



Maestría en Energía y Ambiente

## **Conceptos básicos de Morfometría de Cuencas Hidrográficas.**

Benjamín Lux Cardona<sup>1</sup>,

benja9787@gmail.com

<sup>1</sup> Cursante de Maestría en Energía y Ambiente, Facultad de Ingeniería, Universidad de San Carlos de Guatemala 01012

### **ABSTRACT**

The operation of a basin resembles a collector receiving precipitation and becomes surface runoff or subsurface; this transformation depends on weather conditions and the physical characteristics of the basin. These physical characteristics are classified into two types according to their impact on drainage: those that determine the volume of runoff as the area and the type of soil of the basin, and that condition the response speed as the current command, the slope the cross section, etc. The aim of this paper is to present the basic concepts of the study and understanding of these characteristics.

### **RESUMEN**

El funcionamiento de una cuenca se asemeja al de un colector que recibe la precipitación y la convierte en escurrimiento superficial o sub superficial; esta transformación depende de las condiciones climáticas y las características físicas de la cuenca. Dichas características físicas se clasifican en dos tipos según su impacto en el drenaje: las que condicionan el volumen de escurrimiento como el área y el tipo de suelo de la cuenca, y las que condicionan la velocidad de respuesta como el orden de corriente, la pendiente, la sección transversal, etc. El objetivo de este artículo es presentar los conceptos básicos del estudio y entendimiento de esas características.

Keywords: Morphometry, Watershed, Drainage, Drainage web.



### **Introducción**

Es el estudio cuantitativo de las particularidades físicas de una cuenca hidrográfica, se utiliza para analizar la red de drenaje, las pendientes y la forma de una cuenca a partir del cálculo de valores numéricos. Dentro de este contexto, es importante señalar que las mediciones deben ser realizadas sobre un mapa con suficiente información hidrográfica y topográfica.

La morfometría particular de cada cuenca hidrográfica es proporcional con la posibilidad de cosecha hídrica, ante eventos climáticos, y con la generación de una respuesta a los mismos, como ser la escorrentía superficial, expresada en términos de caudales, la incidencia en el transporte de sedimentos y nutrientes a lo largo de los ecosistemas que la integran. (Gaspari, 2012)

La Morfometría de Cuencas resulta de gran utilidad permitiendo determinar la semejanza de los flujos de diferentes tamaños (Ruiz, 2001) su fin radica en aplicar los resultados de los modelos elaborados en pequeña escala a prototipos de gran escala y hacer los comparativos necesarios (Chow et al., 1994).

### **Morfometría de cuencas hidrográficas**

Las características físicas de una cuenca tienen una relación estrecha con el comportamiento de los caudales que transitan por ella. Los parámetros

Morfométricos de una cuenca integran un conjunto de estimaciones realizadas, en la mayoría de los casos, al iniciar un estudio hidrológico, con fines de aprovechamiento o control.

Según (Gaspari, 2012) El análisis morfométrico es el estudio de un conjunto de variables lineales, de superficie, de relieve y drenaje; que permite conocer las características físicas de una cuenca, lo cual permite realizar comparaciones entre varias cuencas, así como ayuda a la interpretación de la funcionalidad hidrológica y en la definición de las estrategias para la formulación de su manejo.

### **Parámetros asociados a la forma de la cuenca:**

La forma de la cuenca interviene de manera importante en las características del hidrograma de descarga de una determinada corriente, particularmente en los eventos de avenidas máximas, en particular, las cuencas de igual área pero de diferente forma, generan hidrogramas diferentes. Parece claro que existe una fuerte componente probabilística en la determinación de una cuenca mediante sus parámetros y las características de la red de drenaje. Por esta razón se han buscado relaciones de similitud geométrica entre las características medias de una cuenca y de su red de canales con esas de otras cuencas. La forma de la cuenca condiciona la velocidad del escurrimiento superficial. Para cuencas de igual superficie y formas



## Maestría en Energía y Ambiente

diferentes se espera un comportamiento hidrológico también diferente. La medición de los factores de forma de una cuenca se realiza por medio de una metodología que permite cubrir dos objetivos. El primero, es que permite comparar la forma de la cuenca con figuras geométricas conocidas; el segundo, es que permite comparar los resultados de las mediciones, los cuales son adimensionales, con los obtenidos en otras cuencas en las que se puede tener mayor información histórica de su comportamiento hidrológico.

