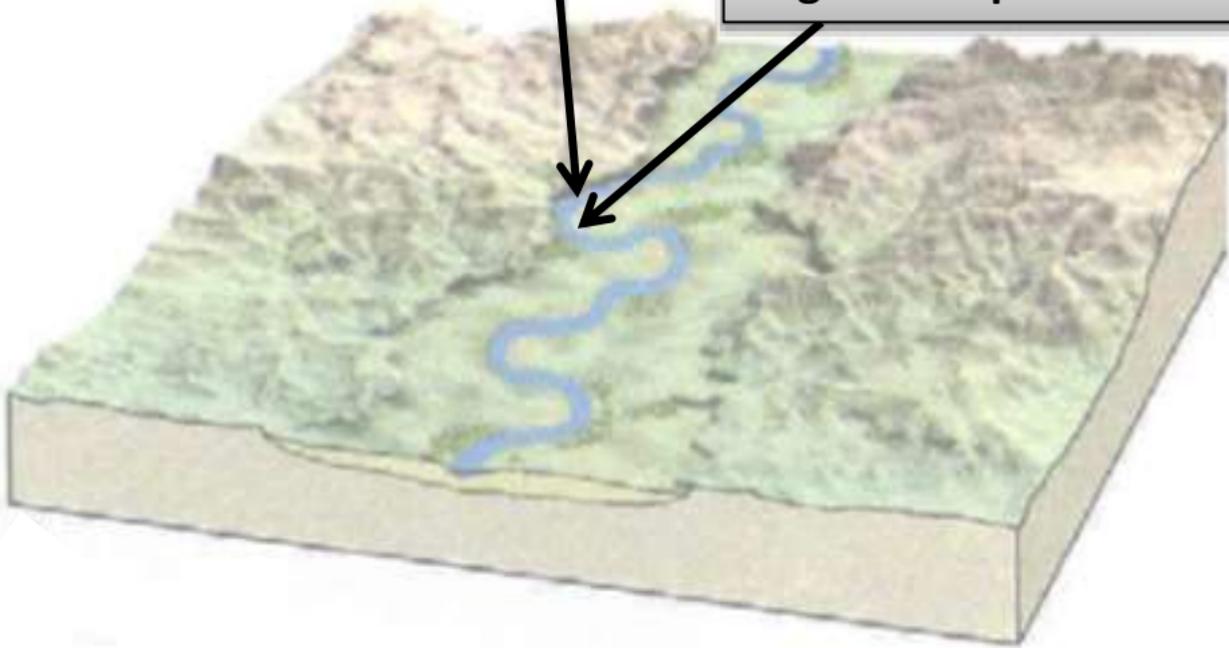






Lugar de erosión

Lugar de depositación

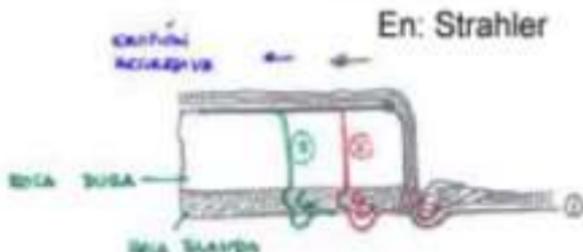


Tarback y Lutgens, 2002

3. Erosión regresiva (retroceso y encajamiento)



En: Requejo, 1998



Carga límite y competencia. Sedimentación

- **Capacidad de Carga o**

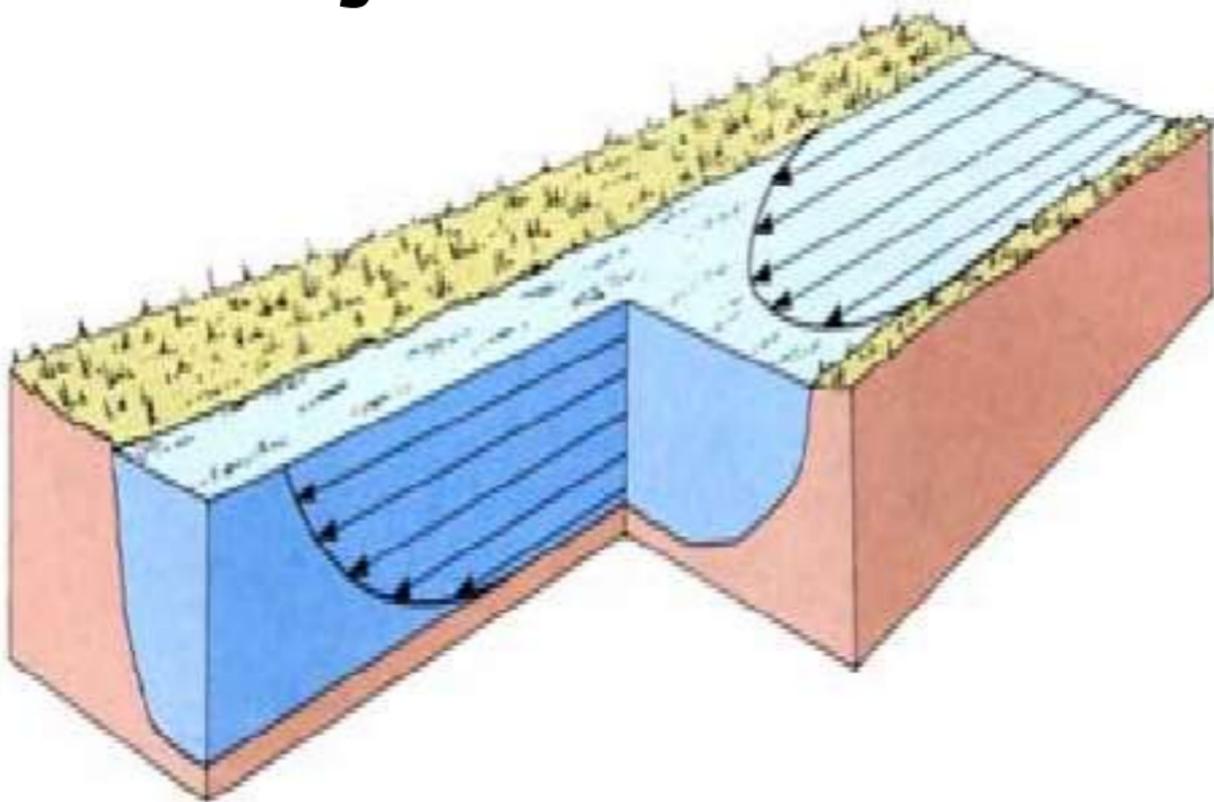
Carga límite: máxima carga que puede transportar un río para un caudal y una velocidad y densidad determinadas



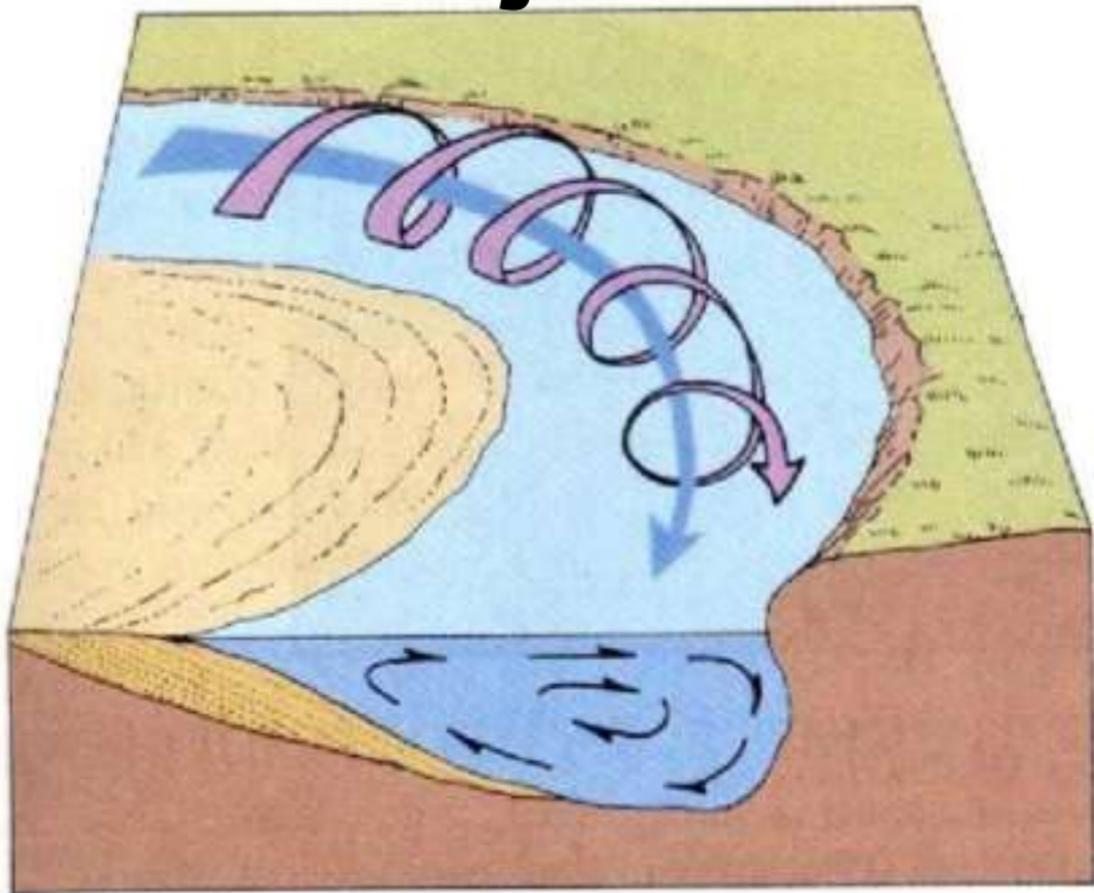
- **Competencia de un cauce:** diámetro de la partícula más grande que puede transportar



Flujo laminar



Flujo turbulento



An aerial photograph showing the confluence of two large rivers. The Rio Amazonas, on the left, has a muddy brown color. The Rio Negro, on the right, is a deep, dark blue. The two rivers meet at a sharp angle, creating a distinct boundary between the two water colors. In the background, there are green islands and a cloudy sky.

