

La gestión integral del riesgo en el caso de inundaciones requiere de diversos tipos de análisis:

- El análisis morfométrico de cuencas
- El análisis hidrológico de las cuencas
- En análisis hidráulico de secciones específicas de la cuenca en las zonas donde pueden manifestarse inundaciones, incluyendo las planicies de inundación.

El análisis morfométrico de una cuenca abarca la caracterización de la red de drenaje de dicha cuenca, su orden, así como un análisis estadístico de su composición; así como un análisis de otros factores incluyendo los de tipo hidrogeológico. Para este análisis puede aplicar el método tradicional deducido hace varias décadas por Horton (1984), el cual fuera ampliado por Strahler (1984).

Este tipo de análisis ayuda a comprender el comportamiento hidrológico de la cuenca y sus insumos se utilizan para la realización del análisis hidrológico.

Esta Nota Técnica describe los fundamentos generales para el análisis morfológico de cuencas.

Análisis Morfométrico de cuencas



La **red de drenaje** representa el grado de ramificación del sistema de drenaje de la cuenca. La caracterización de la **red de drenaje** de la cuenca se lleva a cabo caracterizando todos los tributarios o afluentes y los cauces mayores de la cuenca. Esta caracterización se puede realizar a partir de los mapas cartográficos elaborados por los Institutos Geográficos Nacionales a escala 1:50,000 o 1:25,000 de ser posible.

El primer paso debe ser la clasificación de los tributarios o afluentes que están dentro de la cuenca, desde los situados en la zona de mayor elevación de tipo semipermanente hasta el cauce principal que desemboca en el mar o en un lago. Esta clasificación de los afluentes y cauces se realiza asignando a cada tributario o cauce su **número de orden** respectivo. El número de orden se establece empezando por los tributarios o afluentes más lejanos a la desembocadura del cauce principal, que son los más pequeños. La regla para definir el número de orden de cada tributario se describe a continuación:

- Los afluentes o tributarios de primer orden son aquellos que no tienen tributarios.
- Los cauces de segundo orden son aquellos que surgen a partir de la unión de dos cauces de primer orden.
- Posteriormente, los cauces de orden **3** se forman cuando dos cauces de orden **2** se unen y así sucesivamente hasta llegar al cauce principal.

Caracterización de la red de drenaje de la cuenca

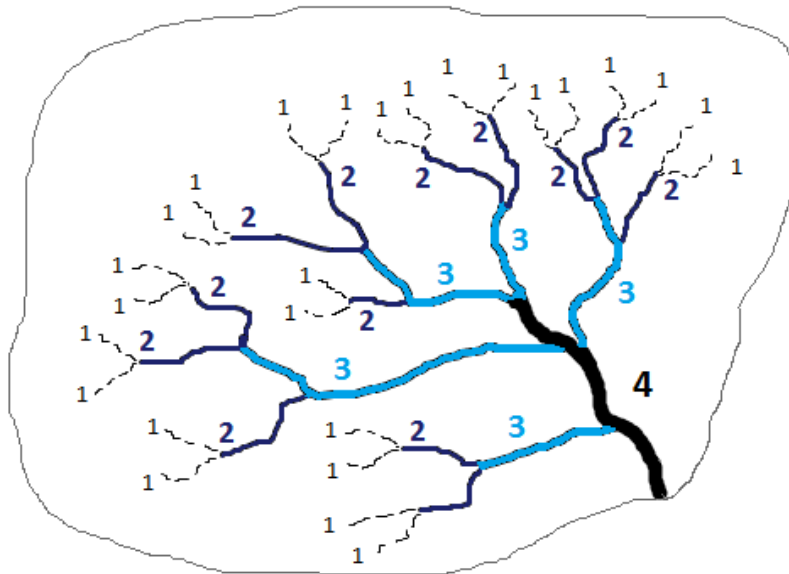


Figura que muestra cómo catalogar los distintos afluentes o tributarios para caracterizar la red de drenaje de la cuenca y su número de orden respectivo.

La figura muestra el esquema de una cuenca de orden 4. Existe una relación entre la extensión geográfica de la cuenca y su número de orden respectivo.