### Área (A).

Está definida como la proyección horizontal de toda la superficie de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. Corresponde a la superficie delimitada por la divisoria de aguas de la zona de estudio; éste parámetro se expresa normalmente en km<sup>2</sup>. Este valor es de suma importancia porque un error en su medición incide directamente en los resultados, por lo que se hace necesario realizar mediciones contrastadas para tener total confianza en este valor.

### Perímetro (P)

Es la longitud sobre un plano horizontal, que recorre la divisoria de aguas. Éste parámetro se mide en unidades de longitud y se expresa normalmente en metros o kilómetros

### Longitud de la cuenca (L)

Se define como la distancia horizontal desde la desembocadura de la cuenca (punto de desfogue) hasta otro punto aguas arriba donde la tendencia general del río principal corte la línea de contorno de la cuenca.

### Ancho de la cuenca (B)

Se define como la relación entre el área y la longitud de la cuenca.

### Factor de Forma de Horton (Kf)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$k_f = \frac{A}{L^2}$$

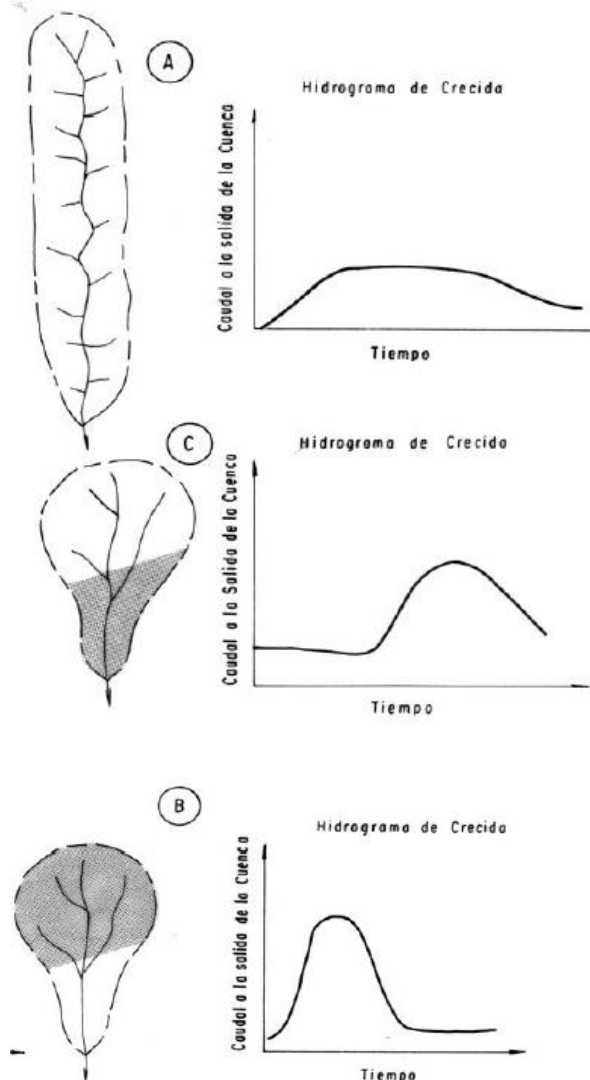
Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, esta menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma.

Principalmente, los factores geológicos son los encargados de moldear la fisiografía de una región y la forma que tienen las cuencas hidrográficas. Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas. (Horton R. E., 1932).



## Maestría en Energía y Ambiente

### Efecto de la forma de la cuenca en el tiempo de concentración.



Relación entre la morfología de la cuenca y el caudal para eventos de Precipitación

Fuente: Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua en base a Bell (1999).

