



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CHIMBORAZO





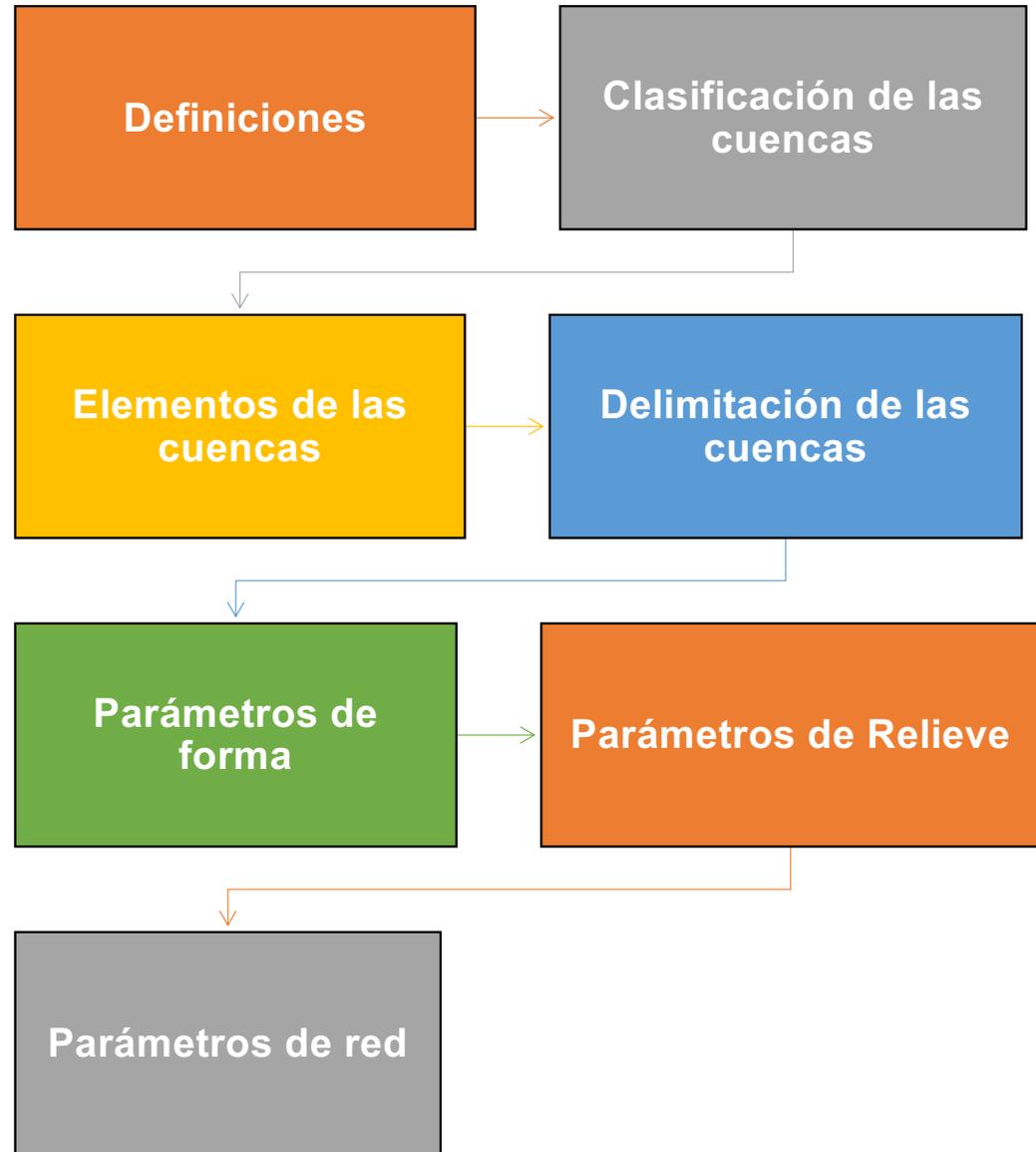
UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
CHIMBORAZO

MANEJO INTEGRADO DE CUENCAS HIDROGRÁFICAS

Caracterización de las Cuencas
Hidrográficas

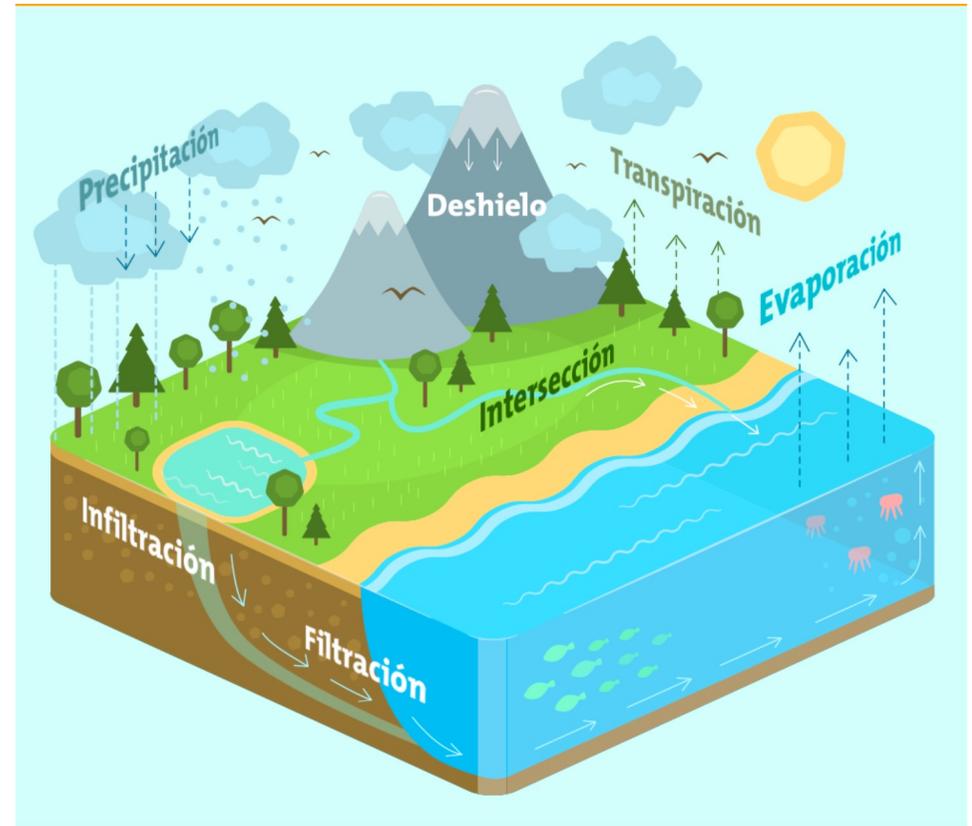
Benito Mendoza T., PhD

CONTENIDOS



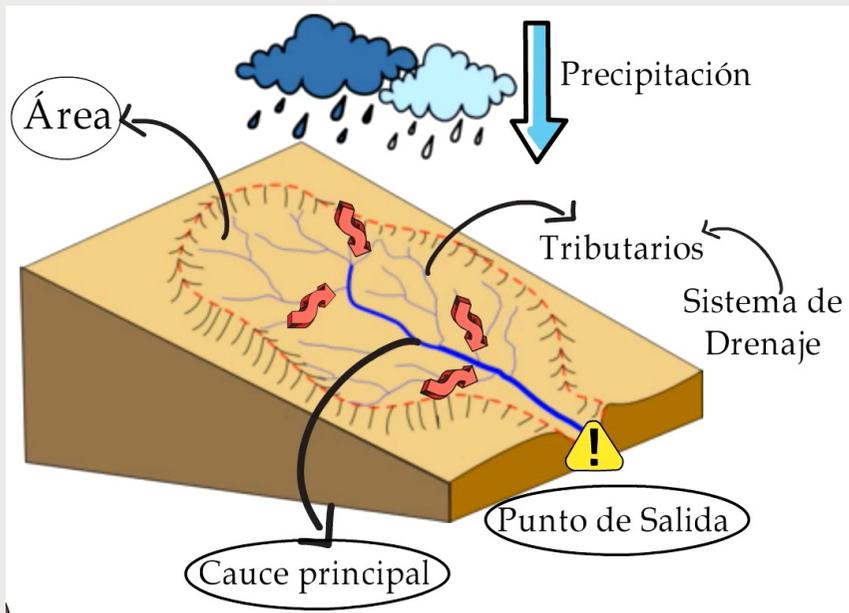
MOTIVACIÓN

TINGO
TINGO
TANGO

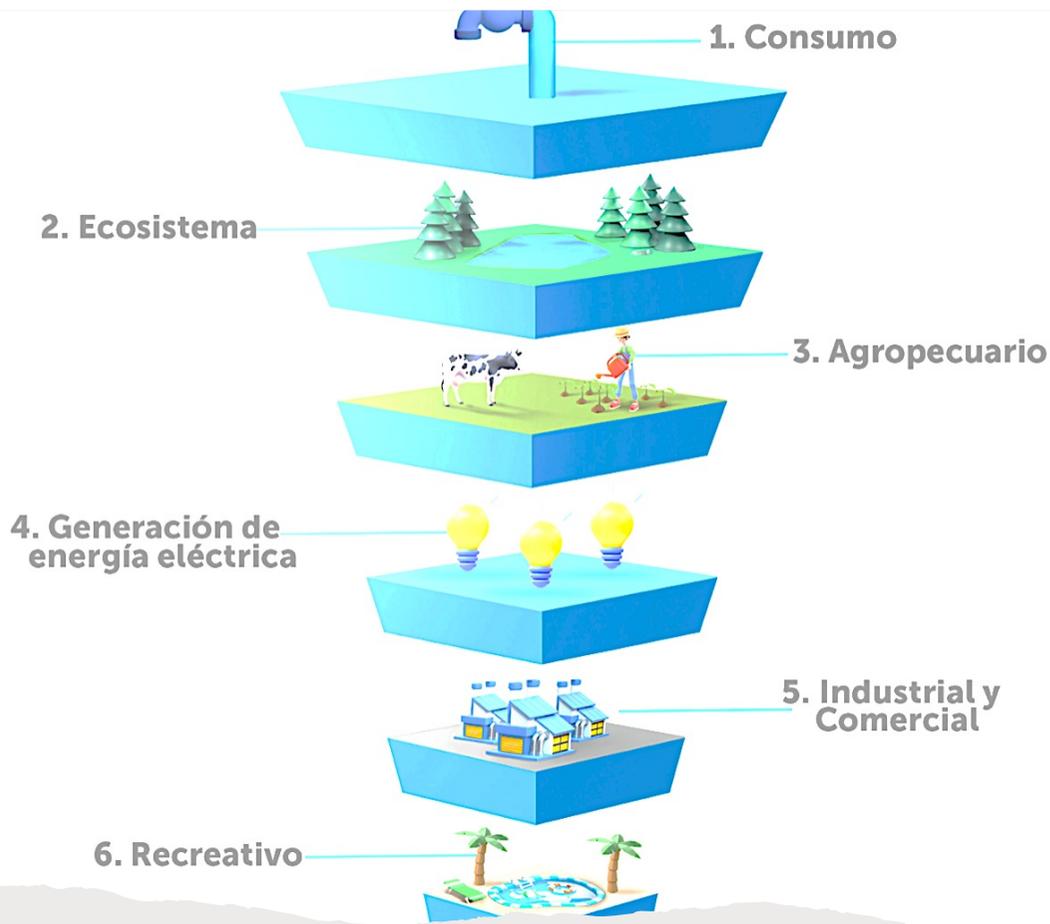




Lluvia de ideas



Lluvia de ideas



Lluvia de ideas

MANEJO INTEGRADO DE LOS RECURSOS HÍDRICOS



DIAGNOSTICO



PLANIFICACIÓN



SEGUIMIENTO



DEFINICIONES



GEOMORFOLOGÍA: estudia las formas superficiales del relieve terrestre (geo=tierra, morfo=forma; logia=estudio o tratado).



CUENCA: es una zona de la superficie terrestre en donde las gotas de lluvia que caen sobre ella tienden a ser drenadas por el sistema de corrientes hacia un mismo punto de salida



CUENCA HIDROGRÁFICA: espacio geográfico cuyos aportes hídricos naturales son alimentados exclusivamente por las precipitaciones y cuyos excedentes en agua o en materias sólidas transportadas por el agua forman, en un punto espacial único, una desembocadura.

CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA

TAMAÑO



GRANDE (> 250 km²)

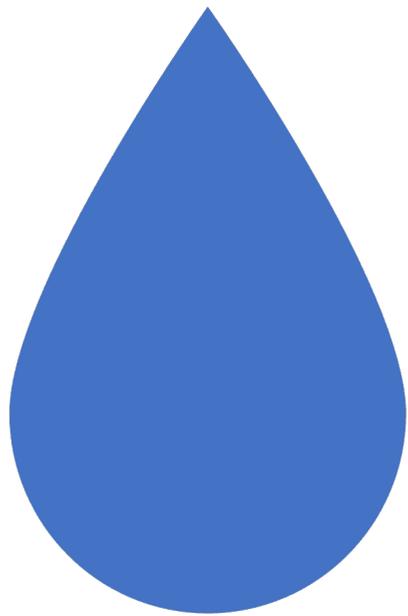
predomina:

- **Pendiente**
- **Elevación**
- **Área**
- **Cauce**

PEQUEÑA (< 250 km²)

Características:

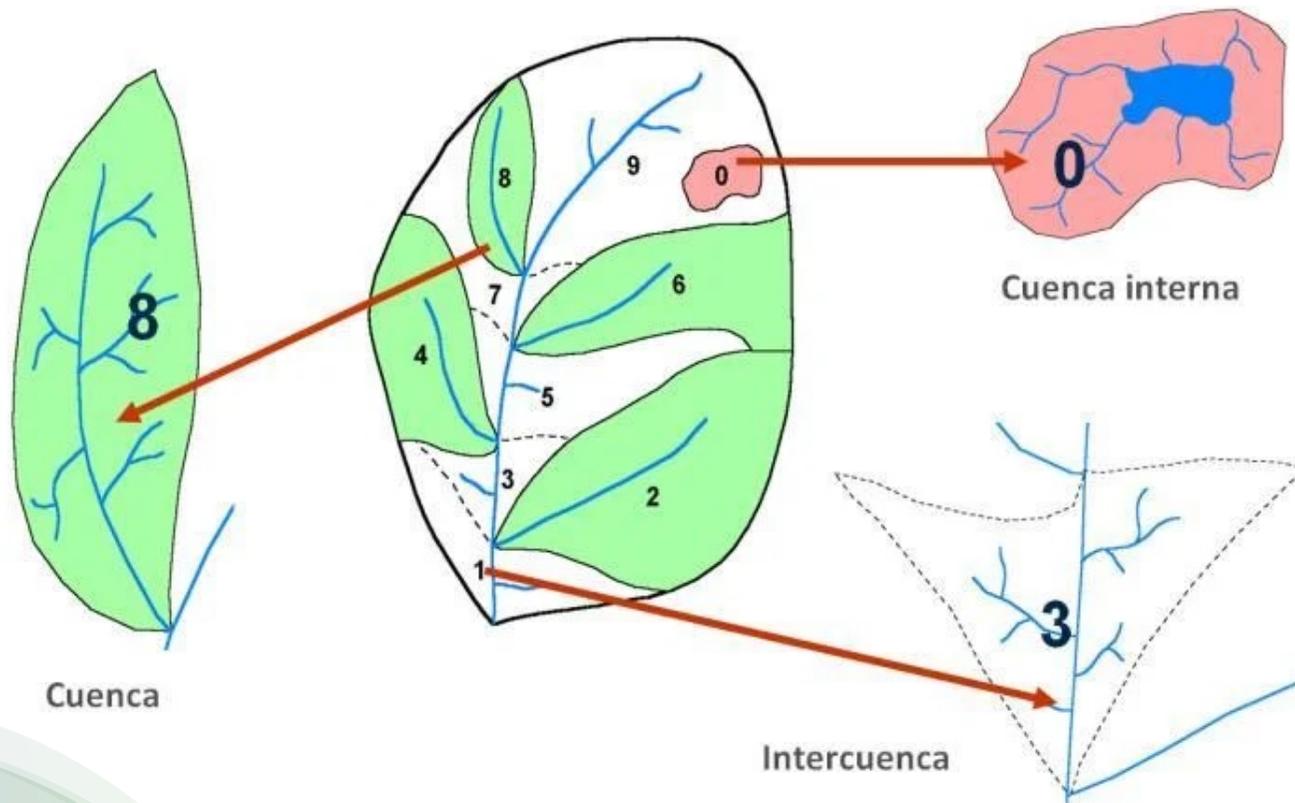
- **Tipo de suelo**
- **Vegetación**



TAMAÑO

- Sistema hidrográfico (+ de 3001 km²)
- Cuencas (600 - 3000 km²)
- Subcuencas (100 - 601 km²)
- Microcuenca (< 100 km²)

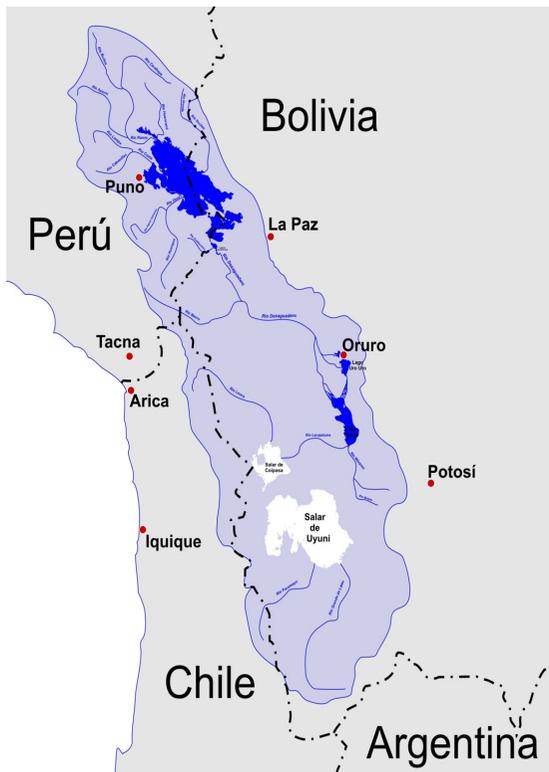
CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA



CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA

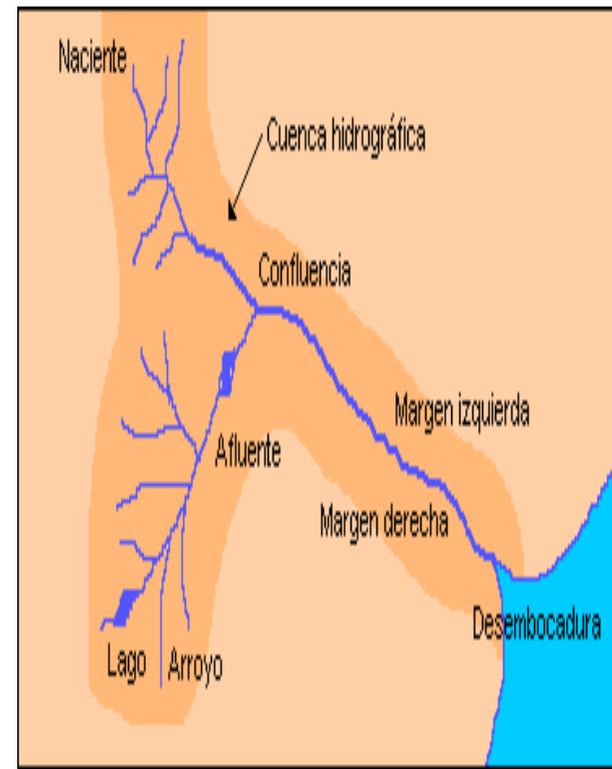
Metodología Pfafstetter

CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA



ENDORREICAS

SALIDA

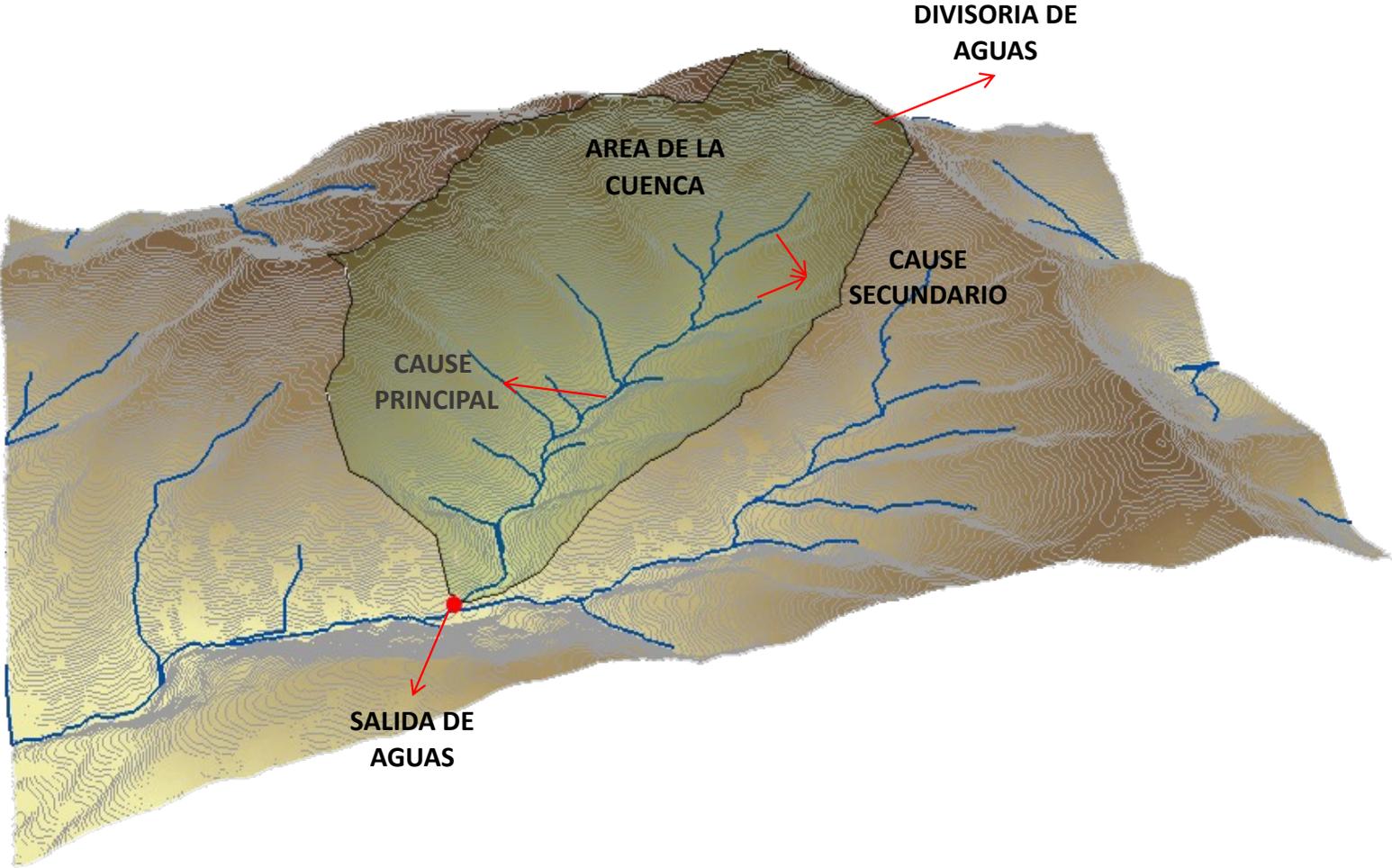


EXORREICAS

CLASIFICACIÓN DE CUENCA HIDROGRÁFICA

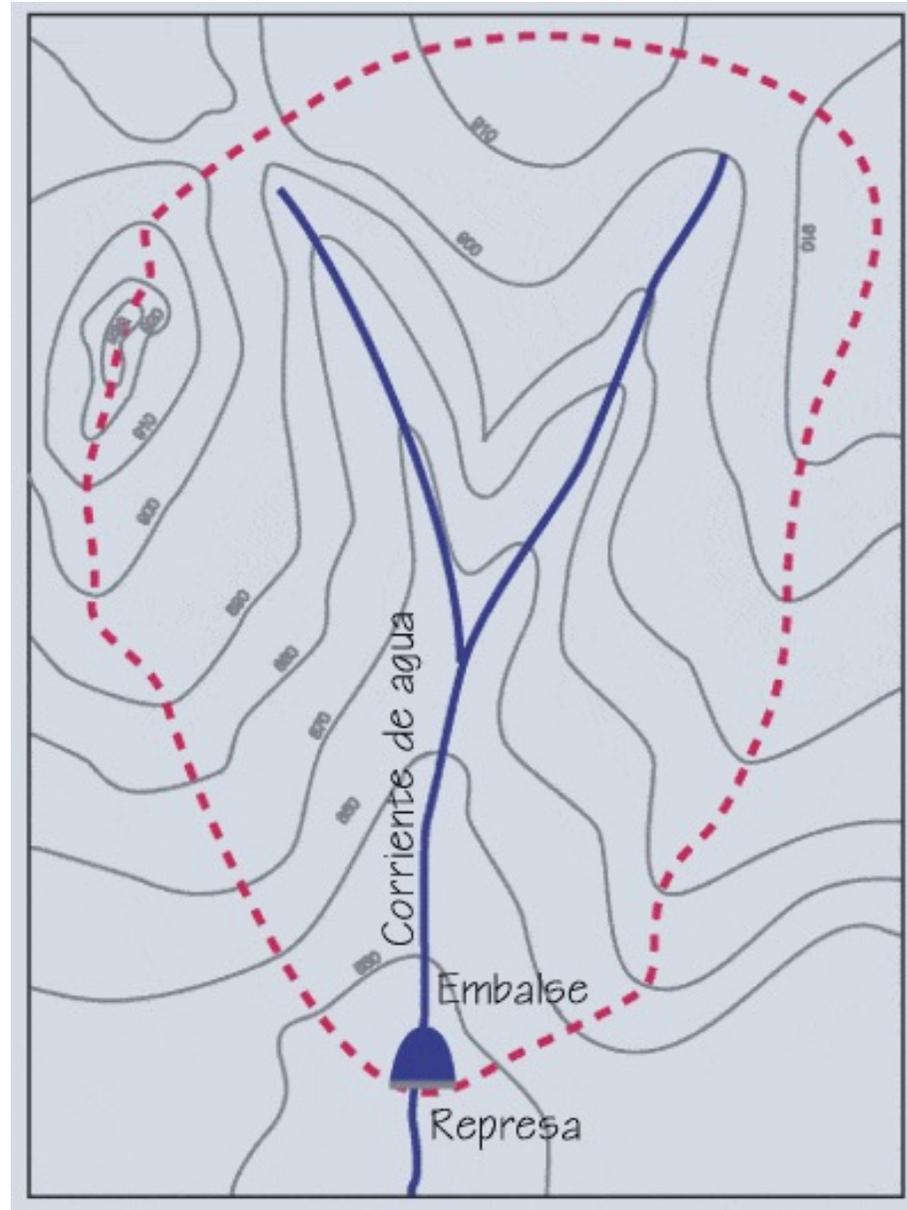


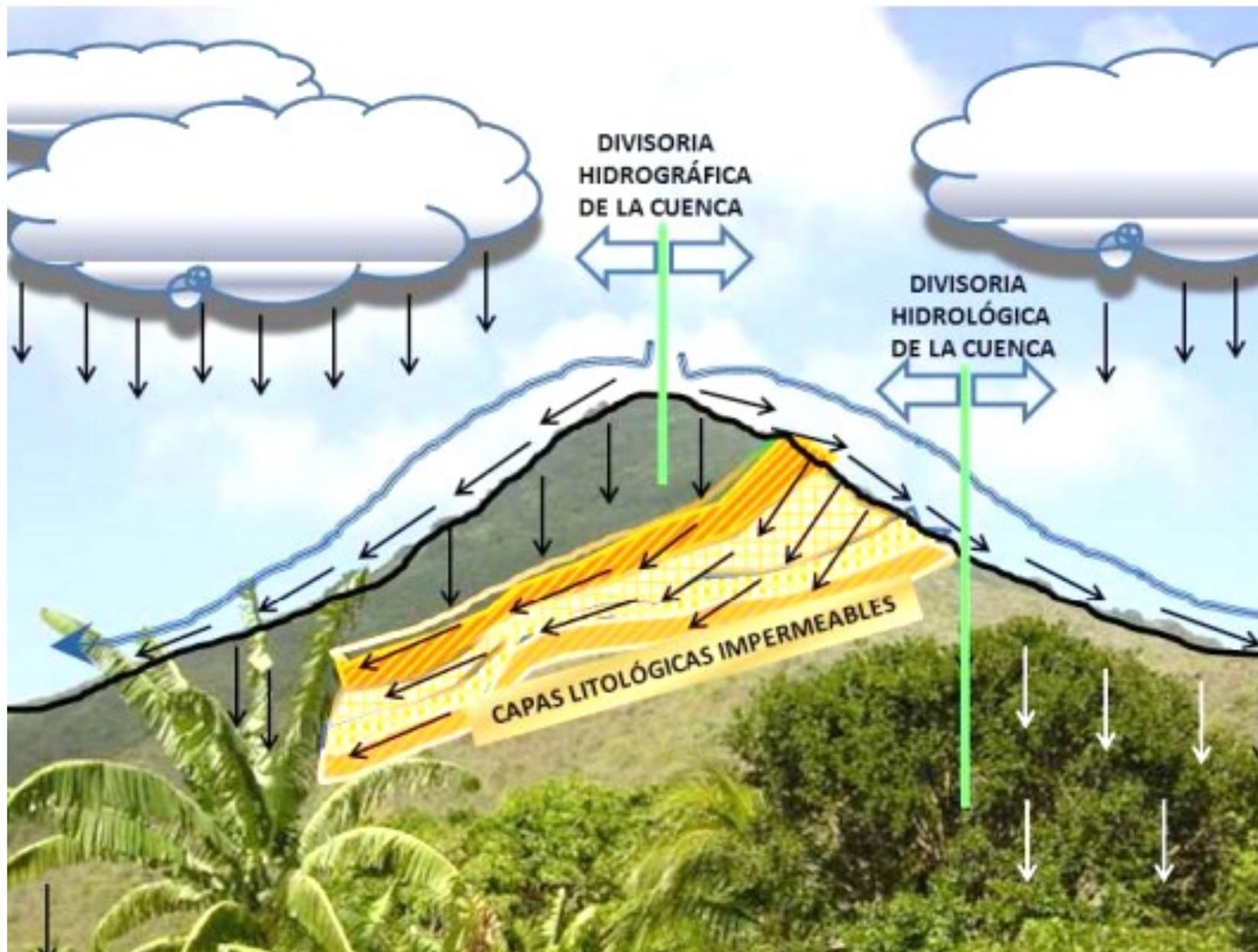
ELEMENTOS DE LA CUENCA

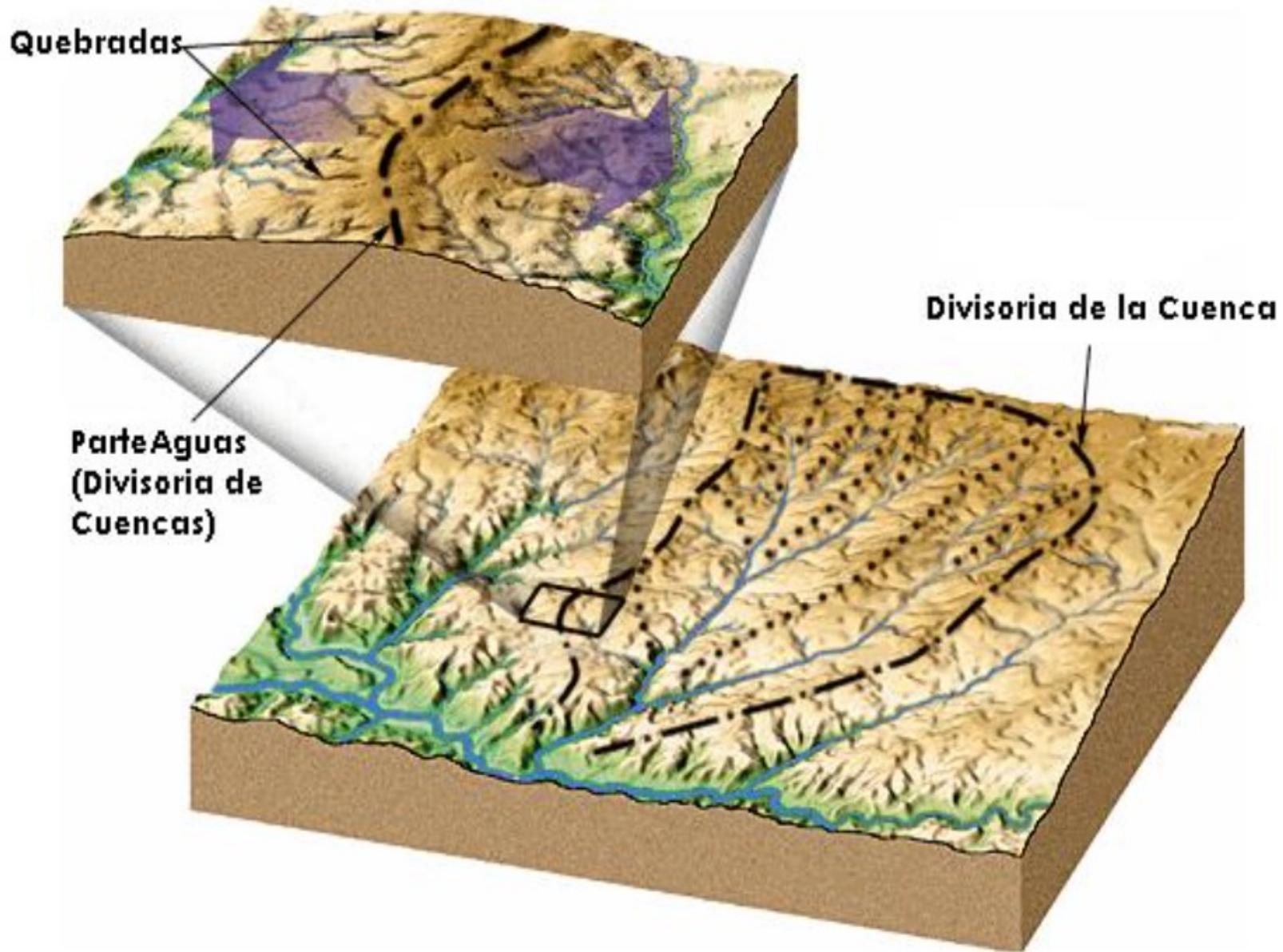


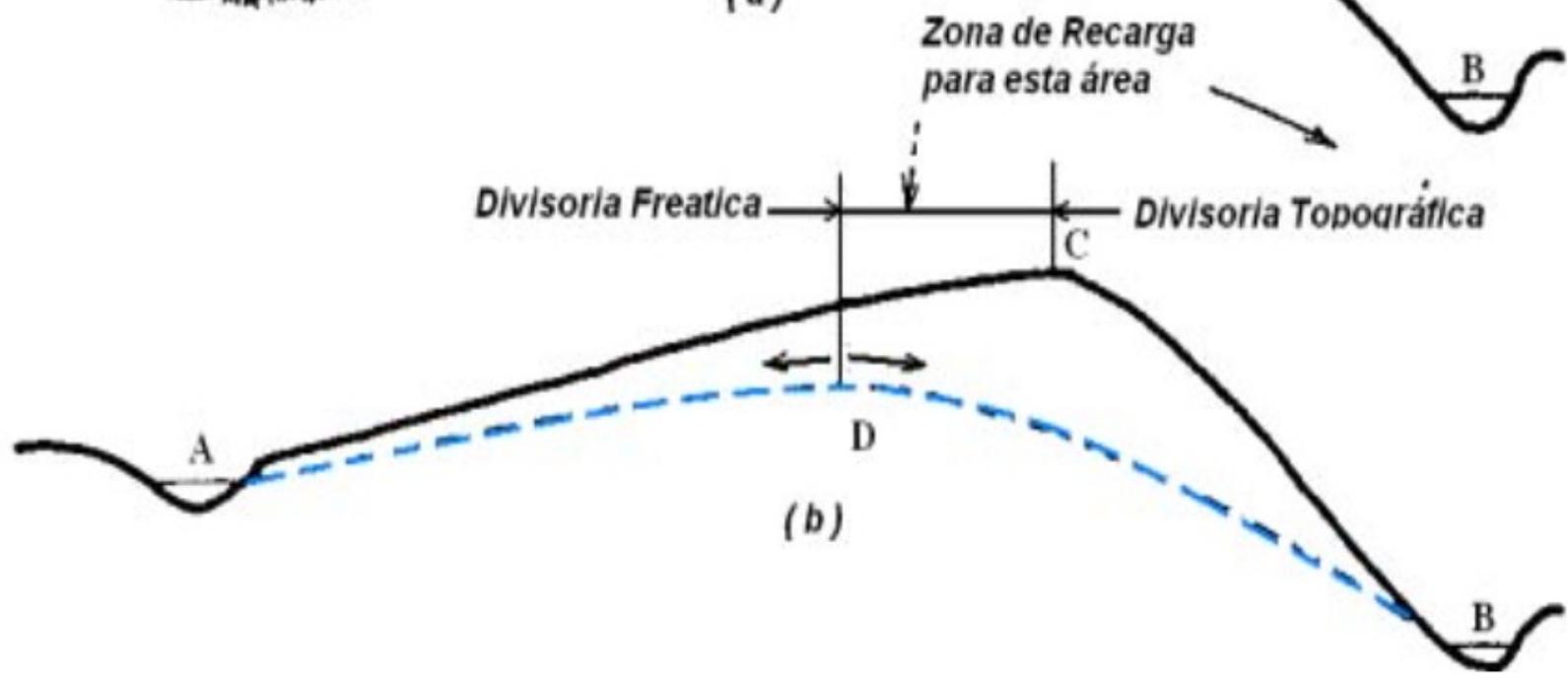
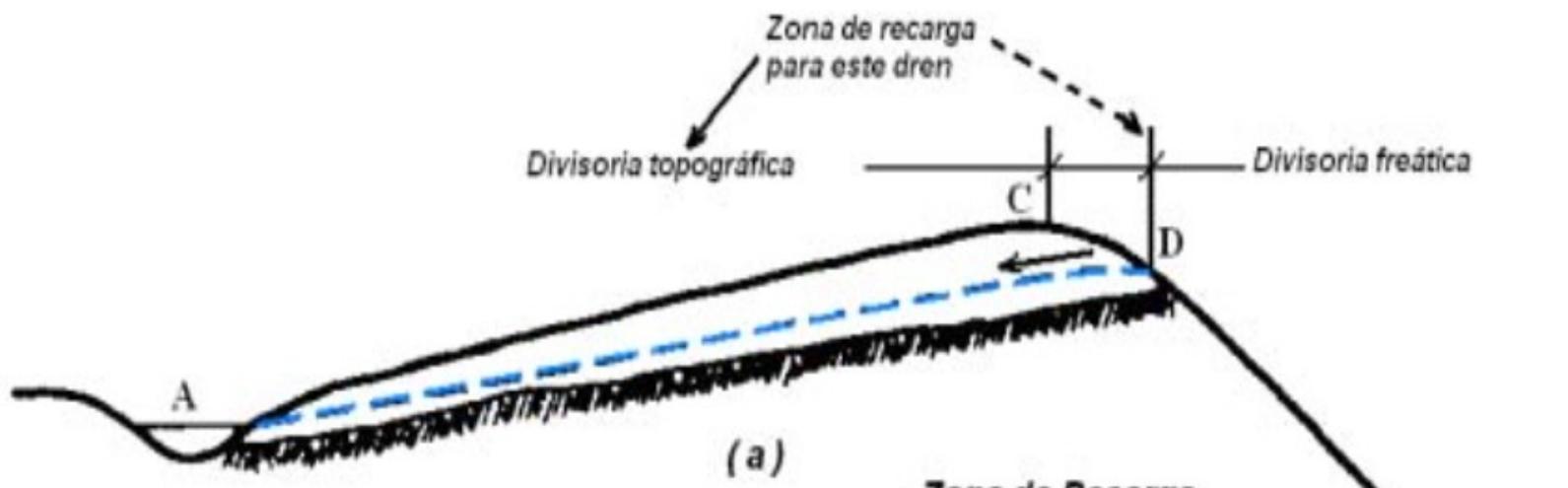
DELIMITACIÓN

