



UNIVERSIDAD  
POLITECNICA  
DE VALENCIA

# Morfología de las cuencas hidrográficas

<b>Apellidos, nombre</b>	Ibáñez Asensio, Sara ( <a href="mailto:sibanez@prv.upv.es">sibanez@prv.upv.es</a> ) Moreno Ramón, Héctor ( <a href="mailto:hecmora@prv.upv.es">hecmora@prv.upv.es</a> ) Gisbert Blanquer, Juan M.I ( <a href="mailto:jgisbert@prv.upv.es">jgisbert@prv.upv.es</a> )
<b>Departamento</b>	Producción Vegetal
<b>Centro</b>	Escuela técnica Superior de Ingeniería Agronómica y del Medio Natural



## 1 Resumen de las ideas clave

En este artículo vamos a presentar los aspectos básicos que deben abordarse cuando se realiza la caracterización de una cuenca hidrográfica. Una correcta descripción de una cuenca hidrográfica debe incluir, al menos, datos relativos a su situación, tamaño, perímetro, ancho y desnivel longitudinal como aspectos generales, longitud, jerarquización y densidad en cuanto a la red de drenaje y, finalmente, otros parámetros de relieve y parámetros de forma como la curva hipsométrica o el coeficiente de Gravelius.

## 2 Introducción

Para la consecución de los objetivos propuestos es necesario que comprendas con claridad el concepto de cuenca hidrográfica y la diferencia entre drenaje superficial y drenaje subsuperficial, conceptos claves para la determinación del límite físico o perímetro exterior de las cuencas hidrográficas. Para ello te recomendamos que consultes algún texto de hidrología superficial o de edafología que se refiera al movimiento del agua en el suelo y sobre su superficie; también te sería de mucha utilidad, por su carácter eminentemente aplicado, realizar los ejercicios propuestos en el artículo docente del repositorio Riunet de la UPV titulado "El uso de las fotografías aéreas en los estudios de suelos".

Los puntos en los que se estructura este documento son los siguientes:

1. Resumen de las ideas clave
2. Introducción
3. Objetivos
4. Definición y conceptos básicos
5. Datos generales y parámetros geomorfológicos de una cuenca de drenaje
  - 5.1.- Descripción general
  - 5.2.- Parámetros generales
  - 5.3.- Parámetros de forma
  - 5.4.- Parámetros de relieve
  - 5.5.- Características de la red de drenaje
6. Resumen
7. Bibliografía

## 3 Objetivos

Una vez leído este documento con detenimiento el lector será capaz de:

- Comprender la importancia de disponer de una buena descripción que incluya datos precisos de su ubicación y características morfométricas
- Reconocer las divisorias de aguas
- Calcular los parámetros diferentes parámetros descriptivos



- Clasificar las cuencas hidrográficas en atención a sus parámetros principales
- Interpretar la designación numérica de los cauces

## 4 Definición de cuenca hidrográfica. Conceptos básicos.

Entendemos por Cuenca Hidrográfica a toda el área o superficie del terreno que aporta sus aguas de escorrentía a un mismo punto de desagüe o punto de cierre.

La escorrentía la constituyen las aguas que fluyen por la superficie terrestre cuando, tras producirse una precipitación pluvial o cualquier otro aporte de agua (deshielo por ejemplo), el agua comienza a desplazarse a favor de la pendiente hacia puntos de menor cota como consecuencia de la gravedad; las aguas que no han sido infiltradas por el suelo y han quedado por lo tanto en la superficie generan la escorrentía superficial, mientras que aquellas que sí han sido infiltradas por el suelo y discurren por su interior reciben el nombre de escorrentía subsuperficial.

Además, en ocasiones una fracción de las aguas de filtración penetra en la corteza terrestre por percolación hasta alcanzar los acuíferos subterráneos.

Una cuenca está formada por un entramado de ríos, arroyos y/o barrancos de mayor o menor entidad que conducen los flujos de agua hacia un cauce principal, que es el que normalmente da su nombre a la cuenca; su perímetro es una línea curvada y ondulada que recorre la divisoria de vertido de aguas entre las cuencas adyacentes

El agua que se mueve por toda la superficie o el subsuelo de una cuenca hidrográfica hasta llegar a formar la red de canales constituye el sistema fluvial o red de drenaje de la cuenca. (figura 1).

