

# Análisis morfométrico y de relieve de la red de drenaje asociada a la subcuenca del Río Frío en Bucaramanga: caso de estudio

Nicolás M. Solano<sup>2</sup> y Silvia F. Martínez<sup>2</sup>  
DOI: <https://doi.org/10.33132/27114260.1990>

## Resumen

La hidrología es una ciencia con alto grado de incertidumbre por la falta de fuentes de información confiable, aleatoriedad de los datos, entre otros. Por tanto, las aproximaciones desde la modelación espacial y temporal que se hagan son, en gran medida, las herramientas determinantes para la toma de decisiones en relación con el recurso hídrico. Desde un enfoque espacial, este trabajo resuelve la distribución hidrológica de un área hidrográfica localizada en Floridablanca, Santander, considerando los elementos de análisis morfométrico para caracterización de cuencas. A partir de información de cartografía base a escala 1:25000 se determinó con herramientas de sistema de información geográfica (SIG), indicadores de relieve y de corrientes, y se resaltó que, por su extensión superficial, se ordenaría como microcuenca, teniendo un área total de 74 km<sup>2</sup>. La microcuenca que entra en fase de madurez por su longevidad, según el análisis hipsométrico, cuenta con seis zonas de aportación que generan corrientes sobre los ríos Tona y Lato, con una longitud total de 30,1 km sobre el cauce principal hasta su desembocadura en el caso urbano del Floridablanca.

**Palabras clave:** cartografía base, curva hipsométrica, hidrología, microcuenca hidrográfica, morfometría.

---

<sup>2</sup> Grupo de Investigación en Ingeniería Ambiental y Recursos Naturales (Ginam), Facultad de Ingeniería Ambiental, Universidad Santo Tomás, seccional Bucaramanga, Santander.

## Introducción

Las características morfométricas corresponden a la aplicación de procedimientos que con el estudio de la morfología y geomorfología caracterizan los rasgos propios de las cuencas hidrográficas. Dicha caracterización se traduce y/o se evidencia en valores numéricos, los cuales permiten comparar en forma exacta una parte de la superficie terrestre con otra.

Estos parámetros están relacionados con el régimen hidrológico de una cuenca, subcuenca o microcuenca (según sea su extensión), ya que es una función compleja de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la forma del terreno en el cual se desarrollan los procesos y sistemas de transformación de lluvia en escorrentía, propios del ciclo hidrológico. Otros procesos que se ven influenciados por el régimen hidrológico, determinado en particular por su ubicación en altitud, son la precipitación, el escurrimiento, la infiltración y formación de depósitos y sedimentos (Minambiente).

La cuenca que abarca la delimitación de divisorias en el presente estudio se encuentra ubicada en el área hidrográfica 2, denominada Magdalena-Cauca, según lo establecido por el Sistema

de Información Ambiental de Colombia (SIAC). Asimismo, corresponde a la zona hidrográfica 23 y subzona 2319 (ZH 23 y SZH 2319, respectivamente) según la misma clasificación. La zona hidrográfica abarca las corrientes y afluentes del río Lebrija, así como otras que se incorporan directamente al río Magdalena aguas abajo.

La microcuenca del Río Frío es el objeto de estudio del presente trabajo, considerando que actúa como unidad abastecedora de la zona hidrográfica mencionada y, por tanto, se encuentra dentro de la divisoria del área delimitada. La zona de aportación está localizada en una región montañosa de la cordillera Oriental de la subcuenca del Río Oro (CDMB), y nace en una elevación de 3050 m s. n. m. en el sitio conocido como La Corcova en la divisoria de aguas con los ríos Tona y Lato. Por la zona suroccidental de la meseta de Bucaramanga se une con el Río de Oro, y en su parte más alta alcanza la mayor receptibilidad de agua sobre la cuenca (Gómez y López, 2005).

Finalmente, lo que se logró con este trabajo fue identificar y clasificar, desde un enfoque espacial, la distribución hidrológica desde un punto de vista morfométrico, correspondiente a la unidad

abastecedora del Río Frío, una de las tantas que abarca la zona hidrográfica 2319, seleccionando para ello la unidad abastecedora del Río Frío, mediante elementos de análisis morfométrico para caracterización de cuencas.