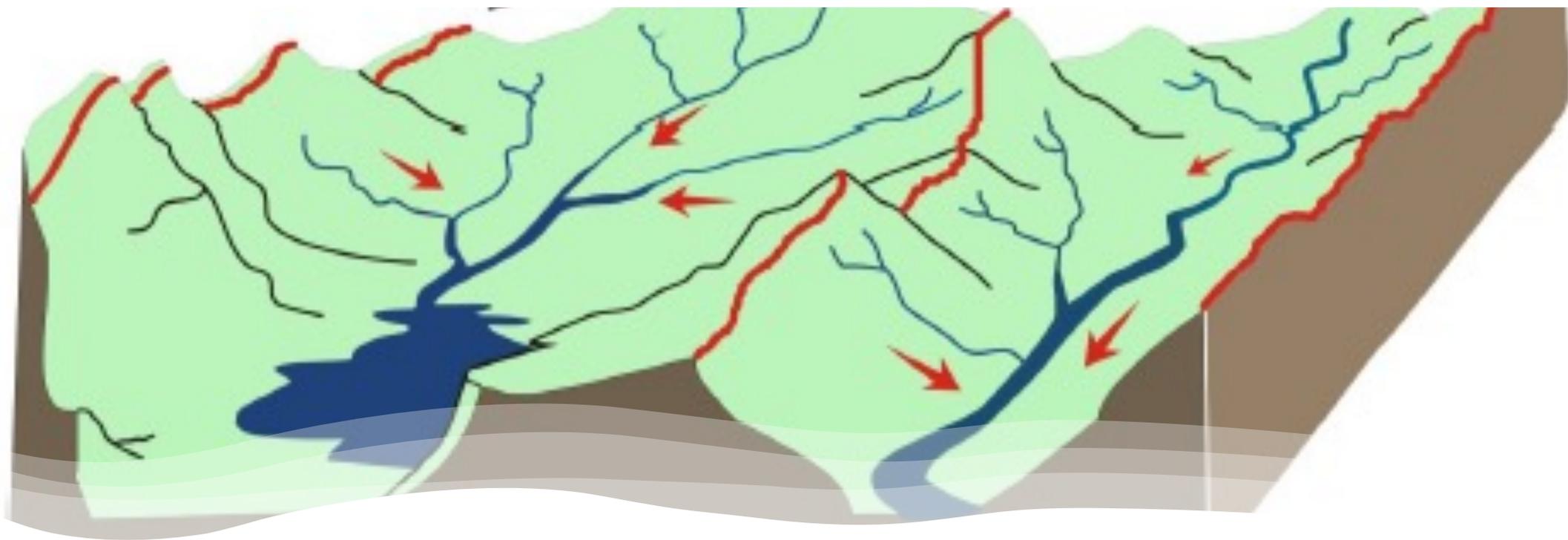
La delimitación de una cuenca, se hace sobre un plano o mapa con curvas de nivel siguiendo las líneas del Divortium Acuarum (parteaguas), formado por los puntos de mayor nivel topográfico.



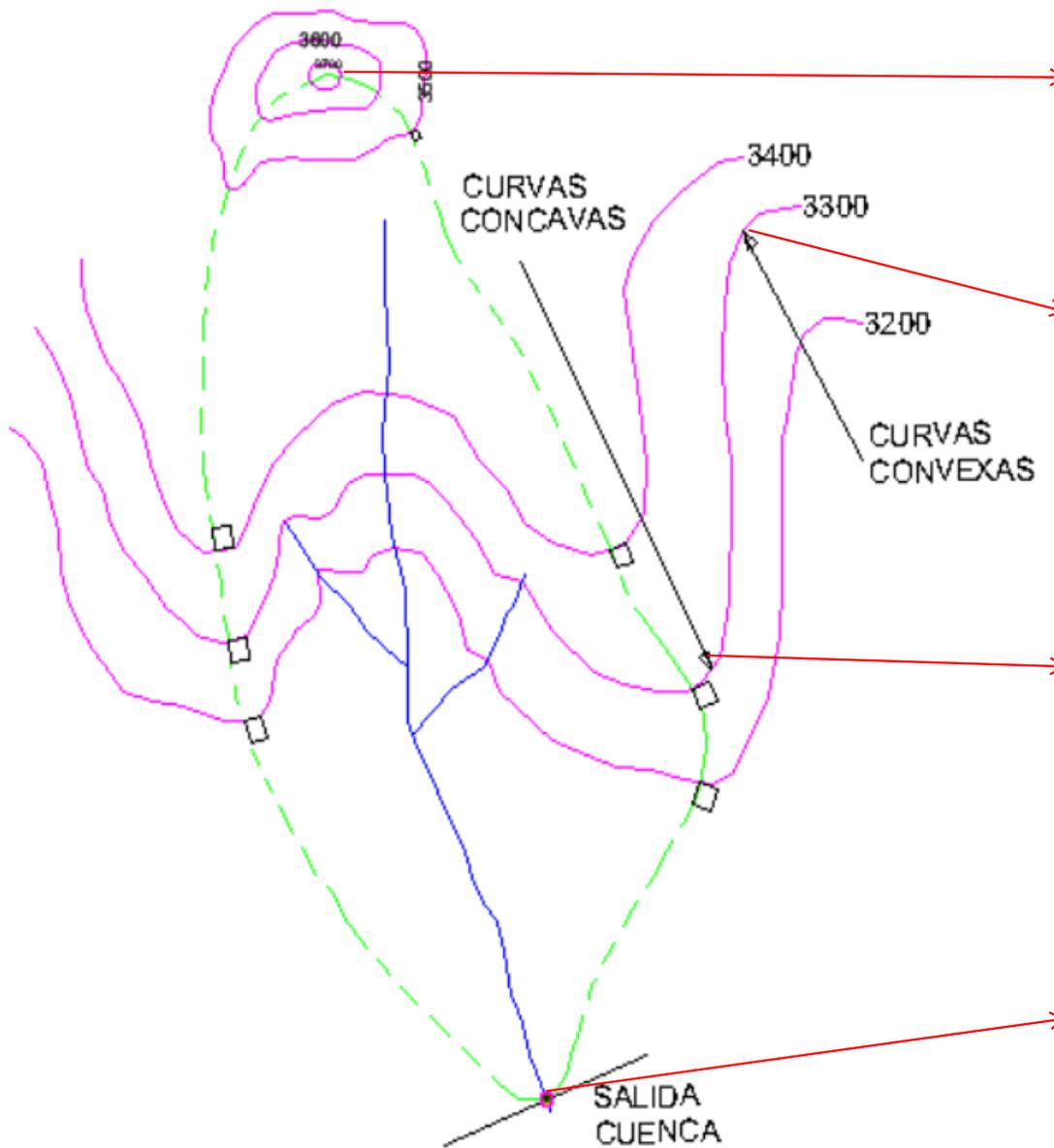








REGLAS PRACTICAS PARA EL TRAZADO DE LA DIVISORIA
TOPOGRÁFICA

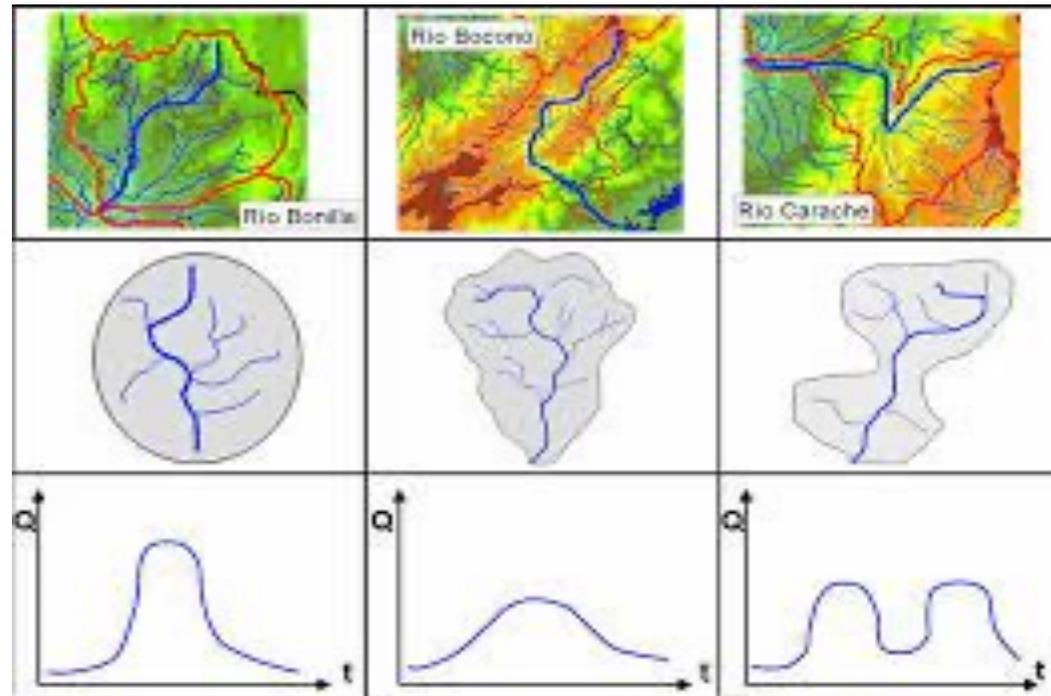


1. La divisoria corta ortogonalmente a las curvas de nivel y pasa por los puntos de mayor nivel topográfico,
2. Cuando la divisoria va aumentando su altitud, corta a las curvas de nivel por la parte convexa (el caso cuando el trazado se dirige desde el río hacia arriba),
3. Cuando la altitud de la divisoria va decreciendo, corta a las curvas de nivel por su parte cóncava (el caso cuando el trazado llegue al río ya para cerrar la divisoria),
4. Como comprobación, la divisoria nunca corta a un arroyo o río, excepto en el punto de interés de la cuenca (salida).

An aerial photograph of a river system in a rugged, mountainous landscape. The river flows through deep, rocky canyons, forming several meanders. One prominent meander has formed a large oxbow lake. The surrounding terrain is steep and rocky, with some patches of green vegetation. The sky is overcast, and the overall lighting is somewhat dim, highlighting the textures of the rock and the winding path of the water.

GEOMORFOLOGÍA DE LA CUENCA

Parámetros de Forma



Índice de compacidad o Coeficiente de Gravelius (I_c)

$$I_c = 0.282 * \left(\frac{P}{\sqrt{A}} \right)$$

Relación entre el Perímetro de la cuenca y el Área de la cuenca

Función necesaria en ArcGis

Usamos **Sqr** que permite calcular la raíz cuadrada

Si $I_c = 1$ y 1.25 la cuenca es de forma circular o redonda

Si $I_c = 1.25$ y 1.5 oval oblonga

Si $I_c = 1.5$ y 1.75 oblonga a rectangular

Este coeficiente nos dará luces sobre la escorrentía y la forma del hidrograma resultante de una determinada lluvia caída sobre la cuenca.

