

# Título

## Subtítulo

## Subtítulo

**Darihana Linares Laureano**     *Estudiante de Lic. en Geografía Mención Recursos Naturales y Ecoturismo, Universidad Autónoma de Santo Domingo (UASD)*

---

Resumen del manuscrito

*Keywords:* Geomorfología fluvial, Morfometría de cuencas

---

### 1 Introducción

Desde hace siglos atrás el hombre ha buscado la manera de explicar y entender las distintas formas que el paisaje terrestre (relieve) posee. Autores numerosos han investigado la génesis de estas nociones geomorfológicas, remontándose a tres siglos atrás. Autores como Hutton, Playfair y Lyell, sirvieron de antecesores o bases para la ciencia geomorfológica. Tras su consolidación como ciencia en Francia numerosos autores fueron demostrando la importancia de esta ciencia, incluso ramificándola (climática, eólica, litoral, glaciar, estructural, tectónica, kárstica y fluvial; siendo la última de interés para esta investigación), para mayor eficacia en sus estudios.

Los estudios en la geomorfología fluvial a nivel mundial son numerosos y han servido para explicar cómo los drenajes de los ríos y sus redes hidrográficas son importantes para la geomorfología, ya que estas redes fluviales son parte de los procesos de modelado más activos en la formación del relieve y que permiten mensurar la configuración del mismo. Para los estudios en geomorfología fluvial, se hace uso del análisis morfométrico de cuencas hidrográficas. La morfometría de cuenca se ha convertido en la técnica cuantitativa para el estudio de las cuencas de manera detallada y ordenada. Actualmente en la República Dominicana el uso del análisis morfométrico para estudiar cuencas hidrográficas es poco e insuficiente, a pesar de que la República Dominicana goza de una diversa y extensa red de cuencas hidrográficas, ricas y aprovechables para la aplicación de diversas técnicas con el fin de explicar y entender las propiedades del relieve y su relación con las cuencas fluviales. Por lo que, este estudio es un aporte para dar a conocer la configuración y modelado de la cuenca hidrográfica del río Guayubín, con el fin de fijar parámetros que permitan evaluar esta cuenca fluvial; identificando el aspecto general de la cuenca y de la red, el orden de red y análisis hortoniano, los perfiles longitudinales e índice de concavidad de cursos más largos, y la morfometría de cuenca. En ese mismo orden es imprescindible conocer el concepto de cuenca fluvial o de drenaje, que no es más que el conjunto de cuerpos de agua con un área determinada que fluyen por distintos canales y escurren en un mismo desagüe. Según los autores Gregory y Walling, 1973; y Chorley, 1969 (como citó Gutiérrez Elorza (2008)), una cuenca fluvial compone el espacio determinado en el que se suministran las aguas que discurren por la superficie, el mismo está delimitado tanto por su relieve y su hidrología. También considerada como una unidad imprescindible en geomorfológica.

## 1.1 Revisión bibliográfica

### Aspecto general de la cuenca y de la red

El aspecto general de la cuenca y de la red se refiere a los parámetros hidrográficos que posee la cuenca (la acumulación de flujos y cálculo de su umbral, elevación, depresión, y otros). Según Castillo (2015), la acumulación de flujos señala a todas las celdas que desaguan en una en particular, la misma se adquiere partiendo de la dirección de la corriente o flujo. Venkatachalam et al. (2001) dicen que la acumulación de flujo de una celda se instituye de acuerdo a la sumatoria de los valores de la acumulación de flujo de las celdas próximas que drenan en ella. En cuanto al umbral, según ESRI (2012), se es necesario un raster de acumulación de flujo y la 'porción mínima de celdas que componen una corriente de agua. También se refiere a la forma que adquiere la cuenca y a la forma de su red de drenaje, según la conformación de sus ríos y el material rocoso que la compone (patrones de drenaje). Varios autores expresan que existe una conexión entre la estructura que posee la red de drenaje con el material rocoso (Pedraza Gilsanz (1996), Gutiérrez Elorza (2008), Howard (1967), Gregory & Walling (1973)).

### Orden de red y análisis hortoniano

El orden de red hace referencia al orden en el que se clasifican los cursos de agua, todo en base a su ramificación. Según Wikipedia (2020), el orden de un curso de agua es siempre un número entero positivo que se usa tanto en Geomorfología como en Hidrología para denotar la magnitud de ramificación que posee una red fluvial. Para Bowden & Wallis (1964), el orden de red sostiene una relación entre las rocas con la configuración de la red fluvial y con los procesos tanto hidrológicos como erosivos. La clasificación de la red se hace de manera jerárquica. Hoy día existen múltiples normas para determinar la jerarquía de una red: Strahler (1952), Horton (1945), Shreve (1967), Scheidegger (1970), Leopold et al. (1964) Hack (1957) y Topological.

