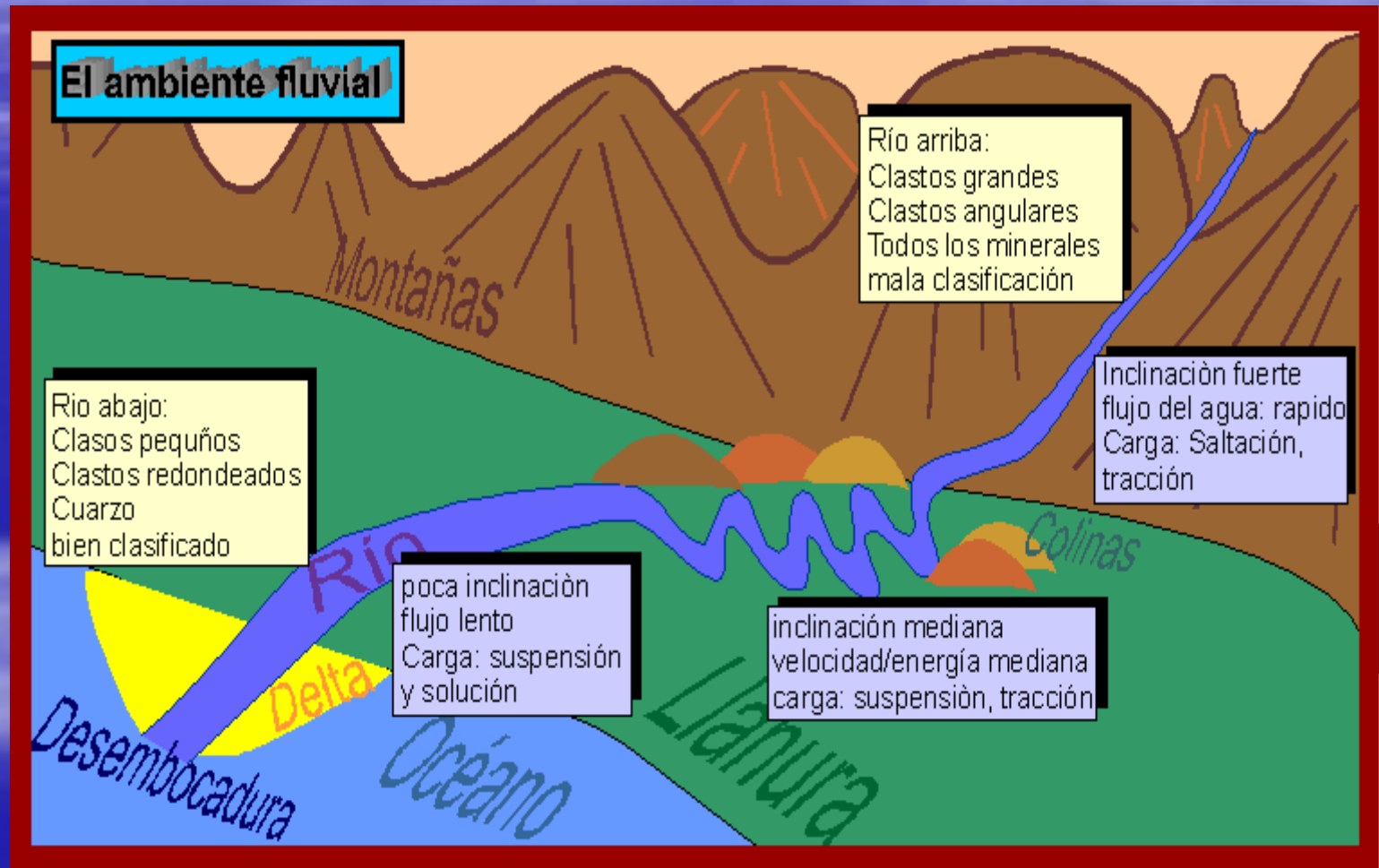


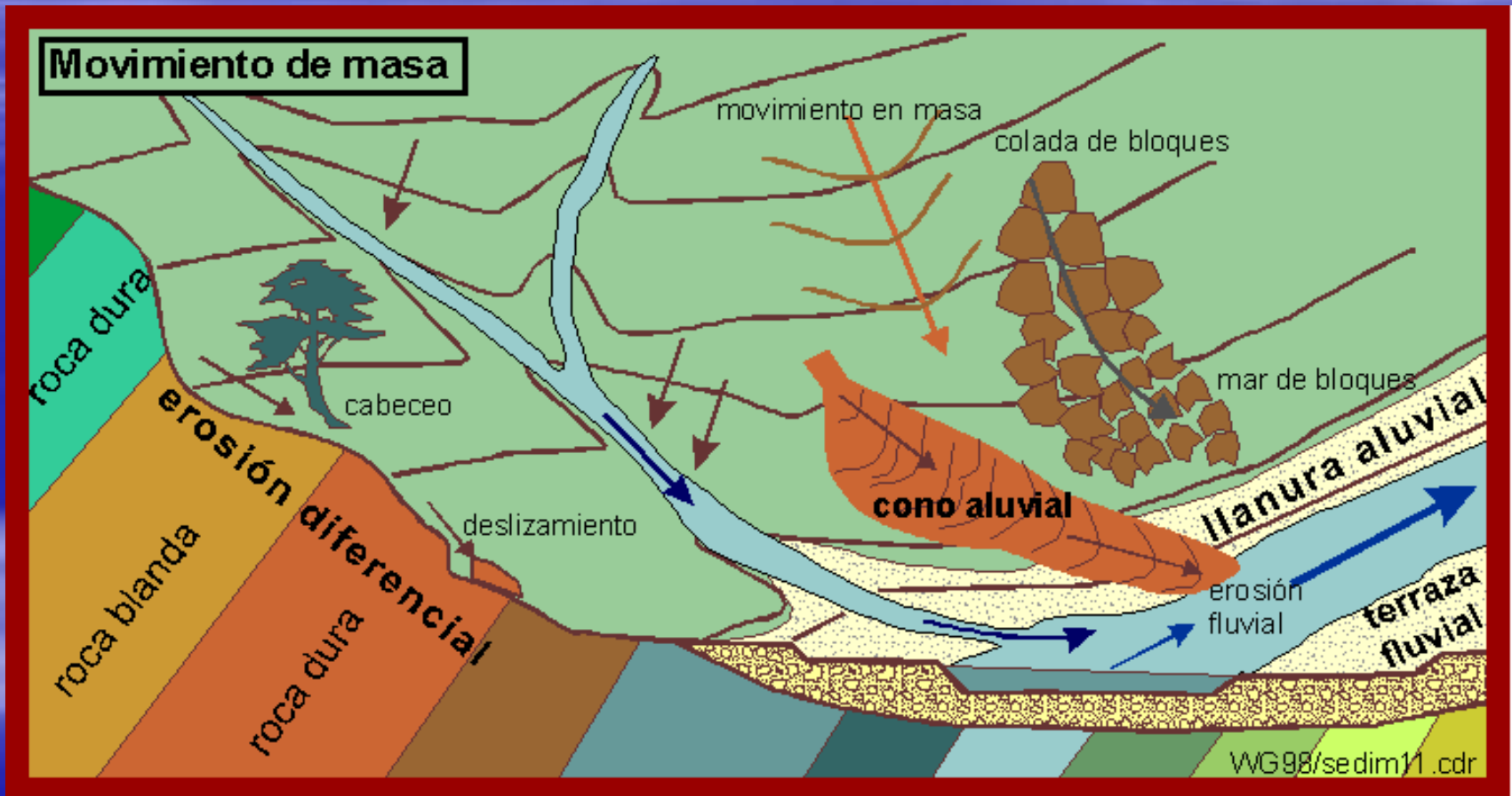
# DINAMICA FLUVIAL

## ELEMENTOS INTRODUCTORIOS



# DINAMICA FLUVIAL

## ELEMENTOS INTRODUCTORIOS



# DINAMICA FLUVIAL

## ELEMENTOS INTRODUCTORIOS

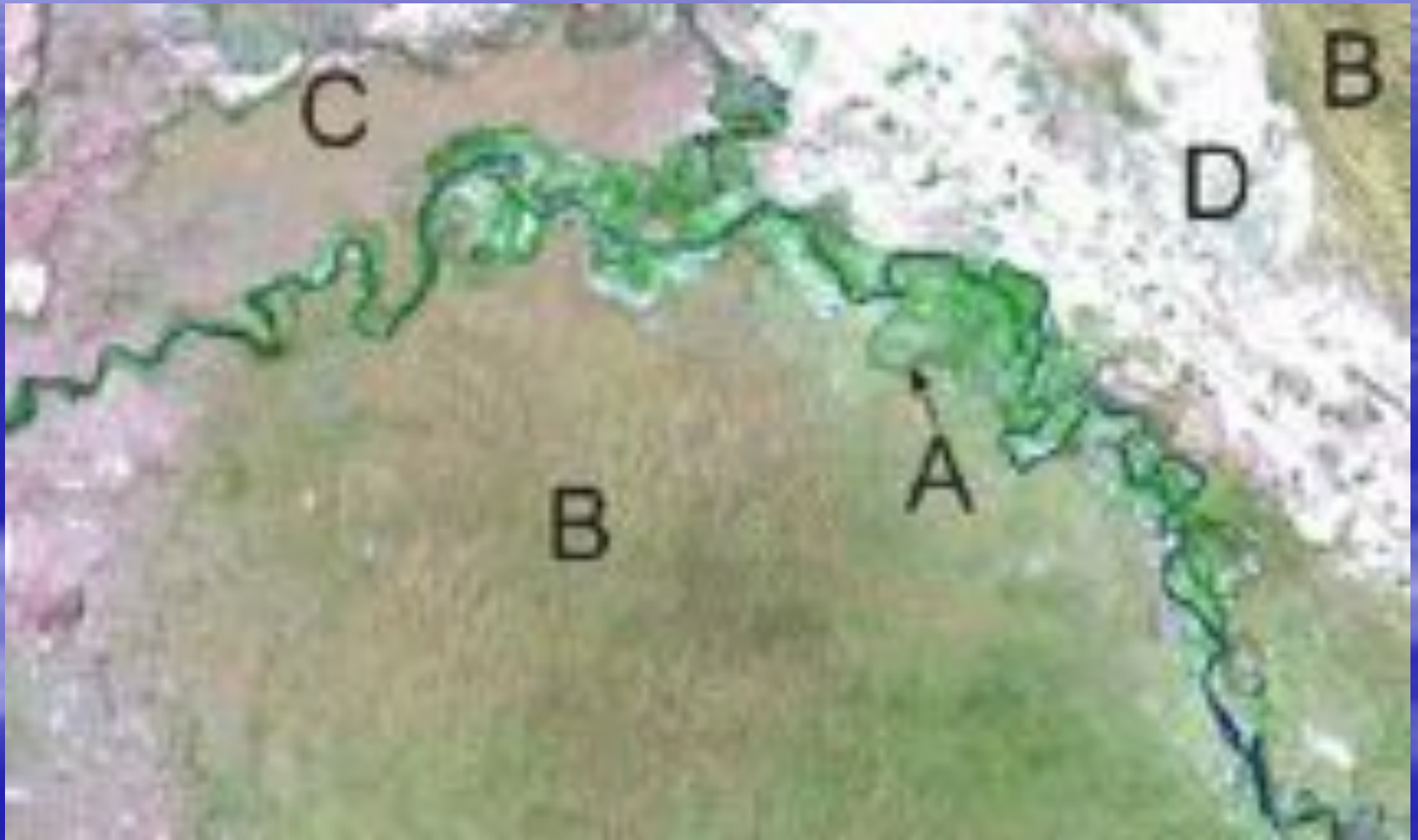
### Tipos de transporte

Ambiente fluvial



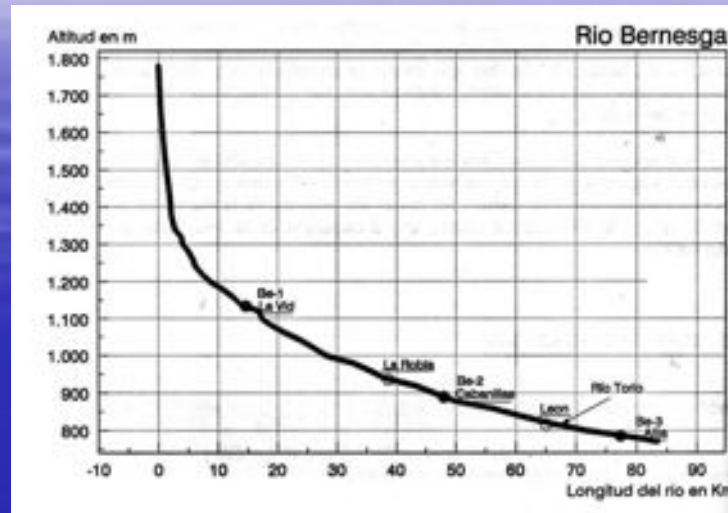
# *DINAMICA FLUVIAL*

## *ELEMENTOS INTRODUCTORIOS*



# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE

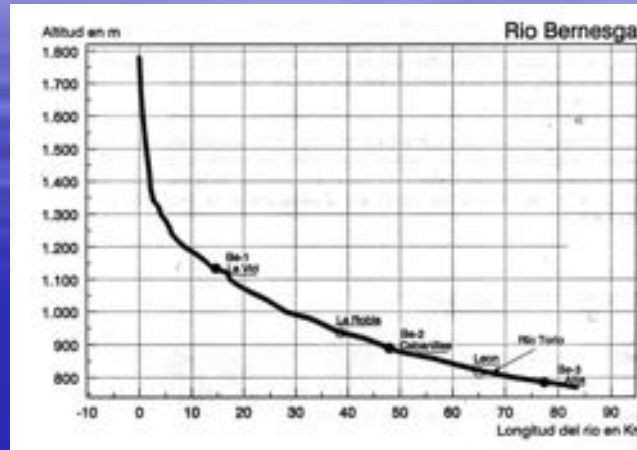


- El perfil longitudinal de un río, describe la forma en el que éste varía su cota a lo largo de su longitud y recorrido; de tal modo que el perfil longitudinal reflejará la pendiente de cada tramo, determinada por las condiciones impuestas por el tramo aguas arriba.
- En general los perfiles longitudinales de los ríos presentan forma cóncava con una pendiente que va disminuyendo desde zonas con mayor erosión hasta zonas de mayor sedimentación de las zonas bajas.
- Ello, permite establecer la relación siguiente de:  $S_x = S_0 \cdot e^{-ax}$  de donde  $S_x$  es la pendiente a la distancia  $x$ , aguas debajo de la sección referencia donde la pendiente es  $S_0$  y “ $a$ ” es el coeficiente de disminución de la pendiente.



# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE



- Hay gran cantidad de variables que determinan la pendiente de un cauce, entre ellas tenemos como más importantes: el caudal, la carga de sedimentos, tamaño del sedimento, geología del terreno etc.... Generalmente la pendiente del cauce disminuye a medida que aumenta la superficie de la cuenca vertiente.
