

Orden de red y razón de bifurcación

José Ramón Martínez Batlle

Orden de red y razón de bifurcación

El orden de red de curso fluvial es un número entero positivo usado en geomorfología e hidrología como indicativo del grado de ramificación de una red de drenaje, y es un paso importante en el análisis topológicos de redes (Wikipedia contributors, 2020, GRASS Development Team (2020a)). Existen muchos métodos para establecer el orden de red, pero el más conocido es el de Strahler (Strahler, 1957), por su sencillez, consistencia y por ofrecer un procedimiento inequívoco, a diferencia del Horton (Horton, 1945), al que históricamente sustituye.

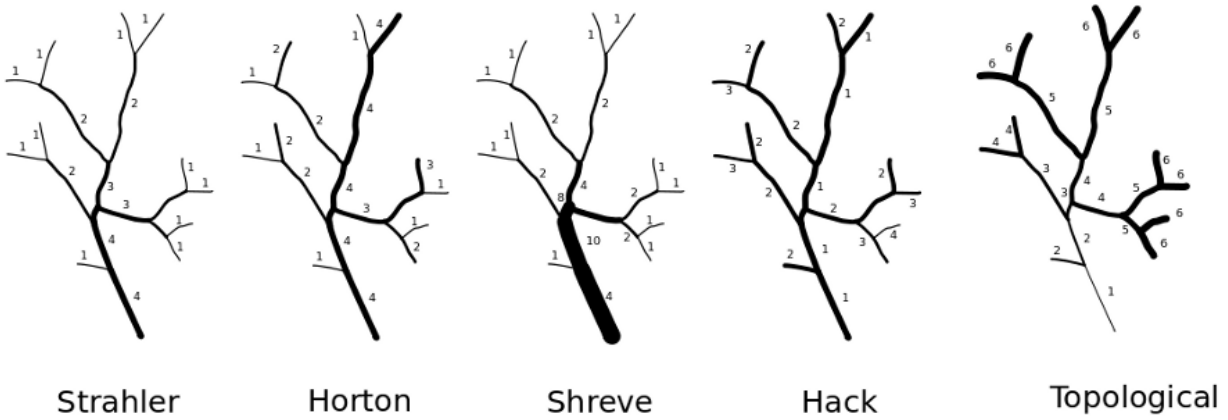


Figure 1: Ejemplos de métodos de establecimiento del orden de red. Tomado de: GRASS Development Team (2020a)

Horton (1945) define la razón de bifurcación se define como la relación entre el número promedio de cursos fluviales de un orden dado entre el número de cursos del orden inmediatamente mayor (ver figura arriba sobre ejemplos de orden de red. Según el mismo autor, usualmente esta razón es constante para todos los órdenes de red en una cuenca determinada.

Por ejemplo, si existen 10 cursos fluviales de orden 1 y 3 de orden 2, la relación de bifurcación sería el resultado de dividir $10/3 = 3.333$. La expectativa, en teoría, sería que, para la misma cuenca, el número de cursos de orden 3 fuese 1, para $3/1 = 3$.

Su fórmula es:

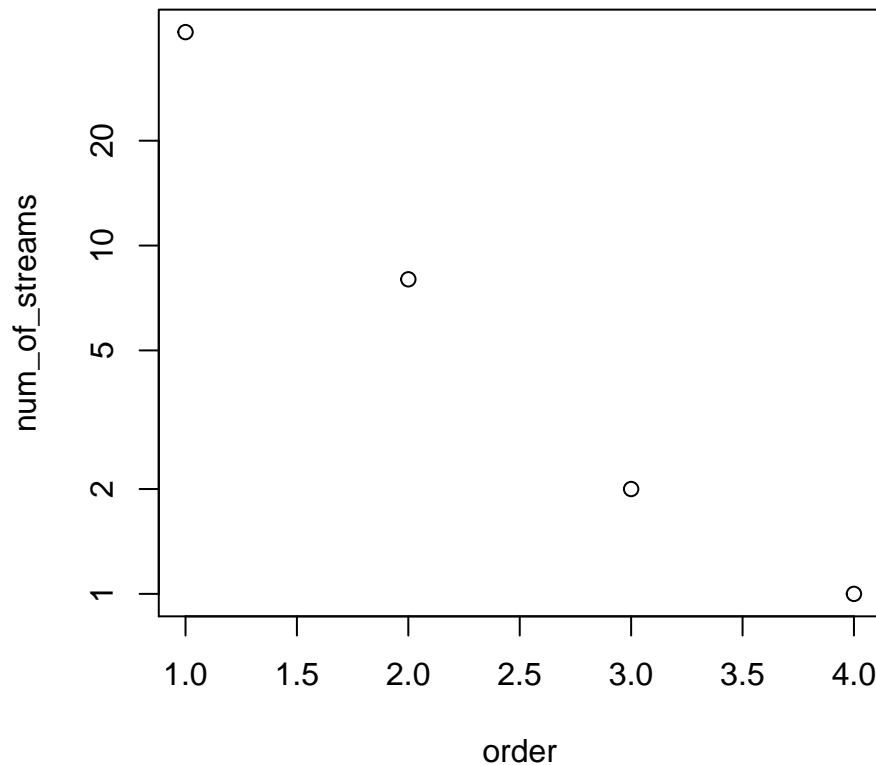
$$R_b = \frac{N_u}{N_{u+1}}$$

donde R_b es la razón de bifurcación, N_u es el número de cursos de orden de red u , y N_{u+1} es el número de cursos del orden de red inmediatamente mayor.