El análisis hortoniano para los años 40 sentó las bases de la morfometría fluvial (Pinilla (1993)). Para Horton (1945), la razón de bifurcación resulta ser la conexión entre el número de redes fluviales de una jerarquía asignada entre el número de redes de jerarquía mayor próxima.

### Perfiles longitudinales e índice de concavidad de cursos más largos

El perfil longitudinal de un curso de agua es una línea adquirida al representar las diversas alturas que se presentan desde el nacimiento de este hasta donde desagua (Gutiérrez Elorza (2008)). Según Pedraza Gilsanz (1996), por medio de los perfiles longitudinales es posible fundamentar definiciones en segmentos con geometría heterogénea (cóncavo, convexo y rectilíneo), o pendiente; las acomodaciones para cada parte a una función matemática; e incluso análisis geométricos basados en elementos físicos o evolutivos. Gutiérrez Elorza (2008), dice que el perfil longitudinal es generalmente cóncavo, aunque esta concavidad no está clara para muchos cursos fluviales. En cuanto al índice de concavidad, este no es más que un indicador que hace posible la evaluación del nivel de torcedura o curvatura del perfil longitudinal (Garzón Heydt, Ortega, Garrote, & others (n.d.)). Se calcula así, la superficie debajo del perfil longitudinal es extraída del total del área debajo del segmento que conecta los dos límites del perfil (Goldrick & Bishop (2007)).

### Morfometría de cuenca

El análisis morfométrico abarca un conjunto de índices morfológicos que apuntan a un análisis detallado y cuantitativo de cuencas hidrográficas (Morais & Almeida (2010)). El análisis morfométrico de cuencas hidrográficas se inicia por la ordenación de canales fluviales, con la finalidad de establecer una jerarquía fluvial. Esta, a su vez, consiste en el proceso de establecer la clasificación de determinado curso de agua (o el área drenada que le pertenece) en el conjunto total de la cuenca hidrográfica en la que se encuentra. Aunque, según el autor, esto se logra con la función de facilitar y volver más objetivos los estudios morfométricos sobre las cuencas hidrográficas (Christofolletti (1988))

Este estudio proporciona nueva información sobre la cuenca del río Guayubín en el campo

de Morfometría fluvial, sabiendo que este es el primer estudio morfométrico que se realiza a la cuenca; y además este posee un script lo cual permite su reproducción sin coste alguno. En específico, se indaga sobre el umbral de acumulación de flujo en numero de celdas, la forma que posee la cuenca y su red de drenaje, considerando la relación que tiene la forma de la cuenca y la forma de su red de drenaje con el material rocoso y el relieve (hidrología-topografía-litología). También, se analiza la forma en la que se organiza o clasifica el orden de red asignado a cada curso fluvial en la cuenca, así como la razón de bifurcación de los órdenes de red fluvial. Se estudia la geometría que posee cada segmento de los cursos, en este caso el de los más largos; tomando en consideración las diversas alturas presentes en el curso. Y, por último, nos interesa examinar la cuenca de forma cuantitativa, para conocer sus medidas básicas (área, perímetro, numero de orden de redes, pendiente, etc.). El interés de este estudio es indagar e interpretar lo siguiente: rango de umbral de acumulación, forma de la cuenca, forma de su red de drenaje, fenómenos que pueden afectar a la cuenca, si existe un patrón en la cuenca acorde a su red drenaje, si existe la relación litología-perfil longitudinal e índice de concavidad de los cursos de aguas más largos, y, por último, conocer la relación de las características litológicas y estructurales de la cuenca.

## 2 Localización y Metodología

Para el estudio morfométrico de la cuenca Guayubín se usó softwares de código abierto como medio para procesar datos estadísticos y modelos digitales con la finalidad de generar las informaciones ha analizada.

### 2.1 Área de estudio

La cuenca del río Guayubín se encuentra entre las morforegiones Cordillera Central y Valle del Cibao Occidental, en la República Dominicana (latitud 19.46°N, longitud -71.41°W), entre las provincias Santiago Rodríguez, Monte Cristi y Dajabón. En la provincia Dajabón engloba de forma completa el municipio El Pino, y de manera parcial los municipios Loma de Cabrera y Partido; en la provincia Monte Cristi contiene parcialmente los municipios Las Matas de Santa Cruz y Guayubín; y en la provincia Santiago Rodríguez comprende los municipios Villa Los Almácigos y San Ignacio de Sabaneta. Los municipios más poblados en el interior de la cuenca son Guayubín (35,923 hab.), San Ignacio de Sabaneta (34,540 hab.), y Loma de Cabrera (15,624 hab.). La cuenca del río Guayubín, según Medio Ambiente y Recurso Naturales (2015), abarca una área de 770.35 km<sup>2</sup>, y tiene un perimetro de 156.12 km. De acuerdo con el s.a. (s.f.), la cabecera del río Guayubín se ubica en las inmediaciones de loma escondida, mientras que sus aguas se vierten en el río Yaque del Norte, localidad Guayubín.