- También ocurre que para una misma superficie vertiente, la pendiente del cauce guarda una estrecha relación con el tamaño del sustrato, de tal modo que tramos altos y de gran pendiente tendrán asociados tamaños de sustrato grande, mientras que tramos bajos llevarán asociados tamaños de sustrato pequeño.
- De tal modo que la disminución de la pendiente aguas abajo se explica en gran medida por la disminución del tamaño de los sedimentos al aumentar el tamaño de la cuenca.

# *MORFOLOGÍA FLUVIAL*

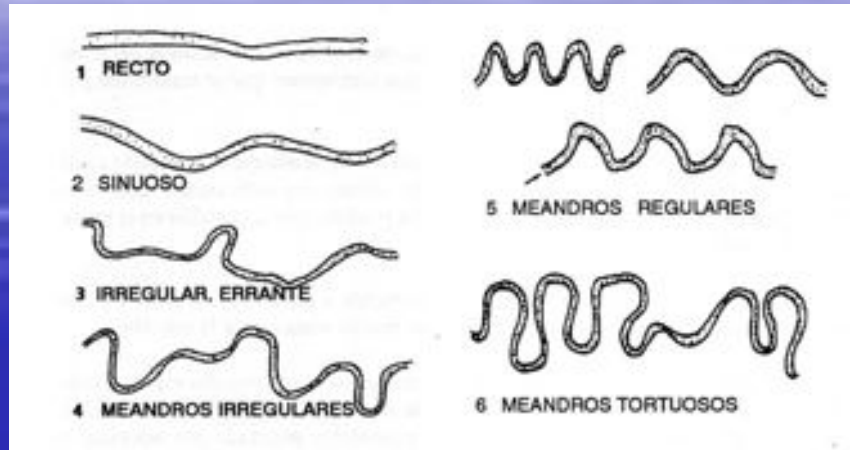
## *PERFIL LONGITUDINAL DEL CAUCE*



- Hay varias explicaciones que justifican la reducción de tamaño aguas abajo, fundamentalmente los procesos de abrasión en los que el tamaño del sedimento va disminuyendo a medida que aumenta la distancia del cauce debido a la meteorización, fricción y desgaste .
- Unido a esto se da un proceso de clasificación natural de sedimentos por tamaños llegando más lejos los de menor tamaño.
- En líneas generales la pendiente tiende a ser mayor en tramos que discurren sobre sustratos duros por su resistencia a la erosión. También e pueden dar cambios bruscos de pendiente “Knickpoint” en zonas de confluencia de ríos, cambios geológicos y procesos erosivos generados por actividades humanas.
- La pendiente es quizás una de las variables principales en el proceso de ajuste o adaptación del cauce ante cambios del régimen de caudales.

# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## TRAZADO DEL SISTEMA FLUVIAL

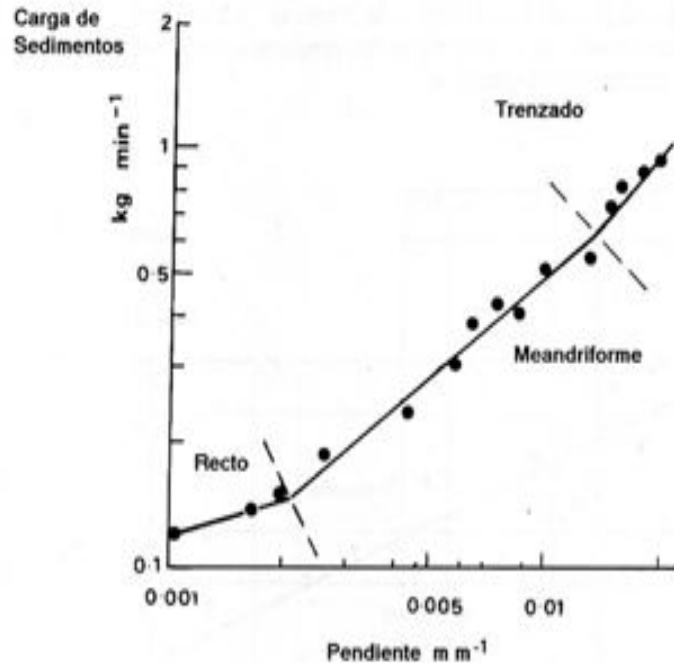


- **Trazado recto.**- Con coeficientes de sinuosidad inferiores a 1.5 donde no se aprecian curvas en el cauce, si bien la línea del thalweg se desplaza alternativamente de una orilla a la otra haciéndose más visibles en aguas bajas.
- **Trazado trenzado.**- Se desarrolla en tramos de mayor pendiente o cuando la carga sólida es elevada y se caracteriza por la formación de un curso de agua ancho y poco profundo que se divide en varios brazos dejando islas intercaladas uniéndose aguas abajo y volviéndose a separar a modo de trenzas.
- **Trazado meandriforme.**- Coeficiente de sinuosidad superior a 1.5 debido a las curvas que desarrolla el cauce desplazándose en sentido transversal del valle. El tipo de curvas puede ser muy diferente de unos ríos a otros pudiéndose diferenciar en subtipos como los que se representan.



# MORFOLOGÍA FLUVIAL

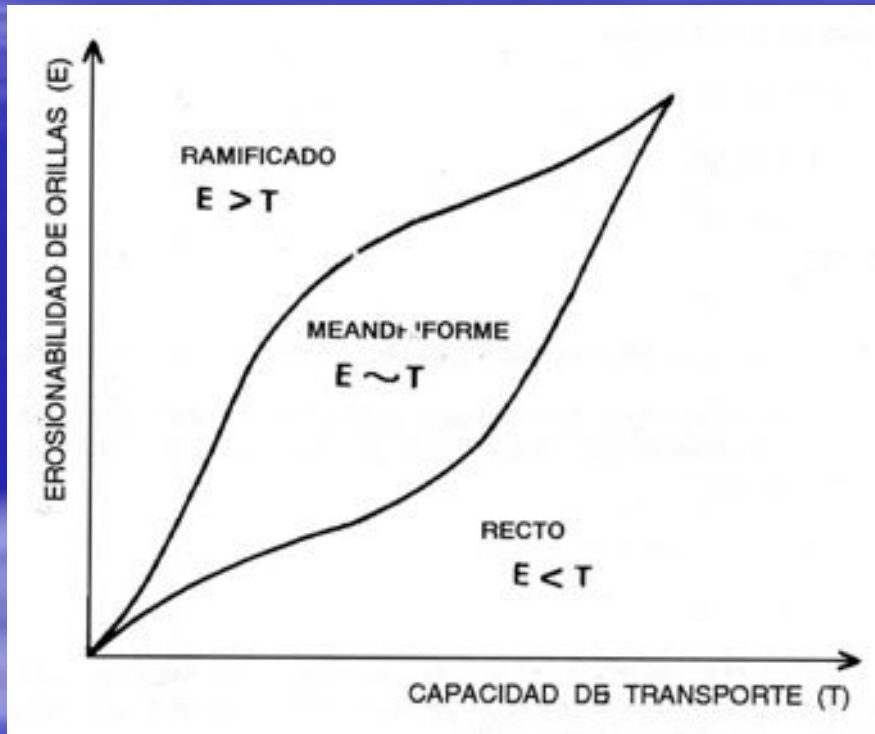
## TRAZADO DEL SISTEMA FLUVIAL



- Surge la necesidad de introducir en la relación de umbrales un parámetro que relacione el trazado del río con la carga sólida, así, se llega a establecer la relación de la figura entre pendiente y carga sólida, indicando que los tramos rectos son poco frecuentes e inestables y los tramos trezados o anamostosados son característicos de ríos con elevada carga de sedimentos.

# MORFOLOGÍA FLUVIAL

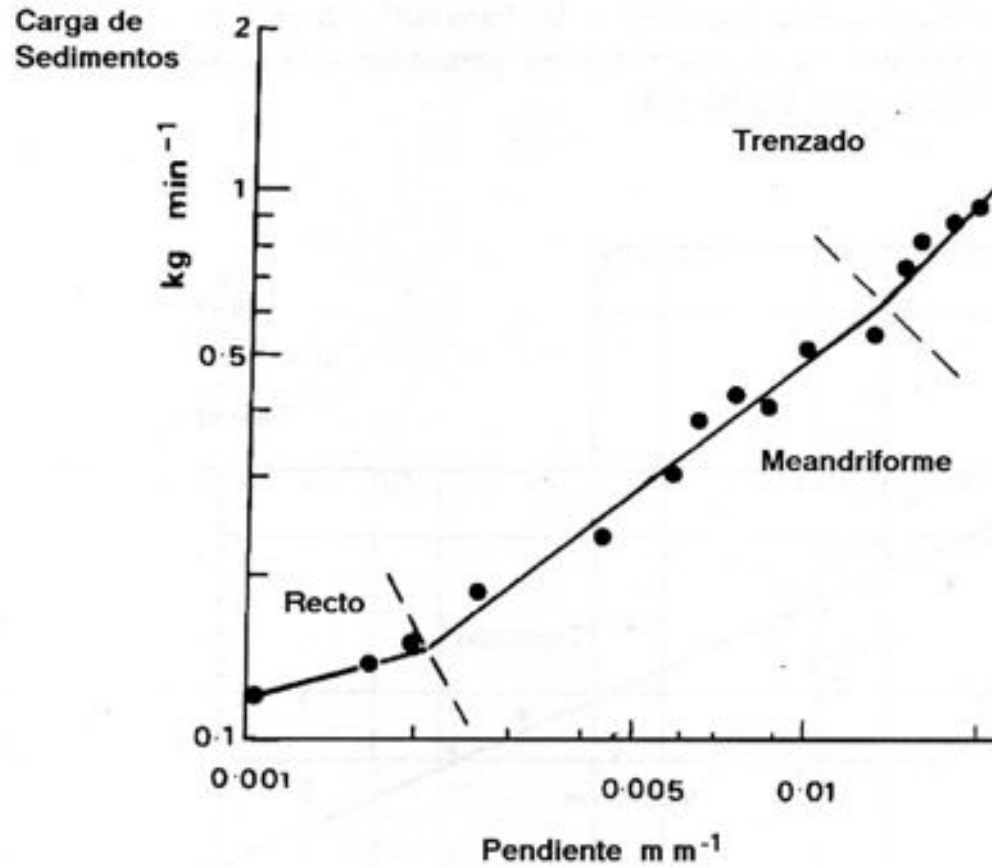
## TRAZADO DEL SISTEMA FLUVIAL



- También existe una relación, propuesta por Bhoterton (1979), que relaciona el trazado del río con la erosionabilidad de las orillas; de tal modo que los tramos rectos corresponden a los casos en que dicha erosionabilidad es menor que la capacidad de transporte de las aguas y estas no pueden desplazarse lateralmente, encontrando una resistencia a la erosión que puede verse incrementada por el sistema radical de la vegetación.
- Finalmente, se hace interesante resaltar la relación existente en el cauce entre la forma de la sección y el trazado del río, propuesta por Parker (1976). Asumiendo la tendencia natural de los ríos a formar depósitos a un lado y a otro del cauce, podemos indicar que los meandros se favorecen cuando la pendiente y el coeficiente de forma, definido por anchura/profundidad son suficientemente bajos, y que el trazado trenzado o anamostoso corresponden a pares de valores de estas variables más elevados. Los tramos rectos ocurren solamente en los casos donde el coeficiente de forma es pequeño.