$I_c \approx 1.25$ a 1.5 cuenca regular

$I_c \neq 1.5$ en adelante es una cuenca irregular; (I_c grande, menos susceptible a inundaciones)

Factor de Forma (Ff)

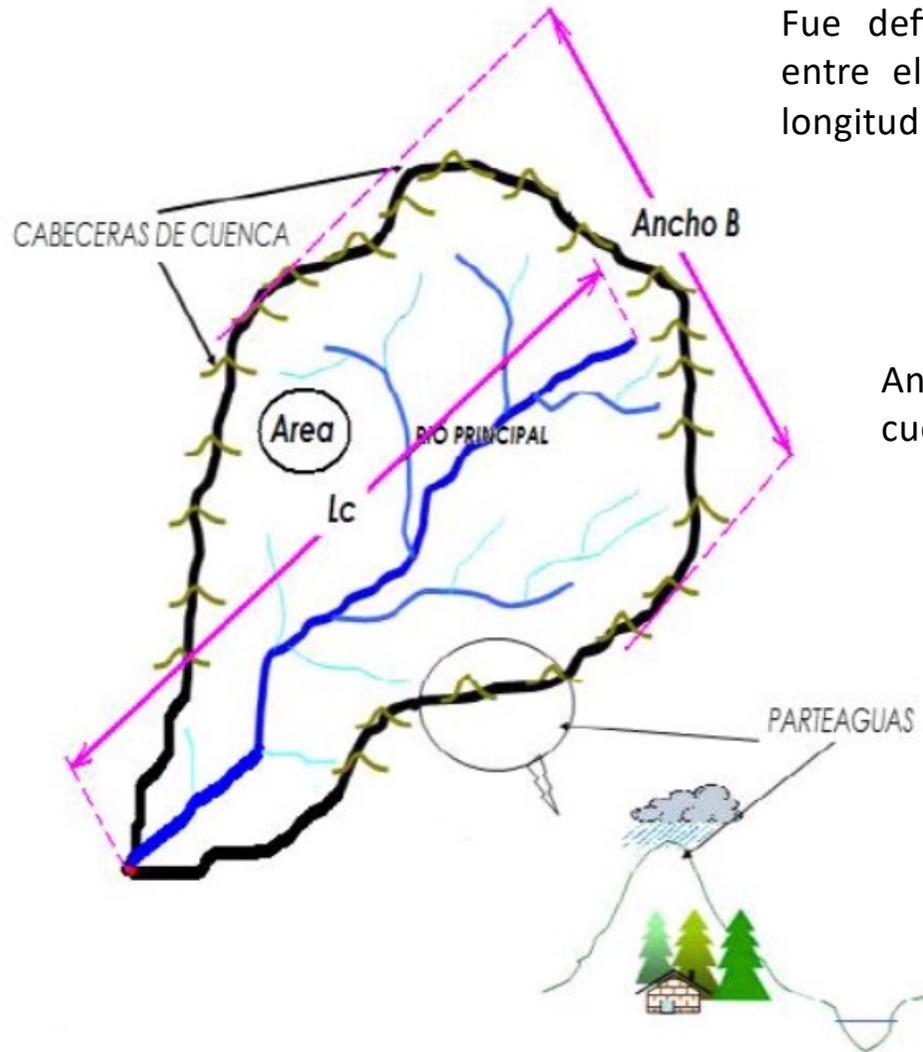
Fue definido por Horton, como el cociente entre el ancho promedio de la cuenca y su longitud del cauce principal:

$$F_f = \frac{B}{L_c}$$

Ancho promedio de la cuenca:

$$B = \frac{A}{L_c}$$

$$F_f = \frac{A}{L_c^2}$$



B = Ancho Promedio de la cuenca, (Km)

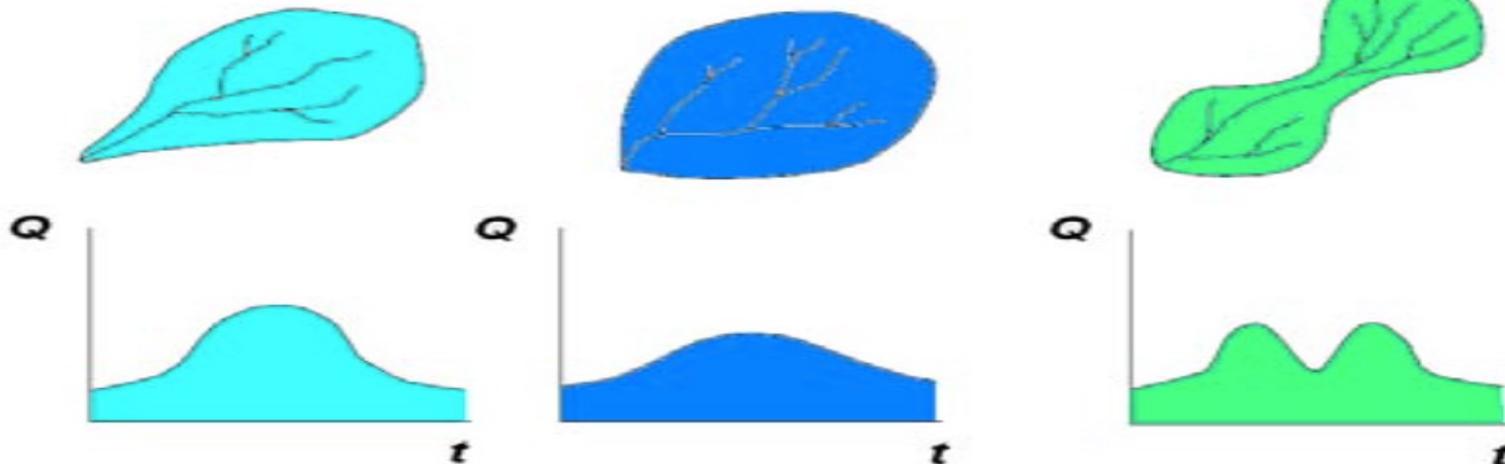
A = Área de la cuenca, (Km²)

Lc = Longitud de la cuenca, que se define como la distancia entre la salida y el punto más alejado, cercano a la cabecera del cauce principal, medida en línea recta

Factor de Forma (Ff)

F_f muestra que las cuencas no son similares en forma. Es decir a medida que el área aumenta, su relación A/L_c disminuye, lo cual indica una tendencia al alargamiento en cuencas grandes. La forma de la cuenca afecta los hidrogramas de caudales máximos, por lo que se han hecho numerosos esfuerzos para tratar de cuantificar este efecto por medio de un valor numérico.

0.01 – 0.18 muy poco achatada
0.19 – 0.36 ligeramente achatada
0.37 – 0.54 moderadamente achatada



Relación de Elongación (Re)

definido por Schumm, es la relación entre el diámetro de un círculo (D) de área igual a la cuenca y la longitud de la cuenca (Lc).

$$R_e = \frac{D}{L_c} \longrightarrow \mathbf{D = 1.1284 * \sqrt{A}} \longrightarrow R_e = 1.1284 * \frac{\sqrt{A}}{L_c}$$

Si Re varía entre 0.80 y 1.00 cuenca con amplia variedad de climas y geologías. Además esta fuertemente correlacionado con el relieve de la cuenca, de manera que valores cercanos a la unidad son típicos de regiones con relieve bajo, en cambio donde Re que varía de 0.60 a 0.80 está asociado a fuertes relieves y pendientes pronunciadas del terreno.

relieves y pendientes pronunciadas del terreno por que esta menor 0.6.

Relación de circularidad (Rci)

Relación de circularidad, (Rci), denominado también como radio de circularidad, es el cociente entre el área de la cuenca (A) y la del círculo cuyo perímetro (P) es igual al de la cuenca:

$$R_{ci} = \frac{4\pi A}{P^2}$$

Donde:

A= Área de la Cuenca en Km²;

P= Perímetro de la cuenca en Km.

Cuando:

Rci=1, la cuenca es circular y

Si Rci=0.785, la cuenca es cuadrada.

—

Parámetros de Relieve



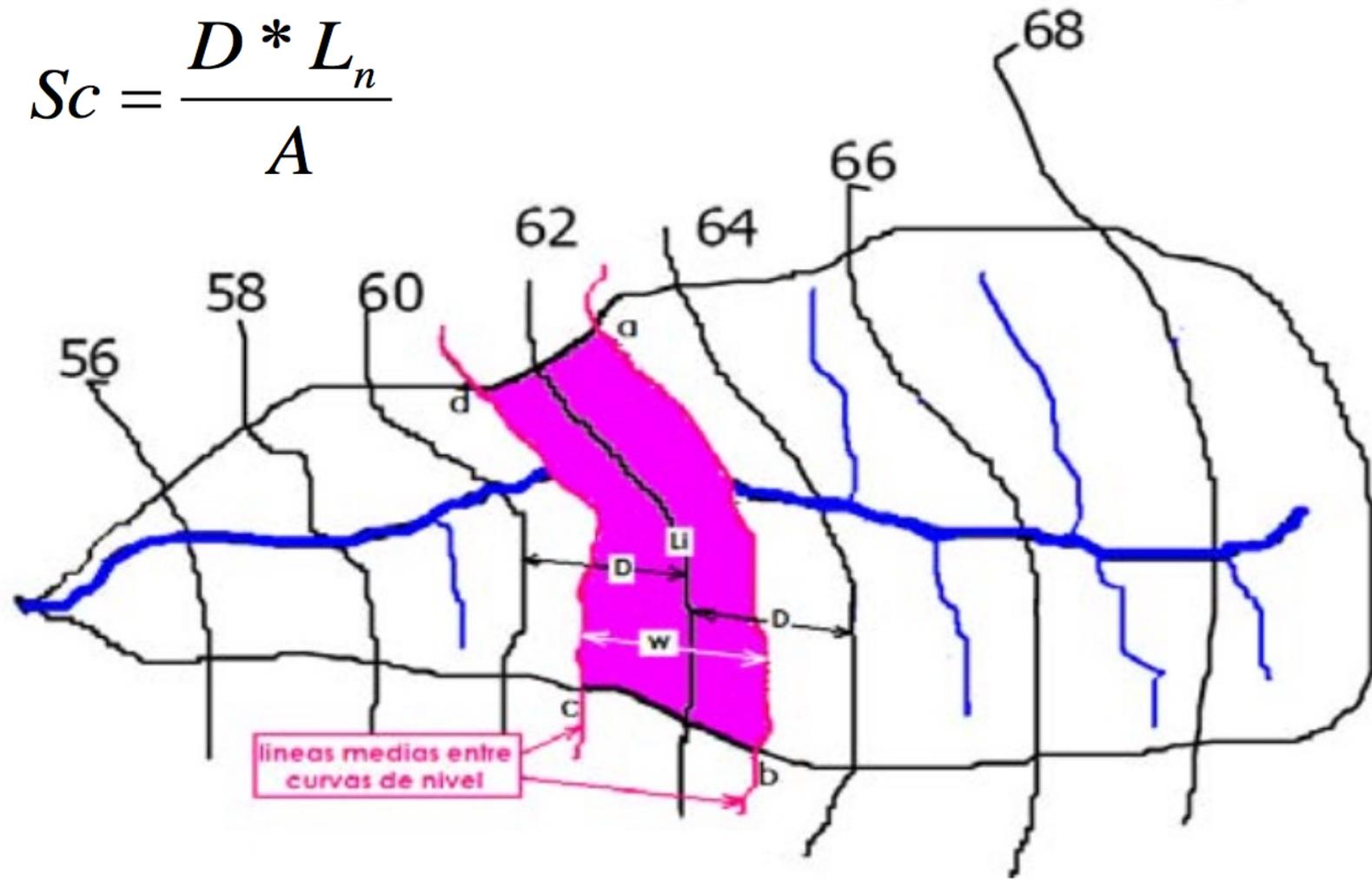


Pendiente de la Cuenca

- La pendiente media de la cuenca tiene una importante pero compleja relación con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea al flujo en los cauces. Es uno de los factores físicos que controlan el tiempo del flujo sobre el terreno y tiene influencia directa en la magnitud de las avenidas o crecidas.
- Existen diversos criterios para evaluar la pendiente media de una cuenca, entre las que se destacan son: criterio de Albord y criterio de Horton.