Encuentro del Río Negro con
el Río Amazonas, cerca de la
ciudad de Manaus, Brasil.

Río Amazonas

Río Negro



Manaos

Río Negro

Río Amazonas

★ Punto de unión de ambos ríos

100 km

Image Landsat / Copernicus

Google Earth

Coordenadas de las imágenes: 12°30'20.00" N 21°14'22.594" W | E: 9645277.00 m s. | 0 m | 117.041131.81.300



**Rio Servitá.
Carretera Soatá-Málaga
Santander. Colombia
Foto: GSM**

Disolución
Suspensión
Saltación
Rotación
Tracción



Corriente del río

Carga suspendida

Carga en solución (disuelta)

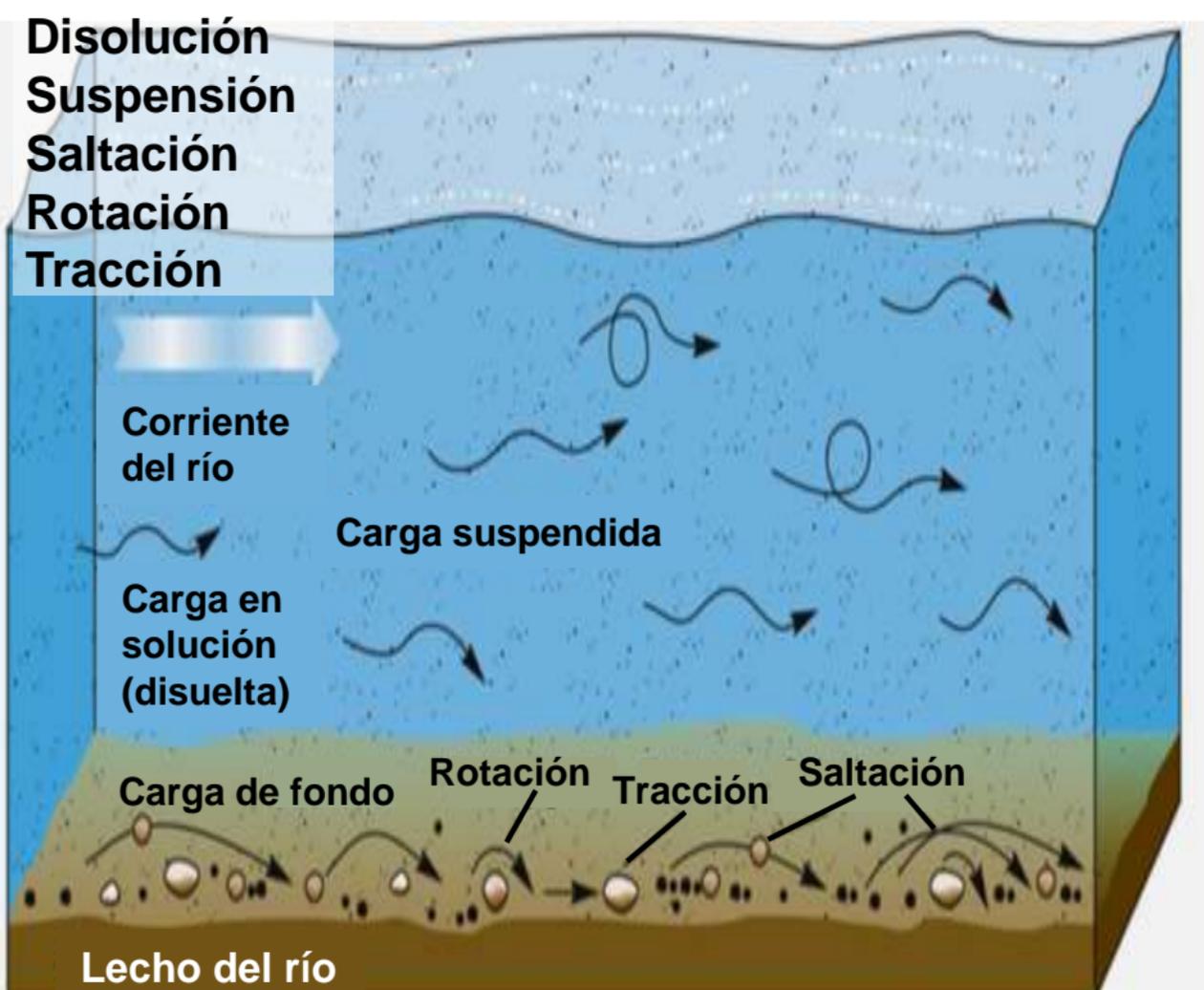
Carga de fondo

Rotación

Tracción

Saltación

Lecho del río





UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)
Posgrado en Ciencias Ambientales



Materia: Ecología del Paisaje

III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

a) Modelado del Paisaje. Dinámica fluvial

28 abril 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario
Dra. Ofelia Gutiérrez

Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario (panari@fcien.edu.uy)
Ofelia Gutiérrez (oguti@fcien.edu.uy)

Disolución
Suspensión
Saltación
Rotación
Tracción



Corriente del río

Carga suspendida

Carga en solución (disuelta)