El siguiente paso en el análisis morfométrico es la medición de la longitud de cada uno de los afluentes de diversos niveles, su extensión geográfica y su perímetro. Esto se puede llevar a cabo en un mapa cartográfico de papel utilizando un curvómetro u opisómetro.

Existen curvómetros análogos y digitales.

En caso de tener mapas cartográficos en formato digital, es posible utilizar sistemas de información geográfica para estas mediciones.



Ejemplo: Cuencas Cangrejal y Lean en Honduras

CUENCA CANGREJAL GENERAL							
NIVEL 6							
	<Ltot>	# Afl	<A>	<P>	L j/Lj-1	#Aflj/#Aflj	Aj/Aj-1
N1	1.0	100	1.0				
N2	1.6	151	1.5		1.6	0.7	1.5
N3	9.5	33	8.0	12.0	5.9	4.6	5.3
N4	30.0	8	25.0	22.5	3.2	4.1	3.1
N5	91.8	3	96.0	56.5	3.1	2.7	3.8
N6	353.5	1	485.0	130.0	3.9	3.0	5.1
<>					3.5	3.0	3.8

En estas tablas se presentan los resultados de la caracterización de la red de drenaje y el número de orden de las cuencas Cangrejal y Lean que están situadas en la costa Norte de Honduras. Dicha caracterización de realizó utilizando los mapas cartográficos elaborados por el Instituto Geográfico de Honduras.

Como se observa, ambas son de orden 6. Otros parámetros que se presentan en estas tablas son las longitudes totales promedio de los afluentes de distintos órdenes, las áreas promedio y los perímetros promedio.

La longitud total para afluentes de cada nivel se midió en base a la longitud total de todos los afluentes de menor orden que integran ese afluente y la longitud del canal del afluente.

De manera similar se calculó el área para cada afluente, considerando las áreas de todos los afluentes de menor orden.

CUENCA LEAN GENERAL							
NIVEL 6							
	<Ltot>	# Afl	<A>	<P>	L j/Lj-1	# Ai/# Aj+1	Aj/Aj-1
N1	1.0	85	1				
N2	2.2	170	2		0.5	1.5	1.5
N3	12.1	42	11	14.5	4.0	7.0	7.0
N4	63.5	11	55	35.5	3.8	5.3	5.3
N5	166.0	3	163	48.0	3.7	2.9	2.9
N6	601.0	1	952	165.0	3.0	5.8	5.8
<>					3.0	4.5	4.5

Además de los parámetros mencionados en la página anterior, la caracterización de la red de drenaje de la cuenca incluye otra serie de parámetros entre los cuales figuran:

- P = Perímetro
- [L] = Diámetro
- Lmax = Longitud desde la desembocadura del afluente hasta el punto más lejano de la cuenca
- L_x = Longitud específica del afluente particular de orden **x**
- Hmax = Elevación máxima sobre el nivel del mar en el área del afluente
- Hmin = Elevación mínima del afluente, que en todos los casos coincide con la desembocadura del afluente
- DH = diferencia de alturas
- Área = Área de todo el afluente (incluyendo los afluentes de orden 1 y 2 que lo componen)
- Lafluentes **x** = Longitud de los afluentes de orden 1, 2, 3, ... (x-1) que están dentro del afluente de orden **x**
- Ltot **x** = Lafluentes + L_x
- A / Ltot = relación de área a longitud total de afluentes

Parámetros adicionales para caracterizar la red de drenaje de una cuenca

Siguiendo el ejemplo anterior de la cuenca del río Lean en Honduras, la tabla superior presenta los datos para 15 de los 42 afluentes de orden 3 en esta cuenca.