Criterio de J.W. Alvord

$$Sc = \frac{D * L_n}{A}$$

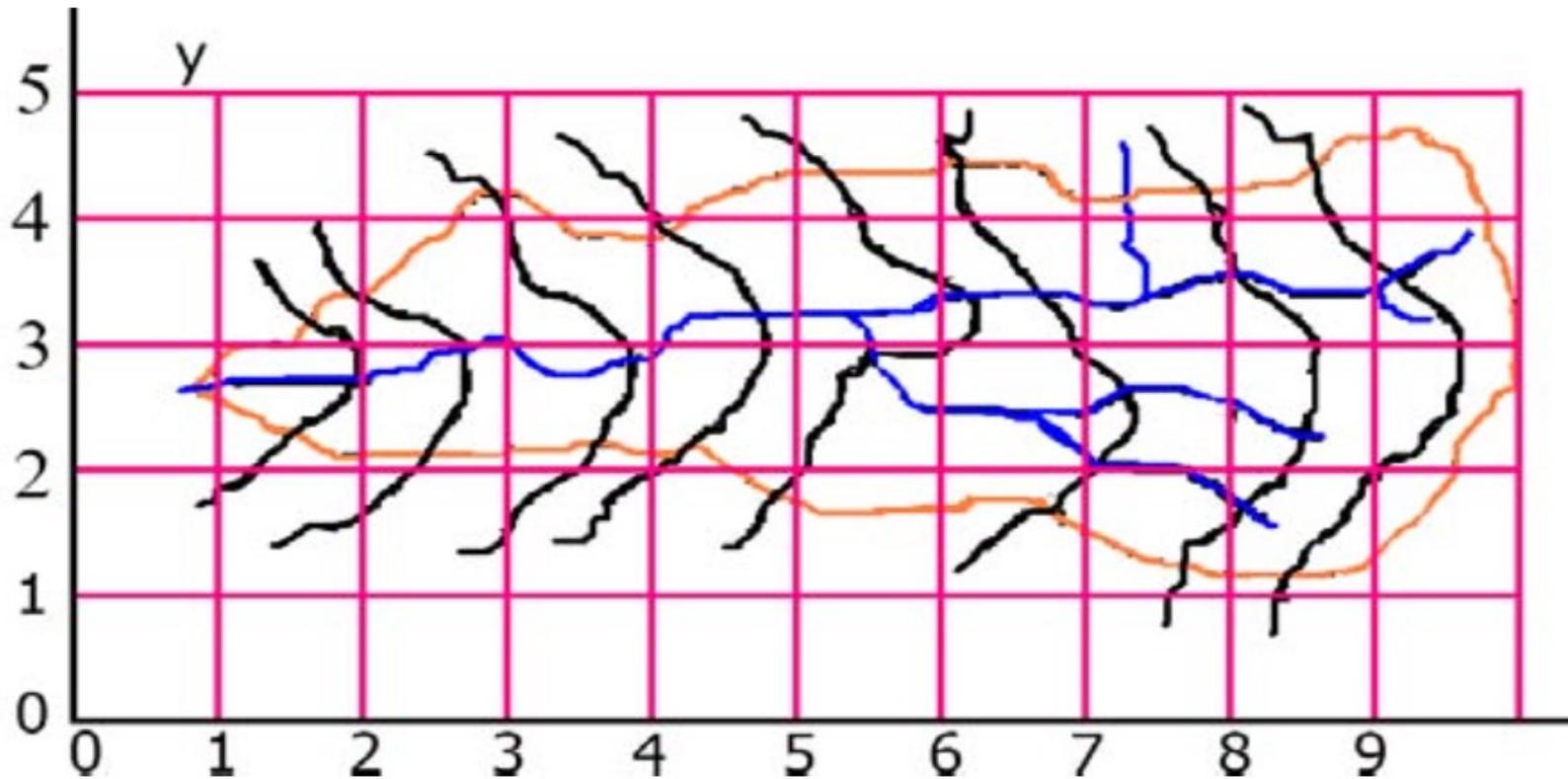


Criterio de R. E. Horton

$$S_x = \frac{n_x * D_e}{L_x}$$

$$S_y = \frac{n_y * D_e}{L_y}$$

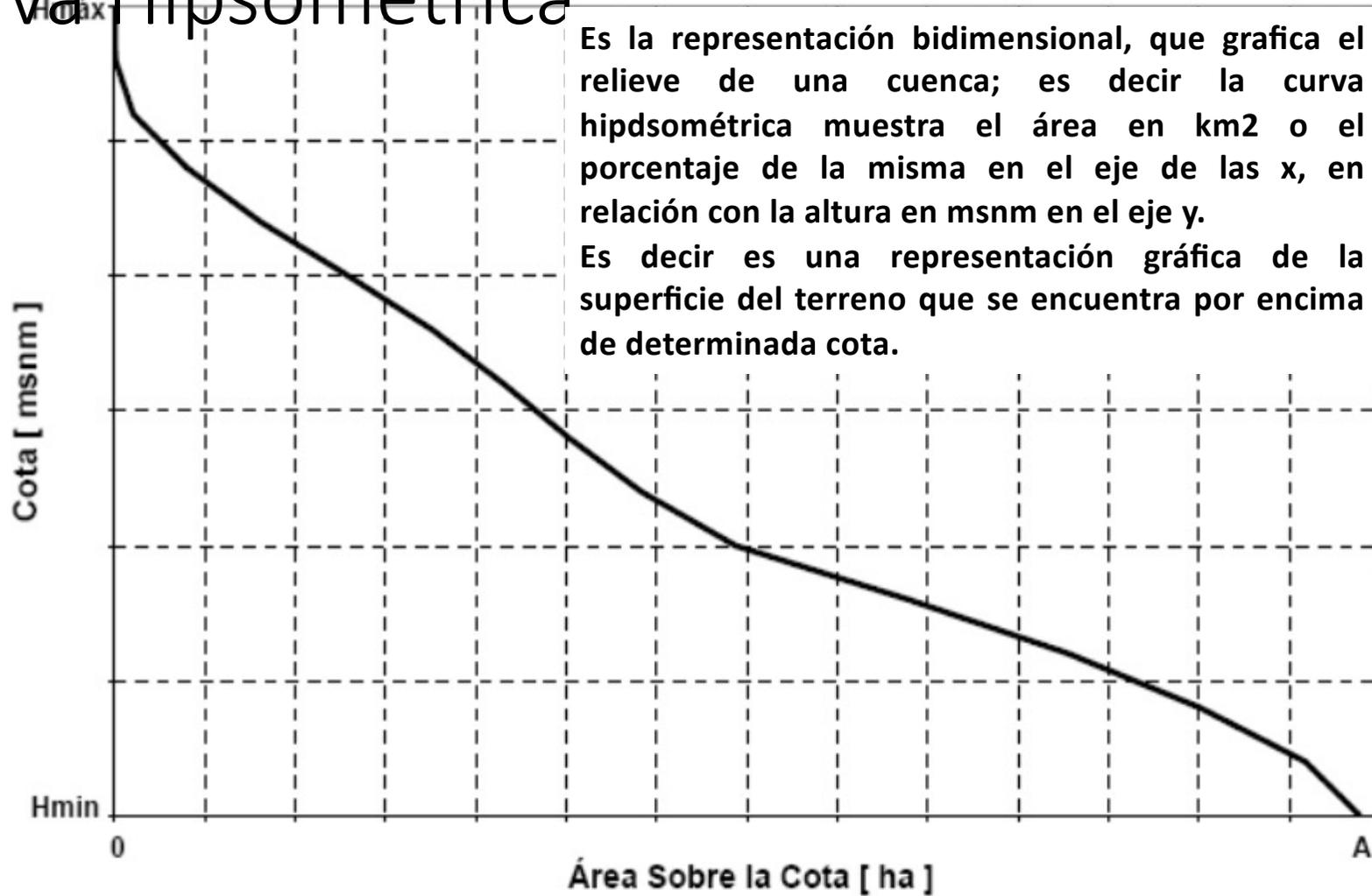
$$S_c = \frac{N * D_e * \sec \phi}{L}$$



Clasificación de terrenos según la Pendiente media en una cuenca

PENDIENTE (%)	TIPO DE TERRENO
2	Plano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Curva Hipsométrica



Utilidad de la curva Hipsométrica

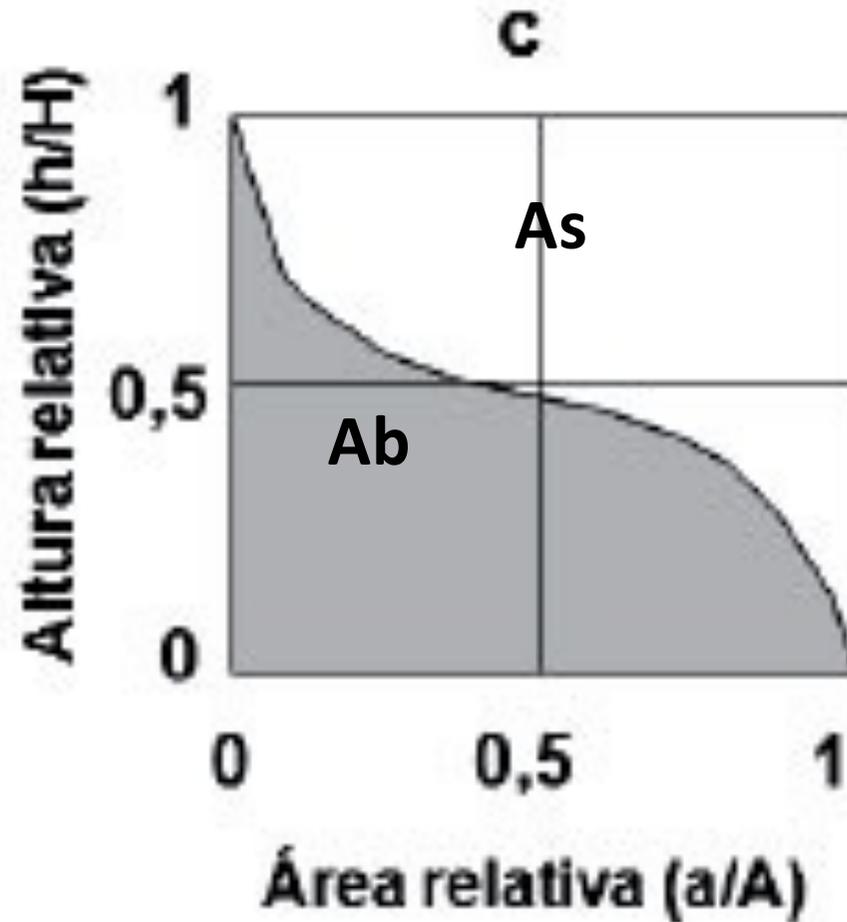
$$R_H = \frac{A_s}{A_b}$$

Donde:

A_s área sobre la curva hipsométrica

A_b área bajo la curva hipsométrica

La importancia de esta relación hipsométrica reside en que es un indicador del estado de equilibrio dinámico de la cuenca.



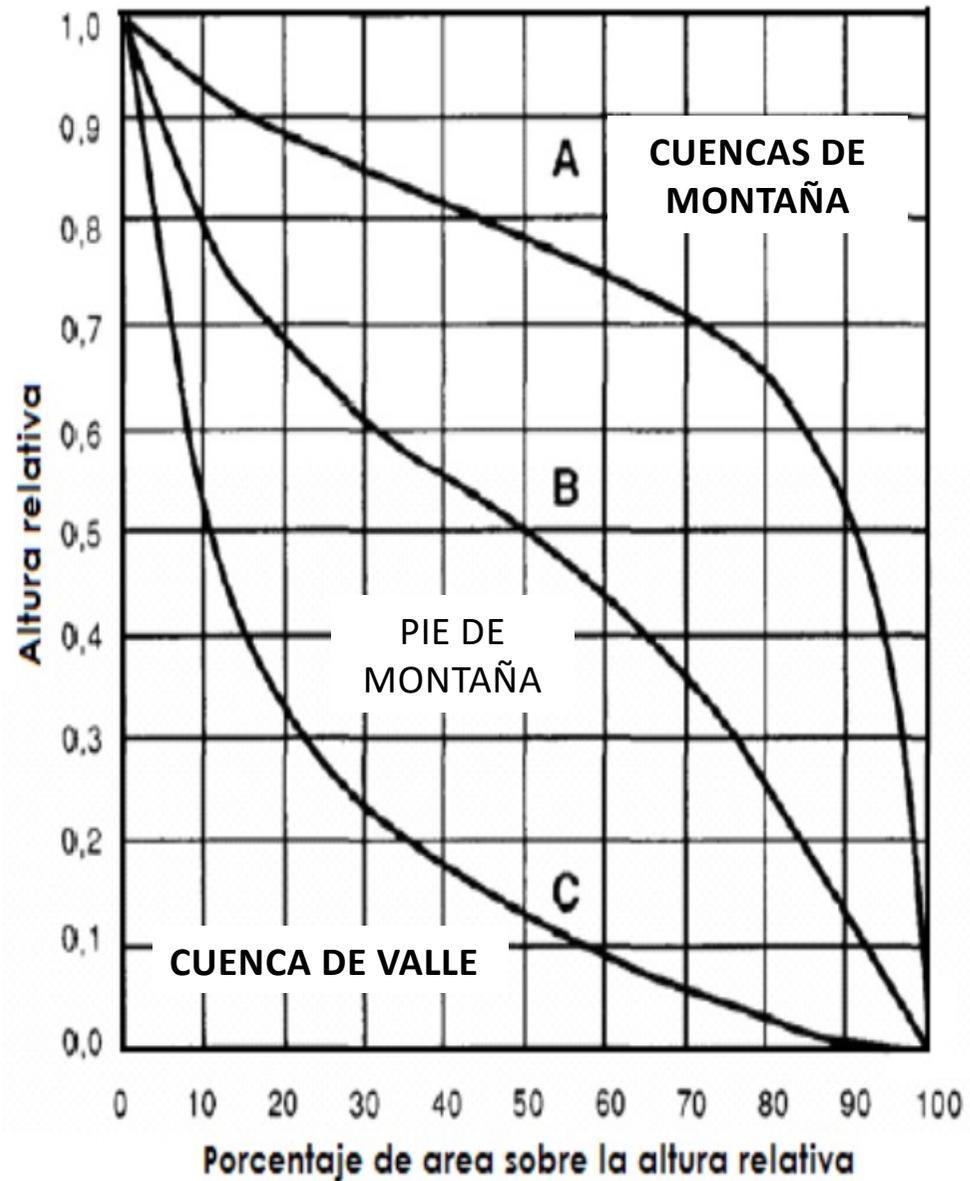
Se evidencia tres curvas hipsométricas correspondientes a tres cuencas hipotéticas, que tienen potenciales evolutivos distintos.

