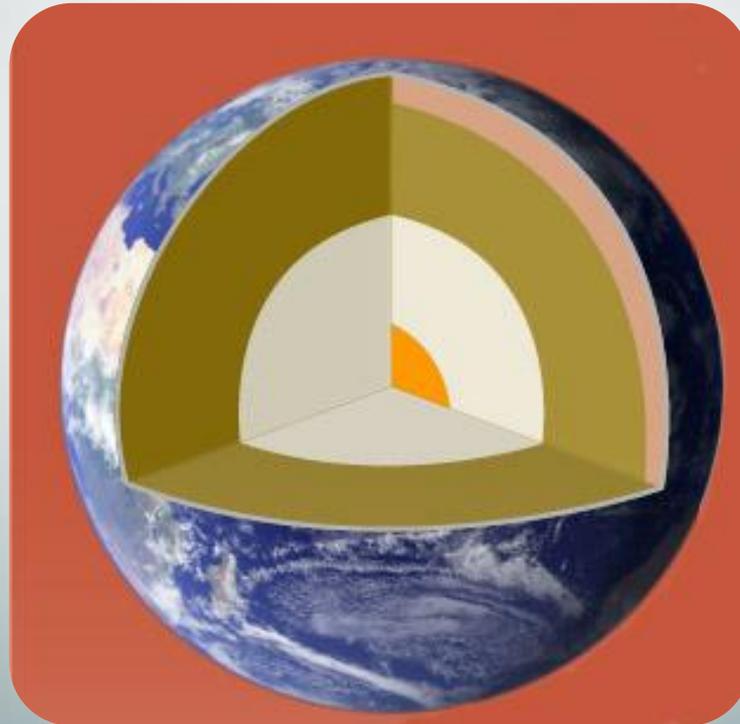


# Geología

## Tema 9. Procesos hídricos superficiales



# El agua en la Tierra

- El agua es fundamental para los seres vivos y el hombre.
- Además el agua de escorrentía es el agente dominante en la alteración del paisaje, erosionando el terreno y transportando los sedimentos en mayor cantidad que cualquier otro proceso terrestre.

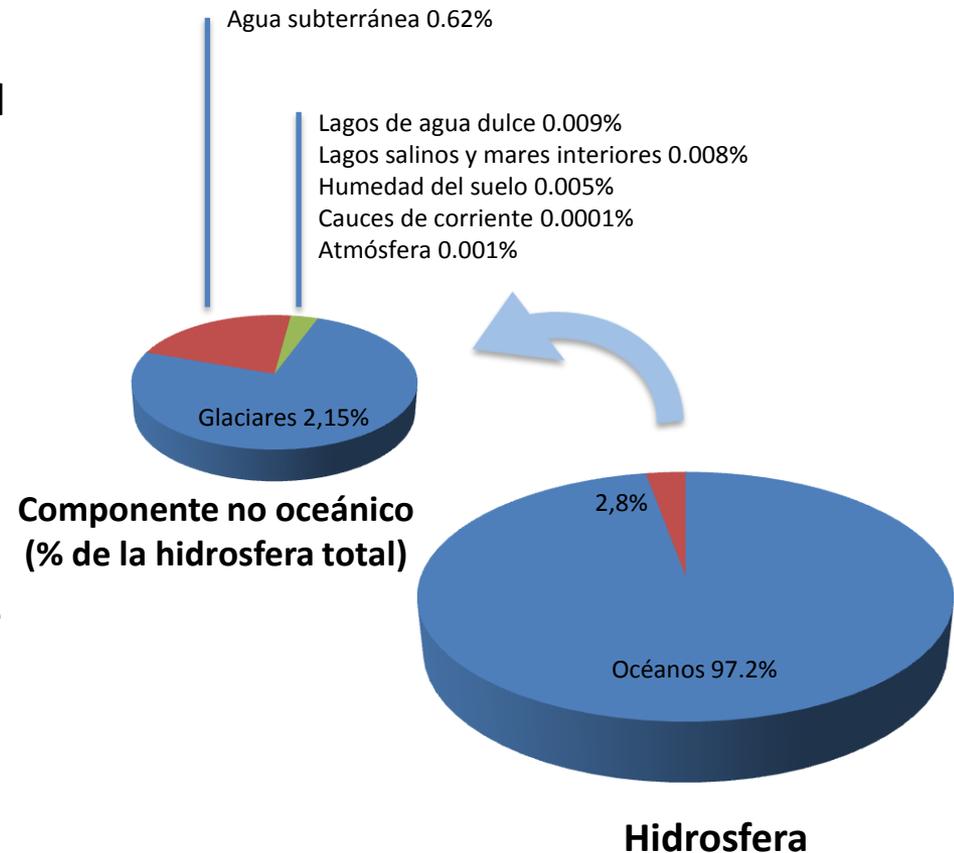
*Medidas de transporte de sedimentos en cuencas fluviales de todo el mundo. (Kukul, 1971)*

Río	Material transportado en suspensión en $10^6$ t/año	Denudación mecánica en la cuenca de drenaje en t/km <sup>2</sup> /año
Mekong	1000	1200
Ganges	1800	1040
Trigis y Eufrates	725-1000	690-100
Irawadi	350	850
Rioni	8.5	633
Terek	26	600
Indus	400	420
Ron	31.5	320
Colorado	160	271
Po	18	240
Yangtze	275	234
Mississippi	500-750	154-230
Yukon	88	103
Danubio	83	101
Zambezi	100	75
Amazonas	1000	60
Colombia	26	47
Orinoco	45	47
La Plata	96.5	32
Niger	67	32
Nilo	88	31
Rhin	4.5	20
Volga	25.7	19
Ob	14.2	6
San Lorenzo	4	4
Yenisei	10.5	4

# Distribución del agua de la Tierra

La cantidad de agua que hay en la Tierra es enorme (pero es una cantidad finita que existe desde los mismos orígenes del Planeta, que no se crea, aunque se renueva) y puede encontrarse en diferentes estados de la materia (sólido, líquido o gaseoso), cambiando de un estado a otro a las presiones y temperaturas existentes en la superficie terrestre.

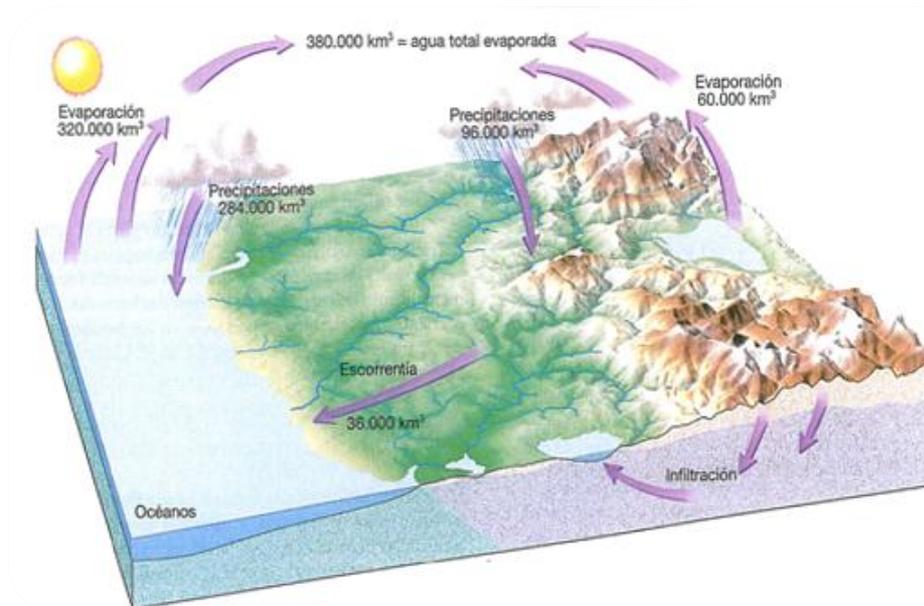
El agua se está moviendo continuamente entre la hidrosfera, la atmósfera, la tierra sólida y la biosfera.