## Materiales y métodos

El estudio se realizó teniendo en cuenta las metodologías empleadas con frecuencia en diferentes estudios para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas. Para ello se hizo uso de elementos de cartografía base a escala 1:25000, tales como redes de drenaje sencillo y dobles, así como las curvas de nivel pertenecientes a la unidad abastecedora que abarcó el área de estudio.

La información se obtuvo digitalmente a través de los repositorios institucionales de las entidades del Estado, tales como el Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales y el SIAC, la cual se procesó mediante *software* libre y de código abierto SIG ; para el trabajo de delimitación y edición de los datos vectoriales se empleó el *software* QGIS 3.16.14 LTR.

El desarrollo y validación de los métodos trabajados se corroboraron con los referenciados como estado del arte. Gaspari *et al.* (2012) realizaron un estu-

dio de caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande en Argentina. La metodología aplicada se basó en establecer y analizar los parámetros morfométricos mediante el uso de SIG y planillas de cálculo, a partir de un modelo digital del terreno e imágenes satelitales. Los resultados alcanzados definieron que la cuenca tiene un área de 1502,6 km<sup>2</sup>, una longitud axial es de 41,6 km, una forma alargada, siendo rectangular oblonga según el coeficiente de compacidad de Gravelius (2,8), longitud del cauce de 58,34 km con pendiente media de 0,48%, densidad de drenaje es 0,27 km.km<sup>-2</sup>. El tiempo de concentración es 11,8 h. La curva hipsométrica adimensional corresponde a una cuenca con un avanzado grado de desarrollo.

Por otro lado, Busnelli y Horta (2014), en la investigación “Morfometría de cuencas montanas y metamorfosis fluvial, Tucumán”, se planteó analizar la relación entre la metamorfosis fluvial, medida en términos de cambios en la sinuosidad, con las medidas morfométricas de las cuencas de aporte. La metodología utilizada para determinar factores de forma y los parámetros cuantitativos de las cuencas fueron mediante visualización de imágenes satelitales en SIG. Los cambios en el trazado del drenaje aluvional a lo largo del

tiempo se realizaron por interpretación de fotos aéreas de los años 2000 y visualización normal de imágenes Cbers del 2008. Como resultados se obtuvo que la torrencialidad disminuye desde la cuenca del Gastona, Medinas-Chico, Seco y Balderrama. Mientras que la metamorfosis de mayor a menor es Seco, Gastona, Medinas-Chico, Balderrama.

Gómez *et al.* (2017), en su investigación “Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del noroeste de Argentina” cuantificaron las características morfométricas de las cuencas hidrográficas del Faldeo Oriental de las Sierras del Aconquija (FOA) y Sierras del Sudoeste (SS). Se realizó por medio de un análisis comparativo, a nivel geoespacial con SIG, aplicando el modelo hidrológico HEC-Geo HMS. Los resultados indican que las cuencas FOA y SS se clasifican en cuencas medianas y la mayoría de forma alargada, en las cuencas de las SS, Chavarría y Singuil tienen mayor torrencialidad (tiempos de concentración menor a siete horas) que las cuencas de Marapa y Matzambi (tiempos de concentración mayor a 1Q horas). Los mapas y los nuevos datos obtenidos tienen una aplicación directa en las propuestas de planes de manejo integral de cuencas.

Camino *et al.* (2018) realizaron un estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. El objetivo de este estudio fue analizar la morfometría de doce cuencas de drenaje con el fin de comprender y predecir el comportamiento hidrodinámico de estas, y que podría constituir un aporte para la planificación ambiental y la adecuada gestión del recurso hídrico superficial. Se determinaron siete variables morfométricas de medición directa, tres parámetros de forma, cinco de red de drenaje y seis de relieve. Concluyeron que las respuestas hidrológicas están determinadas fundamentalmente por la posición de las cuencas respecto al eje que constituye el eje serrano, cabecera de las mismas. Las variables que permiten evaluar y comprender la respuesta del sistema hídrico ante eventuales picos de crecidas y la respuesta hidrológica de cada una de las cuencas analizadas están condicionadas por la distancia entre las nacientes y la desembocadura.