### 2.2 Materiales

Materiales	Uso
RStudio	donde se redactó el manuscrito, se procesaron los datos que ofrece el DEM de la cuenca a través de un script en el que se usaron paquetes que produjeran los resultados.

Material	Uso
library rgrass7	es una interfaz que permite establecer una conexión entre la version 7 del sistema de informacion geográfica GRASS, y R, que crea un entorno GRASS desechable dentro de R.
library sp	este paquete sirve para la importación, manipulación y exportación de datos espaciales en R, y para métodos que incluyen imprimir / mostrar, trazar, entre otros.
library sf	crea características simples (simple features), que amplían los objetos tipo data.frame con una columna de lista de características simples.
library raster	este paquete proporciona clases y funciones para manipular datos geográficos (espaciales) en formato 'ráster'.
library leaflet	esta función crea un widget de mapa de folletos utilizando htmlwidgets. El widget se puede representar en páginas HTML generadas a partir de R Markdown, y otros.
library leafem	es un paquete que provee una extensión para leaflet usados para paquetes mapview, permite mostrar las coordenadas de la posición del puntero del mouse, consultar valores de imagen a través de puntero del mouse y botones de zoom a capa.
library mapview	el paquete proporciona funcionalidad para ver objetos espaciales de forma interactiva.
library readr	el objetivo de 'readr' es proporcionar una forma rápida y amigable de leer datos rectangulares (como 'csv', 'tsv' y 'fwf').
QGIS with GRASS	para la visualización de vectores y rasters generados con RStudio en una región de GRASS, como la visualización de los mapas Topológicos y Geológicos de la República Dominicana, también, para la creación de algunos mapas de localización.
Google Earth	para observar datos en formato kml generados y exportados de RStudio y así como la representación del relieve del lugar de estudio.

### 2.3 Metodología

Los parámetros de la cuenca fueron calculados por medio de el add-on de GRASS GIS `r.watershed` (Charles Ehlschlaeger (2003–2021b)), utilizando el Dem de la misma, los parámetros calculados fueron acumulación, elevación, depresión, drenaje, flujo, cuenca y media cuenca, con un umbral de acumulación de flujo de 80 celdas necesarias para que exista una red de agua.

Se usó el add-on `r.water.outlet` (Charles Ehlschlaeger (2003–2021a)) para la extracción de la cuenca a través de un mapa de dirección de drenajes (creado con el add-on `r.watershed`), y de coordenadas de desembocaduras de la cuenca (obtenidas con el paquete Mapview). Así también se usó el add-on `r.to.vect` (Team (2003–2021)), para convertir un raster en vectorial.

Para extraer la red de drenaje se hizo uso de el add-on `r.stream.extract` (Metz (2003–2021)), donde se utilizó un raster como capa de entrada y se generó un archivo en formato vectorial, además, del raster, es necesario el umbral de acumulación de flujo.

En cuanto al orden de red y el análisis hortoniano, se usó el add-on `r.stream.extract` (@ referenciar), para producir un mapa de dirección de flujo el cual sirvió para la creación de mapas de ordenes de redes generados con `r.stream.order` (Jasiewicz (2003–2021)). Además de el mapa de dirección de flujo, se usó un raster de red de la cuenca, flujo de acumulación y un modelo de elevación. Se calcularon los ordenes de redes según las clasificaciones de Strahler, Horton, Shreve, Hack y Topo, pero, se usó la red de orden según Strahler para delimitar la cuenca. Mientras que se usaron los add-ons `r.info` para obtener los valores mínimos y máximos del orden de red según Strahler; para delimitar la cuenca a través de la red de drenaje se utilizó `r.stream.basins` (Jarek Jasiewicz & Institute (2003–2021a)); y para calcular las estadísticas de red de Horton ordenadas para redes de orden de Strahler y Horton se usó `r.stream.stats` (Jarek Jasiewicz & Institute (2003–2021b)).

Para calcular los índices de concavidad y los perfiles longitudinales, primero, se obtuvieron los cursos más largos de la cuenca a través de la función `LfpNetwork` (Batlle (2018)), usando coordenadas de desembocadura de la cuenca obtenidas con Mapview, vectores de ordenes de red y mapa de flujo de dirección. Segundo, para producir los perfiles longitudinales e índices de concavidad se empleó la función `LfpProfilesConcavity` (@), utilizando la red de cursos de agua más largos, coordenadas de desembocadura, un DEM y un mapa de flujos de drenaje.