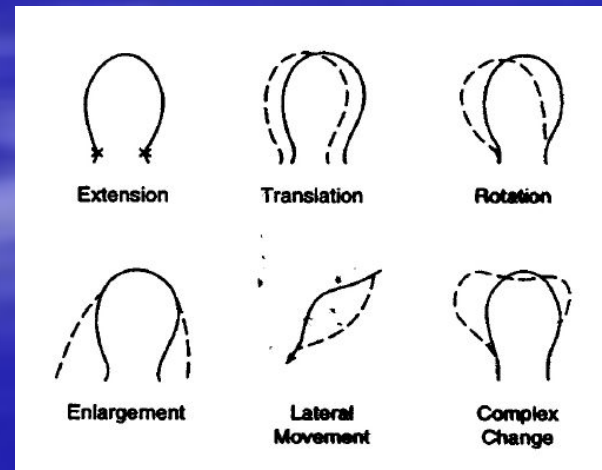
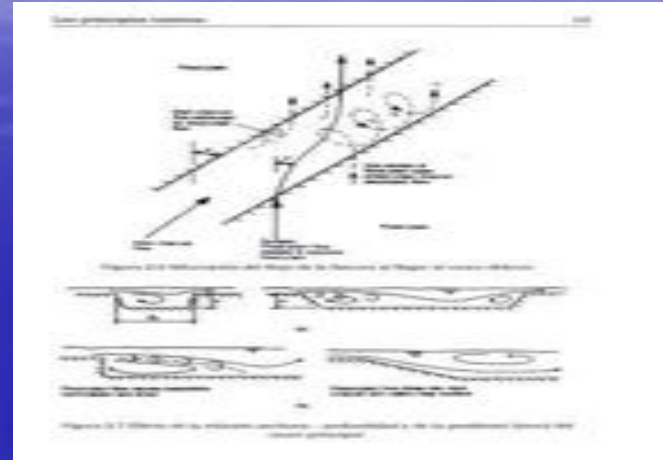
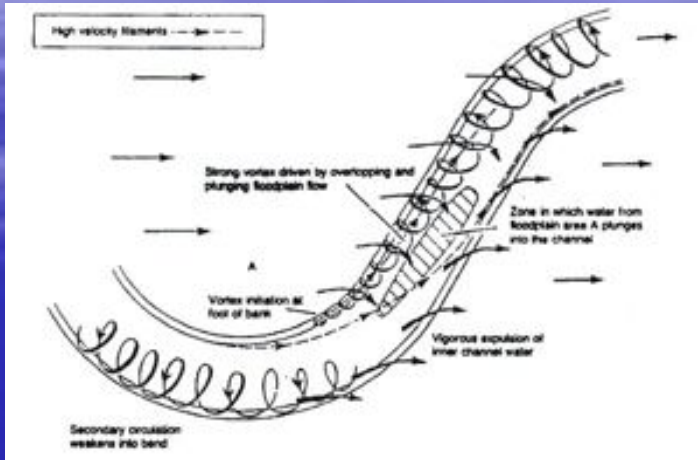
# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## TRAZADO DEL SISTEMA FLUVIAL

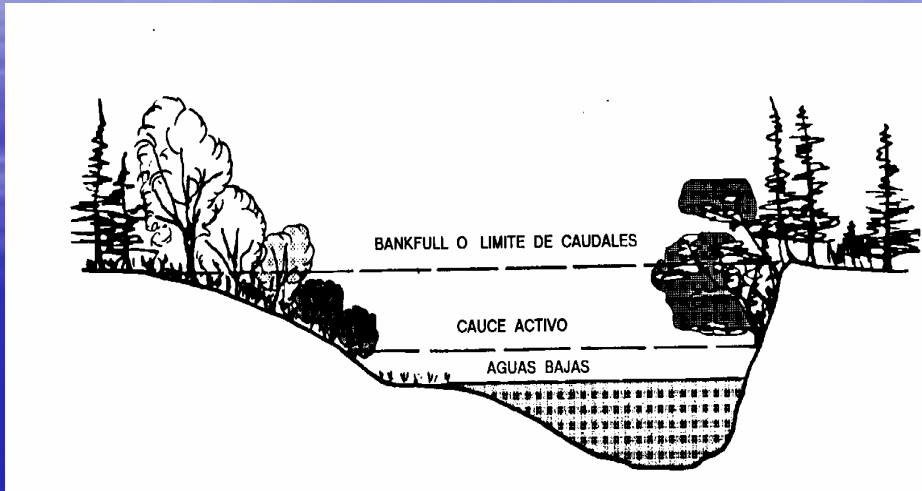


# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## TRAZADO DEL SISTEMA FLUVIAL



# MORFOLOGÍA FLUVIAL GEOMETRÍA HIDRÁULICA



FUNCTIONAL SECTOR		Mountain	Gorge	Braided	Meandering	Anastomosing
VALLEY	Profile					
	Slope	Steep	Steep	Medium	Moderate	Shallow
ACTIVE COURSE	Shape in plan					
	Change in the alluvial floor (10 year scale)	Stable	Stable	Aggrading	Degrading	Aggrading

- Este parámetro se refiere comúnmente a la sección transversal del cauce y su estudio se basa en las relaciones existentes entre el caudal y la anchura del cauce, la profundidad, la velocidad del agua y la carga de sedimentos entre otros.
- Cuando estudiamos la carga hidráulica aparecen dos tipos de relaciones, las que se refieren a una misma sección del cauce, según varía el nivel de las aguas con el caudal, y las que se refieren a las distintas secciones hacia aguas abajo, en este caso relativas a un determinado caudal generalmente dominante o también llamado "Bankfull".
- Estudiando la relación entre la forma de la sección transversal y los caudales circulantes, Leopold y Maddock (1953), propusieron las siguientes relaciones entre la anchura  $w$ , la profundidad  $d$ , velocidad media  $u$ , caudal  $Q$  y carga de sedimentos  $Q_s$  para una misma sección:

$$W = C_a Q_a$$

$$D = C_b Q_b$$

$$U = C_c Q_c$$

$$Q_s = C_s Q_d$$

Donde  $C_a$ ,  $C_b$ ,  $C_c$  y  $C_s$  son constantes numéricas distintas en cada río y sección.

Teniendo en cuenta que el caudal  $Q$  es igual a la velocidad  $u$  por la sección, ( $w * d$ ), se ha de cumplir entre dichas constantes y los exponentes correspondientes la relación:

$$C_a * C_b * C_c = 1 \quad \text{y} \quad a + b + c = 1$$



# *MORFOLOGÍA FLUVIAL GEOMETRÍA HIDRÁULICA*

- Se observa pues que dentro de cada sección, la profundidad es la variable que presenta mayor variación con los caudales mientras que la anchura permanece relativamente constante y la velocidad se incrementa más despacio.
- En este caso se observa una mayor variación de la anchura del cauce según se incrementa el caudal aguas abajo junto con una menor variación de la profundidad y más pequeña o casi nula variación de velocidad del agua. Respecto a la velocidad, ello puede explicarse atendiendo a las variables relacionadas con ella como son el calado, que aumenta ligeramente aguas abajo, rugosidad, que disminuye y la pendiente, que lo hace en mayor medida.

# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## RÍO EN EQUILIBRIO

- Una característica fundamental de los sistemas abiertos, es su capacidad para autorregularse, adaptándose a factores externos de forma que mantengan el estado de equilibrio alcanzando cierta estabilidad.
- En los cauces fluviales este equilibrio esta referido a la regulación de la morfología y dinámica ante las variables de control o independientes como son el régimen de caudales y sedimentos.
- En un cauce estable o en equilibrio, la forma y trazado se mantienen en el tiempo, aún cuando este último se vea sometido a desplazamientos laterales pero en los que NO se modifica su sinuosidad.
- Existe una teoría que explica la forma en el que el río trata de ajustarse para alcanzar el estado de equilibrio dinámico basada en el principio de la entropía y según la cual el río trata de ajustar su flujo y geometría hidráulica para minimizar la tasa de trabajo efectuado, es decir la energía utilizada por unidad de superficie, lo que equivale a minimizar la relación. Velocidad x pendiente.



# *MORFOLOGÍA FLUVIAL*

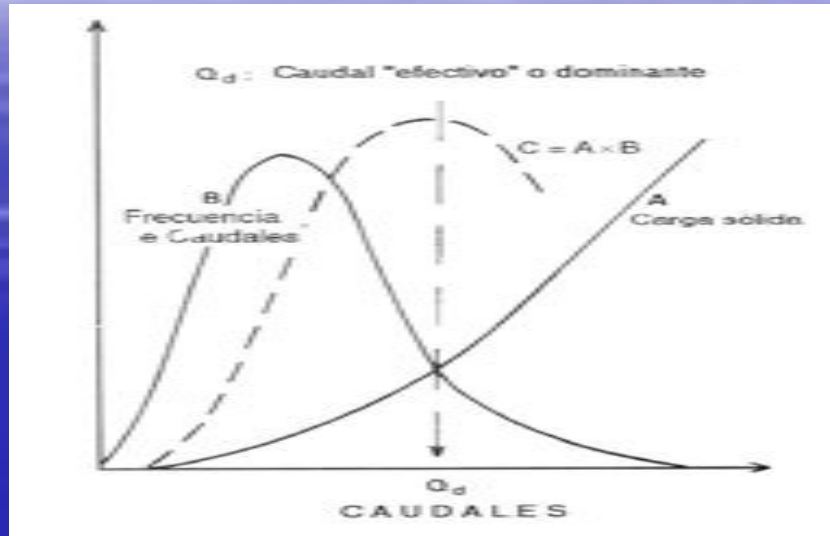
## *CAUDAL DOMINANTE*



- Atendiendo a la existencia de un cierto equilibrio en los ríos, podemos relacionar la forma de la sección transversal del cauce con un determinado régimen de caudales o con el valor del caudal más representativo del mismo, que tenga mayor influencia en la configuración y mantenimiento de dicha sección.
- Bajo estas condiciones se plantea el concepto de “caudal dominante” que se define como el caudal que determina ciertos parámetros del cauce como la longitud de curvatura de meandros o el caudal que efectúa mayor trabajo en términos de transporte de sedimentos.
- El caudal dominante y con mayor influencia en la sección será el que llene dicha sección hasta sus orillas superiores (nivel de bankfull), pudiéndose obtener con este criterio o con el de ser el que realiza mayor trabajo en el transporte de sedimentos.