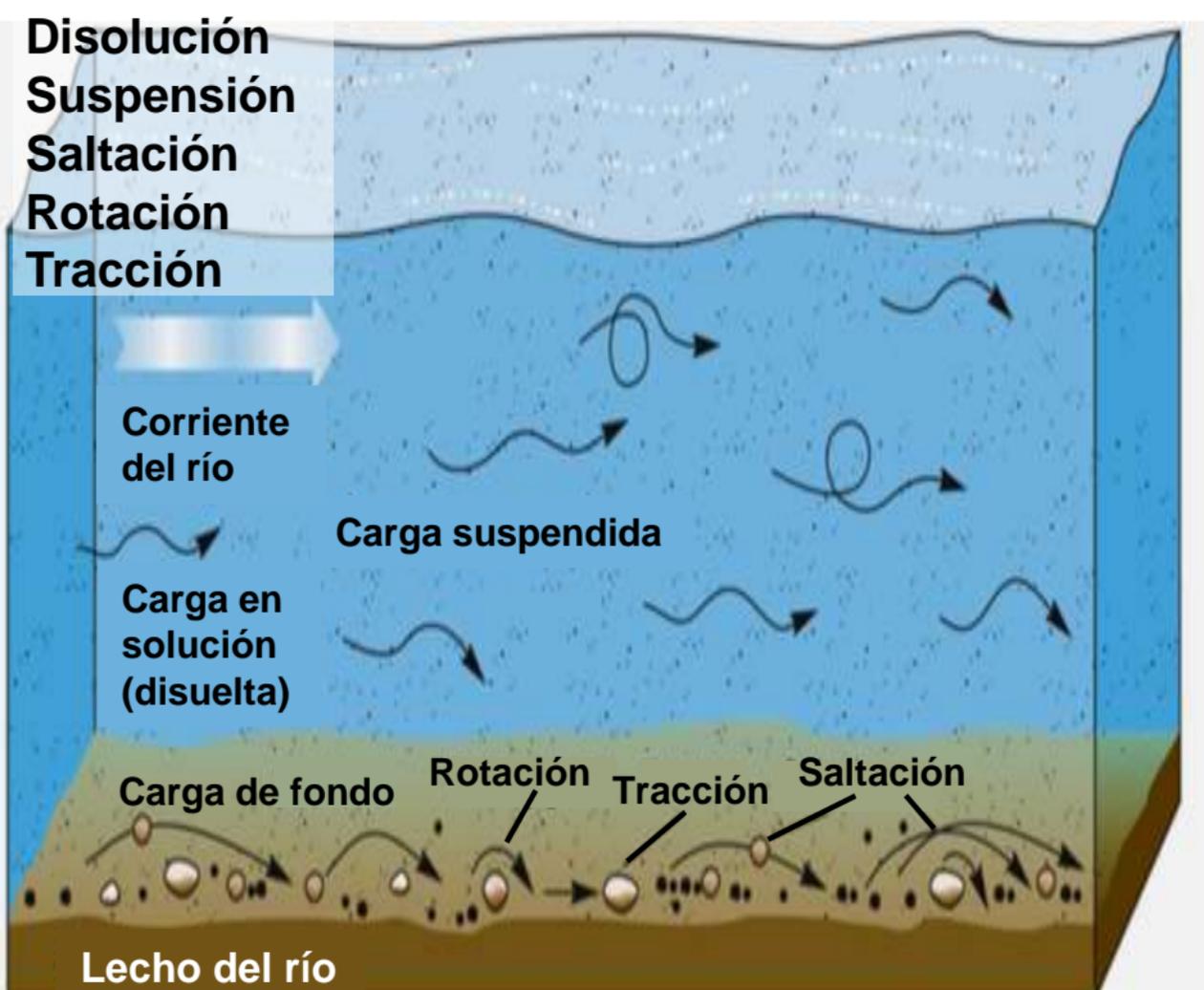
Carga de fondo

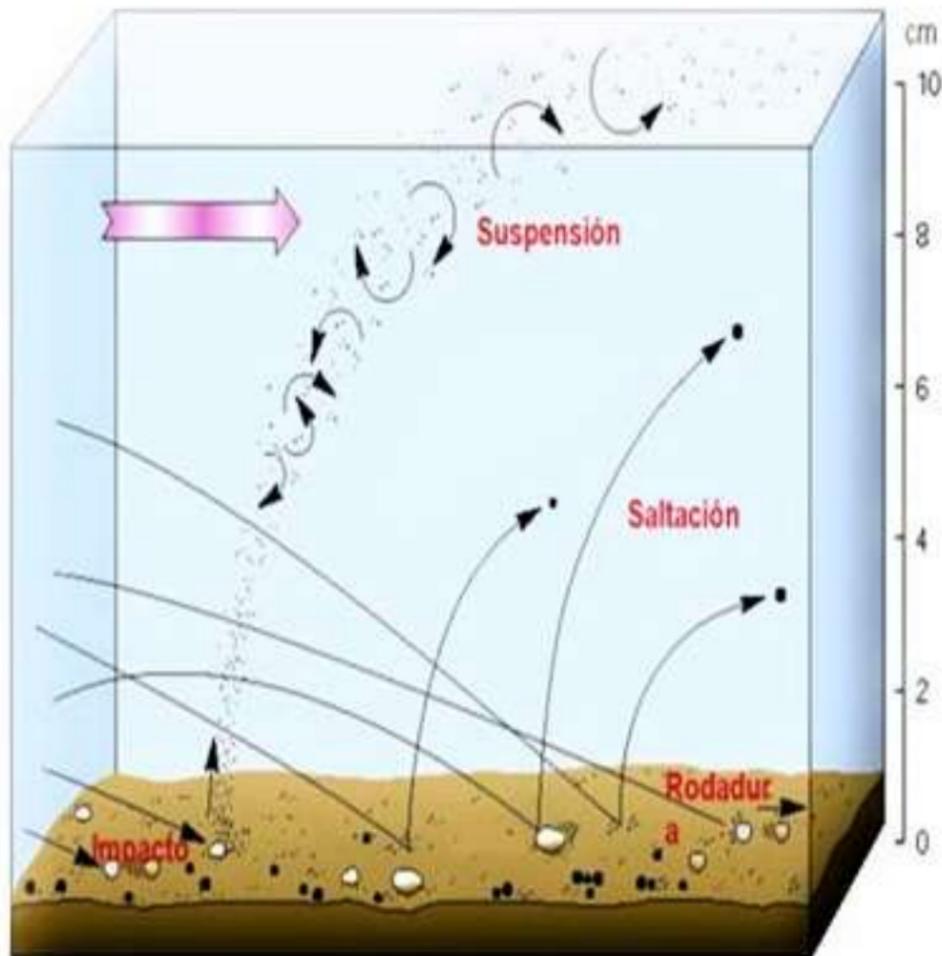
Rotación

Tracción

Saltación

Lecho del río





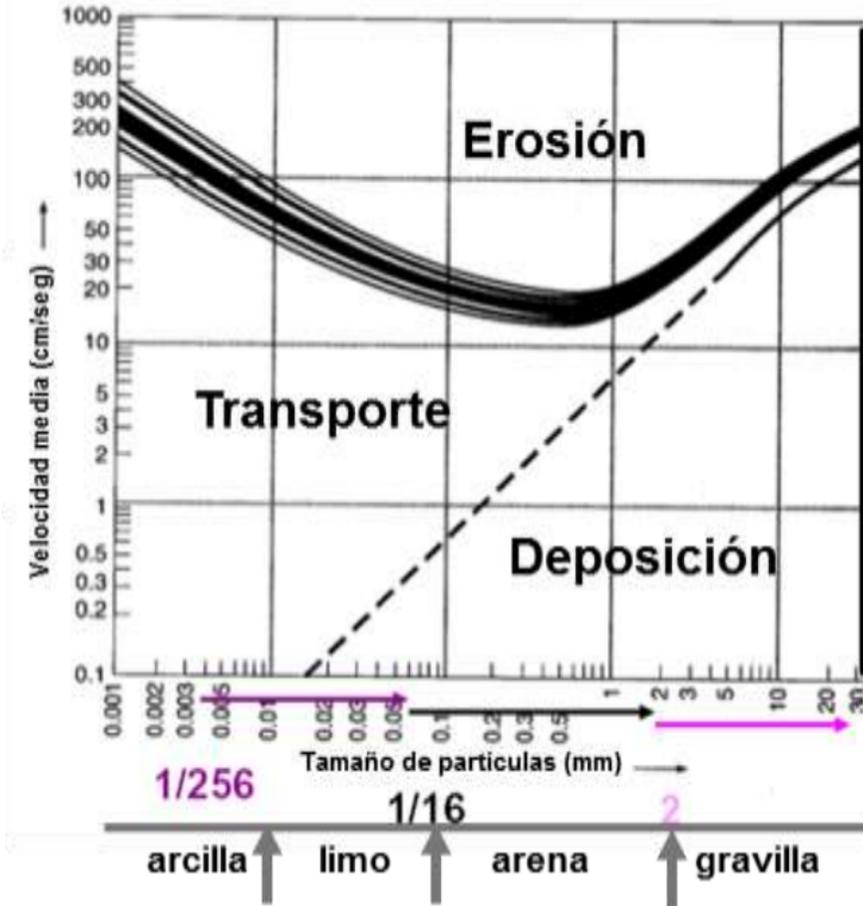


Diagrama de Hjulström: erosión–transporte–deposición en relación a velocidad de corriente



UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)
Posgrado en Ciencias Ambientales



Materia: Ecología del Paisaje

III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

a) Modelado del Paisaje. Dinámica fluvial

30 abril 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario
Dra. Ofelia Gutiérrez

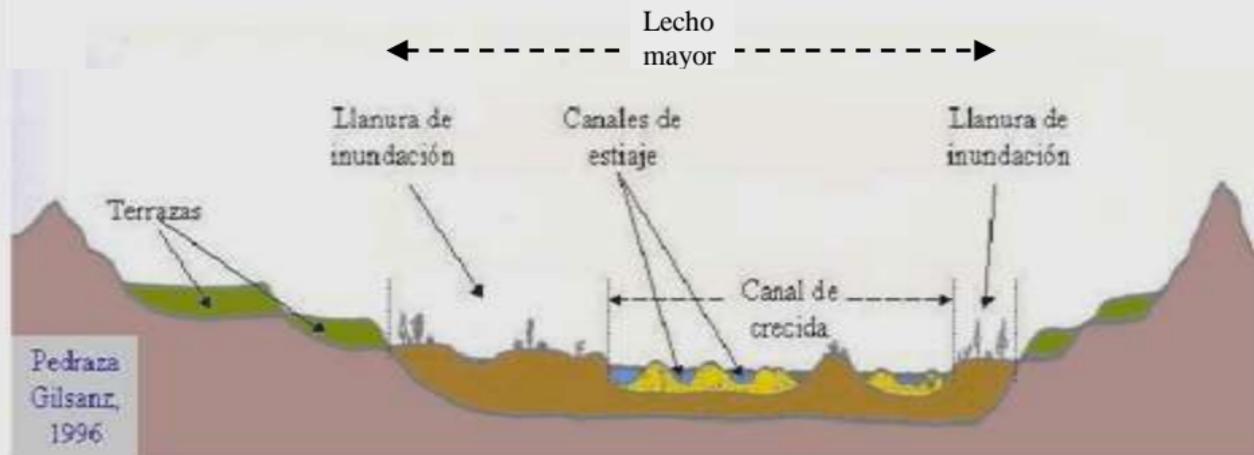
Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario (panari@fcien.edu.uy)
Ofelia Gutiérrez (oguti@fcien.edu.uy)

Perfil transversal del cauce: zonificación del dominio fluvial

- **Canal de estiaje:** es aquel por el que circula el agua con regularidad
- **Canal de crecida:** ocupado en avenidas ordinarias (sin desbordamiento)
- **Llanura de inundación:** área cubierta por el agua cuando existen desbordamientos (avenidas excepcionales)
- **Terrazas:** antiguas llanuras aluviales (ver lección 7)



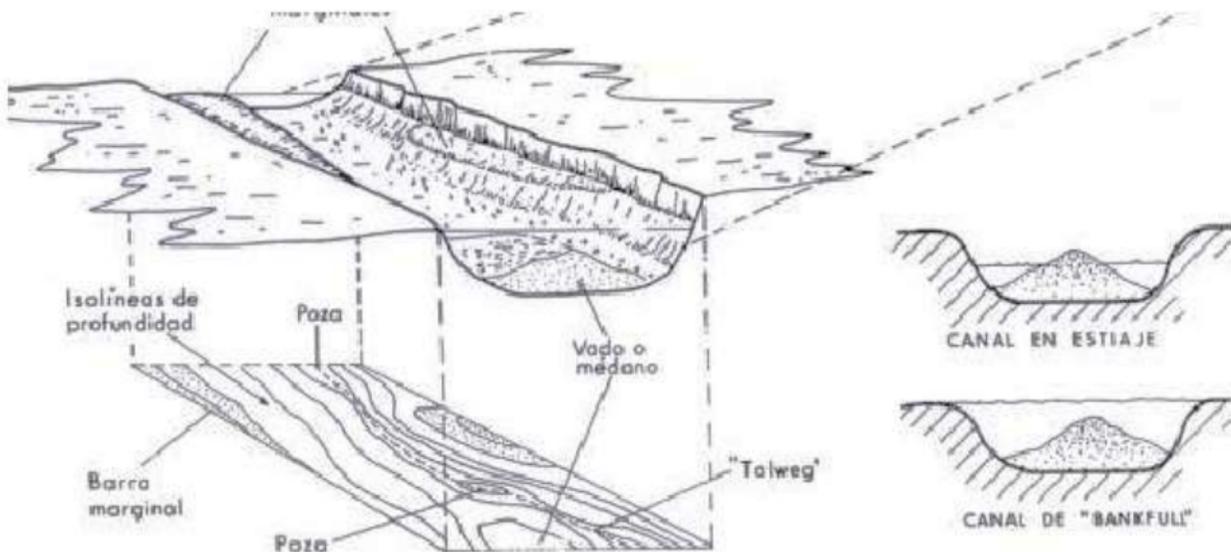
Elementos morfológicos característicos de los canales fluviales