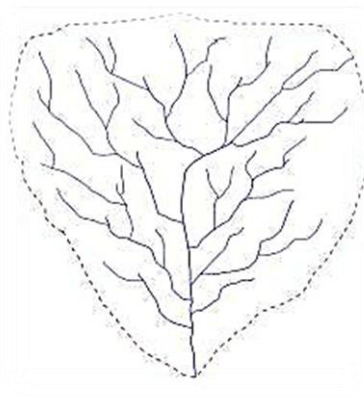


Figura 1. Esquema de una cuenca hidrográfica: red de drenaje (líneas continuas) y divisorias de aguas (línea discontinua)

Conviene recordar que hay dos tipos de divisorias de aguas, las topográficas y las hidrológicas, que normalmente coinciden pero que en ocasiones son diferentes (figura 2).



Figura 2. Situación de las divisorias de aguas: topográficas (en rojo) y hidrológicas (en azul)

La divisoria de aguas de naturaleza topográfica es una línea imaginaria que separa las laderas opuestas de una elevación, fluyendo las aguas de escorrentía de las dos laderas a ambos lados de la divisoria hacia cauces diferentes (imagen 1). Para más información puedes acudir al artículo docente del repositorio Riunet de la UPV titulado "El uso de las fotografías aéreas en los estudios de suelos"; te ayudará a ejercitarte en el cierre de cuencas.

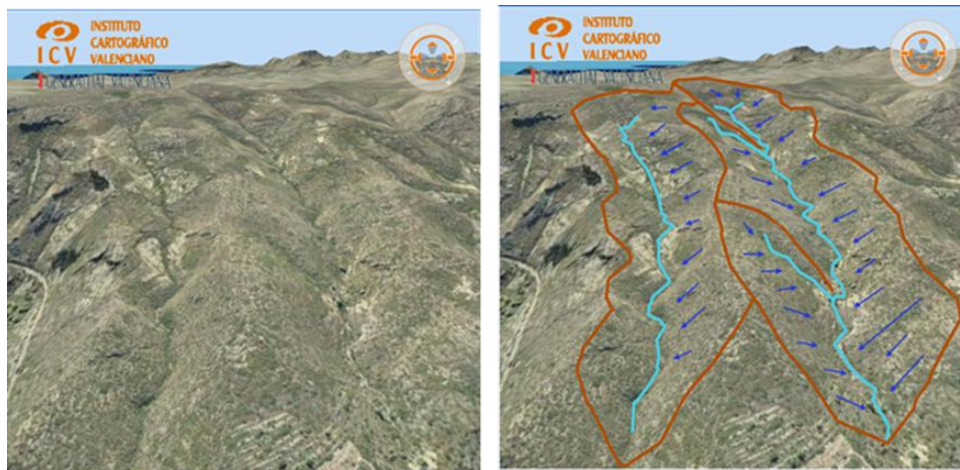


Imagen 1. Divisorias de aguas: topográficas (en naranja), dirección de la escorrentía en las laderas (azul oscuro) y red de drenaje principal (azul celeste)

Puesto que existe una estrecha relación entre el caudal del río y diversos factores morfológicos como son la anchura y la profundidad de los canales de drenaje, la pendiente, el tamaño o la forma de la cuenca, es fundamental llevar a cabo una correcta caracterización de las cuencas hidrográficas si queremos optimizar la planificación y manejo de los recursos naturales.

## 5 Datos generales y parámetros geomorfológicos de una cuenca de drenaje

### 5.1 Descripción general

En este punto es importante aportar la mayor información posible para que así cualquier persona pueda hacerse una idea de cómo es el lugar que estamos tratando, además de facilitarle su localización.



Debemos comenzar indicando el nombre del barranco o río principal y su posible conexión con otros cauces de mayor entidad, así como del relieve circundante. También es muy conveniente aportar datos de georeferenciación: nº de hoja del mapa topográfico, coordenadas del punto de desagüe y, en su caso, relación de datos correspondientes a fotogramas aéreos

Dependiendo de la finalidad del trabajo que estemos realizando esta descripción podrá ser de mayor o menor extensión, pero básicamente será similar al siguiente ejemplo (figura nº 2):

El barranco de La Falconera se encuentra situado en el término municipal de Jávea, en la provincia de Alicante. Recoge las aguas de la parte más occidental de la ladera sur del macizo del Montgó, conduciéndolas hacia el río Gorgos a través de su recorrido. Pertenece por lo tanto a la cuenca vertiente del Mar Mediterráneo.