Villota (2019), en su trabajo “Análisis morfométrico de la cuenca del río Mulaló utilizando herramientas de SIG”, tuvo como objetivo determinar los parámetros que definen la morfometría de la red de drenaje de la cuenca del río Mulaló. Para esto se utilizaron dos imágenes satelitales

Landsat (TM y ETM+) y un MDE (modelo digital de elevación SRTM3I), los cuales se procesaron en el *software* ERDAS Imagine 9.2. Con los datos obtenidos se calcularon los principales parámetros de la morfometría de la red de drenaje y se generó el gráfico correspondiente a la curva hipsométrica. Como resultados se obtuvo que la cuenca presenta una forma alargada, una forma oval redonda u oval oblonga dado que el coeficiente de compacidad (KC) se encuentra dentro del rango de 1,25-1,5 y una pendiente promedio en la cuenca es del 40,52%.

Urrego (2021) realizó una investigación titulada “Estudio morfométrico y balance hídrico de la subcuenca del río sueva, Junín, Cundinamarca”, su objetivo es realizar un estudio morfométrico y el balance hídrico del río Sueva teniendo en cuenta la importancia de sus grandes reservas forestales e hídricas, como el Parque Nacional Natural Chingaza, mediante herramientas SIG. Se concluyó que tiene forma alargada con un factor de forma bajo; esta microcuenca presenta crecientes rápidas e intensas, marca una tendencia de grandes concentraciones de agua y un tipo de relieve altamente accidentado. De acuerdo con el balance hídrico en los doce meses del año se puede apreciar que, al menos cinco de ellos, corresponden a déficits.

Méndez-Gutiérrez *et al.* (2021) realizaron la investigación “Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México”, que describe las características morfométricas e hipsométricas de la cuenca El Salto, Durango. Esta investigación se realizó mediante un SIG que se fortaleció con datos de campo; se analizaron parámetros de forma, relieve y la red hidrográfica. Además, se realizó la curva hipsométrica y se calculó la integral hipsométrica para determinar la fase evolutiva de la cuenca. Los resultados mostraron que la cuenca hidrográfica se alarga; asimismo, el relieve presenta un desnivel bajo (303 m) con un desnivel promedio de 2,23%, considerado moderadamente inclinado. La red de drenaje está cuarto orden y está formado por 94 canales con una longitud total de 90,53 km. La densidad y la intensidad del drenaje mostraron valores de 2,02 km/km<sup>2</sup> y 1,04 km, respectivamente, con una frecuencia de corriente de 2,09 canales / km<sup>2</sup>, estos se consideran valores bajos para las cuencas hidrográficas de estas dimensiones.

## Resultados y discusión

A continuación, se muestra el mapa generado (figura 1), el cual se utilizó como base para la caracterización de la cuenca.