<http://www.nimbar.net/trapicheo/geologia/geomorfologia/>

Talweg: línea que une los puntos del cauce situados a menor cota

Vados: zonas del canal más elevadas, que no llegan a emerger

Barras: depósitos fluviales



Caudal de un río

- Caudal (Q)

$$Q = S \times v = \text{Vol}/t$$

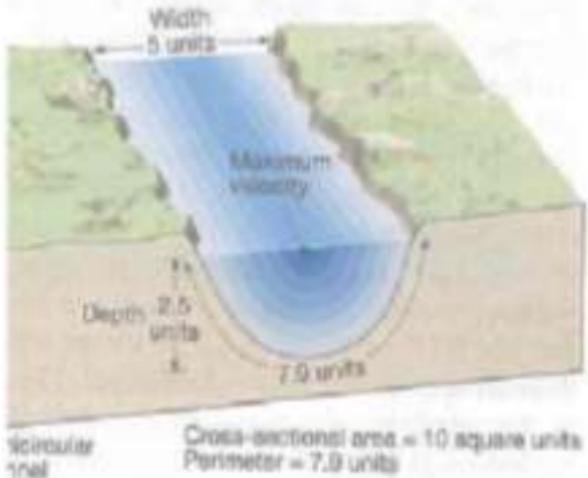
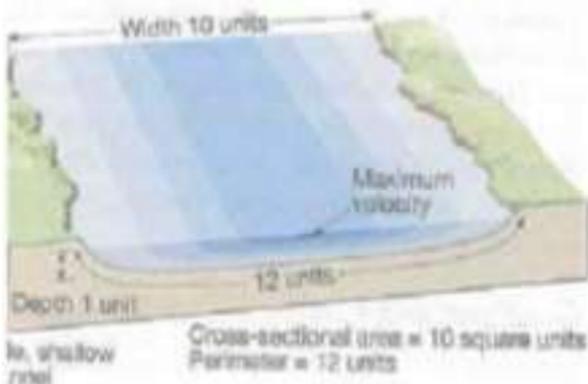
Q= caudal

S= sección del canal

v = velocidad

Unidades: m^3/s , l/s

Tarbuck y Lutgens, 2002



Caudal: distribución de las velocidades

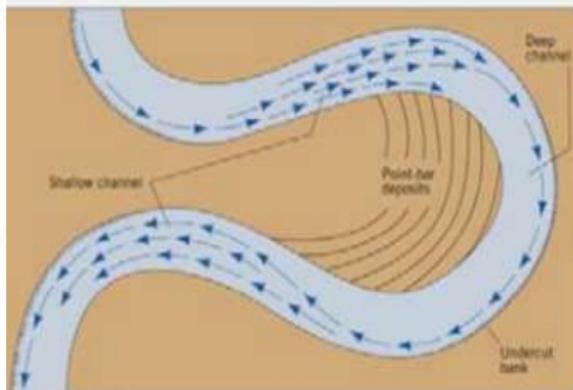
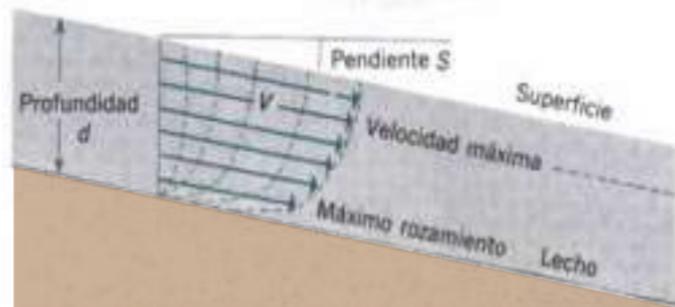
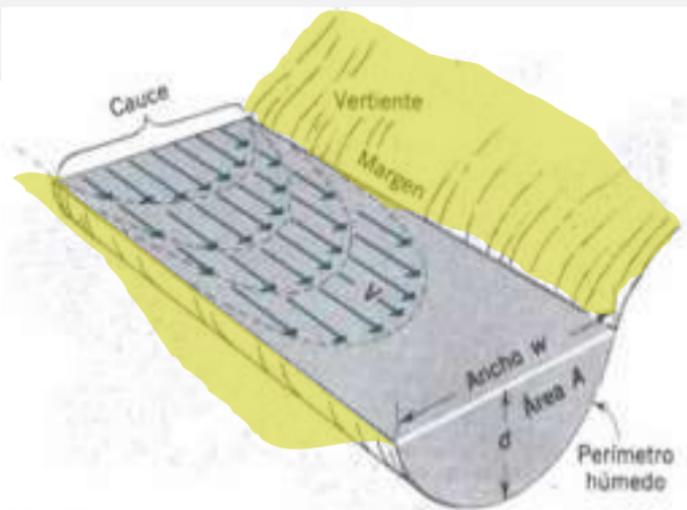


Figura 2. Jennings & Sear, 1982.

La **turbulencia** y la **velocidad** están relacionados con el trabajo que el río ejecuta, esto es: **erosión, transporte y sedimentación**.

Esto está vinculado a la energía potencial y cinética.

$$E_p = W \times h$$

$$E_h = \frac{M \times V^2}{2}$$

$$E_t = E_p + E_h + \text{calor}$$

E_p = Energía potencial

E_h = Energía cinética

E_t = Energía total

W = peso del agua

h = diferencia altimétrica entre dos puntos del curso

M = masa de agua

V = velocidad

Energía potencial se convierte en **energía cinética** por el flujo, la que es disipada hasta en un 95% en **calor**. El resto en trabajo.

Geometría hidráulica

La **velocidad** del agua de un curso depende de:

- pendiente
 - volumen de agua
 - viscosidad
 - ancho
 - profundidad
 - forma del canal
 - rugosidad del lecho
-

La **fricción** depende de la rugosidad y la curvatura del canal y de la forma y tamaño del perfil transversal.

Sedimentos y flujo son los elementos fundamentales en la estructuración de la **geometría hidráulica** en los cursos fluviales.

Flujo

Ancho del canal
Profundidad
Volumen del flujo
Gradiente de energía
Relación entre ancho y profundidad
Perímetro húmedo
Radio hidráulico