# El ciclo hidrológico

La circulación del agua en la Tierra describe el ciclo hidrológico, manteniendo el intercambio continuo de agua entre los océanos, la atmósfera y los continentes.

El ciclo hidrológico está impulsado por la energía solar y es el mayor sistema natural de depuración de las aguas.



# Los procesos implicados en el ciclo hidrológico

- El ciclo hidrológico esquematiza la circulación del agua en la Tierra (gigantesco sistema de depuración movido por el Sol).
- Procesos implicados en el ciclo hidrológico.

Precipitación (P)

Evaporación

Transpiración

Infiltración (I)

Escorrentía (S)



**Evapotranspiración (ET)**

Balance hídrico:  $P = I + ET + S$

La Transpiración es la liberación del agua en forma de vapor de agua a la atmósfera a través de las plantas

Normalmente se emplea el término Evapotranspiración (ET) para denominar conjuntamente al agua evaporada y al agua transpirada por las plantas.

# El balance hídrico

El **balance hídrico** se expresa por la ecuación:

$$P_{(\text{precipitación})} = ET_{(\text{evapotranspiración})} + I_{(\text{infiltración})} + S_{(\text{escorrentía})}$$

## Los valores del balance hídrico en España:

- España (valores promedio):  
 $P(100\%) = ET(68\%) + I(10\%) + S(22\%)$
- Vertiente Mediterránea (cuenca del Segura):  
 $P(100\%) = ET(84\%) + I(12\%) + S(4\%)$
- Vertiente Atlántica (Cantabria):  
 $P(100\%) = ET(34\%) + I(13\%) + S(53\%)$
- Cuenca Interior (cuenca del Henares):  
 $P(100\%) = ET(81\%) + I(10\%) + S(9\%)$

# Aguas superficiales y procesos fluviales

El agua de lluvia fluye por el terreno en láminas delgadas y amplias en lo que se denomina escorrentía en láminas.

La cantidad de agua que escurre en vez de infiltrarse en el terreno depende de la capacidad de infiltración del suelo y esta capacidad está controlada por:

- La intensidad y duración de la precipitación.
- La humedad previa del suelo.
- La textura del suelo.
- La pendiente del terreno.
- El tipo de cubierta vegetal.

- Cuando el suelo se satura en agua, comienza a fluir como una lámina de unos mm de espesor.

- La escorrentía en lámina da lugar a diminutos cauces, acanaladuras, que transportan el agua a una corriente.

# Concepto de corriente hídrica y de flujo de corriente

- **Corriente hídrica:** Se denomina así a un flujo **encauzado** de cualquier tamaño, desde un río a un arroyuelo.

- **Flujo de corriente:** El agua fluye como **flujo laminar** o como **flujo turbulento**.

Si el **flujo es laminar** el agua fluye según trayectorias rectas paralelas al cauce; cuando el **flujo es turbulento**, el agua se mueve de manera errática, formando a menudo remolinos.

- La velocidad de la corriente determina que el flujo sea laminar o turbulento. Es **laminar** cuando el agua se mueve lentamente a lo largo de un cauce suave, no abrupto. Si la velocidad aumenta y el canal se vuelve abrupto, el flujo laminar cambia a **turbulento**.
- El movimiento pluridireccional del flujo turbulento es el causante de la erosión del cauce y mantiene en suspensión el sedimento en el agua, siendo así transportado corriente abajo.

# Factores que controlan la velocidad y capacidad erosiva de la corriente

La capacidad de la corriente para erosionar y transportar materiales está directamente relacionada con su velocidad.

Los factores que determinan la velocidad de la corriente y por tanto el trabajo erosivo que puede hacer el agua son:

- El gradiente (caída vertical de una corriente a lo largo de una distancia dada).
- La forma, el tamaño y la irregularidad del cauce (el cauce más eficaz es el que tiene un área transversal de menor perímetro).
- El caudal. Es la cantidad de agua que atraviesa un determinado punto en una unidad de tiempo. Se mide en  $m^3/seg$ , y se obtiene por medio de:

**Caudal  $(m^3/seg) = anchura \text{ del cauce } (m) \times profundidad \text{ del cauce } (m) \times velocidad (m/seg).$**

**Los caudales de un río distan mucho de ser constantes.**

# Perfil longitudinal de un río

El perfil longitudinal de un río es un corte transversal de una corriente desde su origen (cabecera) hasta su desembocadura.

En general el perfil es una suave curva cóncava.

Donde el gradiente es alto, el caudal es pequeño, donde el caudal es grande, el gradiente es pequeño.

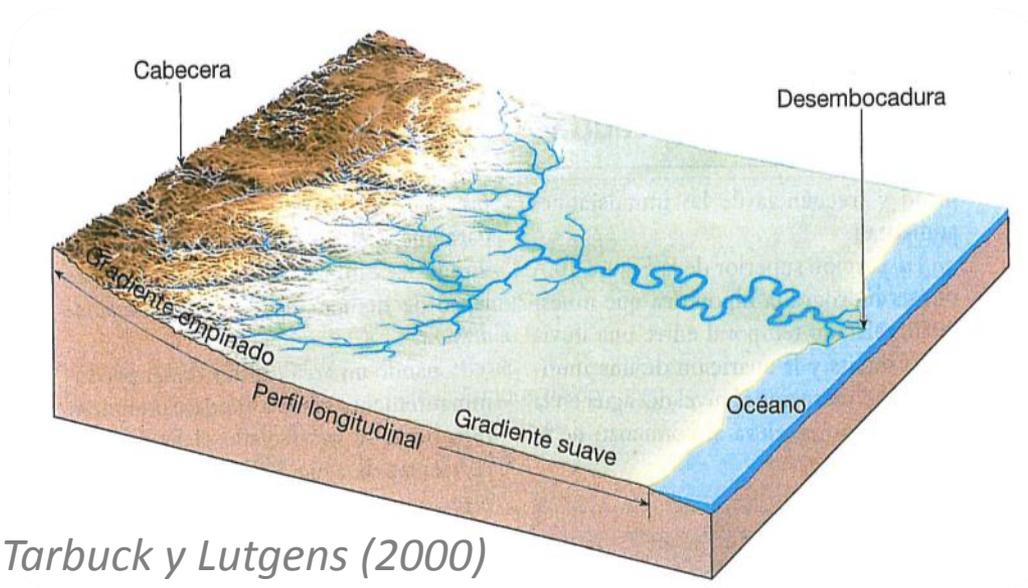


Fig. 10.5 // pp. 220 Tarbuck y Lutgens (2000)

# Nivel de base y cambios del nivel de base

El nivel por debajo del cual la corriente fluvial o el río no erosiona su cauce es el nivel de base.

Normalmente, el nivel de base es el nivel al cual un río desemboca en el océano, en un lago en otro río, etc.

Tipos de nivel de base:

- a) nivel de base general
- b) nivel de base local.