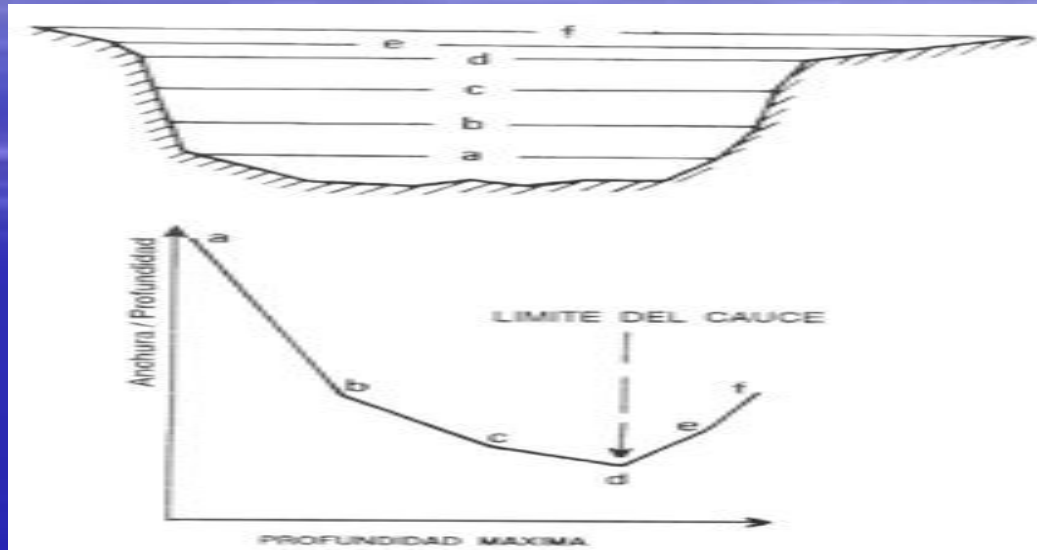
# MORFOLOGÍA FLUVIAL

## CAUDAL DOMINANTE



- Según vemos en la figura, la curva A representa la tasa de transporte de sedimentos de cada caudal que pasa por la sección, la cual aumenta exponencialmente al aumentar la magnitud de este último.
- La curva B indica la duración de los caudales a lo largo del periodo considerado, indicando los caudales mínimos y avenidas extraordinarias poco frecuentes y los caudales intermedios de mayor frecuencia entorno al caudal medio anual.
- La curva C es el producto de  $A * B$  y refleja la cantidad acumulada de sedimentos exportados en el periodo considerado en B por cada caudal.
- El valor máximo de esta curva indica el caudal que exporta una mayor cantidad de sedimentos, es decir, el que efectúa un mayor trabajo en la sección considerada ( $Q_d$ ). Si comparamos este valor de caudal con el que ocupa toda la sección transversal, se observa un valor similar, considerándose su valor como el del caudal dominante o más representativo del régimen de caudales de dicho tramo:

# MORFOLOGÍA FLUVIAL CAUDAL DOMINANTE



- Para la obtención del caudal dominante se utiliza un periodo de retorno de 1,5 años en la serie de caudales máximos anuales o también el criterio de ser el que ocupa toda la sección transversal aunque a veces ésta tiene una delimitación poco precisa observándose varios ángulos que podrían corresponder al nivel de bankfull. En este caso y si no existen otros indicios, dicha sección puede quedar definida por el procedimiento descrito en la figura, correspondiendo el nivel de bankfull al de profundidad para la cual la relación anchura / profundidad es mínima.



# SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO

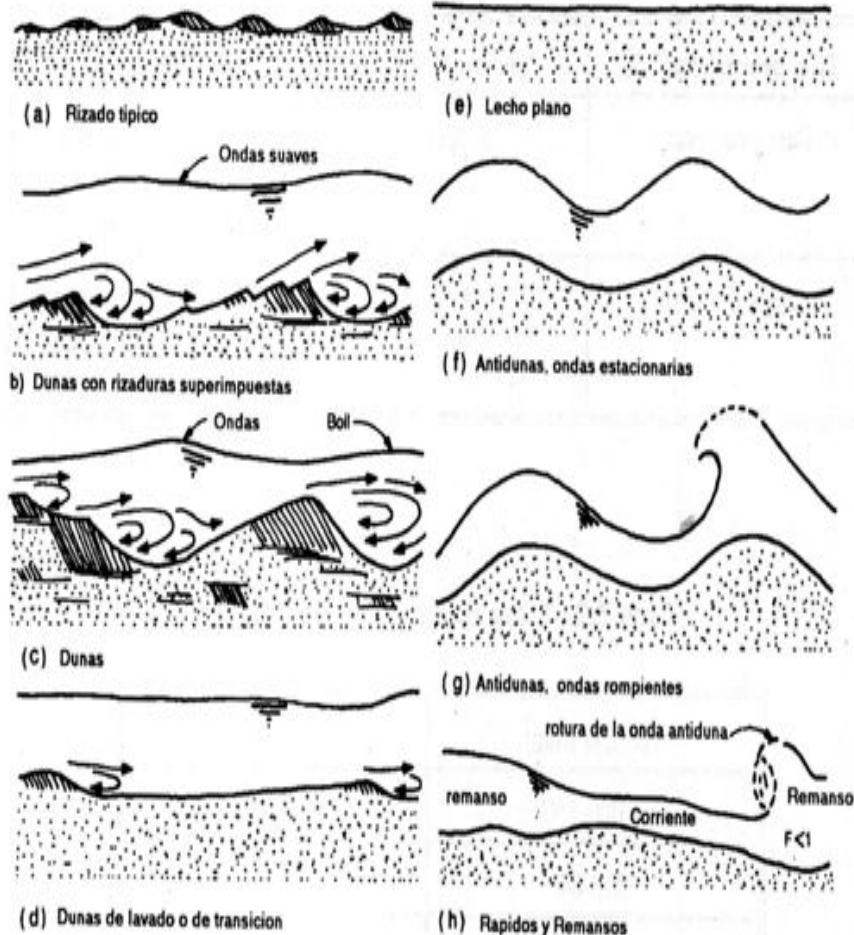
Tipo de caudal sólido	Medio de transporte	Origen
Carga de lavado	Suspensión	Erosión en la cuenca Erosión en márgenes (partículas finas)
Carga de fondo	Acarreo Saltación	Erosión en el cauce Erosión en márgenes (partículas gruesas)

Tabla 5.2. - Escala de tamaños de sedimentos.

Tamaño (mm)	Clases
4,000-250	Cantos rodados
250-64	Guijarros
64-2	Gravas
2-0,062	Arenas
0,062-0,004	Limos
0,004-0,00024	Arcillas