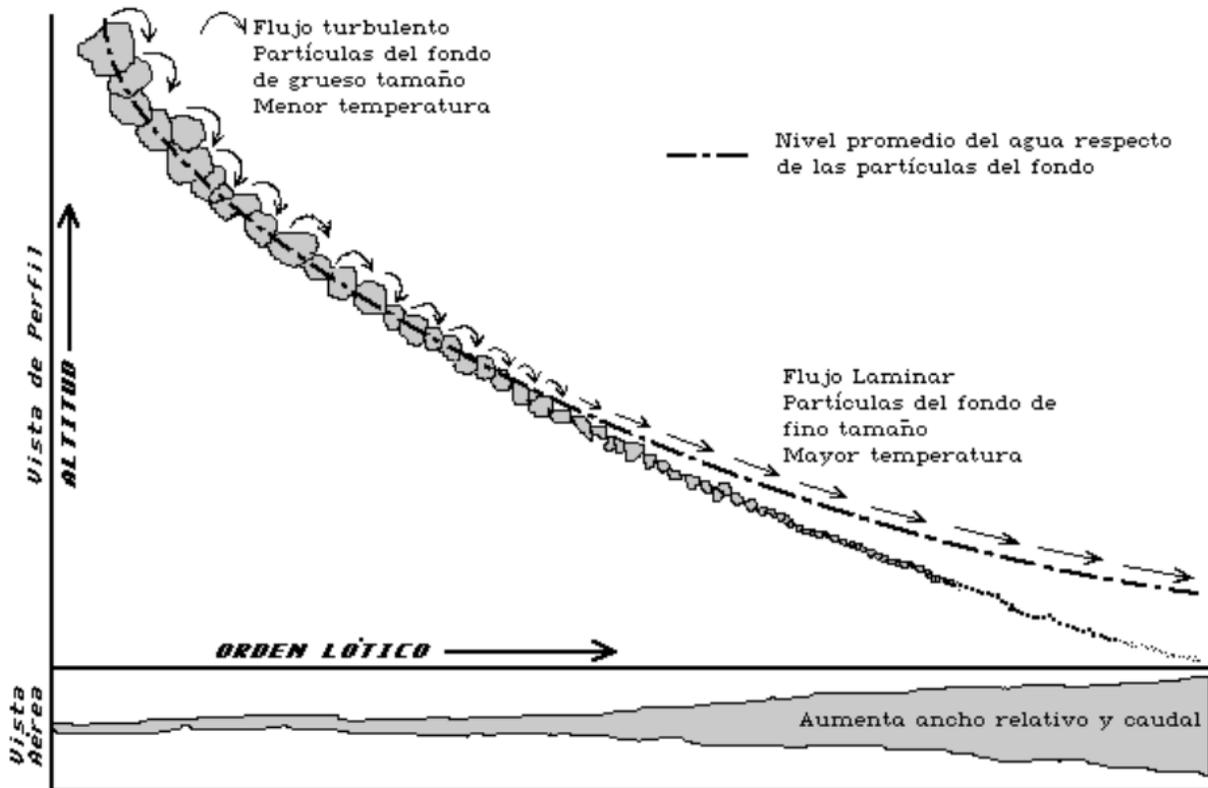
Sedimentos

Concentración
Tamaño

Parámetros de flujo fluvial



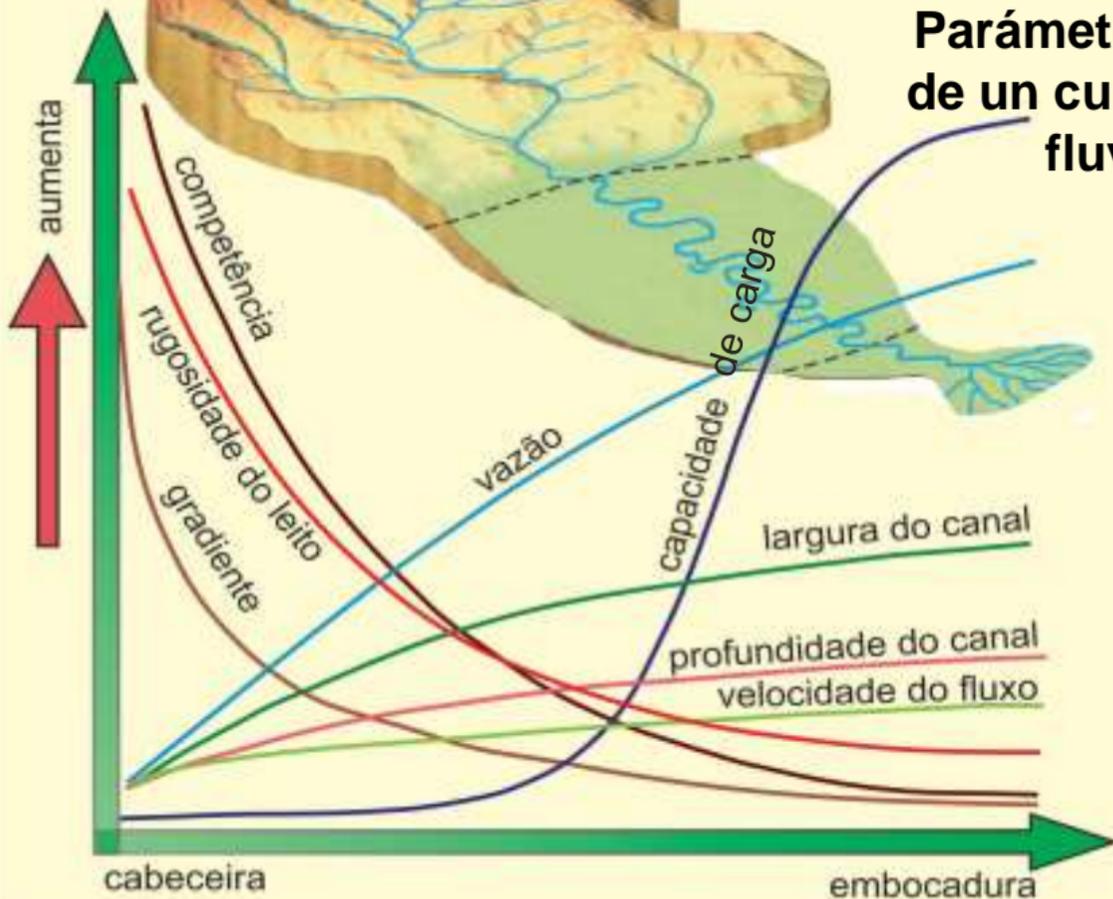
$$\text{Radio hidráulico} = \frac{\text{Área}}{\text{Perímetro mojado}} = \frac{A = \pi r^2}{P = 2 \cdot \pi \cdot r}$$



Variación de algunos parámetros ecológicos en relación con la altitud y la distancia desde las nacientes hasta la desembocadura de un curso fluvial.

Irene Rut Wais de Badgen, Introducción a la Ecología de Ríos, Proedicitta, 1992.

Parámetros de un curso fluvial



Clasificación de los ríos

Multiplicidad Sinuosidad	Canal sencillo (parámetro de <i>braiding</i> = 1)	Canal múltiple (parámetro de <i>braiding</i> > 1)
Baja < 1,5	RECTILÍNEO	BRAIDED
Alta > 1,5	MEANDRIFORME	ANASTOMOSADO

Cauces *braided* (trenzados)





02:00

Río Chapare

Otra vista de región del Chapare y río homónimo



Se deposita en la planicie el exceso de sedimentos traídos de la naciente que es una zona montañosa y más árida

Bolivia



Río Chapare

El mismo río con más caudal.



Cauces rectos

- **Dinámica:**

Importante erosión lineal y regresiva

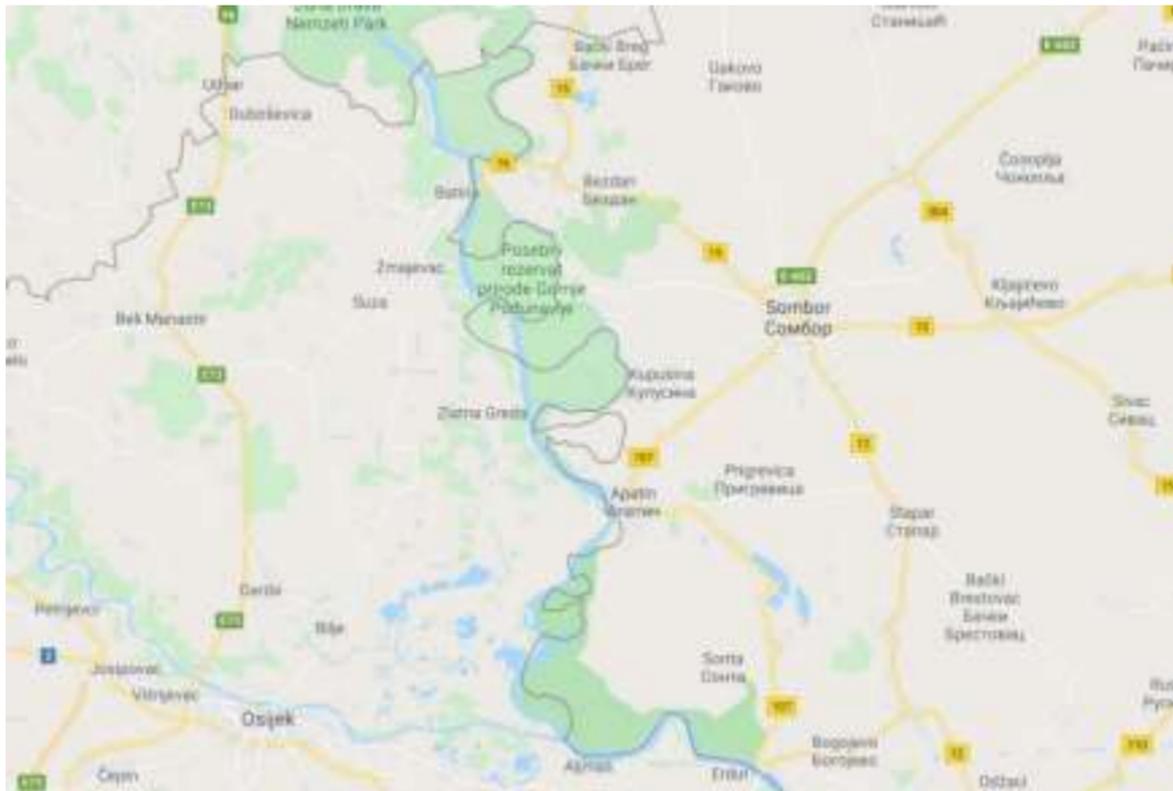
Alta competencia de la corriente

Depósito:

Represamientos en relación con obstáculos
o niveles de base locales

Abandono de carga tras importantes
avenidas





La frontera entre Serbia y Croacia se dibujó siguiendo el antiguo cauce del Danubio. Al cambiar con el paso de los años, ha generado un severo conflicto diplomático



Reserva Comunal El Sira en Peru



Google



2012

1984

Upper Amazon River Meandering

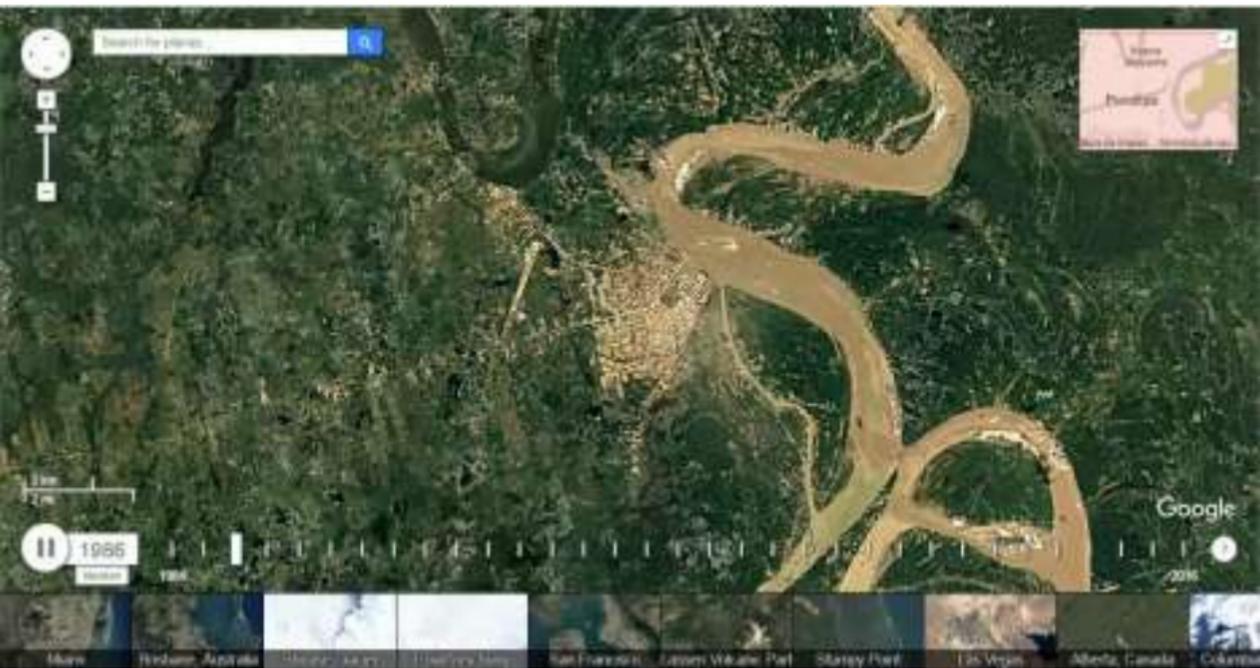
<http://imgur.com/gallery/k6Pz9l6>

Timelapse de Google Earth



Dinámica fluvial y urbana Iquitos (1986 – 2016)