### Coefficiente de compacidad (kc)

Propuesto por Gravelius, compara la forma de la cuenca con la de una circunferencia, cuyo círculo inscrito tiene

la misma área de la cuenca en estudio. Se define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas o divisoria que la encierra y el perímetro de la circunferencia. Este coeficiente adimensional, independiente del área estudiada tiene por definición un valor de uno para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Nunca los valores del coeficiente de compacidad serán inferiores a uno. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuertes volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano a uno sea, es decir mayor concentración de agua.

$$k_c = \frac{P}{P_c} = \frac{P}{2\pi R}$$

Donde, P es el perímetro de la cuenca (longitud de la línea parteaguas), P<sub>c</sub> es el perímetro de la circunferencia y R es el radio de la circunferencia. Se han establecido tres categorías para la clasificación de acuerdo con este parámetro:

### Formas de la cuenca de acuerdo al Índice de compacidad.

Clase de Forma	Índice de Compacidad	Forma de la cuenca
Clase I	1.0 a 1.25	Casi redonda a oval - redonda
Clase II	1.26 a 1.50	Oval - Redonda a oval oblonga
Clase III	1.51 ó más de 2	Oval - oblonga a rectangular - oblonga

Fuente: Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento de Nariño, Colombia en base a (Campos, 1992)



### Razón de Elongación ( Re).

Es la relación entre el diámetro de un círculo con igual área que la de la cuenca y la longitud máxima de la misma. La fórmula es la propuesta por Shumm (1956):

$$Re = D/Lc = 1.1284\sqrt{Ac / Lc}$$

Dónde: Re = Relación de elongación o cociente adimensional entre

D = Diámetro de un círculo de la misma área de la cuenca

Lc = Longitud de la cuenca

### Parámetros de relieve

A mayor pendiente, corresponderá una menor duración de concentración de las aguas de escorrentía en la red de drenaje y afluentes del cauce principal, (Navarrete, 2004). Algunos parámetros destacan

### Curva Hipsométrica.

Permitirá caracterizar el relieve, obteniéndose a partir de las cotas de altitud registradas en los MDE 1:50,000 y complementado con la estimación de la superficie acumulada por cada cota.

### Pendiente media de la cuenca.

Es uno de los principales parámetros que caracteriza el relieve de la misma y permite hacer comparaciones entre cuencas para observar fenómenos erosivos que se manifiestan en la superficie.

La fórmula, es:

$$J = 100 * \frac{(\sum Li)(E)}{A}$$

Donde:

J = Pendiente media de la cuenca (%).

$\sum Li$  = Suma de las longitudes de las curvas de nivel (km).

E = Equidistancia entre curvas de desnivel (km).

A = Superficie de la cuenca (Km<sup>2</sup>).

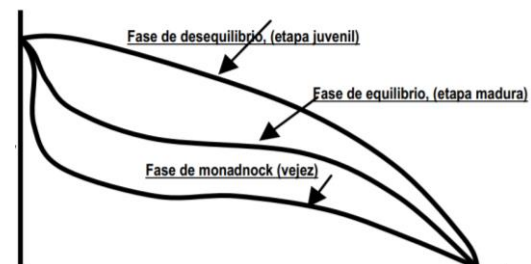
### Elevación media.

A partir de la curva hipsométrica, se determinará la elevación media equivalente al 50% del área de la cuenca, donde en el eje “X” del gráfico se aplicará el porcentaje.

### Análisis hipsométrico.

Con el propósito de comparar la cuenca con otros sistemas hidrográficos se empleó el criterio propuesto por Campos (1999) que considera la relación entre las alturas parciales y la altura total, así como las áreas parciales entre curvas de nivel y el área total. En base al análisis hipsométrico, podremos determinar el ciclo erosivo y la etapa evolutiva en que se encuentra la cuenca.

Modelo de curvas hipsométricas del ciclo de erosión. (Senciales y Ferre, 1999)



Fuente: Caracterización morfométrica de la cuenca Alta del río Sauce Grande, Buenos Aires Argentina, según Strahler (1952)



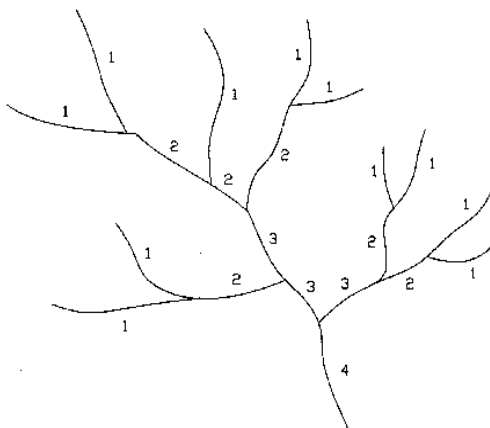
## Parámetros relativos al drenaje

### Orden de los cauces

El orden de las corrientes es una clasificación que proporciona el grado de bifurcación dentro de la cuenca. Existen varios métodos para realizar tal clasificación. En este caso se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios:

Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se unen, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden  $i$  se unen, resulta una corriente de orden  $i+1$ . Cuando una corriente se une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden.