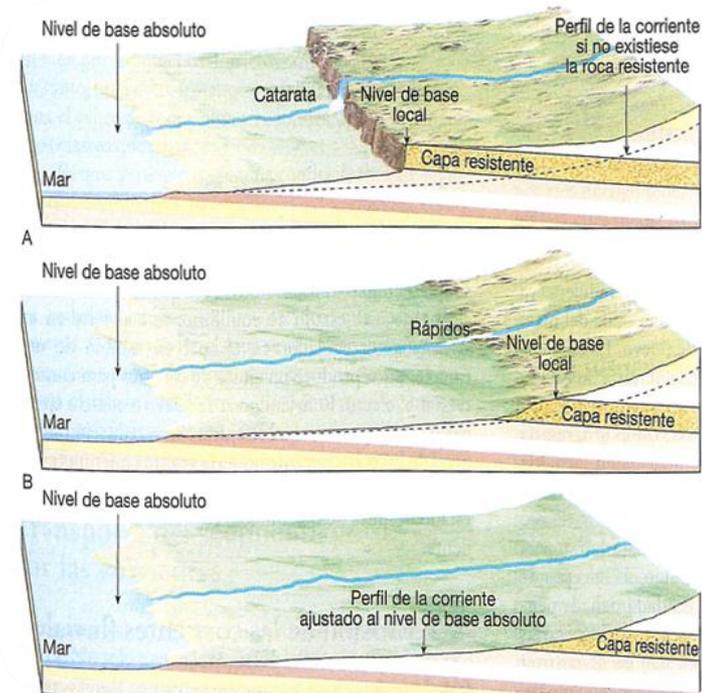


Fig. 10.6 // pp. 221 Tarbuck y Lutgens (2000)

# Tipos de nivel de base

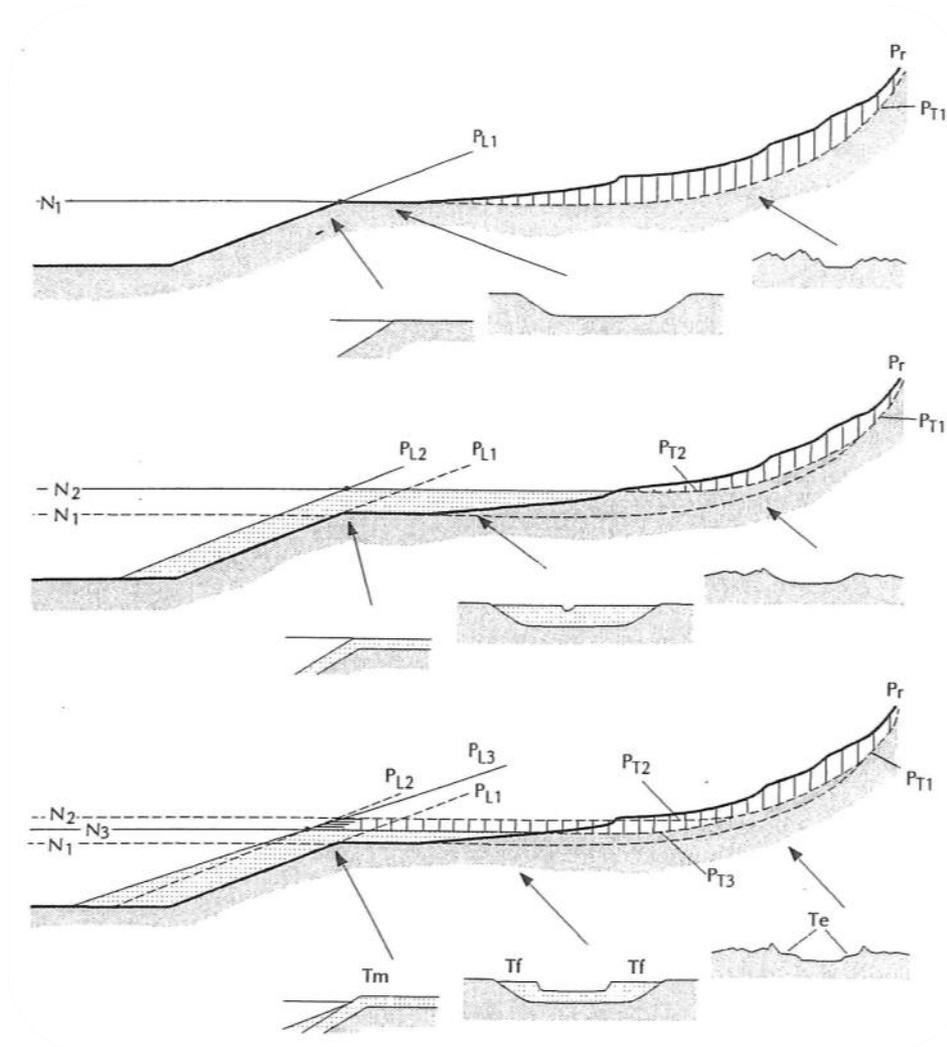
Nivel de base y corrientes en equilibrio.

- Dos tipos de niveles de base.
  - Nivel de base absoluto (nivel del mar).
  - Nivel de base local o temporal.
- Cualquier cambio provocará el reajuste en las actividades de las corrientes de agua.
  - El aumento del nivel de base causa la deposición de material.
  - La reducción del nivel de base causa la erosión.

# Cascada de Estragüeña (Desfiladero de la Hermida, Cantabria)



# Variaciones del nivel de base general y sus consecuencias



# La erosión de las corrientes fluviales

La erosión fluvial del cauce puede adoptar tres formas posibles:

- Por arrancamiento de clastos en el lecho.
- Por abrasión.
- Por disolución (es la menos significativa).

# Transporte de una corriente

Transporte del sedimento por las corrientes.

- El material transportado se denomina **carga**.
- Tipos de carga.
  - Carga disuelta.
  - Carga suspendida.
  - Carga de fondo.
- **Capacidad** – la carga máxima que puede transportar una corriente.
- **Competencia**.
- Indica el tamaño de grano máximo que una corriente puede transportar.
- Determinada por la velocidad de la corriente.

# Los sedimentos fluviales

A medida que la velocidad de la corriente disminuye por debajo de la velocidad crítica de sedimentación de una partícula (que es función del tamaño de grano del sedimento) empieza a depositarse el sedimento de ese tamaño de partícula.

El transporte fluvial proporciona un mecanismo por medio del cual se separan de la corriente los clastos sólidos de distintos tamaños.

Por **selección** se entiende el proceso por medio del cual se depositan juntos, a la vez, los clastos o partículas de tamaño similar (dentro de un determinado rango de tamaños).

En general el sedimento depositado por un río se conoce como **aluvión**.

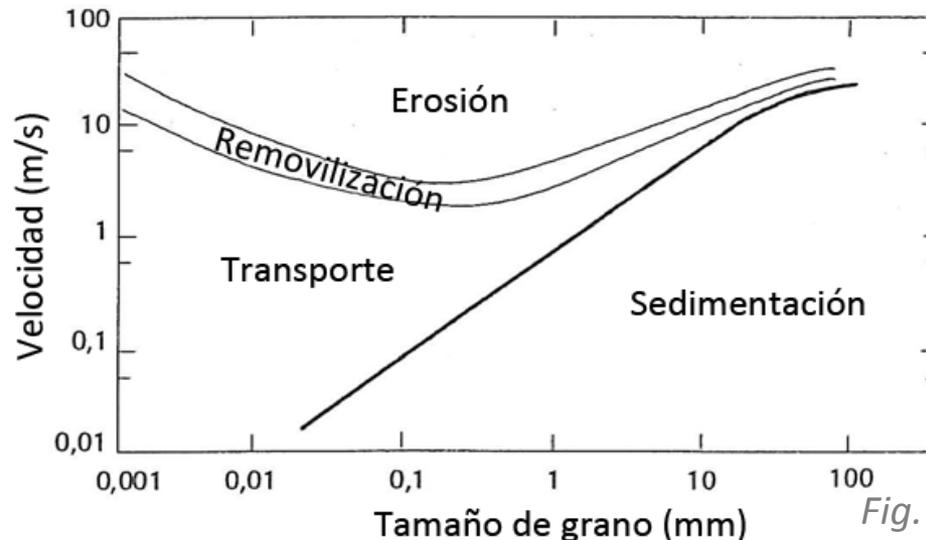


Fig. 9.7//pp. 213 Pedraza (1996)

# Depósitos de sedimentos fluviales

Depósitos de sedimentos por las corrientes fluviales.

- Causados por el descenso de la velocidad.
  - Se reduce la competencia.
  - Comienzan a depositarse los sedimentos.
- Material depositado por una corriente de agua.
  - En general bien seleccionado.
  - El material depositado se denomina **aluvión**.