Timelapse de Google Earth



Dinamica fluvial y urbana Pucallpa (1986 – 2016)

Timelapse de Google Earth



ca. 1990



05/07/2005



24/11/2006







UNIVERSIDAD DE LA REPUBLICA
FACULTAD DE CIENCIAS
Instituto de Ecología y Ciencias Ambientales (IECA)
Posgrado en Ciencias Ambientales



Materia: Ecología del Paisaje

III. LA COMPONENTE BIO-FÍSICO-QUÍMICA EN LA DINÁMICA DEL PAISAJE

a) Modelado del Paisaje. Dinámica fluvial

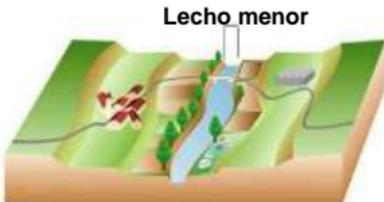
5 mayo 2025

Docentes Responsables: Dr. Daniel Panario
Dra. Ofelia Gutiérrez

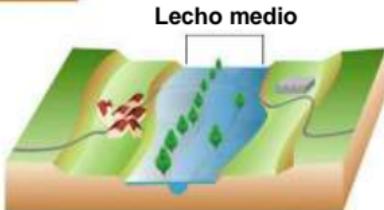
Docente colaborador: MSc. Patricia Gallardo

UNCIEP (Unidad de Ciencias de Epigénesis), IECA

Autores de la presentación: Daniel Panario (panari@fcien.edu.uy)
Ofelia Gutiérrez (oguti@fcien.edu.uy)



**Espacio de libertad =
Espacio de movilidad +
Espacio de inundación**



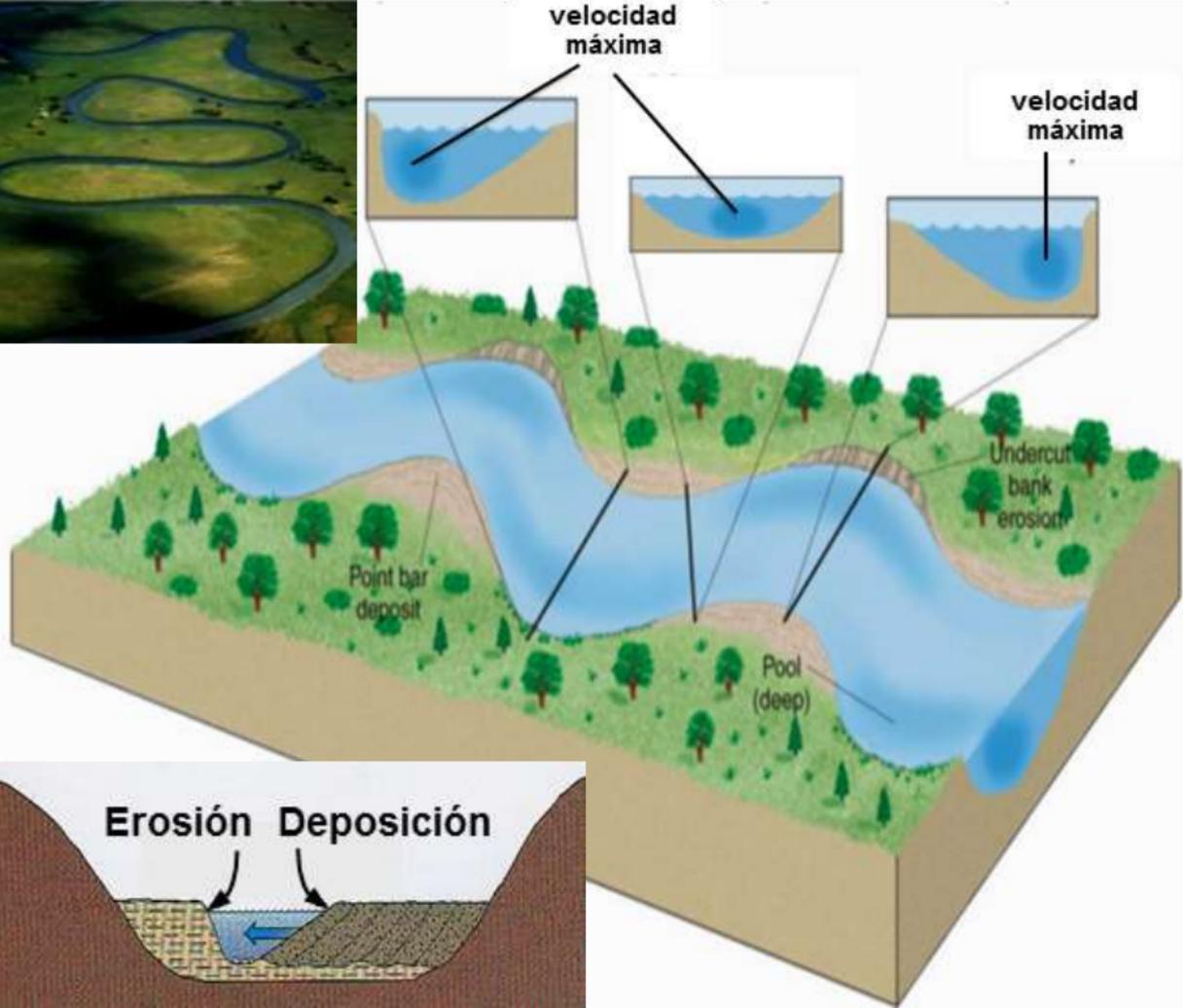
**+ medios húmedos
(espacio de integridad)**

**Estado natural
original**

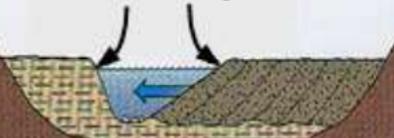


<https://www.redalyc.org/jatsRepo/721/72157132006/movil/index.html>

El área de libertad es un concepto reciente, que gana popularidad en diferentes partes del mundo (Biron et al., 2013). Bajo reconocimiento del concepto por parte de las autoridades gubernamentales, por lo que no se incluye en ninguna regulación. Por el contrario, los estándares existentes están relacionados con el mantenimiento del banco y la prevención de la erosión en lugar de liberar estos espacios (Belleau y Robert, 2014). En Quebec, el área de libertad se ha mapeado en ciertos ríos como parte de proyectos de investigación, pero actualmente no hay ningún proyecto implementado (Marcoux, 2015).



Erosión Deposición



PRECURSORES

Einstein, Albert, 1926. [*The cause of the formation of meanders in the courses of rivers and of the so-called Baer's Law*]. Publicado en *Die Naturwissenschaften*, Vol 14.

Leído antes en "Prussian Academy" (7/2/1926).

[Traducción al inglés en "Ideas and Opinions," by Albert Einstein, Modern Library, 1994]

THE CAUSE OF THE FORMATION OF MEANDERS IN THE COURSES OF RIVERS AND OF THE SO-CALLED BAER'S LAW

Die Naturwissenschaften, Band 14, 1926, S. 272-274

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.

272

Meanders in the Courses of Rivers

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.



273

Meanders in the Courses of Rivers

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.



274

Meanders in the Courses of Rivers

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.

275

Meanders in the Courses of Rivers

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.

It is a well-known fact that the meanders of a river are formed by the action of the forces of inertia and of friction. The forces of inertia tend to straighten the course of the river, while the forces of friction tend to curve it. The result is a balance of forces which produces the meanders. The same principle applies to the formation of the so-called Baer's Law.



276

Einstein hipotetizaba que los meandros se forman debido a un balance entre las fuerzas de inercia y de fricción en una dirección perpendicular al flujo principal. A la fecha no se conoce exactamente el proceso, pero una cosa es muy cierta: las enseñanzas de Einstein nos han ayudado a comprender el misterio de los meandros.