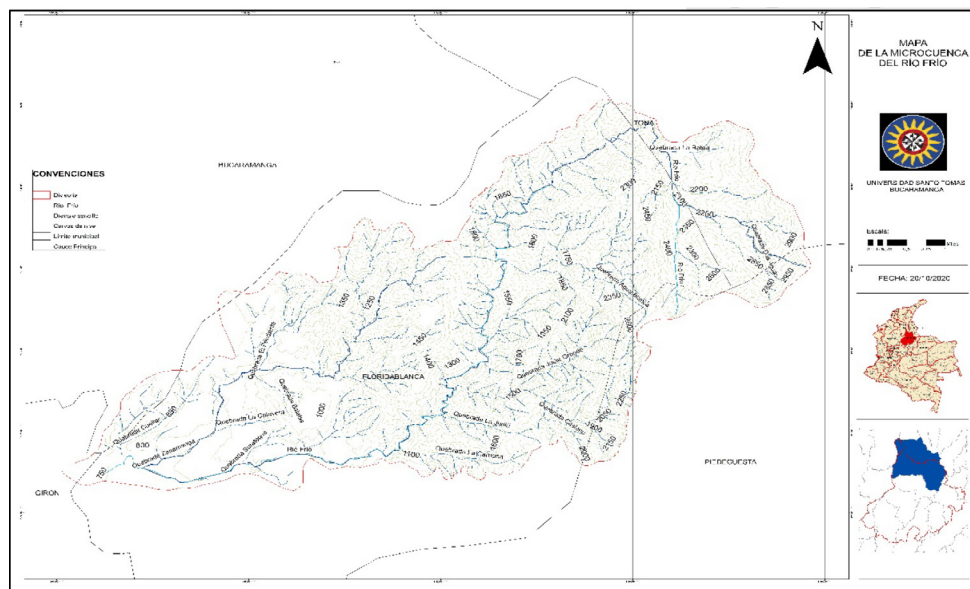


Figura 1. Mapa microcuenca del Río Frío

Nota: la figura representa la delimitación realizada para la cuenca abastecedora en el área de estudio en el municipio de Floridablanca.

Fuente: elaboración propia.

## Microcuencas abastecedoras

Se identificaron algunas características de los drenajes secundarios de la microcuenca, como se muestra en la tabla 1.

## Parámetros físicos de la cuenca

En la microcuenca del Río Frío se identifican seis zonas de aportación y, como se observa en la tabla 2, cuenta con una superficie de 74,3 km<sup>2</sup>, la cual se encuentra en un rango de 10-100 km<sup>2</sup>, reiterando su clasificación por extensión como microcuenca; cuenta con un perímetro de 50,1 km, una longitud axial o

de eje mayor de alrededor de 16,5 km y un ancho medio de 7,6 km.

## Parámetros de forma de la cuenca

En cuanto a los factores geológicos y morfométricos, se obtuvo un índice de compacidad Kc de 1,63, un factor de forma de 0,27 y un índice de alargamiento de 2,17. Estos valores, que se presentan en la tabla 3, pueden interpretarse como una menor susceptibilidad a tránsito de avenidas, debido a que los flujos laterales que alimentan el cauce principal son pequeños a causa de las áreas reducidas de captación (José-Ríos *et al.*, 2018).

**Tabla 1. Corrientes abastecedoras de la cuenca del Río Frío**

Quebrada	Longitud (km)	Elevación promedio (m s. n. m.)	Cota de mayor cauce (m s. n. m.)	Cota de menor cauce (m s. n. m.)
Zapamanga	10,67	1250	1750	750
Cuéllar	3,02	850	900	800
Suratoque	3,61	925	1050	800
Agua Blanca	4,37	2050	2650	1450
Judía Grande	5,14	1925	2650	1200
Judía Chiquita	2,09	1575	1800	1350
Carbona	2,84	1400	1800	1000
Santa Bárbara	3,32	1375	1650	1100

**Nota:** la tabla muestra la relación de corrientes y afluentes que se encuentran dentro del área de estudio para la cuenca abastecedora del Río Frío con sus correspondientes características de relieve obtenidas a partir de la delimitación realizada.

Fuente: elaboración propia.

Dicho lo anterior, se puede considerar que en este tipo de cuencas el flujo superficial de un evento de lluvia tendrá avenidas con picos atenuados y de larga duración, en contraste con cuencas circulares cuyas avenidas tienen picos de corta duración (Biswas *et al.*, 1999).

### Características de relieve de la cuenca

La cuenca se clasifica en un tipo de relieve fuertemente accidentado, en el que se encuentra un rango de pendientes de entre 20% y 35%, lo cual influye para que se genere un aumento en los niveles concentración de las aguas. Presenta una elevación promedio de 1900 m s. n. m. y de acuerdo con lo visto en la curva hipsométrica (figura 2), el 80% de los intervalos

de elevación se encuentran entre los 1000 m s. n. m. y los 3000 m s. n. m.; esto quiere decir que en la cuenca de estudio hay una mínima presencia de planicies, con predominio de terrenos accidentados. El 20% restante se encuentra en intervalos de elevación por debajo de los 900 m s. n. m., con lo cual se pueden anticipar leves problemas asociados a la erosión hídrica por inclinación.