Nombre Barranco principal	Nº Hoja Mapa 1/50.000	Término Municipal	Vuelo	Año	Escala Fotogramas	Punto de Desagüe	
						Cord. UTM X	Cord. UTM Y
La Falconera	822	Jávea	ICV	2008	1/25000	724520	42153200

Figura 2. Datos para la localización e interpretación de la cuenca

## 5.2 Parámetros generales

Bajo este epígrafe se recogen los aspectos más básicos de una cuenca hidrográfica; éstos, junto con la descripción general desarrollada en el epígrafe anterior, constituyen la información mínima que debemos conocer para formarnos una primera idea de la naturaleza y comportamiento de una cuenca.

Incluyen: área, longitud, perímetro, ancho y desnivel altitudinal

### 5.2.1 Área de la cuenca (A)

El área de la cuenca está definida por el espacio delimitado por la curva del perímetro (P). Esta línea se traza normalmente mediante fotointerpretación de fotografía aéreas en las que se aprecia el relieve (y por lo tanto las divisorias de aguas) o sobre un mapa topográfico en función las curvas de nivel representadas. Probablemente sea el factor más importante en la relación *escorrentía-características morfológicas*.

En ocasiones, debido a que los métodos de estima de la escorrentía sólo son válidos si se aplican a áreas de características similares, es necesario tener que dividir las cuencas de gran tamaño en las que la red de drenaje es muy compleja en subcuencas o subsistemas de menor entidad pero mayor homogeneidad (figura 3).

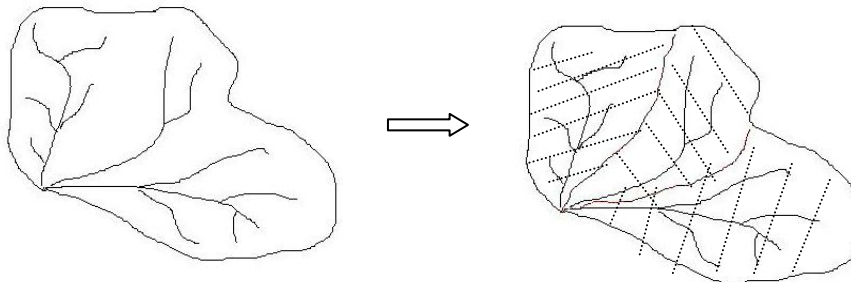


Figura 3.- Subdivisión de una cuenca hidrográfica extensa en 3 subcuencas menores

Para su cálculo se puede usar papel milimetrado o un planímetro, pero también es posible determinarla por medio de herramientas informáticas, para lo que es necesario disponer de una base cartográfica digital y de un SIG (ArcView, ArcGIS, etc.) o un programa de dibujo asistido por ordenador (ACAD, etc.).

### 5.2.2 Longitud del cauce principal (L), perímetro (P) y ancho (W)

La longitud L de la cuenca (figura 4) viene definida por la longitud de su cauce principal, siendo la distancia equivalente que recorre el río entre el punto de desagüe aguas abajo y el punto situado a mayor distancia topográfica aguas arriba.

Al igual que la superficie, este parámetro influye enormemente en la generación de escorrentía y por ello es determinante para el cálculo de la mayoría de los índices morfométricos.

En cuanto al perímetro de la cuenca, P (figura 4), informa sucintamente sobre la forma de la cuenca; para una misma superficie, los perímetros de mayor valor se corresponden con cuencas alargadas mientras que los de menor lo hacen con cuencas redondeadas.

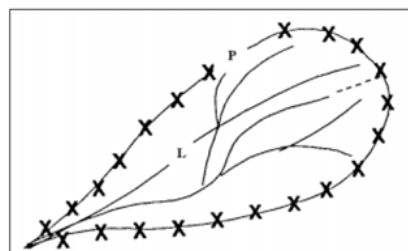


Figura 4.- Longitud y perímetro de una cuenca

Finalmente, el ancho se define como la relación entre el área (A) y la longitud de la cuenca (L); se designa por la letra W de forma que:

$$W = \frac{A}{L}$$

Dónde:

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>.