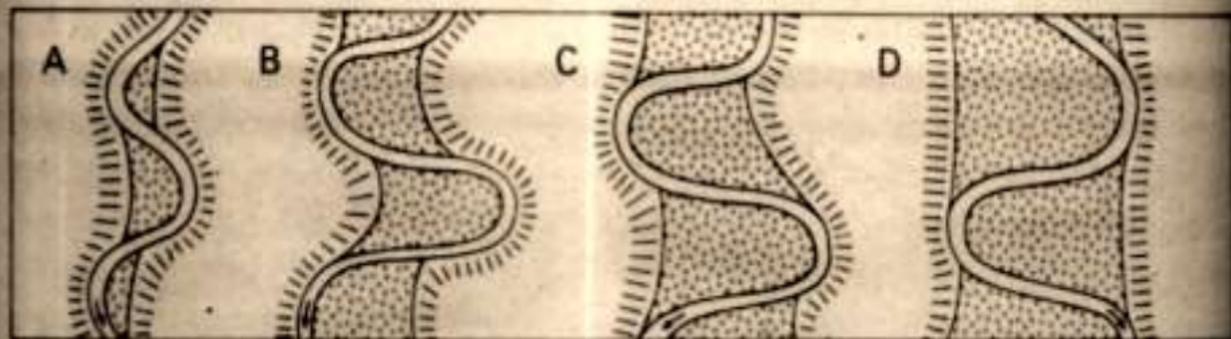
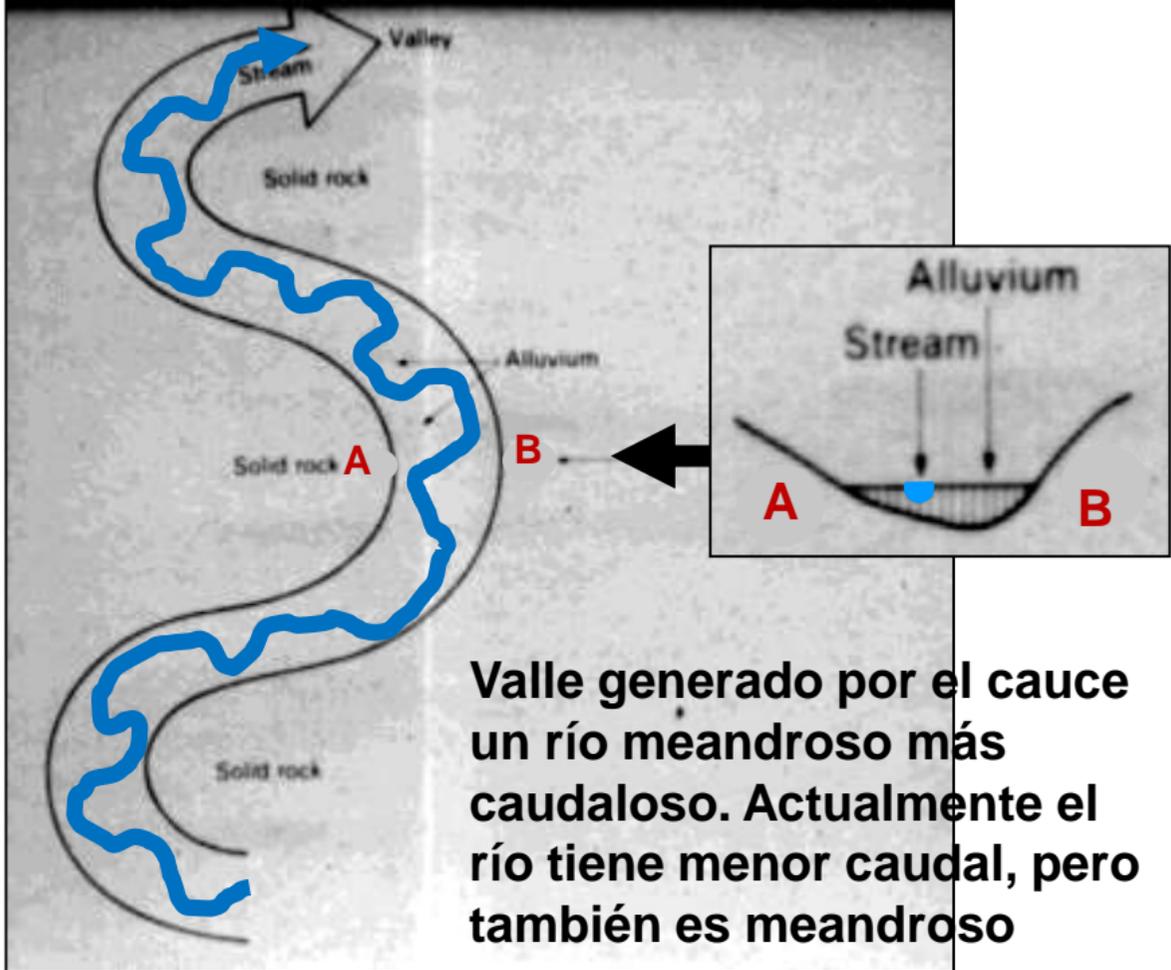


FIG. 2.5. Successive stages in development of a floodplain

- A. Floodplain fragments form on inner sides of bends
- B. Fragments enlarge and meanders move downstream
- C. Movement of meanders downstream leads to continuous narrow floodplain
- D. Floodplain as wide as the meander belt develops



Valle generado por el cauce un río meandroso más caudaloso. Actualmente el río tiene menor caudal, pero también es meandroso



Perfil de equilibrio (*graded river*)

- Cuando transcurre un tiempo t se da un ajuste en las variables que controlan el equilibrio tal que la velocidad de la corriente es la adecuada para el transporte de la carga fluvial
- En estas circunstancias, el río ha alcanzado su perfil de equilibrio



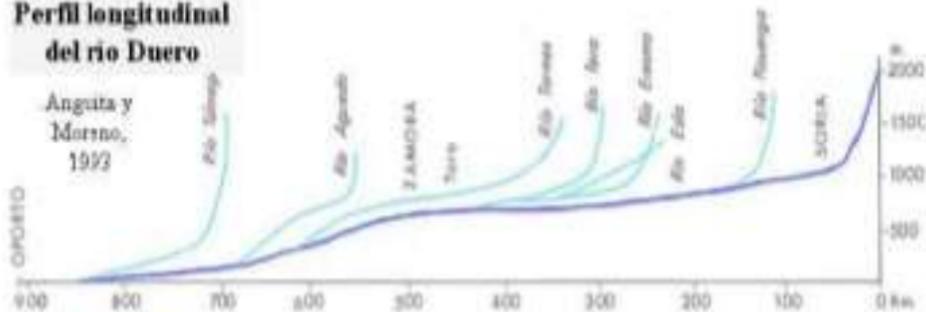
- Cualquier variación de los factores se traduce en un desplazamiento del equilibrio para absorber su efecto

Perfil longitudinal y nivel de base en un curso fluvial

- Perfil longitudinal: $h = f(d)$

Perfil longitudinal del río Duero

Anguita y
Morino,
1993



Perfil longitudinal de zonas áridas o tropicales húmedas

Perfil de equilibrio

Sistema fluvial y
energía:

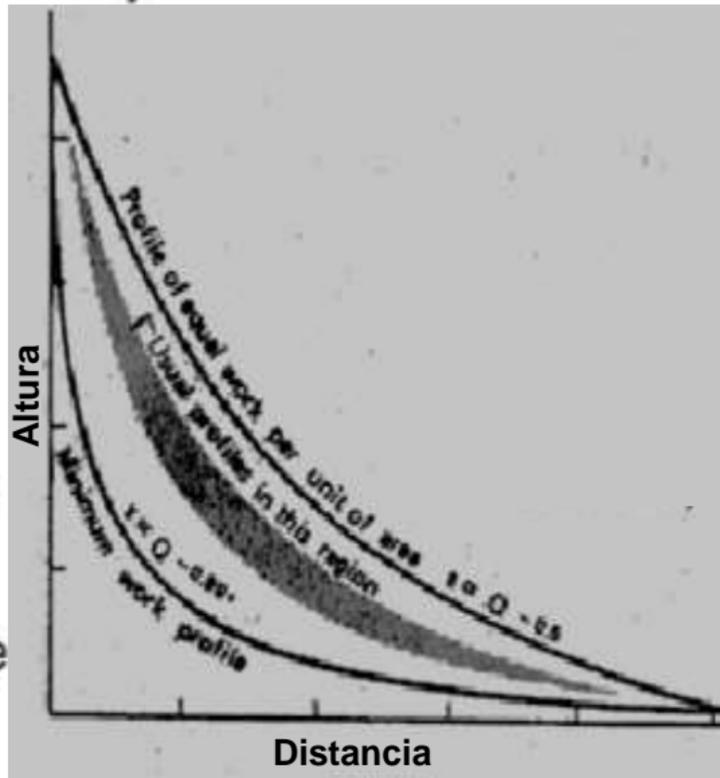
Energía potencial



Energía cinética

Equilibrio → Tendencia :

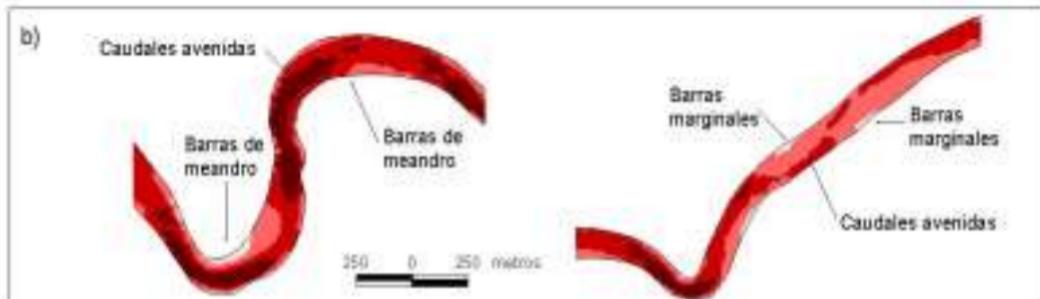
- Mínimo trabajo
- Distribución uniforme del trabajo



Causas que modifican el perfil de equilibrio de un curso fluvial

1. **Modificaciones de la relación caudal/carga:**
 - Climáticas (oscilaciones glaciario-interglaciario)
 - Locales (infiltración, capturas)
2. **Variaciones en el nivel de base (y/o pendiente curso fluvial):**
 - Tectónicas
 - Eustáticas
 - Locales (presas)



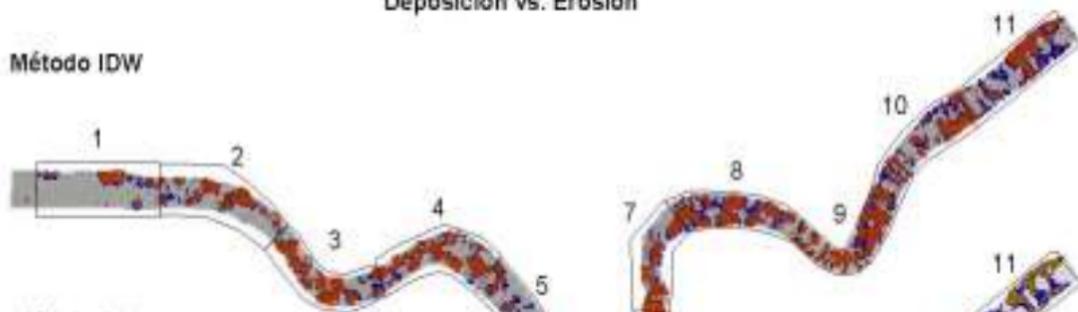


Fernández Sbarbaro, C., D. Panario. 2003. Cambios en la dinámica de sedimentos producidos en el Río San Salvador como consecuencia de la extracción de áridos. Período considerado: Octubre, 2001 - Diciembre, 2002. UNCIEP, Facultad de Ciencias. Noviembre. 21 pp.