# Tipos de depósitos

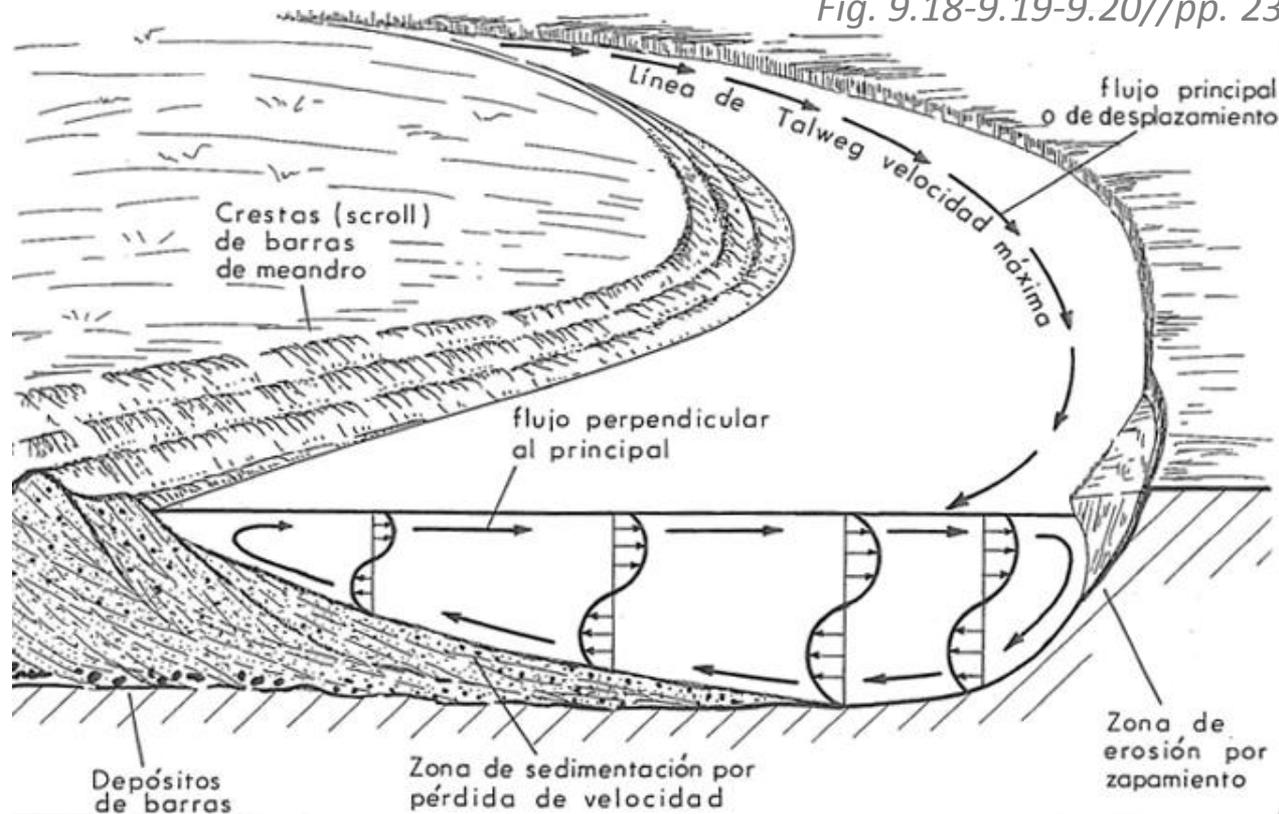
Depósitos de sedimentos por las corrientes fluviales

- Depósitos de canal.
  - Barras
  - Meandros
  - Deltas
- Depósitos de llanura de inundación.
  - **Diques naturales** – Formas paralelas al canal de la corriente como consecuencia de inundaciones sucesivas a lo largo de los años.

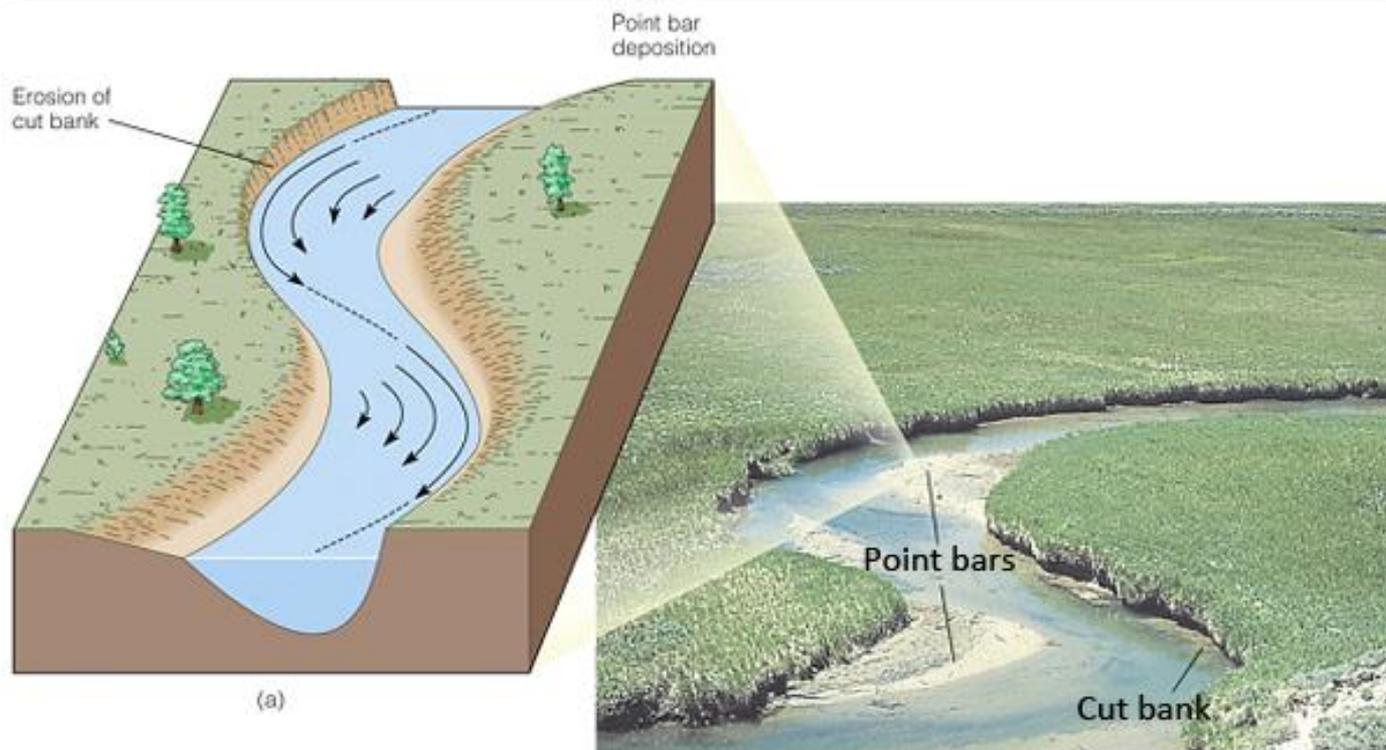
# Tipos de depósitos

**Depósitos de canal:** Compuestos por gravas y arenas, se denominan **barras** (point bars). Se producen en la parte interior de los meandros.

Fig. 9.18-9.19-9.20//pp. 231 Pedraza (1996)



# Erosión y deposición en un cauce fluvial con formación de barras



# Tipos de depósitos (continuación)

**Depósitos de llanuras de inundación:** La llanura de inundación es la parte del valle que se anega durante el desbordamiento del agua de su cauce.

Los depósitos que la cubren son muy diversos: arenas y gravas de point bars; arenas, limos y arcillas.