La curva superior (A) refleja una cuenca con un gran potencial erosivo $R_H < 1$ Cuenca en fase juventud;

La curva intermedia (B) es característica de una cuenca en equilibrio, $R_H = 1$ Cuenca en fase madurez;

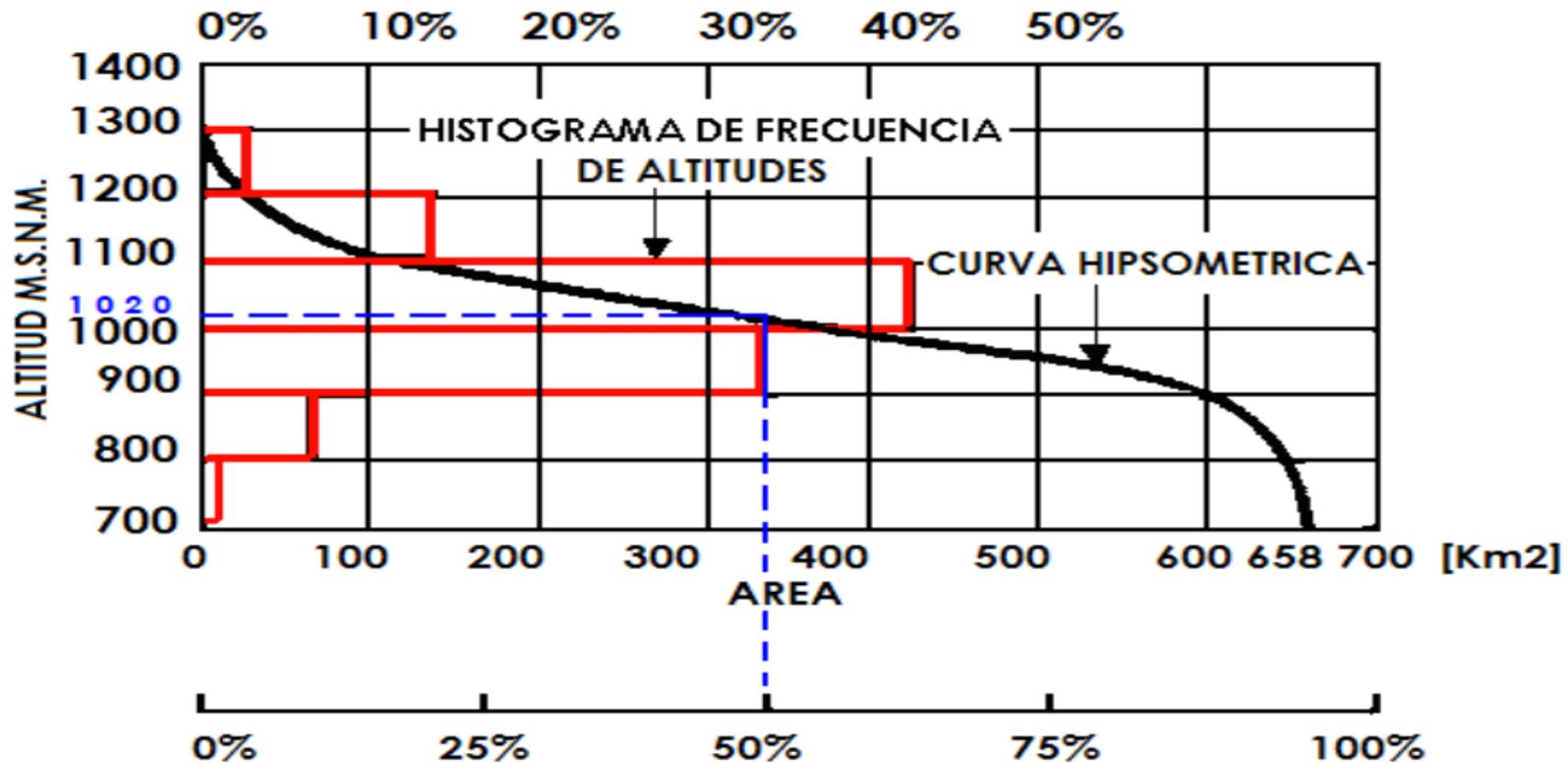
La curva inferior (C) es típica de una cuenca sedimentaria, $R_H > 1$ Cuenca en fase de vejez.

Representando así las distintas fases de la vida de los ríos:



Altitud de frecuencia media, es la altitud media correspondiente a la media de la abscisa del histograma de frecuencia de altitudes.

Gráficamente la elevación media de la cuenca se obtiene, entrando con el 50 % del área en el eje X, trazando una perpendicular por este punto hasta interceptar a la curva hipsométrica, y por éste punto trazar una horizontal hasta cortar el eje Y.





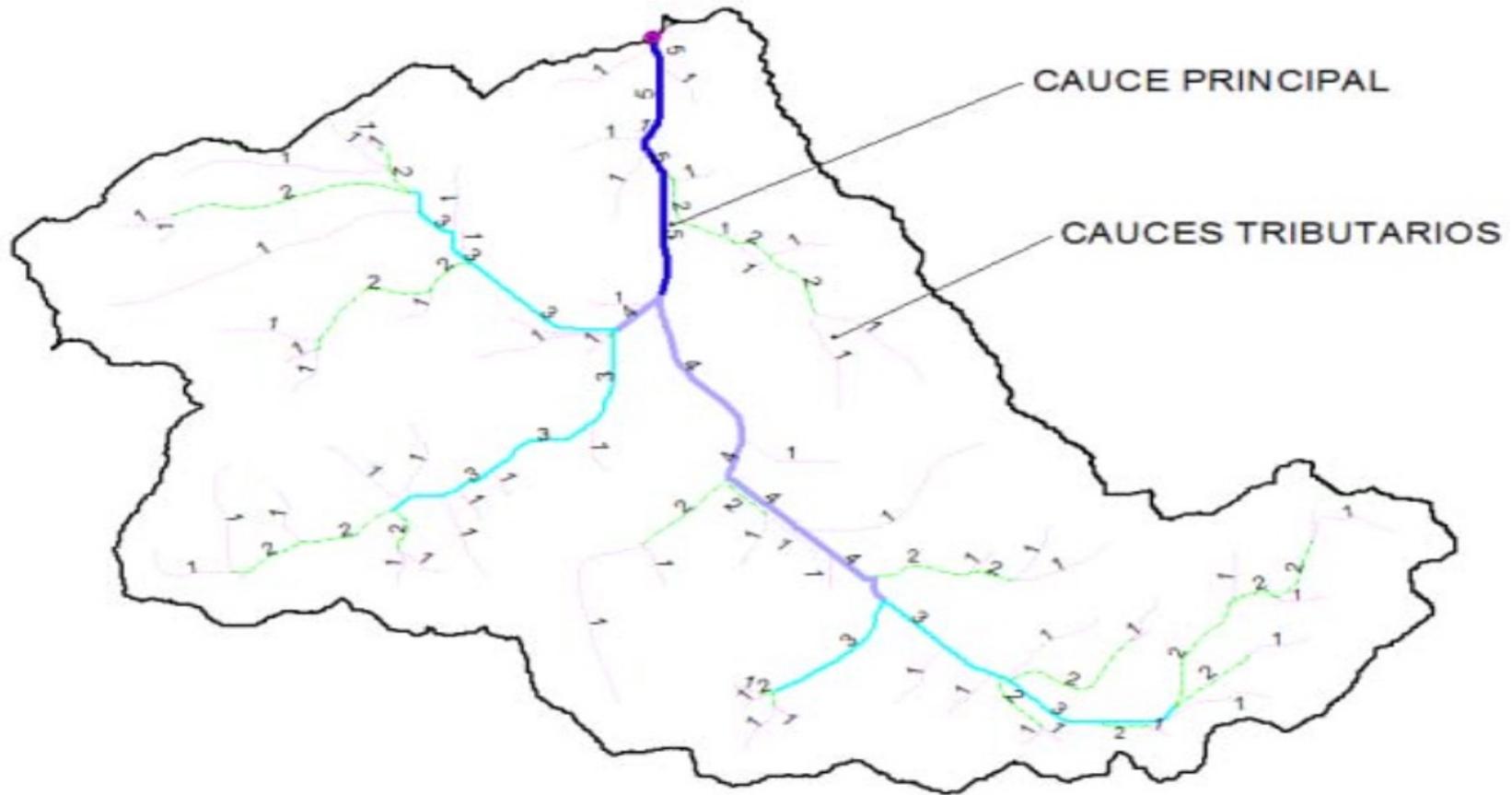
Parámetros de Red de drenaje



PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Componentes de la red de drenaje

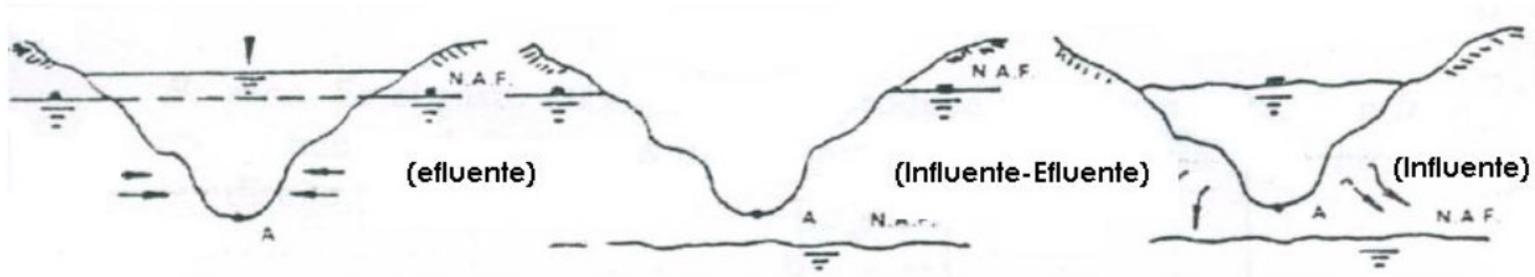
La red de drenaje de una cuenca está formada por el **cauce principal** y los **cauces tributarios**.



PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Clasificación de Corrientes en la red de drenaje

a) Por el tiempo en que transportan agua.



a).-Corriente perenne

conducen agua durante todo el año.

b).-Corriente intermitente

lleva agua durante la época de lluvias de cada año.

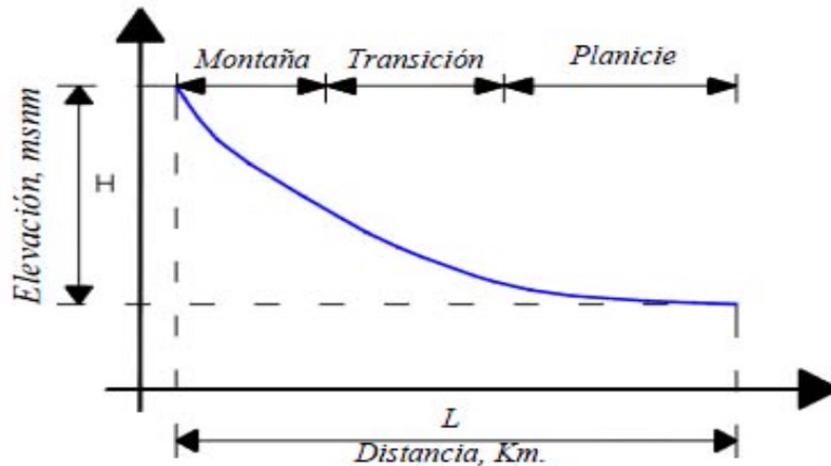
c).-Corriente efímera

conducen agua inmediatamente después de una tormenta

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Clasificación de Corrientes en la red de drenaje

b) Por su posición topográfica o edad geológica



1. Ríos de montaña, tienen grandes pendientes y pocas curvas, agua alcanza altas velocidades, sus cauces están generalmente formados por cantos rodados con un poco de grava y casi nada de finos.

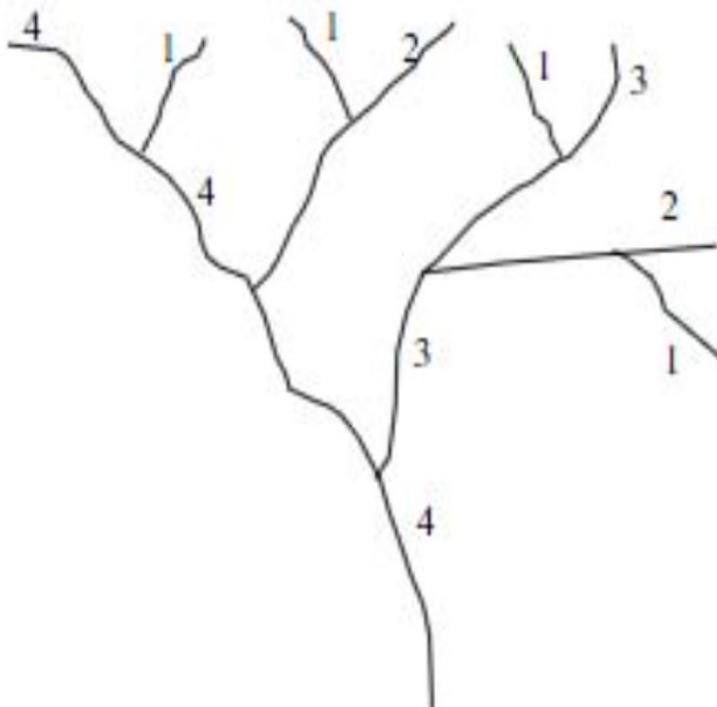
2. Ríos de transición, están en una situación intermedia entre los dos anteriores: presentan algunas curvas, con velocidades de agua moderadas y sus cauces están formados básicamente por grava, con algo de cantos rodados y arena.

3. Ríos de planicie, presentan numerosos meandros debido a las bajas velocidades del agua y su cauce se forma por arenas y finos. En general, estos ríos se encuentran en cotas cercanas al nivel del mar.

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Numero de Orden de un cauce

a) Sistema Horton



a).-Sistema Horton

- Los cauces de primer orden (1) son aquellos que no poseen tributarios,
- Los cauces de segundo orden (2) tienen afluentes de primer orden,
- Los cauces de tercer orden (3) reciben influencia de cauces de segundo orden, pudiendo recibir directamente cauces de primer orden.

Un canal de orden n puede recibir tributarios de orden $n-1$ hasta 1. Esto implica atribuir mayor orden al río principal, considerando esta designación en toda su longitud, desde la salida de la cuenca hasta sus nacientes.