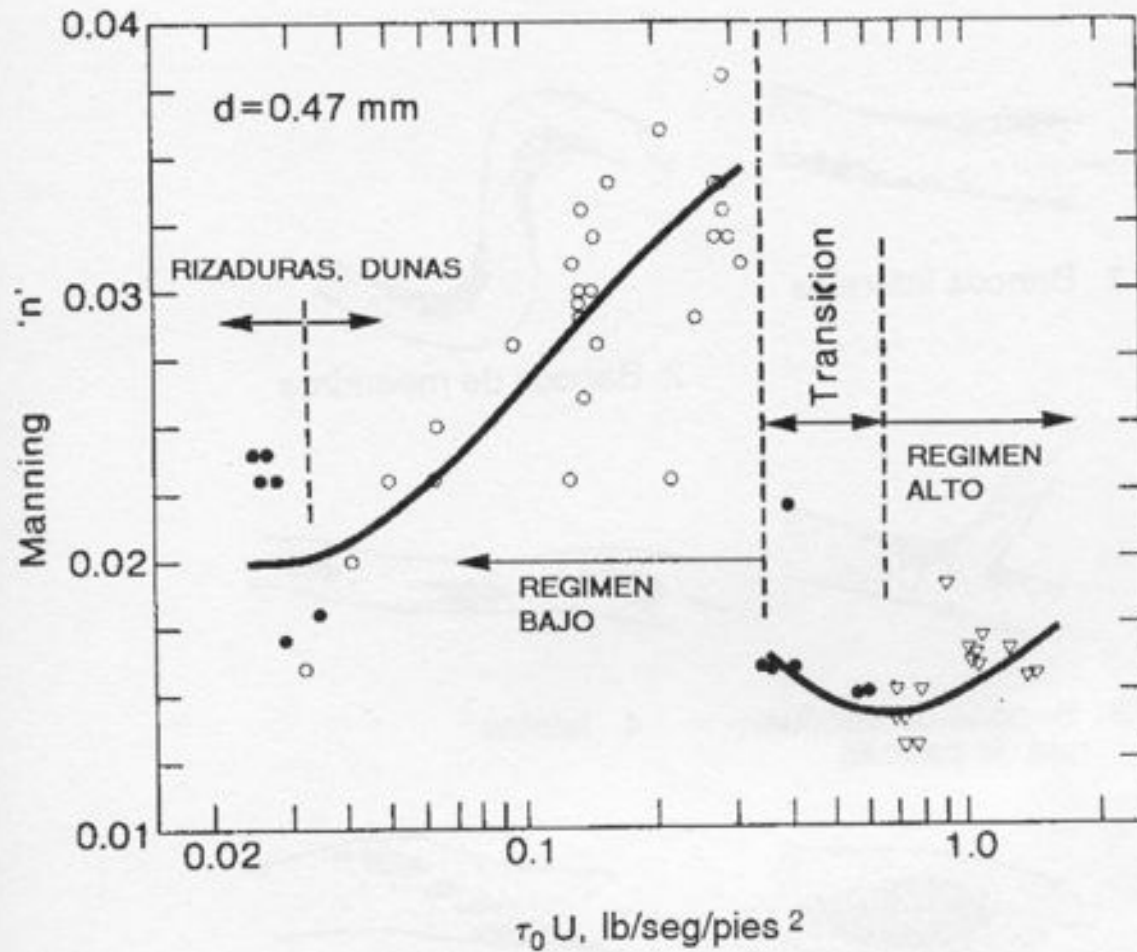
- Desde el punto de vista de análisis y estructura morfológica del río es necesario considerar los sedimentos presentes en el cauce, su naturaleza, granulometría y distribución. Teniendo en cuenta que estos aspectos hacen que muchas obras de ingeniería fracasen por no tener en cuenta la influencia de los sedimentos en el cauce.
- Respecto a la naturaleza y origen de los mismos, podemos considerar una fracción que se encuentra representada en el lecho del río y eventualmente en movimiento por los caudales mayores durante un corto periodo de tiempo en lo que se denomina "carga de fondo".
- otra fracción más pequeña procedente de la erosión de las laderas y orillas del cauce que no está representada en el lecho y sí en suspensión en el agua efectuando recorridos mucho más largos constituyendo lo que se llama "carga de lavado".
- En relación con la granulometría, la más utilizada es la propuesta por el Subcomité de Terminología de Sedimentos de la American Geophysical Union según se aprecia en la tabla anexa.
- El tamaño del sedimento tiene gran importancia, pues determina la tensión crítica de la corriente que es capaz de ponerlos en movimiento, según se representa en la figura, de modo que se muestra la relación entre el tamaño de las partículas y la velocidad del agua necesaria para su movimiento lo cual va estrechamente ligada a la tensión crítica mencionada.
- Las partículas de mayor tamaño pesan más y ofrecen más dificultad al inicio de su movimiento mientras que la mayor resistencia ofrecida por las más pequeñas responde a su cohesión.

# SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO



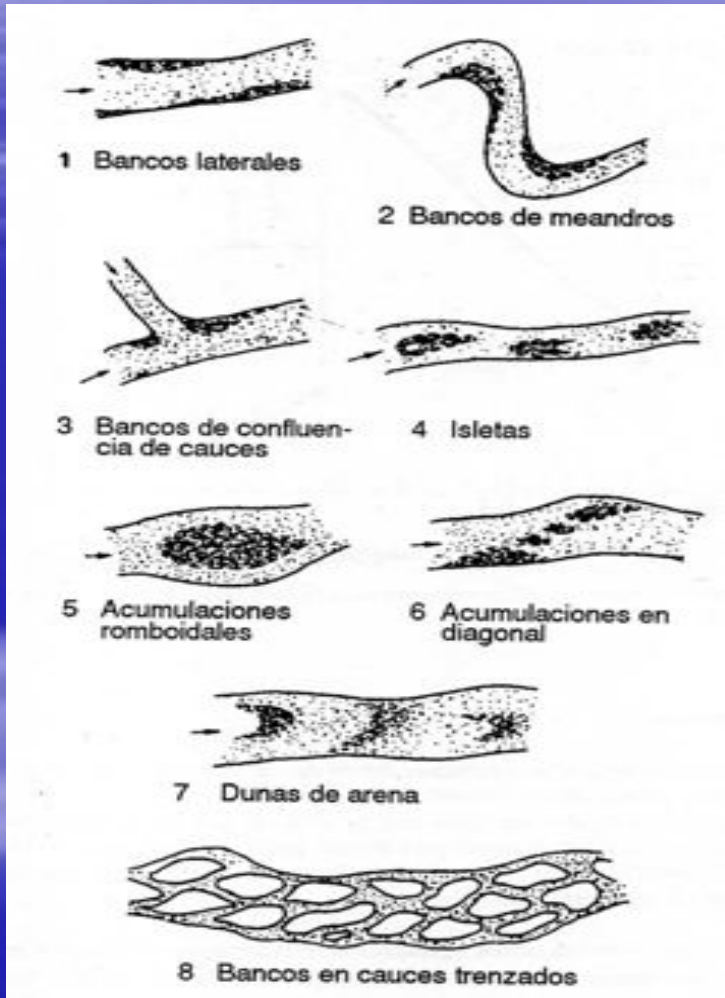
- Los sucesivos y continuos procesos de erosión y sedimentación dan lugar a diferentes formas del lecho con una redistribución de partículas formando acumulaciones más o menos regulares.
- En tramos o ríos arenosos se desarrollan las denominadas rizaduras, dunas, lecho liso o antidunas, en función del tipo de régimen de los caudales tal como muestro en la figura.
- La aparición de estas formas del lecho tiene una significación especial en la rugosidad o resistencia que ofrece al paso de las aguas lo cual debería ser tenido en cuenta para calcular el coeficiente de rugosidad de Manning

# SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO



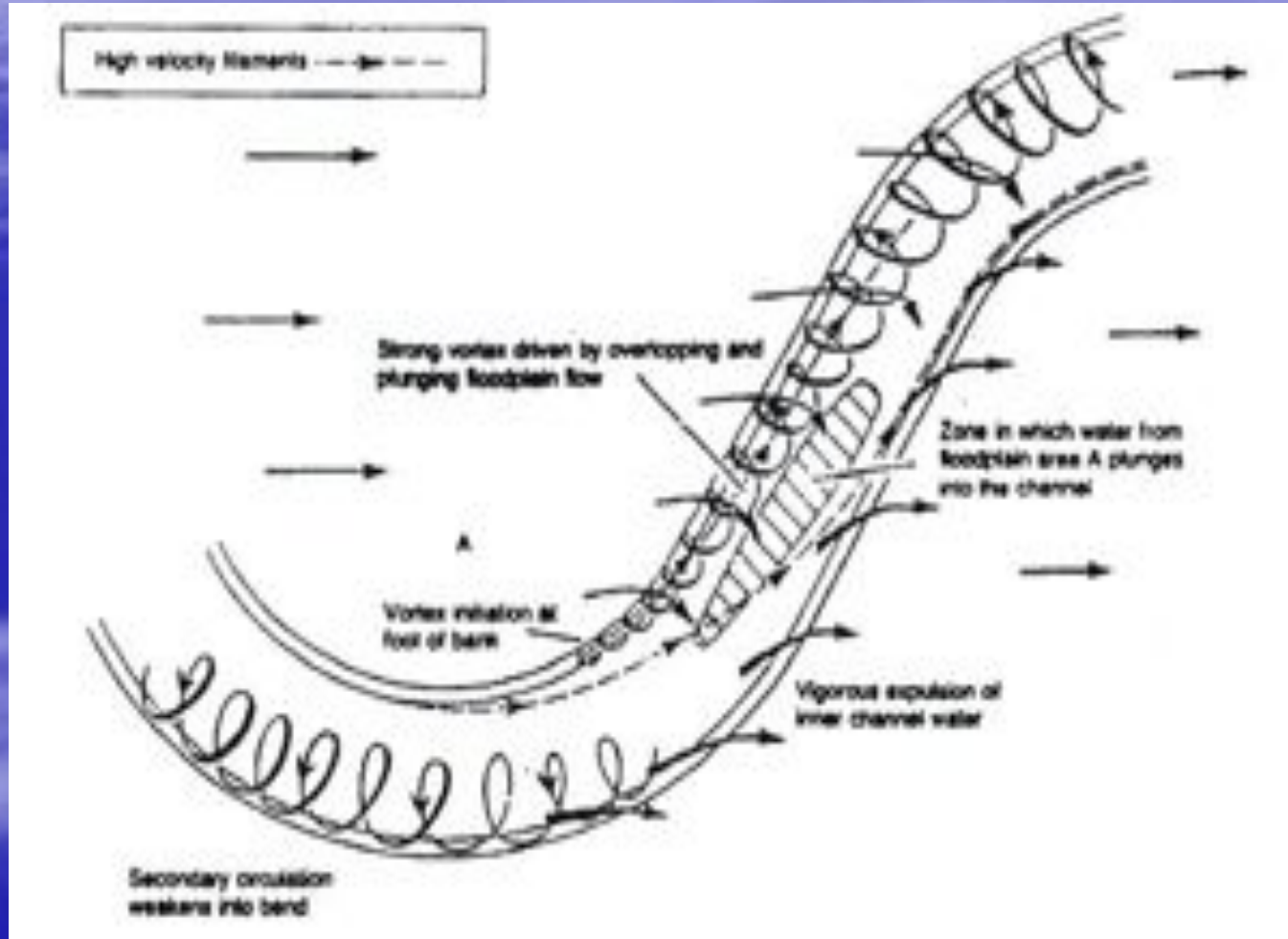


# SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO RÁPIDOS Y REMANSOS



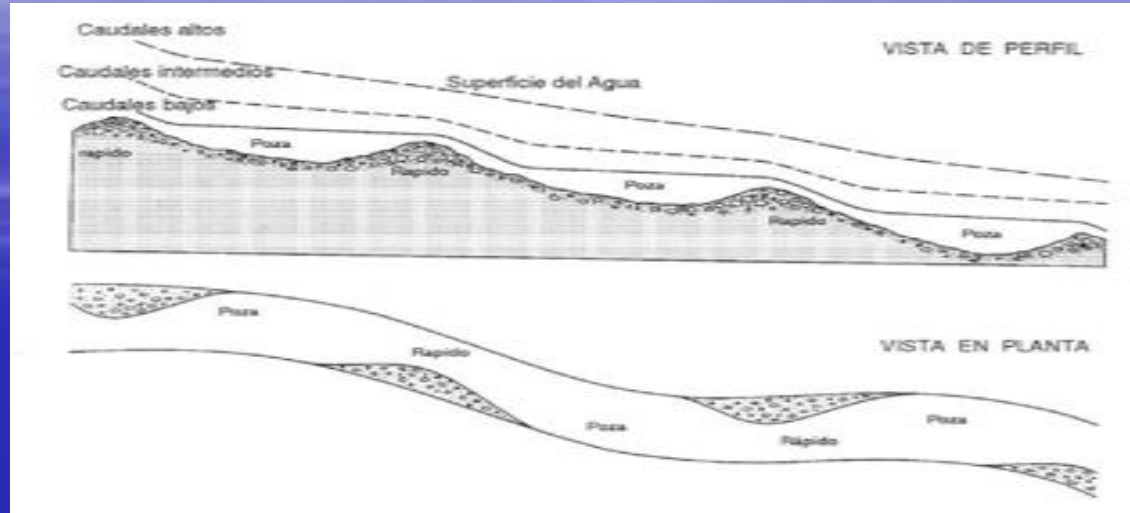
- En tramos o ríos de granulometría más gruesa, se forman barras de sedimentación “bars” a un lado y otro de los meandros “point-bar”, o también acumulaciones dentro del cauce formando secuencias de rápidos y remansos “riffles y pools” que son muy evidentes durante los caudales bajos quedando parcial o totalmente cubiertas por los caudales de avenidas.
- Estas formaciones son una constante de gran importancia en la diversidad de hábitats y especies que viven en el agua. Los rápidos son zonas muy productivas para los macroinvertebrados y los remansos adquieren especial importancia al servir de refugio a numerosas especies.
- Una de las características más significativas en la secuencia de rápidos y remansos es su regular espaciamiento a una distancia entre 5 – 7 veces la anchura del cauce.
- Los remansos se localizan en las pozas “pools” donde el río es más profundo y los rápidos “riffles” se centran en las secciones de más anchura y menor profundidad como se aprecia en las figuras.

# SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO RÁPIDOS Y REMANSOS





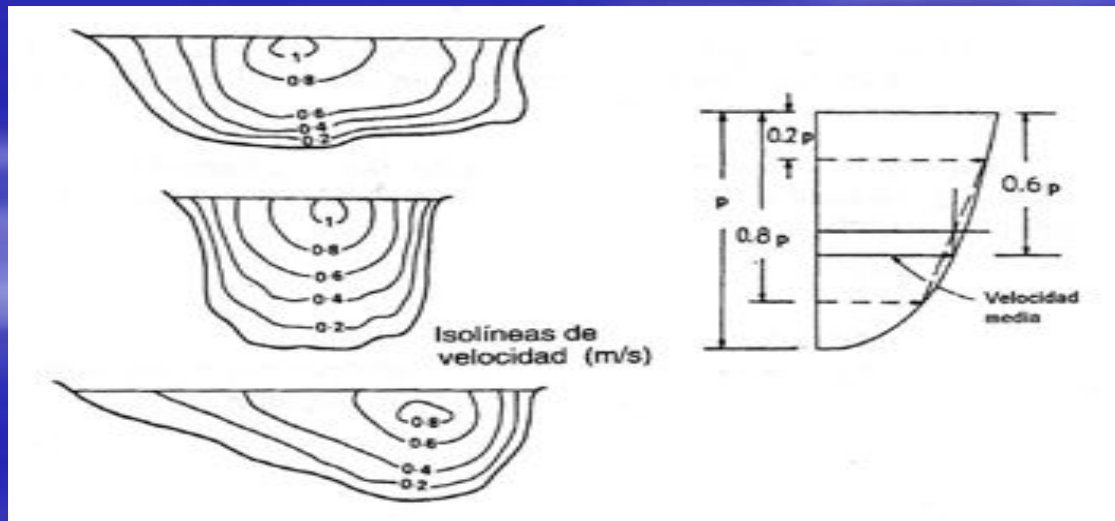
# ***SEDIMENTOS Y FORMAS DEL LECHO RÁPIDOS Y REMANSOS***



- Cuando los caudales descienden, las variaciones de profundidad y superficie mojada se incrementan notablemente debiéndose acelerar la velocidad del agua para mantener la continuidad, mientras que en los caudales elevados las variaciones morfológicas y de velocidad se atenúan llegando a anularse.
- La aparición de rápidos y remansos se ven favorecidas por la aparición de flujos secundarios asociados a diferentes tensiones de arrastre que determinan la aparición de células de flujo convergente que favorecen la socavación del cauce en las pozas.
- La aparición de células divergentes favorecen la acumulación de sedimentos en el centro del lecho en los rápidos. Estas tensiones de arrastre sobre el fondo del cauce reflejan y controlan su morfología.

# PROCESOS FLUVIALES

- La morfología del cauce descrita anteriormente, responde a la interacción del caudal líquido con los materiales erosionables del contorno y orillas del mismo. El balance entre los procesos de erosión, transporte y sedimentación efectuados, dan lugar a las diferentes formas, tamaños y trazados que se observan.
- Una variable fundamental en los procesos fluviales es la velocidad del agua y la distribución de la tensión de arrastre asociada a la distribución de velocidades dentro del cauce de tal modo que la velocidad del agua varía en cada punto de la columna de agua, siendo mínima en las proximidades del perímetro del cauce y máxima hacia el centro de la sección.
- Asociada a una variación de la velocidad dentro de cada sección y a una variación de esta velocidad aguas abajo, está la presencia de flujos secundarios o trayectorias helicoidales de las líneas de corriente las cuales tienen un significado especial en el desarrollo de meandros y en la formación de rápidos y remansos de los tramos rectos.