La curva hipsométrica se clasifica en B; esto significa que se encuentra en equilibrio o fase de madurez, a pesar de las cotas de elevación que se aprecian en el terreno, pues no se registra alta torrencialidad en las descargas de los afluentes de la cuenca. Strahler (1952) sugiere que la etapa de madurez es común en las cuencas de tercer o cuarto orden donde

**Tabla 2. Parámetros físicos de la cuenca**

Parámetro	Valor	
Área cuenca (km <sup>2</sup> )	74,302	
Perímetro (km)	50,103	
Coordenadas del centroide	Longitud	-73,06370
	Latitud	7,10229
Longitud eje mayor de la cuenca (km)	16,5	
Ancho de la cuenca (km)	7,6	

**Nota:** la tabla muestra algunas de las características espaciales en relación con la cuenca de estudio. Se destaca el área, el perímetro, la longitud axial y el ancho perpendicular a esta última.

**Fuente:** elaboración propia.

existen rocas relativamente homogéneas; en esta etapa existe equilibrio entre la erosión presente y las fuerzas resistentes de cohesión que proporciona la roca madre, el suelo y la cubierta vegetal.

La frecuencia representa la cantidad de intensidad de área dentro de la cuenca en un intervalo de elevaciones determinado. Como se ve en la figura 3, el 50% del área de la cuenca, no supera una elevación de 1700 m s. n. m., lo que representa una variación de tan solo 700 metros en altitud desde la cota más baja

de la divisoria (900 m s. n. m.). Esto, da lugar a que el restante 50% del área total de la cuenca, varía su topografía y relieve desde la cota 1700 m s. n. m., hasta la cota 3000 m s. n. m. aproximadamente, con una diferencia en promedio de 1400 metros en altitud, lo cual permite intuir zonas de alta montaña y terrenos accidentados.

Dicho lo anterior, queda en evidencia que la cuenca no presenta una distribución uniforme de su orografía en todo el rango de elevaciones de la zona

**Tabla 3. Parámetros de forma de la cuenca**

Indicador	Valor	Característica
Índice de compacidad - Kc	1,639708186	Oval-oblonga a rectangular oblonga
Factor de forma-Kf	0,27	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
Índice de alargamiento	2,17	Cuenca alargada

**Nota:** la tabla muestra algunas de los parámetros de forma relacionados con la cuenca de estudio, obtenidos a partir de los cálculos fisiográficos.

**Fuente:** elaboración propia.



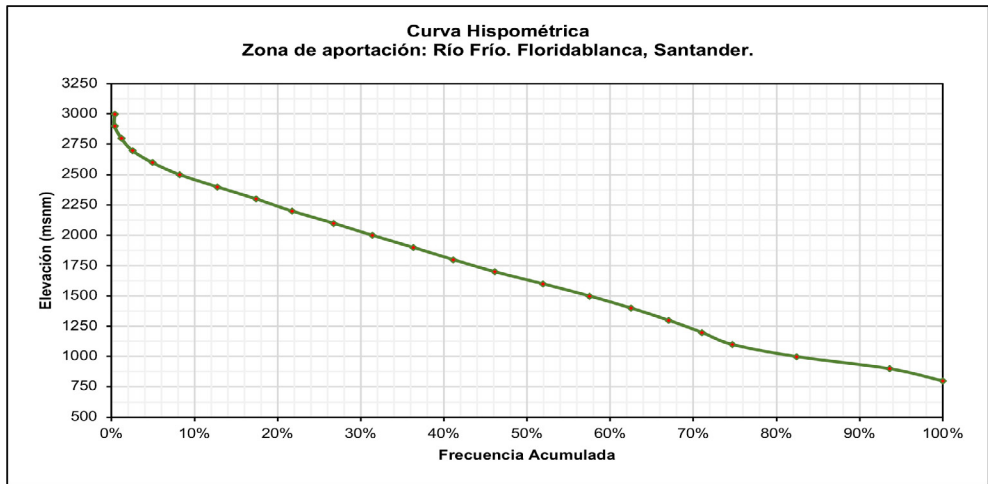


Figura 2. Curva hipsométrica área de estudio

Nota: la figura muestra, a través de la curva hipsométrica, la representación gráfica de la variación de la elevación de la cuenca de estudio.

Fuente: elaboración propia.

delimitada, y recarga las zonas de planicies y de menor pendiente, con índices torrenciales altos que se forman desde las partes altas y descienden aguas abajo hasta su punto de desembocadura.