Número de orden de corrientes según Horton



Fuente: Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua, en base a (Horton R. E., 1945)

### Relación de bifurcación (Rb)

Horton también introdujo éste concepto para definir el cociente entre el **número de cauces** de cualquier orden (**Nu**) y el número de cauce de orden (**u**) del siguiente orden superior, es decir:

$$Rb = Nu / Nu+1$$

Donde: Rb = relación de bifurcación

Nu = número total de cauces con orden U

U = número de orden de cauce

Las relaciones de bifurcación varían de 3.0 a 5.0 para cuencas en las cuales las estructuras geológicas no distorsionan el modelo de drenaje. En condiciones naturales y en general, el valor promedio es 3.5. D. R. Coates encontró que la Rb de corrientes de primero a segundo orden varía de 4.0 a 5.1 y de las de segundo a tercer orden varía de 2.8 a 4.9

### Tiempo de concentración.

Tiempo que tarda en llegar una gota de agua de lluvia desde el extremo hidráulicamente más alejado de la cuenca a la sección de salida, calculándose mediante la siguiente fórmula:

$$tc = \frac{(4\sqrt{S} + 1.5 L)}{(0.8 \sqrt{H})}$$

Donde:

tc = Tiempo de concentración (h).

S = Área de la cuenca (km<sup>2</sup>).

L = Longitud del cauce principal (km).

H = Elevación media de la cuenca (km).





## Maestría en Energía y Ambiente

### Conclusiones

La morfometría de cuencas es el primer paso para determinar el comportamiento hidrológico de la misma ante eventos climatológicos.

Las cuencas hidrográficas son clasificadas en base a la categoría resultante de su río principal por ejemplo: si en una cuenca su río principal es de categoría seis entonces la cuenca será nominada de orden 6 esto según Horton.

Del estudio hipsométrico existen tres estados de las cuencas fase de desequilibrio o fase juvenil en donde puede apreciarse altos índices de erosión y movimiento de tierras, fase de equilibrio o etapa de madurez donde la cuenca entra en una etapa de estabilización respecto a los procesos erosivos, y fase de monandok o vejez donde la mayor parte de su área es de pendientes consideradas como llanas o suaves.

Las cuencas más ensanchadas poseen mayor susceptibilidad a generar crecidas, ya que el tiempo de recorrido del agua a través de la cuenca es mucho más corto que en cuencas alargadas, en otras palabras las cuencas ensanchadas tendrían menor tiempo de concentración y por ende mayor rapidez para la concentración de los flujos de aguas superficiales, generando mayor violencia en sus crecidas.

Generalmente una densidad de drenaje alta se asocia con "materiales impermeables a nivel su superficial, vegetación dispersa y relieves montañoso, además de ello indica que la cuenca posee suficiente drenaje para cuando se presentan las tormentas.

### Bibliografía

Mora V. Cristina T. Pissarra T. João A. Caracterización y clasificación de la red hidrográfica de la cuenca del río Bobo, departamento de Nariño, Colombia. ISSN 0129-5608.

Ortega R., & Schneevoigt N. J. Modelaje de flujos de detritos potenciales a partir de un modelo de elevación digital SRMT. Revista geográfica venezolana, Vol. 53, N° 1, 2012, págs. 93-108. ISSN 1012-1617.

Huanca A.C. (1993) Morfometría de la cuenca del río Ayaviri Espacio y Desarrollo, N°. 5, págs. 161-168. ISSN 1016-9148

Gutiérrez G., Díaz J.J. (2011) Morfometría en la Cuenca Hidrológica de San José del Cabo, Baja California Sur, México. Revista geológica de América Central, N°. 44, 2011, págs. 83-100. ISSN 0256-7024,

Gaspari, F. J. (2012). Caracterización Morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. Septimo congreso de medio ambiente AUMG. La Plata Argentina.



## Maestría en Energía y Ambiente

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology Geological Society of America Bulletin. U.S.A.

Strahler, A. (1964). Quantitative geomorphology of drainage basins and channel networks. Mc Graw-Hill. New York - USA.