L: longitud de la cuenca en km.

En cuanto al procedimiento a seguir para medir longitudes de líneas, también resulta sencillo; al margen de las herramientas informáticas o específicas para



medida en papel (curvilímetros), un simple hilo o cordel fino que reproduzca lo más fielmente posible las sinuosidades del cauce o del perímetro exterior normalmente basta para determinarla con suficiente precisión. Como unidad de medida se utiliza el km.

### 5.2.3 Desnivel altitudinal (DA)

Es el valor de la diferencia entre la cota más alta de la cuenca y la más baja (DA=HM-Hm).

Se relaciona con la variabilidad climática y ecológica puesto que una cuenca con mayor cantidad de pisos altitudinales puede albergar más ecosistemas al presentarse variaciones importantes en su precipitación y temperatura.

## 5.3 Parámetros de forma

La forma de una cuenca es determinante de su comportamiento hidrológico (cuencas con la misma área pero de diferentes formas presentan diferentes respuestas hidrológicas –hidrogramas diferentes por tanto- ante una lámina precipitada de igual magnitud y desarrollo), de ahí que algunos parámetros traten de cuantificar las características morfológicas por medio de índices o coeficientes

Los parámetros de forma principales son: Coeficiente de Gravelius y Rectángulo equivalente y coeficiente de Horton.

### 5.3.1 Coeficiente de Gravelius (Cg)

También conocido por el nombre de Coeficiente de Compacidad, este coeficiente relaciona el perímetro de la cuenca con el perímetro de una cuenca teórica circular de igual área; estima por tanto la relación entre el ancho promedio del área de captación y la longitud de la cuenca (longitud que abarca desde la salida hasta el punto topográficamente más alejado de ésta).

$$C_g = \frac{P}{2\sqrt{\pi A}} \quad \text{donde, } C_g = \text{coeficiente de Gravelius}$$

P= perímetro de la cuenca, en km

A= superficie de la cuenca, en km<sup>2</sup>

Toma siempre un valor mayor a la unidad, creciendo con la irregularidad de la cuenca.

### 5.3.2 Rectángulo equivalente

Supone la transformación geométrica de la cuenca real en una superficie rectangular de lados L y l del mismo perímetro de tal forma que las curvas de nivel se convierten en rectas paralelas a los lados menores del rectángulo (l). Esta cuenca teórica tendrá el mismo Coeficiente de Gravelius y la misma distribución altitudinal de la cuenca original.

$$L = \frac{C_g \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 + \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{C_g} \right)^2} \right] \quad l = \frac{C_g \sqrt{A}}{1,12} \left[ 1 - \sqrt{1 - \left( \frac{1,12}{C_g} \right)^2} \right]$$





Donde  $L$ =altura del rectángulo en km  
 $l$ = base del rectángulo en km  
 $C_g$ = coeficiente de Gravelius  
 $A$ = superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

## 5.4 Parámetros de relieve

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general podemos decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

Los parámetros de relieve principales son: pendiente media del cauce ( $J$ ), pendiente media de la cuenca ( $j$ ), curva hipsométrica, histograma de frecuencias altimétricas y altura media ( $H$ ).

### 5.4.1 Pendiente media del cauce ( $j$ )

Es la relación existente entre el desnivel altitudinal del cauce y su longitud.

$$j = \frac{h}{l} \quad \text{ó también} \quad j = \frac{DA}{L} \quad \text{Donde:} \quad h, DA: \text{ desnivel altitudinal ( km)}$$

$L, L$ : longitud del cauce en km.

### 5.4.2 Pendiente media o promedio de la cuenca ( $J$ )

Se calcula como media ponderada de las pendientes de todas las superficies elementales de la cuenca en las que la línea de máxima pendiente se mantiene constante; es un índice de la velocidad media de la escorrentía y, por lo tanto, de su poder de arrastre o poder erosivo.

$$J = 100 \frac{\sum Li * E}{A} \quad \text{Donde,} \quad J = \text{pendiente media de la cuenca}$$

$Li$ = Longitud de cada una de las curvas de nivel (km)  
 $E$ = Equidistancia de las curvas de nivel (km)  
 $A$ = superficie de la cuenca (km<sup>2</sup>)

### 5.4.3 Curva hipsométrica

La curva hipsométrica representa el área drenada variando con la altura de la superficie de la cuenca. Se construye llevando al eje de las abscisas los valores de la superficie drenada proyectada en km<sup>2</sup> o en porcentaje, obtenida hasta un determinado nivel, el cual se lleva al eje de las ordenadas, generalmente en metros. Normalmente se puede decir que los dos extremos de la curva tienen variaciones abruptas (Figura nº 5).