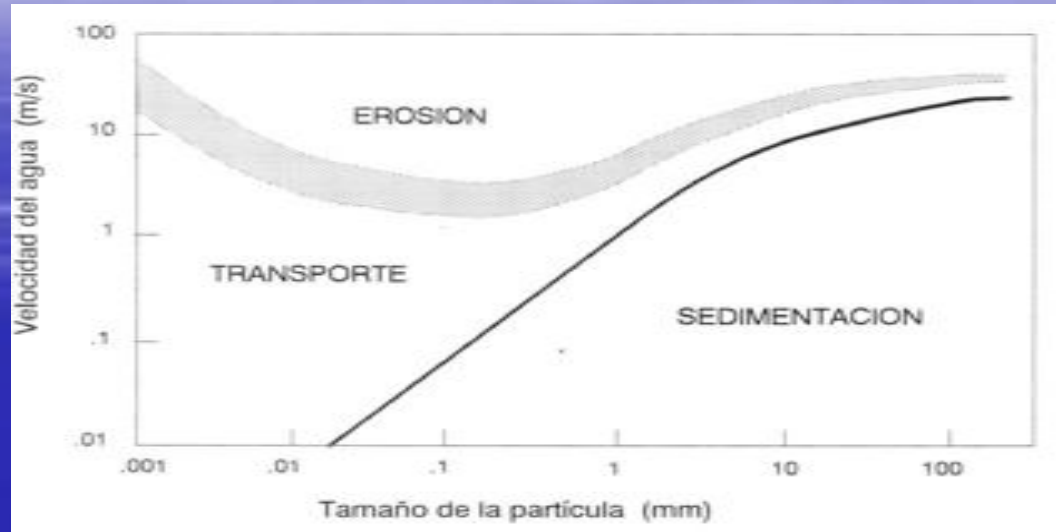
# PROCESOS FLUVIALES



- En el movimiento del agua intervienen dos factores o fuerzas: la gravedad que actúa en la dirección aguas abajo y la fricción que se opone a este movimiento. La relación resultante de ambas fuerzas determina la capacidad de la corriente para erosionar y transportar sedimentos.
- La fuerza de fricción que determina la resistencia que opone el contorno puede expresarse por unidad de superficie como tensión de arrastre “shear stress”, siendo proporcional al gradiente de velocidades y equivalente a la componente del peso del agua paralela a la superficie de desplazamiento.
- Experimentalmente se ha comprobado que esta energía hidráulica de la corriente, en función de la magnitud del caudal y de la superficie del cauce, está muy relacionada con la fuerza que presenta el río en un determinado momento para rectificar el trazado o sección impuestos por la mano del hombre alterándolos o destruyéndolos cuando no responden a su dinámica natural. Simultáneamente, esta energía también está relacionada con la capacidad del río para su propia recuperación especialmente cuando en el cauce existen sedimentos que puedan ser distribuidos por la corriente.

# PROCESOS FLUVIALES

## UMBRALES DE EROSIÓN



- El movimiento de las partículas depende de sus características físicas: tamaño, forma, densidad etc.... y de la capacidad del agua para su remoción y transporte.
- La relación más usada para el estudio de este fenómeno se refleja en el diagrama de Shields (1936), en función de una tensión crítica de arrastre. No obstante, la tensión se puede relacionar con la velocidad y representar el inicio del movimiento de las partículas como muestro en la figura.
- En ella, observamos las velocidades que inician el movimiento de las partículas, siendo las arenas las más fácilmente erosionables. Partículas más finas necesitan velocidades mayores debido a su cohesión y partículas más gruesas necesitan mayores velocidades debido a su peso y su tamaño.
- También se observan las velocidades en las que se inicia la sedimentación, siendo menor la velocidad requerida para el transporte de la corriente al inicio del movimiento, para un mismo tamaño de partícula, resaltando el comportamiento de las partículas más finas cuando se disgregan y mantienen en suspensión



# *PROCESOS FLUVIALES*

## *INCISIÓN DE CAUCES*



- El proceso de incisión o encajonamiento del cauce se debe al desequilibrio entre la capacidad de transporte de la corriente y el suministro de carga sólida de tal modo que para corregir ese desequilibrio, las aguas aumentan su carga sólida tomando sedimentos del propio lecho produciendo erosión de fondo y encajonando el caudal en ríos progresivamente más profundos.
- Un cauce encajonado así, aparece cuando las fuerzas erosivas debidas a la concentración de los caudales superan la resistencia de los materiales por los que discurren.

# PROCESOS FLUVIALES

## INCISIÓN DE CAUCES



- Son muchas las causas que pueden llegar a desencadenar el proceso, entre ellas se enumeran las siguientes:
  - Incremento de fuerzas erosivas por estrechamiento del cauce y por tanto concentración de caudales.
  - Aumento de la pendiente por obras de canalización.
  - Aumento de escorrentías y de caudales punta de avenidas.
  - Disminución de carga sólida de caudales circulantes.
- La canalización o rectificación de ríos es quizás la intervención humana que más problemas ha causado provocando incisión de cauces. Canalizaciones llevadas a cabo mediante ensanchamientos, profundizaciones, limpiezas etc.... Todo ello provoca el aumento de la capacidad hidráulica del cauce aumentando así el radio hidráulico, la pendiente y disminuyendo el coeficiente de rugosidad (ver Manning).
- Ello trae consigo el inevitable aumento de la velocidad y un notable incremento de la tensión de arrastre produciendo erosiones muy importantes.
- A continuación, se produce un desnivel del lecho con respecto de las orillas que quedan en alto hasta que se supera el límite de estabilidad y se produce el desmoronamiento de y caída al cauce de materiales procedentes de la desintegración de las márgenes del río. La caída de las orillas se produce por gravedad después de su descalzamiento.
- Con el tiempo, el cauce se ha ensanchado hasta llegar a un punto donde el material caído no puede ser transportado por la corriente y la situación se estabiliza.

# *PROCESOS FLUVIALES*

## *INESTABILIDAD LATERAL DEL CAUCE*



- El problema de inestabilidad lateral esta referido a la erosión de las orillas ligada a un problema de inestabilidad provocado por procesos de sedimentación en el lecho. Esto termina con un retraimiento progresivo de las orillas dando lugar a un río cada vez más ancho y menos profundo.
- Los mecanismos de erosión de las orillas pueden deberse a procesos de la propia corriente como el caso anterior de incisión de cauces; pero también pueden ser debidos a una pérdida de cohesión debida al contenido en de humedad.
- El primer caso puede actuar de dos formas: erosionando directamente la orilla y poniendo en movimiento el material que constituye las paredes del cauce o socavando la base del talud por erosión del fondo con lo cual se incrementa la pendiente del talud y su altura provocando la caída por gravedad.
- En el segundo caso, los procesos erosivos asociados al exceso de humedad de las orillas dependen de las condiciones climáticas en general y del movimiento del agua a través del suelo en particular.

# *PROCESOS FLUVIALES*

## *INESTABILIDAD LATERAL DEL CAUCE*



- Refiriéndonos a un tramo concreto de un sistema fluvial en el que se produce este tipo de erosión, se considera que puede ser debido a alguno de estos factores o mecanismos:
  - a.- Erosión directa de la base del talud por efecto de la corriente. Esto ocurre cuando se da un descenso del nivel del agua por debajo de la altura media del talud.
  - b.- Erosión del suelo de las orillas causada por escorrentías.
  - c.- Deslizamientos en suelos limosos o arenosos saturados.
  - d.- Erosión del suelo por movimiento de agua subterránea hacia el exterior del talud.
  - e.- Erosión de la parte superior o inferior de las orillas por efecto del viento o por paso de embarcaciones.



# PROCESOS FLUVIALES

## INESTABILIDAD LATERAL DEL CAUCE



- Según sea la estructura y composición de las orillas predominará uno u otro tipo. A este respecto podemos hacer una clasificación de los tipos de orillas:

Orillas de roca.- Muy estables y sometidas a erosión gradual y rotura intermitente de bloques debido a los cambios de temperatura.

Orillas de material no cohesivo.- Son una mezcla de limos, arenas y gravas. La erosión se realiza partícula a partícula.

Orillas de material cohesivo.- Constituidas por suelos con alto contenido en arcillas y minerales activos que determinan agregados. Son más resistentes a la erosión superficial, pero muy susceptibles de rotura cuando se produce un descenso del nivel de las aguas.

Orillas con materiales estratificados.- Generalmente las más frecuentes y donde aparecen sucesivas capas de estratos en cuanto a tamaño, permeabilidad y cohesión. La erosión dependerá de la erosionabilidad de los materiales de cada capa.

- Antes de proceder a la restauración de cualquier cauce, se hace necesario reconocer si en el se está produciendo uno o varios procesos erosivos procediendo a un reconocimiento de campo e identificación de síntomas evidentes si los hay. La tabla específica alguno de ellos.

# **PROCESOS FLUVIALES**

## **INESTABILIDAD LATERAL DEL CAUCE**

Síntoma visible	Proceso fluvial
Descalzamiento de estructuras de protección de orillas, pilares de puentes, etc.	Incisión del cauce, Diseño inadecuado, Sobredragado
Estructuras aherradas, pasos de puentes disminuidos en su sección	Sedimentación en el lecho
Erosión en ambos márgenes, - sin formación de islas o bancos, - con islas o bancos de arenas centrales	- Incisión, o remoción de vegetación - Sedimentación
Aterramiento en el cauce y estrechamiento lateral con invasión de la vegetación y reducción de la capacidad hidráulica.	Sedimentación
Ensanchamiento progresivo del cauce	Incisión
Erosión de orillas en las curvas de los meandros y bancos de sedimentos sin vegetación	Degradación o erosión del cauce
Evidencia histórica de cambios en la sección transversal o aumento de la sinuosidad	Incisión, Erosión lateral o sedimentación, Contracción del cauce
Evidencia histórica de disminución de la sinuosidad	Sedimentación
Suelos aherrados con materiales aluviales	Sedimentación
Cambios texturales en las secuencias verticales de los materiales aluviales	Sedimentación
Elevación de los bancos de sedimentos del cauce por encima de los más antiguos expuestos en las orillas	Sedimentación
Elevación de los bancos de sedimentos del cauce por debajo de los más antiguos expuestos en las orillas	Incisión
Elevación gradual del nivel de las aguas correspondiente al caudal medio anual	Sedimentación
Disminución gradual del nivel de las aguas correspondiente al caudal medio anual	Incisión