CUENCA LEAN NIVEL 3												
#	P	[L]	Lmax	L3	Hmax	Hmin	DH	Area	L afluentes	Ltot	A/Ltot	
1	7.5	2.8	3.0	1.8	900.0	300.0	600.0	3.5	3.0	4.8	0.7	
2	6.0	2.0	2.5	0.3	500.0	200.0	300.0	2.5	3.5	3.8	0.7	
3	15.8	6.5	7.5	3.5	1093.0	200.0	893.0	13.5	11.8	15.3	0.9	
4	21.5	8.5	10.5	7.5	1230.0	200.0	1030.0	20.0	14.3	21.8	0.9	
5	28.0	9.8	10.0	7.5	976.0	200.0	776.0	40.4	33.8	41.3	1.0	
6	12.5	4.0	5.5	3.3	247.0	100.0	147.0	6.0	7.8	11.0	0.5	
7	9.0	3.3	3.8	2.0	590.0	200.0	390.0	4.0	2.8	4.8	0.8	
8	22.0	8.5	10.5	9.0	995.0	200.0	795.0	20.5	20.0	29.0	0.7	
9	8.0	1.8	2.5	1.0	390.0	309.0	81.0	4.0	3.0	4.0	1.0	
10	18.0	6.5	7.0	2.5	873.0	200.0	673.0	14.5	10.3	12.8	1.1	
11	18.0	6.5	7.5	1.0	931.0	200.0	731.0	21.0	24.5	25.5	0.8	
12	15.0	5.5	6.5	2.8	700.0	200.0	500.0	12.0	8.5	11.3	1.1	
13	7.5	3.0	2.0	0.3	668.0	370.0	298.0	3.0	1.8	2.0	1.5	
14	12.5	3.0	4.3	1.3	668.0	400.0	268.0	8.5	3.3	4.5	1.9	
15	12.0	4.5	4.5	1.5	556.0	200.0	356.0	7.0	2.3	3.8	1.9	

La tabla inferior presenta los datos respectivos para todos los afluentes de orden 4. Como se observa, el perímetro promedio de los afluentes de orden 4 es de 36 kilómetros, mientras que su área promedio es del orden de 55 kilómetros cuadrados. La relación de Área a Longitud total de los afluentes tiene como valor máximo 1.6, como valor mínimo 0.3 y como valor promedio 0.8. Esto implica que cada 4 kilómetros cuadrados de área son drenados en promedio por 5 kilómetros de afluentes.

CUENCA LEAN NIVEL 4												
#	P	[L]	Lmax	L4	Hmax	Hmin	DH	Area	L afluentes	Ltot	A/Ltot	
A - Alto Lean	47.8	16.0	19.0	15.0	1300	100	1200	102.0	63.8	126.8	0.8	
B - Alao	37.0	12.5	13.5	2.8	1230	100	1130	136.0	6.0	82.8	1.6	
C - Cangeliquita	34.3	10.5	13.5	5.0	995	200	795	41.0	0.0	42.8	1.0	
D - Qda. Grande	30.5	9.5	13.3	7.0	931	100	831	40.5	1.8	47.0	0.9	
E - Mojimancito	21.3	7.5	13.3	6.8	700	200	500	17.0	0.8	22.0	0.8	
F - Mojimán	32.5	10.0	11.8	8.5	745	100	645	10.0	13.3	35.8	0.3	
G - Chiquito	17.5	5.0	7.0	2.3	200	100	100	4.5	1.8	15.3	0.3	
H - Jilamito	44.5	15.8	17.5	5.0	2208	100	2108	19.5	7.0	44.8	0.4	
I - Mezapa	48.5	18.8	19.5	5.5	2208	100	2108	92.0	30.0	108.8	0.8	
J - Agua Sucia	33.8	12.5	11.3	7.5	1738	100	1638	59.0	17.8	78.3	0.8	
K - Texiguat	45.3	16.5	29.5	21.8	1900	100	1800	87.5	27.3	96.3	0.9	
SUMA	392.8	134.5	169.0	87.0				609.0	169.3	700.3	8.6	
PROMEDIO	35.7	12.2	15.4	7.9				55.4	15.4	63.7	0.8	