Para la obtención de los parámetros morfométricos de la cuenca se usó el add-on `r.basin` (Margherita Di Leo (2003–2021)), por medio de un modelo de elevación y coordenadas proyectadas de la salida de la cuenca, obtenidas en geográficas con Mapview y transformadas a proyectadas con la función `My_Trans` (@).

Respecto al cálculo de la curva e integral hipsométrica, se utilizó la función `HypsoIntCurve` (@),

### 3 Resultados

### 4 Discusión

### 5 Agradecimientos

### 6 Información de soporte

### 7 Script reproducible

### Referencias

- Batlle, J. R. M. (2018). *Función lfpNetwork*. Retrieved from [https://github.com/geofis/rgrass/blob/master/lfp\\_network.R](https://github.com/geofis/rgrass/blob/master/lfp_network.R)
- Bowden, K. L., & Wallis, J. R. (1964). Effect of stream-ordering technique on horton's laws of drainage composition. *Geological Society of America Bulletin*, 75(8), 767–774.
- Castillo, F. A. J. (2015). Delimitación automática de microcuencas utilizando datos srtm de la NASA. *Enfoque UTE*, 6(4), 81–97.
- Charles Ehlschlaeger, U. A. C. E. R. L. (2003–2021a). *Add-on r.water.outlet*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.water.outlet.html>
- Charles Ehlschlaeger, U. A. C. E. R. L. (2003–2021b). *Add-on r.watershed*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass79/manuals/r.watershed.html>
- Christofolletti, A. (1988). *Geomorfología*. Editora Blucher.
- ESRI, E. S. R. I. (2012). ArcGIS resources: Definir cuencas hidrográficas. Retrieved from <https://help.arcgis.com/es/arcgisdesktop/10.0/help/index.html#/009z000000068000000>
- Garzón Heydt, G., Ortega, J., Garrote, J., & others. (n.d.). *Morfología de perfiles de ríos en roca. control tectónico y significado evolutivo en el bajo guadiana*.
- Goldrick, G., & Bishop, P. (2007). Regional analysis of bedrock stream long profiles: Evaluation

of hack's sl form, and formulation and assessment of an alternative (the ds form). *Earth Surface Processes and Landforms*, 32(5), 649–671.

Gregory, K. J., & Walling, D. E. (1973). *Drainage basin form and process*.

Gutiérrez Elorza, M. (2008). *Geomorfología*.

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

Howard, A. D. (1967). Drainage analysis in geologic interpretation: A summation. *AAPG Bulletin*, 51(11), 2246–2259.

Jarek Jasiewicz, G., Adam Mickiewicz University, & Institute, G. (2003–2021a). *Addon r.stream.basins*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.stream.basins.html>

Jarek Jasiewicz, G., Adam Mickiewicz University, & Institute, G. (2003–2021b). *Addon r.stream.stats*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.stream.stats.html>

Jasiewicz, J. (2003–2021). *Addon r.stream.order*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.stream.order.html>

Margherita Di Leo, M. D. S. (2003–2021). *Addon r.basin*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/addons/r.basin.html#morphometric-parameters-of-basin>

Medio Ambiente y Recurso Naturales, M. de. (2015). *Cuenca río yaque del norte y su zona costera*. url<http://ambiente.gob.do/wp-content/uploads/2016/11/Yaque-del-Norte-Subcuencas-Hidrograficas-1.pdf>.

Metz, M. (2003–2021). *Addon r.stream.extract*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass78/manuals/r.stream.extract.html>

Morais, F., & Almeida, L. M. (2010). Geomorfologia fluvial da bacia hidrográfica do ribeirão jaú-palmas-to. *Brazilian Geographical Journal: Geosciences and Humanities Research Medium*, 1(2).

Pedraza Gilsanz, J. de. (1996). *Geomorfología: Principios, métodos y aplicaciones*.

Pinilla, A. (1993). *Symposium sobre la raña en españa y portugal* (Vol. 2). Editorial CSIC-CSIC Press.

s.a. (s.f.). *Topo map of the dominican republic 1:50k*. url<https://geofis.xyz/lm/index.php/view/map/?repositor>

Team, G. D. (2003–2021). *Addon r.to.vect*. Retrieved from <https://grass.osgeo.org/grass76/manuals/r.to.vect.html>

Venkatachalam, P., Mohan, B., Kotwal, A., Mishra, V., Muthuramakrishnan, V., & Pandya, M. (2001). Automatic delineation of watersheds for hydrological applications proc. *ACRS 2001-22nd asian conference on remote sensing, 5-9 november 2001, singapore. vol, 2*, 1096–1101.

Wikipedia, C. (2020). Stream order. Retrieved from [https://en.wikipedia.org/wiki/Stream\\_order](https://en.wikipedia.org/wiki/Stream_order)