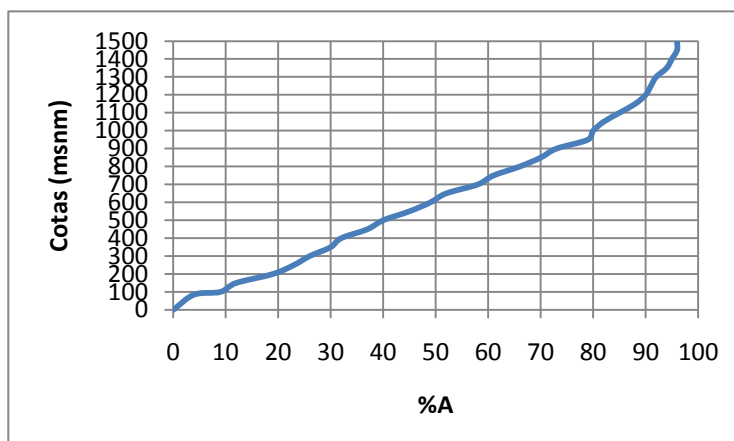


Figura nº 5.- Curva hipsométrica del río Segura





La función hipsométrica es una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación. Es posible convertir la curva hipsométrica en función adimensional usando en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos: dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. El gráfico adimensional es muy útil en hidrología para el estudio de similitud entre dos cuencas, cuando ellas presentan variaciones de la precipitación y de la evaporación con la altura. Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas (figura nº 6):

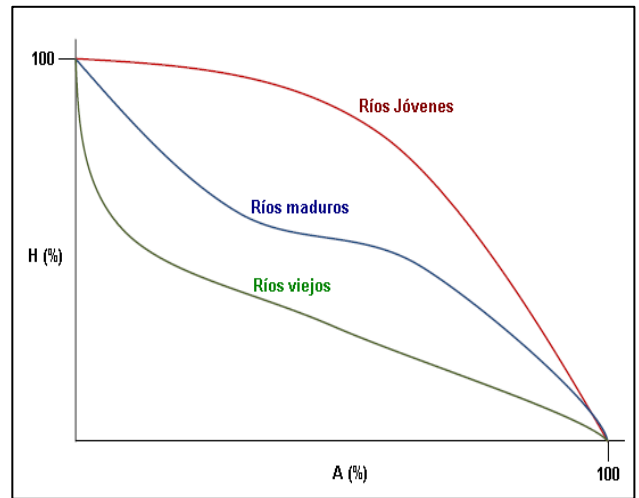


Figura nº 6.- Cambio de forma de la curva hipsométrica con la edad del río

#### 5.4.4 Histograma de frecuencias altimétricas

Es la representación de la superficie, en km<sup>2</sup> o en porcentaje, comprendida entre dos cotas, siendo la marca de clase el promedio de las alturas (figura nº 7). La representación de varios niveles da lugar al histograma, que puede ser obtenido de los mismos datos de la curva hipsométrica. Realmente la curva hipsométrica y el histograma contienen la misma información pero con una representación diferente, dando una idea probabilística de la variación de la altura en la cuenca

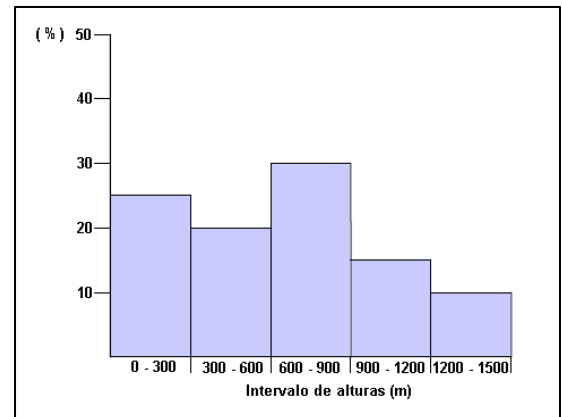


Figura nº 7.- Ejemplo de histograma de frecuencias acumuladas

#### 5.4.5 Altura media (H)

La altura media, H, es la elevación promedio referida al nivel de la estación de aforo de la boca de la cuenca.