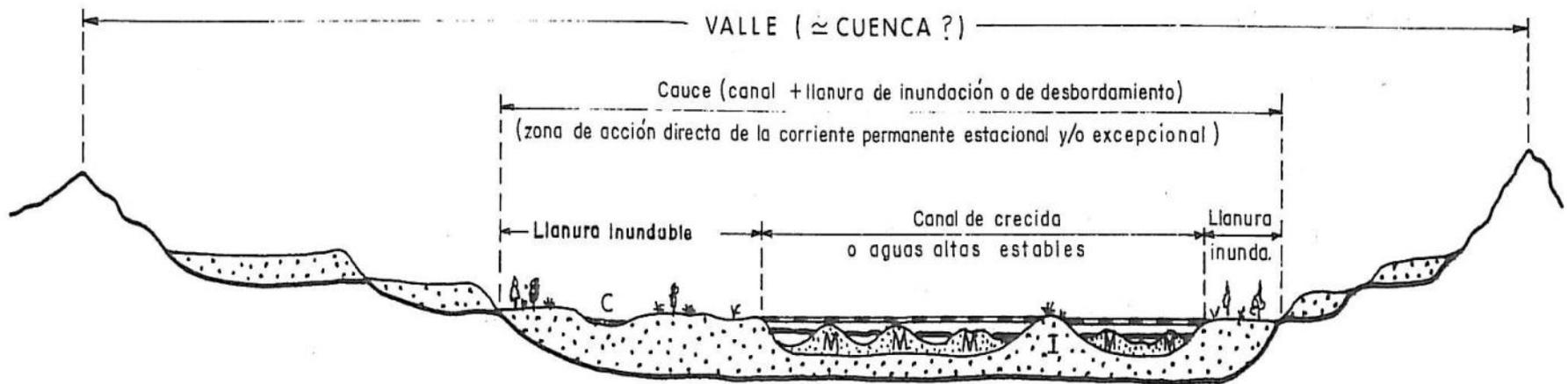
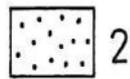
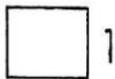


Fig. 9.12//pp. 221 Pedraza (1996)



# Barra de meandro (Río Pas, Cantabria)



### *Barras aluviales (Río Pas, Cantabria)*



# Otros tipos de depósitos fluviales

Depósitos de sedimentos por las corrientes fluviales.

## Abanicos aluviales.

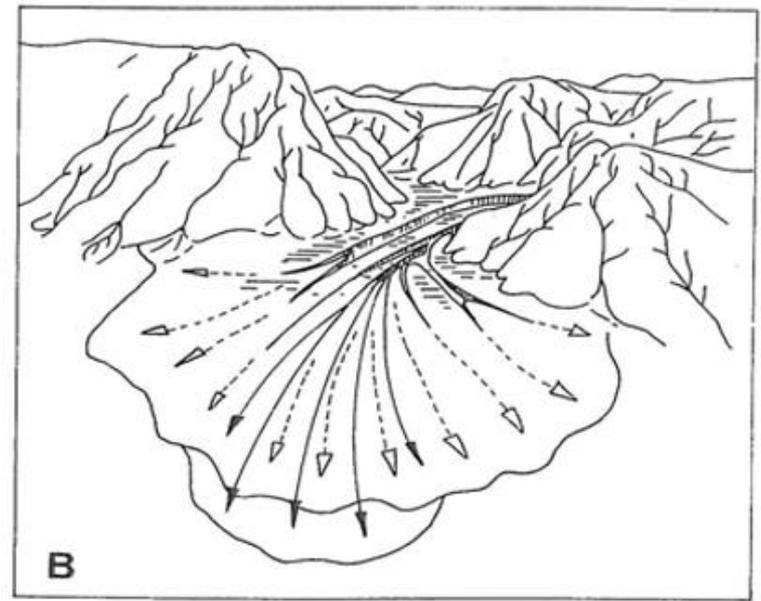
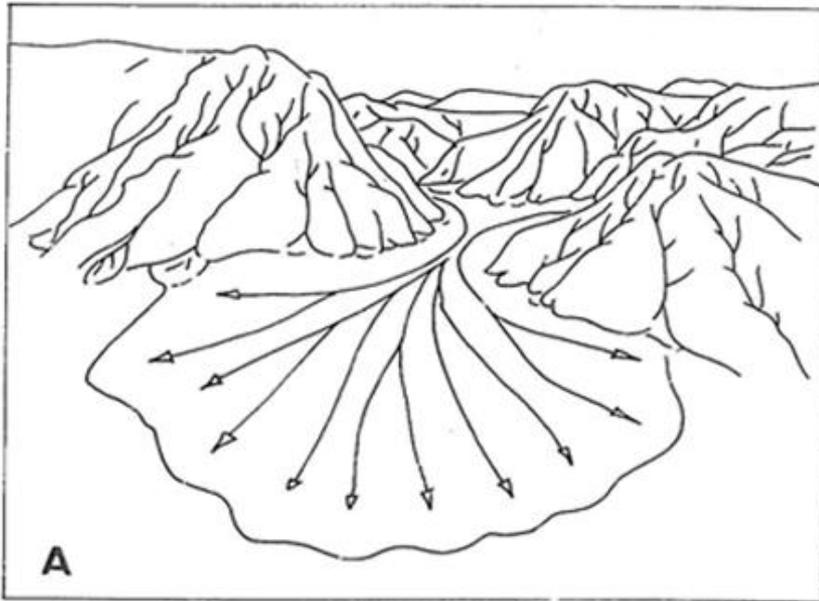
- Se desarrollan donde una corriente fluvial de gradiente alto abandona un valle estrecho.
- Se inclinan hacia fuera siguiendo un amplio arco.

# Abanico aluvial



# Abanicos aluviales

*Fig.9.27-9.28//pp. 239 Pedraza (1996)*



# Otros tipos de depósitos fluviales

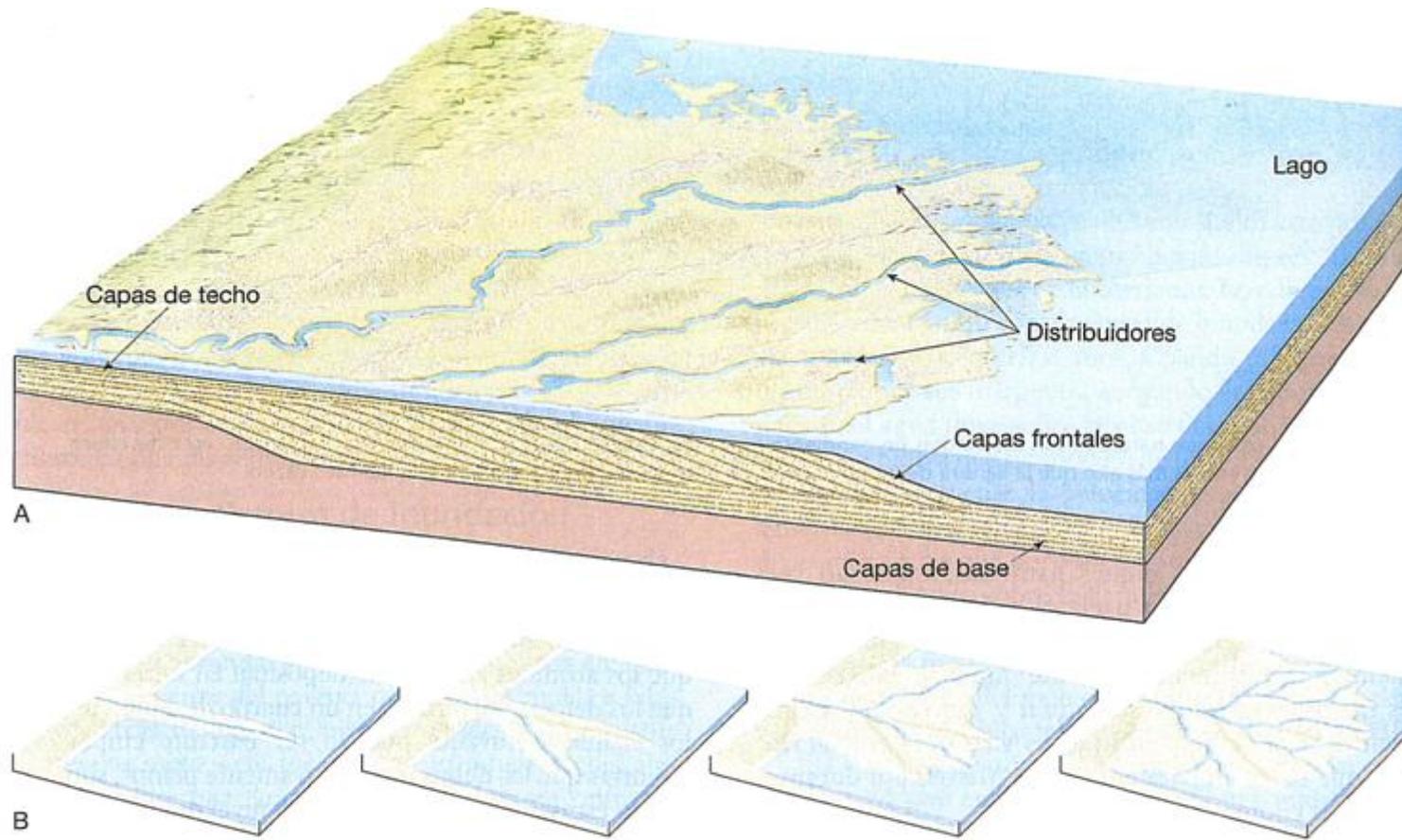
Depósitos de sedimentos por las corrientes fluviales.