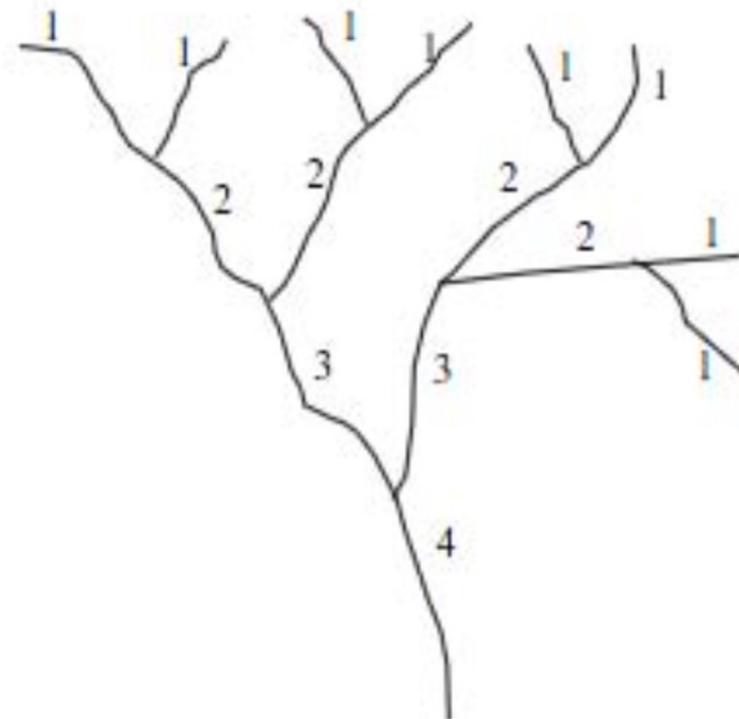
PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Numero de Orden de un cauce

a) Sistema Strahler

- Los cauces de primer orden (1) son aquellos que no poseen tributarios,
- Los cauces de segundo orden (2) tienen afluentes de primer orden,
- Los cauces de tercer orden (3) reciben influencia de cauces de segundo orden, pudiendo recibir directamente cauces de primer orden.

Un canal de orden n puede recibir tributarios de orden $n-1$ hasta 1. Esto implica atribuir mayor orden al río principal, considerando esta designación en toda su longitud, desde la salida de la cuenca hasta sus nacientes.



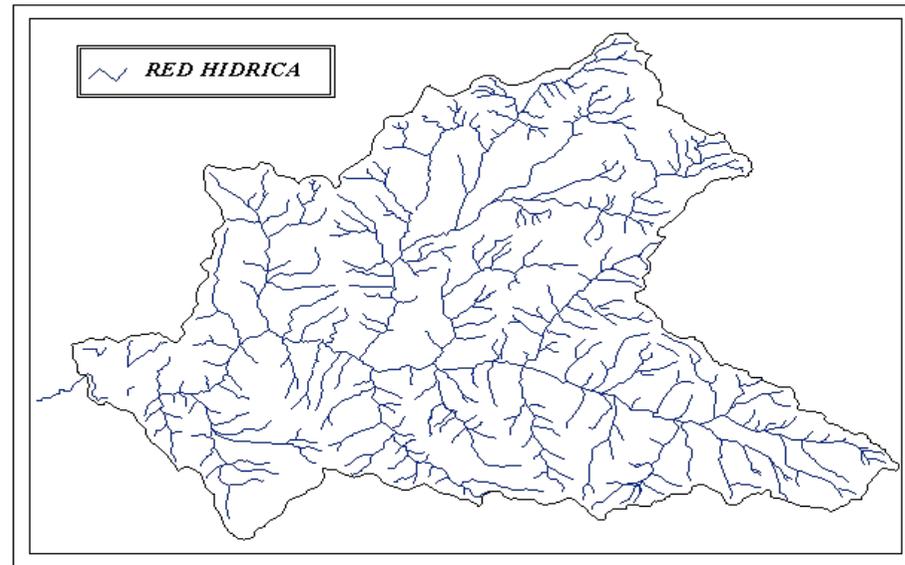
b).- Sistema Strahler

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Densidad de drenaje (Dd)

Se define la densidad de drenaje de una cuenca como el cociente entre la longitud total (L_t) de los cauces pertenecientes a su red de drenaje y la superficie de la cuenca (A):

$$Dd = \frac{L_t}{A}$$



La densidad de drenaje es un indicador de la respuesta de la cuenca ante un aguacero, y, por tanto, condiciona la forma del hidrograma resultante en el desagüe de la cuenca. A mayor densidad de drenaje, más dominante es el flujo en el cauce frente al flujo en ladera, lo que se traduce en un menor tiempo de respuesta de la cuenca y, por tanto, un menor tiempo al pico del hidrograma.

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

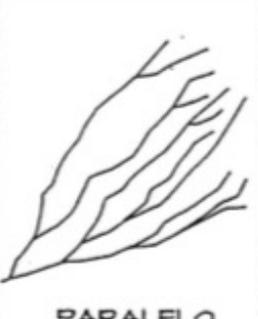
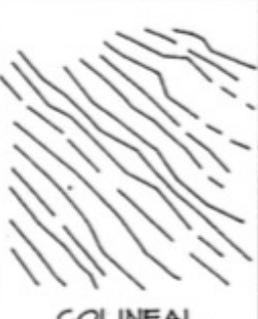
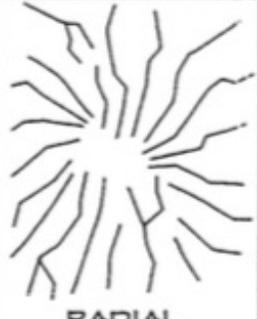
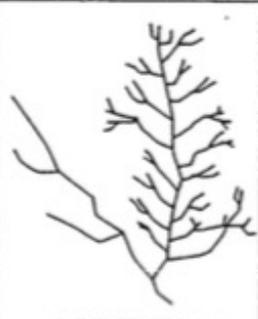
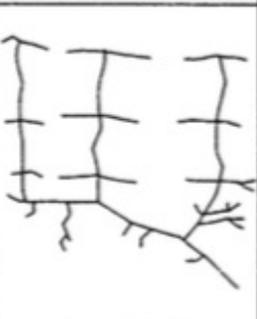
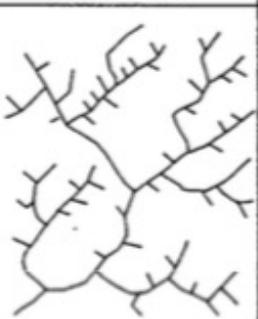
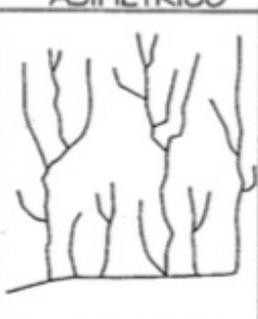
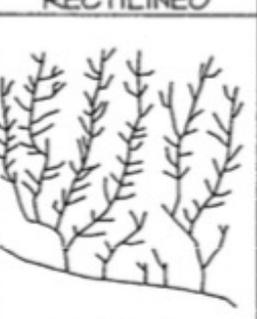
Densidad hidrográfica (Dh)

Se define como el cociente entre el número de segmentos de canal de la cuenca y la superficie de la misma:

$$Dh = \frac{N_t}{A}$$

Donde N_t , es la suma de todos los segmentos de canal que forman la red hidrográfica de la cuenca, entendiendo como tales a todo tramo de canal que no sufre aporte alguno de otro canal.

Mc

 <p>DENDRITICO</p>	 <p>PARALELO</p>	 <p>COLINEAL</p>	 <p>RADIAL</p>	 <p>DICOTOMICO</p>	 <p>ANULAR</p>
 <p>DESORDENADO</p>	 <p>ASIMETRICO</p>	 <p>CONTORNEADO</p>	 <p>SUBDENDRITICO</p>	 <p>RECTILINEO</p>	 <p>ENREJADO</p>
 <p>RECTANGULAR</p>	 <p>SUBPARALELO</p>	 <p>OVALADO</p>	 <p>ANGULAR</p>	 <p>PINADO</p>	 <p>ANASTOMOTICO</p>

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Pendiente del cauce principal (Sm)

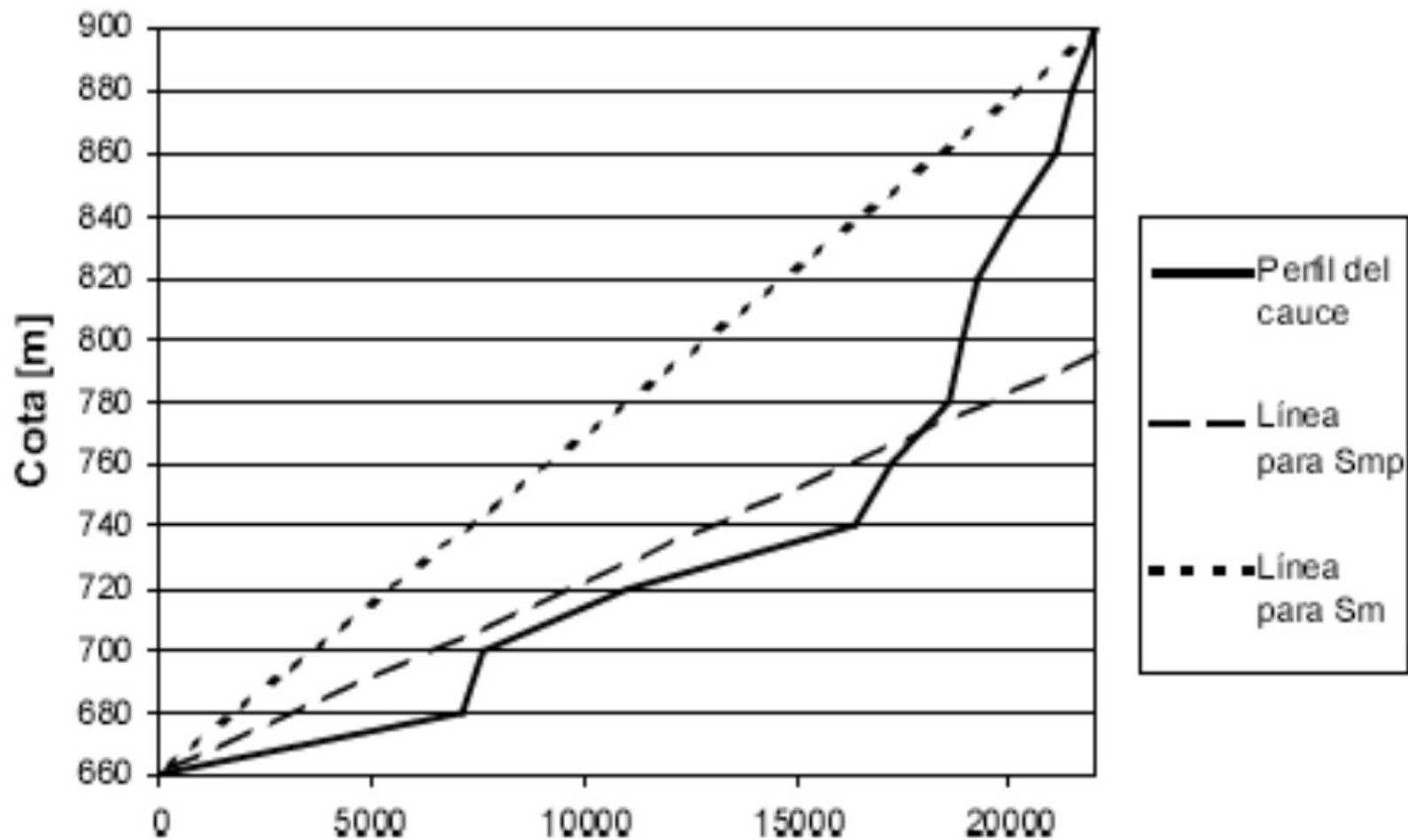
Se pueden definir varias pendientes del cauce principal, la pendiente media, la pendiente media ponderada y la pendiente equivalente.

La pendiente media (Sm): relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima, Hmax menos cota mínima, Hmin) y la longitud del mismo, L

$$S_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L}$$

La pendiente media ponderada (Smp): pendiente de la hipotenusa de un triángulo cuyo vértice se encuentra en el punto de salida de la cuenca y cuya área es igual a la comprendida por el perfil longitudinal del río hasta la cota mínima del cauce principal

PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA



PARÁMETROS DE LA RED HIDROGRAFICA DE LA CUENCA

Clasificación de pendiente en el cauce Principal

La pendiente del cauce principal se relaciona con las características hidráulicas del escurrimiento, en particular con la velocidad de propagación de las ondas de avenida y con la capacidad para el transporte de sedimentos. De acuerdo al valor de la pendiente, se puede clasificar la topografía del terreno de la siguiente manera

PENDIENTE (Si), EN PORCENTAJE	TIPO DE TERRENO:
2	Llano
5	Suave
10	Accidentado Medio
15	Accidentado
25	Fuertemente Accidentado
50	Escarpado
>50	Muy Escarpado

Tiempo de concentración

Kirpich: $T_c = 0.06626(L_p^2/S)^{0.385}$

Temez: $T_c = 0.126(L_p/S_p^{0.35})^{0.75}$

Pasini: $T_c = 0.023(AL_p/S_p)^{0.5}$

Pizarro: $T_c = 13.548(L^2/H)^{0.77}$

Donde:

T_c = Tiempo de concentración (hr)

L_p = Longitud del curso principal (Km)

S_p = Pendiente del curso principal

H = Diferencia de cotas entre el punto más alto y el de estudio (m)

A = Área de drenaje (area de la cuenca), (Km²)

Tiempo de retardo:

$$TR = 0,6 * T_c$$



**UNIVERSIDAD
NACIONAL DE
CHIMBORAZO**

Más información:
benitomendoza@unach.edu.ec

GRACIAS POR SU ATENCIÓN