La variación altitudinal de una cuenca hidrográfica incide directamente sobre su distribución térmica y por lo tanto en la existencia de microclimas y hábitats muy característicos de acuerdo a las condiciones locales reinantes.

$$H = \frac{V}{A}$$

donde

V: volumen comprendido entre la curva y los ejes (m<sup>3</sup>)

S: superficie de la cuenca en m<sup>2</sup>.

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, el cual, da una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas de ella.

Este valor puede ser calculado usando la curva hipsométrica o el histograma de frecuencias altimétricas. La estimación por una media aritmética ponderada en el caso del histograma, o de la curva hipsométrica calculando el área bajo la curva y dividiéndola por el área total

## 5.5 Características de la red de drenaje

### 5.5.1 Hidráulica de la red fluvial

La morfología de los canales fluviales naturales depende de la interacción entre el flujo y los materiales erosionables en el límite del canal. Por su parte, el flujo de agua está sometido a dos fuerzas principales: la gravedad y la pendiente del canal, mientras que la fricción se opone al movimiento del agua.

En atención a ello, el movimiento del agua se puede producir el régimen laminar o en régimen turbulento (figura nº 8):

- En el régimen laminar, el agua fluye a velocidades muy pequeñas, de forma que en el contacto con el lecho la velocidad del agua es prácticamente nula y las capas superiores se deslizan entre sí.
- En el régimen turbulento, el agua fluye a velocidades mayores, de forma que se originan numerosos movimientos caóticos, con remolinos secundarios que se superponen al flujo normal, por lo que la capacidad erosiva del flujo es mayor.

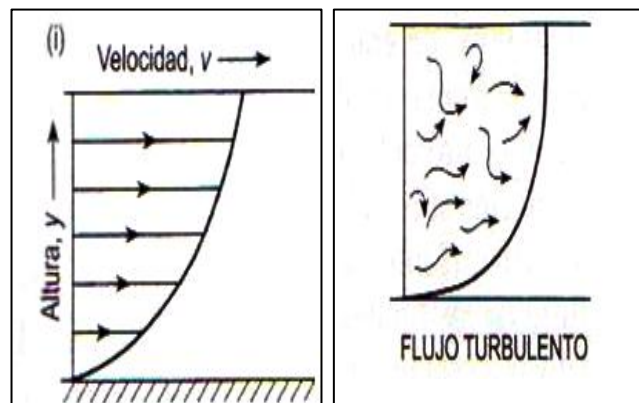


Figura nº 8.- Flujo laminar (a) y turbulento (b) Fuente: "Geomorfología". M. Gutiérrez Elorza. 2008

### 5.5.2 Perfil longitudinal

El perfil longitudinal de un río es la línea obtenida al representar las diferentes alturas desde su nacimiento a su desembocadura (figura nº 9).

Generalmente los ríos tienen un perfil longitudinal cóncavo, aunque en ocasiones aparecen partes aplanadas y abruptas a causa de afloramientos de rocas duras, actividad tectónica reciente o cambios súbitos en el canal.

El nivel de base general está constituido por la altura mínima y corresponde, generalmente, al nivel del mar.

El perfil de equilibrio en un sistema fluvial se refiere a un estado en el que las variaciones que actúan y el nivel de base son constantes. Cuanto más importantes sean las modificaciones del perfil, mayor es el tiempo requerido para ajustarse al perfil de equilibrio.



Figura nº 9.- Perfil longitudinal del río Duero. Fuente: [www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)

### 5.5.3 Jerarquización de la red fluvial

La jerarquización permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. El orden se relaciona con el caudal relativo del segmento de un canal

Hay varios sistemas de jerarquización, siendo los más utilizados el de Horton (1945) y el de Strahler (1952).

Por el método de Horton los canales van numerados en función del número de afluentes que tengan, de forma que aquel que fluye desde el origen y no tiene ningún afluente es de orden 1, mientras que uno de orden 2 recibe dos afluentes. Si un canal recibe un afluente de orden 1 y otro de orden 2, su orden será 3. El orden de los canales va aumentando de uno en uno, de forma que aunque un canal recibiera uno de orden 2 y otro de orden 3, su orden sería 4. Cada canal tiene un único orden, que se corresponderá con el mayor que puede tener al final de su recorrido.