## Deltas.

- Se forman cuando una corriente entra en un océano o un lago.
- Tres tipos de capas.
  - » Capas frontales.
  - » Capas de techo.
  - » Capas de base.

# Deltas

Fig. 10.11 // pp. 228 Tarbuck y Lutgens (2000)



**Figura 10.11** **A.** Estructura de un delta simple que se forma en las aguas relativamente tranquilas de un lago. **B.** Crecimiento de un delta simple. Conforme una corriente amplía su cauce, el gradiente se reduce. Frecuentemente, durante la etapa de inundación, el río se desvía una ruta de mayor gradiente, formando un nuevo distribuidor. Los antiguos distribuidores abandonados son gradualmente invadidos por vegetación acuática y rellenos con sedimentos. (Tomado de Natural Science Establishment, Inc., Rochester, N.Y.).

# Microdelta



# Valles fluviales

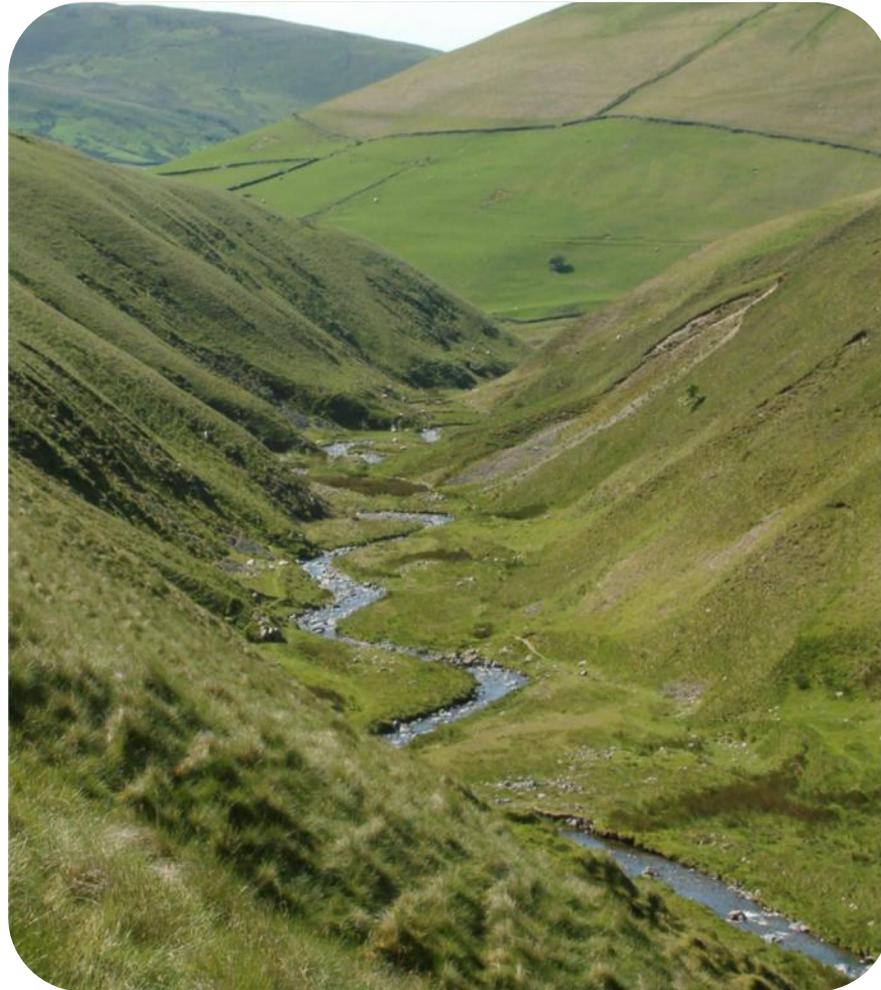
Valles fluviales.

El accidente geográfico más común de la superficie de la Tierra.

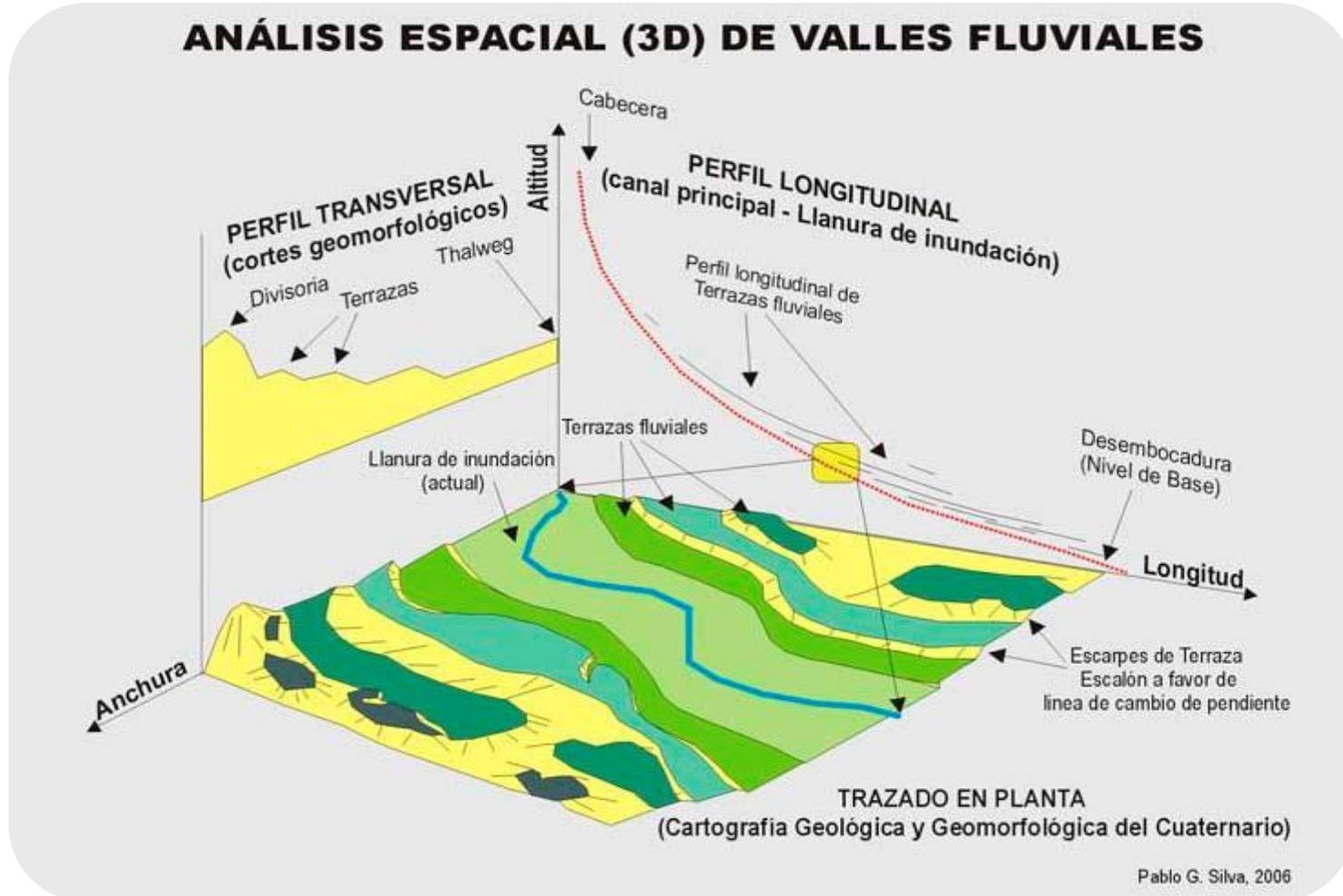
Dos tipos de valles fluviales.