Sea $N_u = f(u)$. Si graficamos el logaritmo del número de cursos por cada orden de red (según el método de Strahler), notaremos que existe una relación lineal. Este sería un ejemplo con datos reales de la cuenca del arroyo Pantufas, utilizando el addon de GRASS GIS `r.stream.stats` (GRASS Development Team, 2020b):

```
execGRASS(
  "r.stream.stats",
  flags = c('overwrite', 'verbose', 'o'),
  parameters = list(
    stream_rast = 'order-strahler',
    direction = 'drainage-dir-de-rstr',
    elevation = 'dem',
    output = 'pant_stats.txt'
  )
)

d <- read.csv("pant_stats.txt", skip=1, header=TRUE)
plot(num_of_streams~order, data=d, log="y")
```



El eje y es \log_{10} .

De esta manera, podemos formular la función $\log N_u = mu$, donde el u es el orden de red y m una pendiente por determinar. Dicha pendiente, en teoría, siempre es negativa, puesto que a mayor orden de red, menor el número de cursos, como de hecho ocurre en el ejemplo graficado. La fórmula para obtener dicha pendiente es:

$$m = \frac{\log N_{u+1} - \log N_u}{(u+1) - u}$$

$$m = \frac{\log N_{u+1} - \log N_u}{1}$$

$$m = \log N_{u+1} - \log N_u$$

$$m = -(\log N_u - \log N_{u+1})$$

$$m = -(\log \frac{N_u}{N_{u+1}})$$

$$m = -\log R_b$$

Por lo tanto, la pendiente de la recta no es más que menos el logaritmo de la razón de bifurcación, tal como se plantea en esta generalización (Costa-Cabral & Burges, 1997):

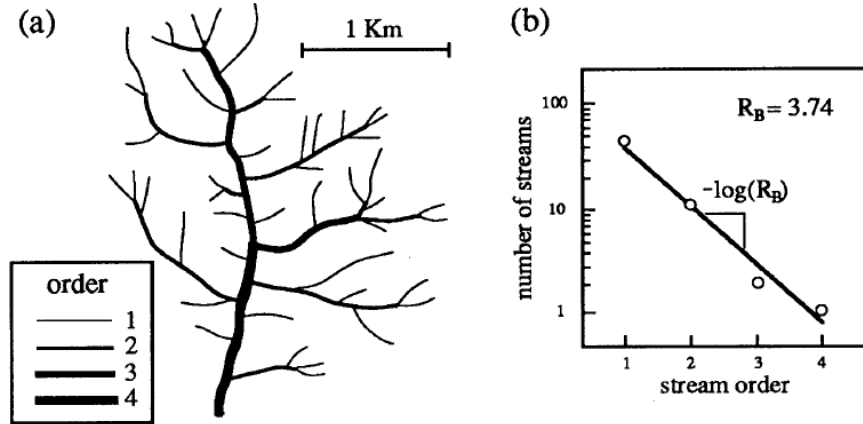


Figure 1. (a) Illustration of Strahler stream ordering rules: Source channels are streams of order 1, and where two streams of the same order, ω , join, the receiving stream has order $\omega + 1$. The fourth-order channel network pictured discharges into a fifth-order tributary stream of Old Man Creek, Iowa. The number of streams of each order ω , N_ω , are $N_1 = 46$, $N_2 = 11$, $N_3 = 2$, and $N_4 = 1$. The number of source streams, N_1 , is designated the magnitude of the network, μ . (b) Horton diagram of stream numbers for the network in Figure 1a: $\log(N_\omega)$ is plotted against ω . The bifurcation ratio is $R_B = 3.74$, obtained from the slope of the regression line, $(-\log(R_B))$. The geometric-mean ratio is $G_B = 3.58$, obtained from the slope of the line connecting the first and last points in the diagram, given by (4a), for $\mu = 46$ and $\Omega = 4$.

Referencias

Costa-Cabral, M. C., & Burges, S. J. (1997). Sensitivity of channel network planform laws and the question of topologic randomness. *Water Resources Research*, 33(9), 2179–2197.

GRASS Development Team. (2020a). *r.stream.order*. *GRASS GIS 7.8.3dev Reference Manual*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.stream.order.html>

GRASS Development Team. (2020b). *r.stream.stats*. *GRASS GIS 7.8.3dev Reference Manual*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.stream.stats.html>

Horton, R. E. (1945). Erosional development of streams and their drainage basins; hydrophysical approach to quantitative morphology. *Geological Society of America Bulletin*, 56(3), 275–370.

Strahler, A. N. (1957). Quantitative analysis of watershed geomorphology. *Eos, Transactions American Geophysical Union*, 38(6), 913–920. <https://doi.org/10.1029/tr038i006p00913>

Wikipedia contributors. (2020). *Stream order* — *Wikipedia, the free encyclopedia*. Retrieved from https://en.wikipedia.org/w/index.php?title=Stream_order&oldid=935790793