El método de Strahler es muy parecido a Horton, con la diferencia de que un mismo canal puede tener segmentos de distinto orden a lo largo de su curso, en función de los afluentes que le llegan en cada tramo. El orden no se incrementa cuando a un segmento de un determinado orden confluye uno de orden menor.

Shreve (1975) define la magnitud de un canal como el número de afluentes que confluyen en él, y Scheidegger (1965) sólo asigna número pares por cuestiones algebraicas.

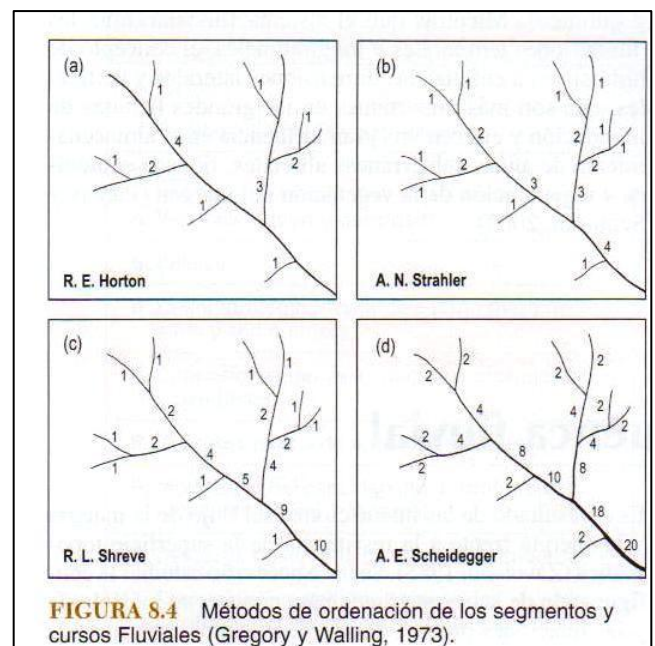


FIGURA 8.4 Métodos de ordenación de los segmentos y cursos Fluviales (Gregory y Walling, 1973).

Fuente: "Geomorfología". Gutiérrez Elorza. 2008



### 5.5.4 Densidad de drenaje

Se calcula dividiendo la longitud total de las corrientes de la cuenca por el área total que las contiene:

$$D_d = \frac{L}{A}$$

Dónde:

L:  $\sum$  longitud de las corrientes efímeras, intermitentes y perennes de la cuenca en km.

A: superficie de la cuenca en km<sup>2</sup>

Este índice permite tener un mejor conocimiento de la complejidad y desarrollo del sistema de drenaje de la cuenca. En general, una mayor densidad de escurrimientos indica mayor estructuración de la red fluvial, o bien que existe mayor potencial de erosión. La densidad de drenaje varía inversamente con la extensión de la cuenca.

## 6 Resumen

A lo largo de este objeto de aprendizaje hemos visto los parámetros principales que definen y caracterizan una cuenca hidrográfica, intentando utilizar ejemplos en la mayor medida posible.

Para comprobar qué realmente has entendido los conceptos abordados sería muy interesante que realizaras los cálculos aquí descritos con un barranco cualquiera, completando la determinación de todos los parámetros aquí indicados.

## 7 Bibliografía

Auzmendinga, E.; Solabarrieta, J; Villa, A: "Cómo diseñar materiales y realizar tutorías en la formación on line", en Cuadernos monográficos del ICE, N° 11, Ed. Universidad de Deusto, 2003, pág. 55–69.

López Cadenas de Llano, L. (Ed.) Restauración Hidrológico Forestal de Cuencas y Control de la Erosión. 1994. Ed. TRAGSA, MUNDI-PRENSA.

Gutiérrez Elorza, M. "Geomorfología". 2008. Ed. Pearson Prentice Hall.

Strahler, Arthur N. "Geografía física". 1989. Ed. Omega.

Tarbutck, J; Lutgens F.K. "Ciencias de la Tierra: una introducción a la geología física". 1999. Ed. Prentice Hall Iberia

[www.kalipedia.com](http://www.kalipedia.com)