- Valles estrechos.
  - » En forma de V.
  - » Erosión hasta el nivel de base.
  - » Los más característicos son los rápidos y las cataratas.

# Valle fluvial con cauce meandriforme



# Elementos de un valle fluvial



# Tipos de valles fluviales

Valles fluviales.

Dos tipos de valles fluviales.

– Valles anchos.

- » La corriente se aproxima al nivel de base.
- » La erosión vertical se hace cada vez menos dominante.
- » La energía de la corriente se dirige más de un lado a otro formando una llanura de inundación.

# Meandros y terrazas

Meandros encajados y terrazas fluviales.

- Meandros encajados.
  - Meandros en valles estrechos y empinados.
  - Causados por el descenso del nivel de base o por el levantamiento de la región.
- Terrazas.
  - Restos de una llanura de inundación.
  - El río se ha ajustado a un descenso relativo del nivel de base mediante la erosión vertical.

# Las Terrazas Fluviales (Diferentes clasificaciones)

El origen de las terrazas fluviales es múltiple, incluso en un mismo río las terrazas pueden haberse originado como consecuencia de la actuación de causas múltiples.

Hay tres grupos básicos de terrazas: eustáticas, climáticas y fluvioglaciares.

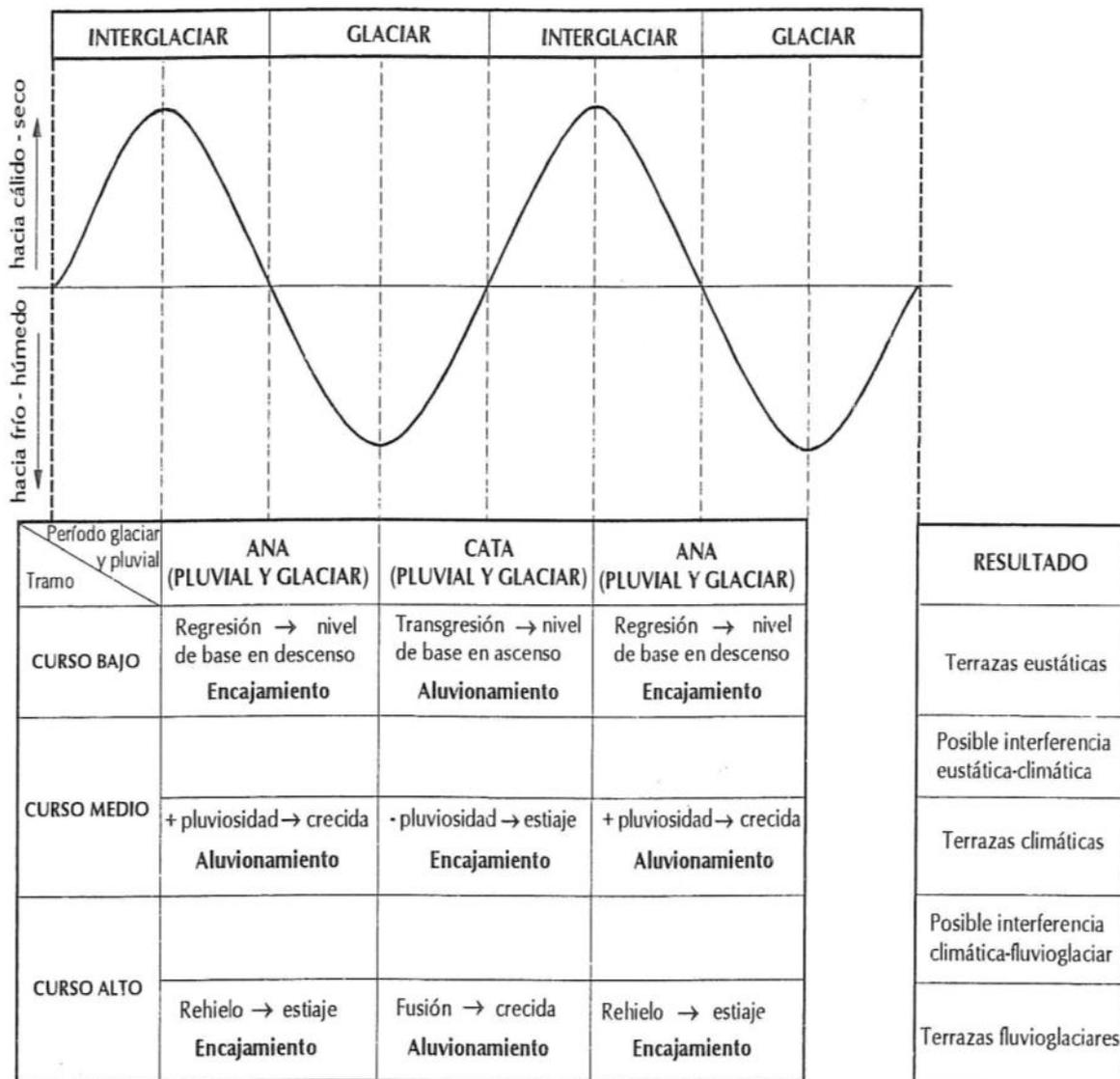


Fig. 9.31//pp. 243 Pedraza (1996)

# Las terrazas eustáticas

Se originan a causa de las variaciones del nivel de base, y las consecuencias que tienen para la erosión y sedimentación en un valle fluvial.

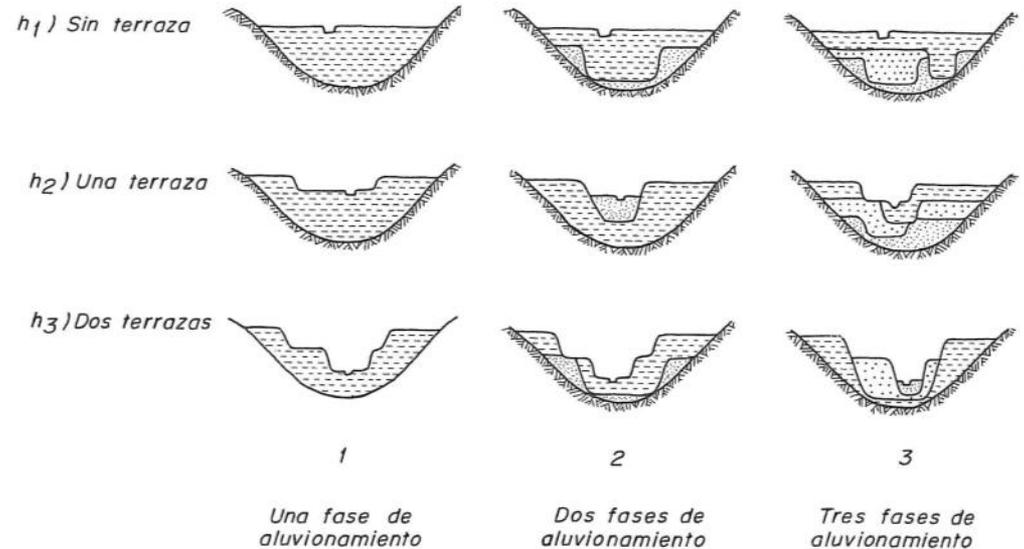
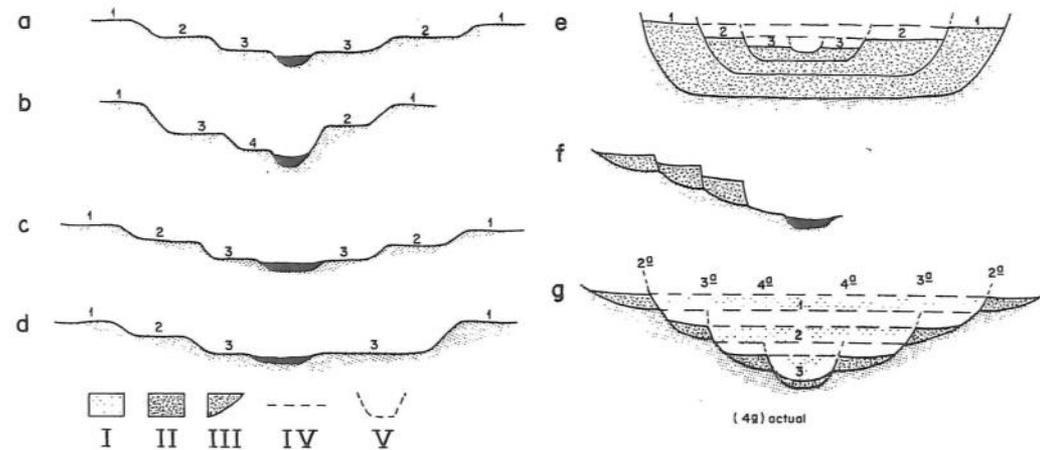