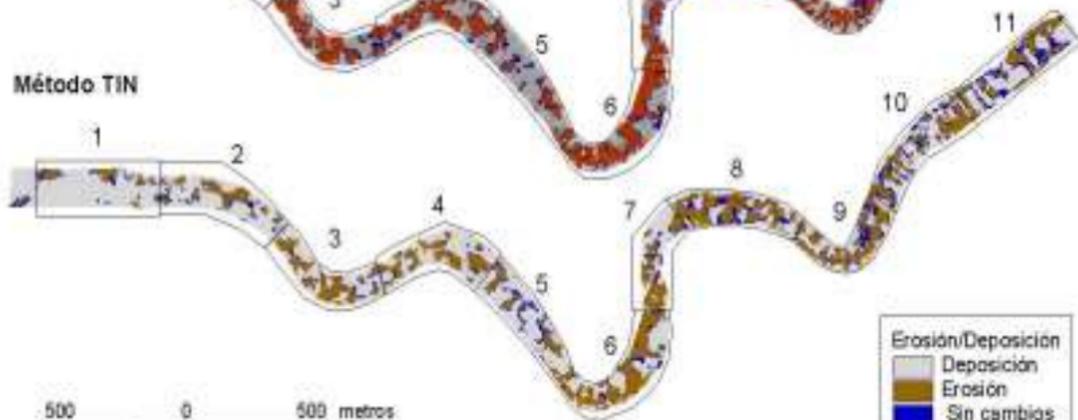


Deposición vs. Erosión

Método IDW

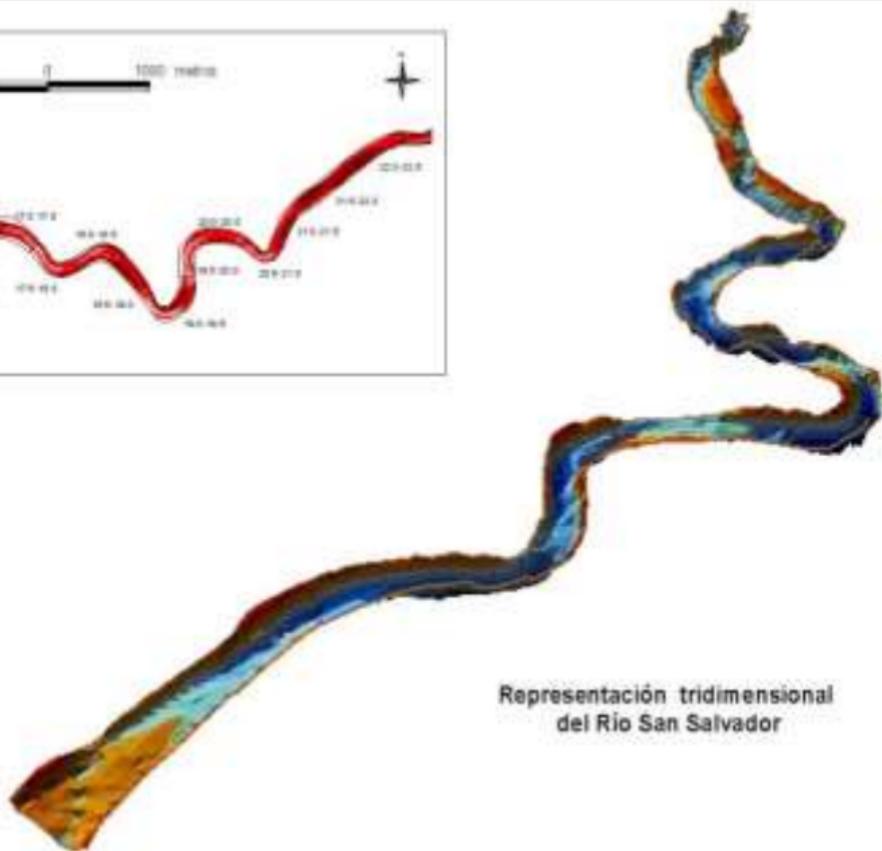
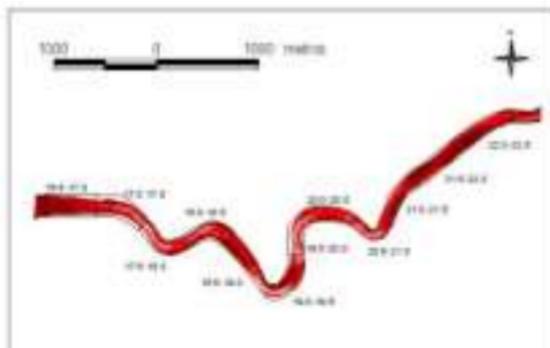


Método TIN

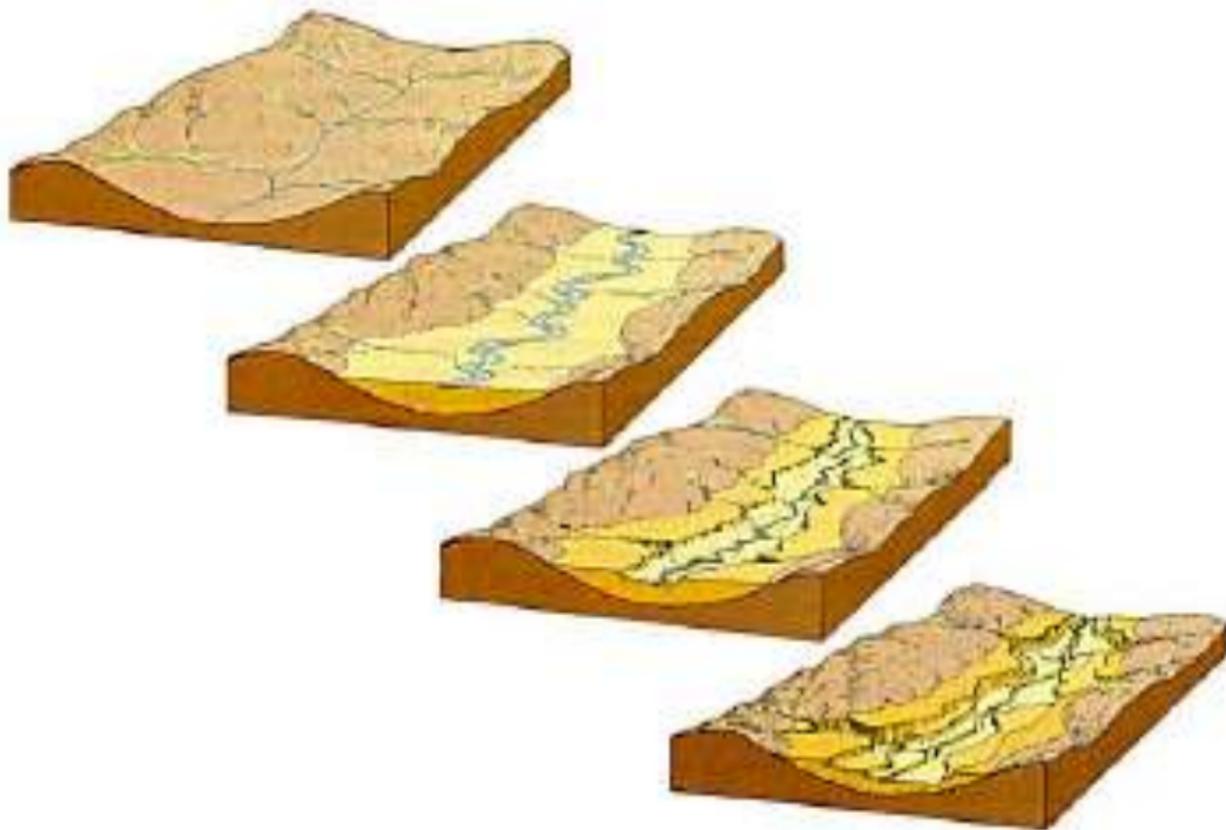


500 0 500 metros





Representación tridimensional
del Río San Salvador









13/08/2005



13/08/2005



13/08/2005



13/08/2005



24/08/2005



24/08/2005



24/08/2005



24/08/2005



**¿Cuánto sedimento viene de
las márgenes de los
arroyos?**



Arroyo Sopas







No todo es lo que parece...

Arcilla transportada en terrones de tamaño gravilla... Obsérvese las pisadas como se entierran y compacta la supuesta “gravilla”