Análisis Hipsométrico de cuencas

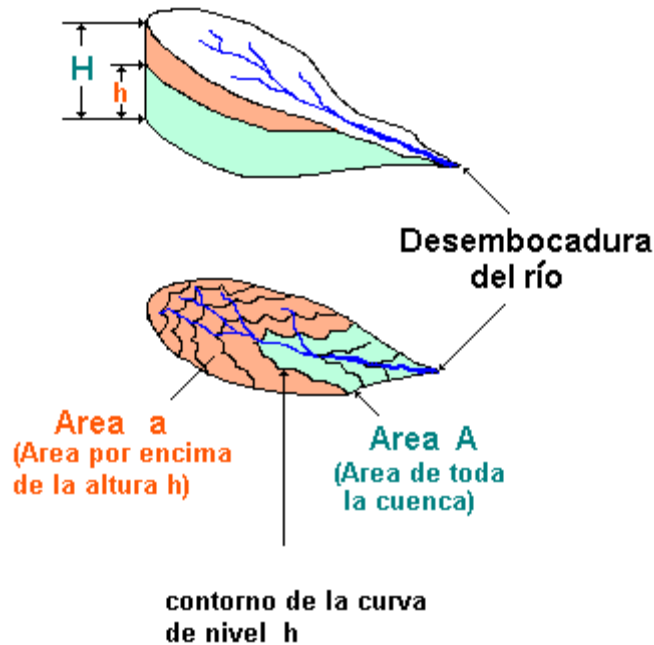
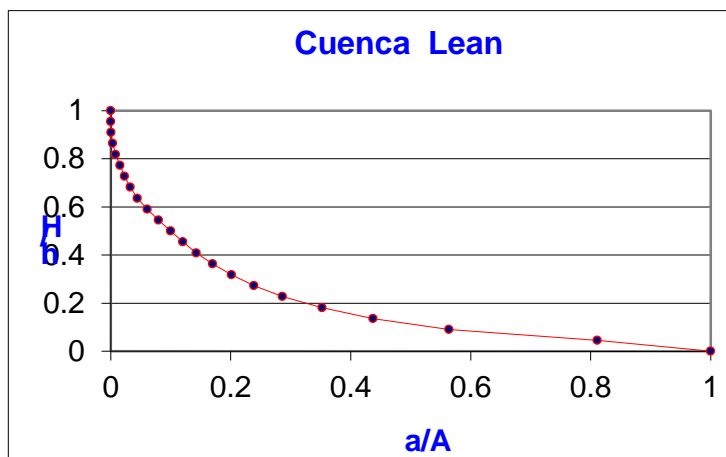


Figura que muestra cómo realizar el análisis hipsométrico para una cuenca.

Un aspecto importante a considerar en el estudio morfológico de las cuencas es el análisis hipsométrico, en el cual se analizan la relación entre áreas y alturas para cada cuenca. El esquema típico de análisis hipsométrico se muestra en la figura.

Una cuenca de área A y elevación máxima sobre el nivel del mar H se subdivide en contornos de áreas a correspondientes a alturas h sobre el nivel del mar. Los contornos se conforman mediante las curvas de nivel. En este caso el área total sería un polígono de color verde en la base. El contorno de área a asociado a la altura h se muestra sombreado de color naranja. Posteriormente se procede a medir las áreas dentro de cada contorno asociada a cada altura.

Ejemplo: Cuenca Lean en Honduras



Un aspecto característico que se puede detectar en este tipo de gráficas está asociado a las zonas de alta pendiente, donde se llevan a cabo los procesos de erosión, que en todos los casos se manifiesta en la parte alta de la cuenca. De igual manera se detectan zonas de baja pendiente en las cuencas bajas, donde se manifiesta la deposición del material erosionado en la cuenca alta.

Referencias:

Horton, R. E. *Erosional Development of Streams and their Drainage Basins; Hydrophysical Approach to Quantitative Morphology*, en *River Networks*, Editado por Jarvis, R. S. y Woldenberg, M. Benchmark Papers in Geology, Vol. 80, Hutchinson Ross Publishing Co., 1984. 386pp.

Strahler, A.N. *Quantitative Geomorphology of Drainage Basins and Channel Networks*, en *River Networks*, Editado por Jarvis, R. S. y Woldenberg, M. Benchmark Papers in Geology, Vol. 80, Hutchinson Ross Publishing Co., 1984. 386pp.

Knighton, D. *Fluvial Forms and Processes*, Edward Arnold Press Co. 1984. 218pp.

Leopold, L. B., Gordon Wolman, M. y Miller, J. P. *Fluvial Processes in Geomorphology*, Dover, 1995. 522pp.