Fig. 9.30//pp. 242 Pedraza (1996)

# Meandro y depósitos de barras



# Depósitos de terrazas



José Ramón Díaz de Terán Mira

# Red de drenaje

Redes de drenaje.

- El área de tierra que aporta agua a la corriente es la **cuenca de drenaje**.
- La línea imaginaria que separa una cuenca de otra se denomina **divisoria**.

# Cuenca hidrográfica (cuenca de drenaje) y redes de drenaje

Una corriente es un pequeño componente de un sistema mayor.

Cada sistema consiste en una cuenca de drenaje, que es el área o superficie que aporta agua a la corriente.

La cuenca de una corriente se separa de otra por una línea imaginaria denominada divisoria de aguas.

# Modelos de drenaje

Modelos de drenaje.

- Modelos de redes interconectadas de corrientes en un área.
- Modelos de drenaje más comunes.
  - Dendrítico.
  - Radial.
  - Rectangular.
  - Enrejada.

# Corrientes de aguas superficiales

## Erosión remontante y captura.

- Una corriente puede alargar su curso.
  - Construyendo un delta.
  - Mediante la erosión remontante.
- La erosión remontante puede resultar en la **captura**.
  - La desviación del drenaje de una corriente a otra.

# Inundaciones

Inundaciones y control de la inundación.

- Las inundaciones son los más comunes y más destructivos de todos los riesgos geológicos.
- Causas de las inundaciones.
  - Debidas al comportamiento natural de las corrientes de agua y a los factores humanos.

# Tipos de inundaciones

Inundaciones y control de la inundación.

Tipos de inundaciones.

- Inundaciones regionales.
- Avenidas.
- Inundaciones por obstrucción de hielo.
- Inundaciones por ruptura de una presa.

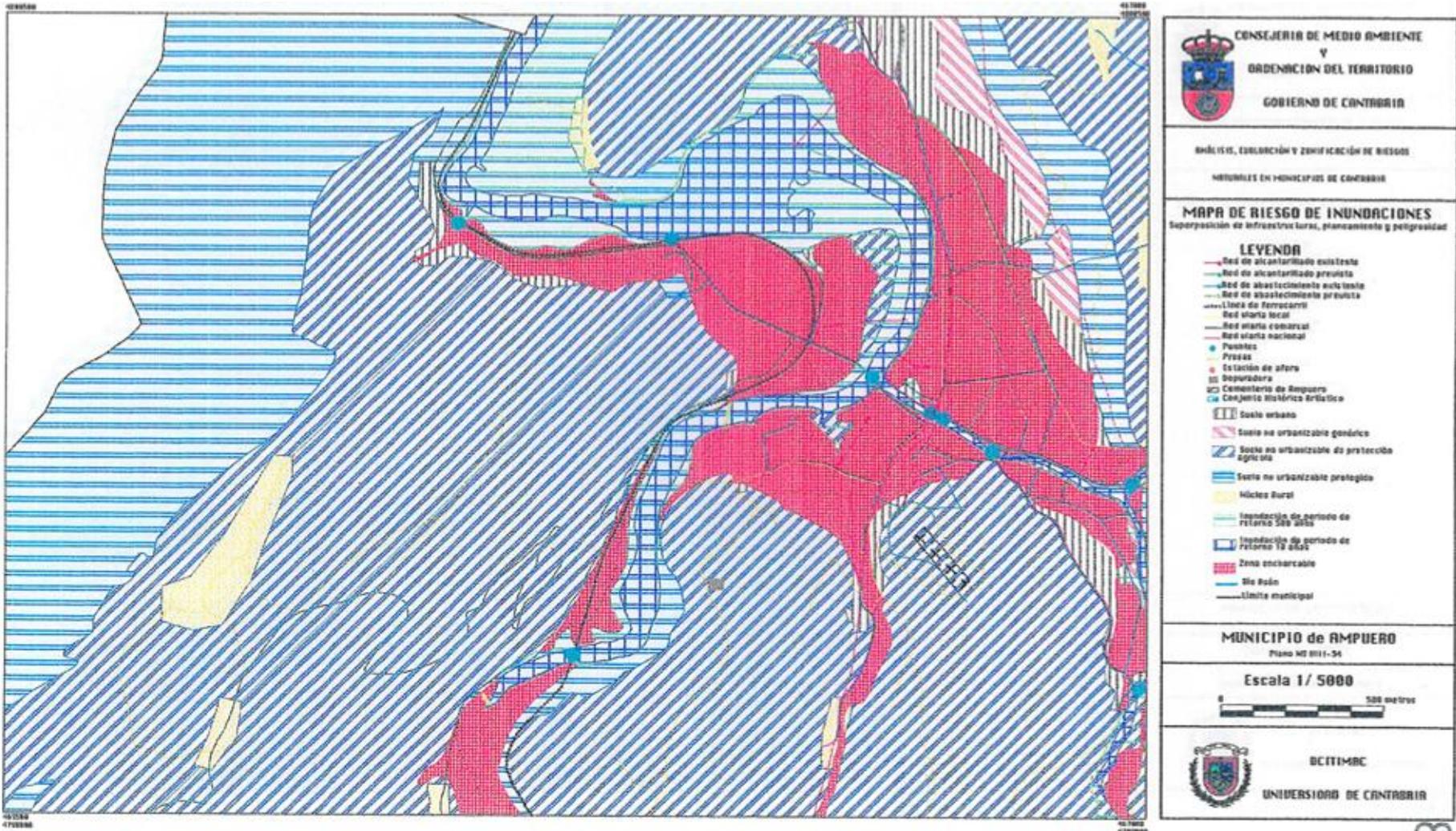
# Control de inundaciones

Inundaciones y control de la inundación.

Control de inundaciones.

- Esfuerzos de ingeniería.
  - » Diques artificiales.
  - » Presas de control de inundaciones.
  - » **Canalización.**
- Un enfoque no estructural.

# Ejemplo de mapa de riesgo de inundaciones



# Problemática ingenieril

## El estudio hidrológico de las inundaciones.

- Causas de las inundaciones: físicas y antrópicas
- Control de las características de las inundaciones
- Tiempos característicos de una inundación: el hidrograma y el hietograma.
- Tipos de cuencas y tipos de hidrogramas característicos.
- La determinación del tiempo crítico de concentración de una inundación y del periodo de retorno de la misma.
- Establecimiento de las relaciones entre el caudal máximo y el periodo de retorno de una inundación.

## El control de las inundaciones.

- Efectos de las urbanizaciones en la llanura aluvial
- El diseño anti-inundación
- Medidas estructurales y no estructurales.
- Delimitación legal del valle en función del periodo de retorno y de la frecuencia de la inundación.
- Legislación sobre zonas inundables.