### Características del sistema de drenaje (cauces y vertientes)

El sistema de drenaje, representado por cauces y vertientes, cuenta con la cota más alta de la cuenca a una altitud de 3050 m s. n. m. y la más baja a una altitud de 850 m s. n. m., lo cual indica un declive bastante pronunciado. Cuenta con una densidad de corriente alta, aproximadamente de 8,4 unidades por kilómetro cuadrado, lo que permite una

rápida respuesta ante la presencia de una tormenta.

La densidad de drenaje en complemento sigue manteniéndose en un rango alto, entre 3,7 y 5,6 kilómetros de drenaje por kilómetro cuadrado de superficie en la cuenca. Esto, a su vez, se ve reflejado en que el suelo presente buena permeabilidad y una buena cobertura vegetal, lo que influye positivamente en la recarga de aguas subterráneas y, asimismo, estos indicadores, permiten afirmar que predomina una respuesta rápida a la precipitación, ya que se evacuará el escurrimiento en menor tiempo (Gaspari *et al.*, 2012). Los indicadores calculados se presentan en la tabla 4.

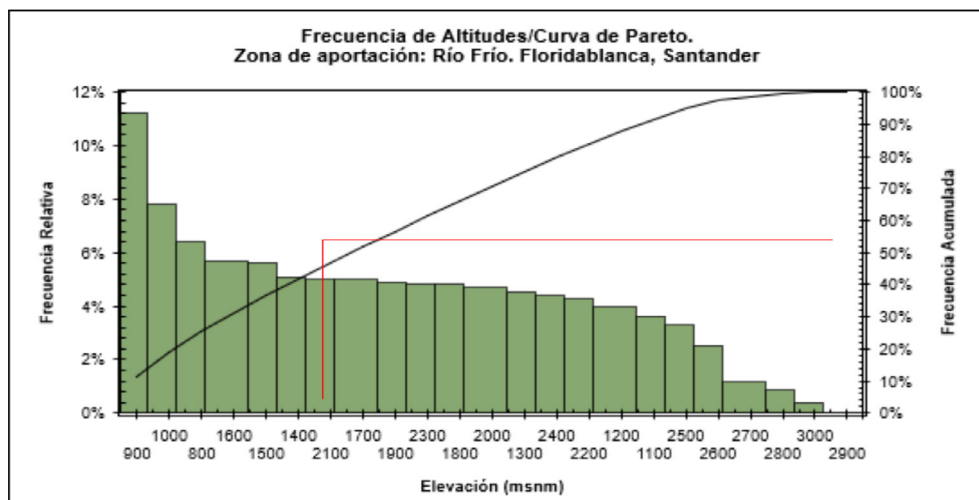


Figura 3. Frecuencia de altitudes y curva de Pareto

Nota: la figura muestra el histograma de distribución porcentual de altitudes para la cuenca de estudio, además de la curva de Pareto.

Fuente: elaboración propia.

Con la densidad de drenaje conocida, la microcuenca del Río de Oro se identificó como una de orden 5, según la clasificación de Horton, para un total

de 628 tramos, de los cuales 348 son de orden 1, 152 son de orden 2, 58 de orden 3, 45 de orden 4 y 25 de orden 5, esto se ve en la tabla 5. La clasificación sobre la divisoria de aguas delimitada se puede apreciar en la figura 4.

Tabla 4. Características del sistema de drenaje

Indicador de drenaje	Valor
Longitud del cauce (km)	37,2
Cota de captación aguas arriba (m s. n. m.)	3050
Cota de confluencia o desembocadura (m s. n. m.)	750
Pendiente media del cauce (%)	7
Densidad de corriente (km <sup>2</sup> )	8,4
Densidad de drenaje (km/km <sup>2</sup> )	3,36

Nota: la tabla muestra los indicadores calculados para la capacidad de drenaje de la cuenca de estudio, según los indicadores morfométricos de corrientes.

Fuente: elaboración propia.

## Conclusiones

La unidad hidrológica estudiada, según los indicadores calculados y presentados a lo largo de este artículo, se puede determinar en fase de madurez. Su relieve está marcado por una geografía y orografía accidentadas que puede tener poca susceptibilidad a avenidas en la mayor parte del área. Además y debido a su forma alargada y las características del terreno, se puede

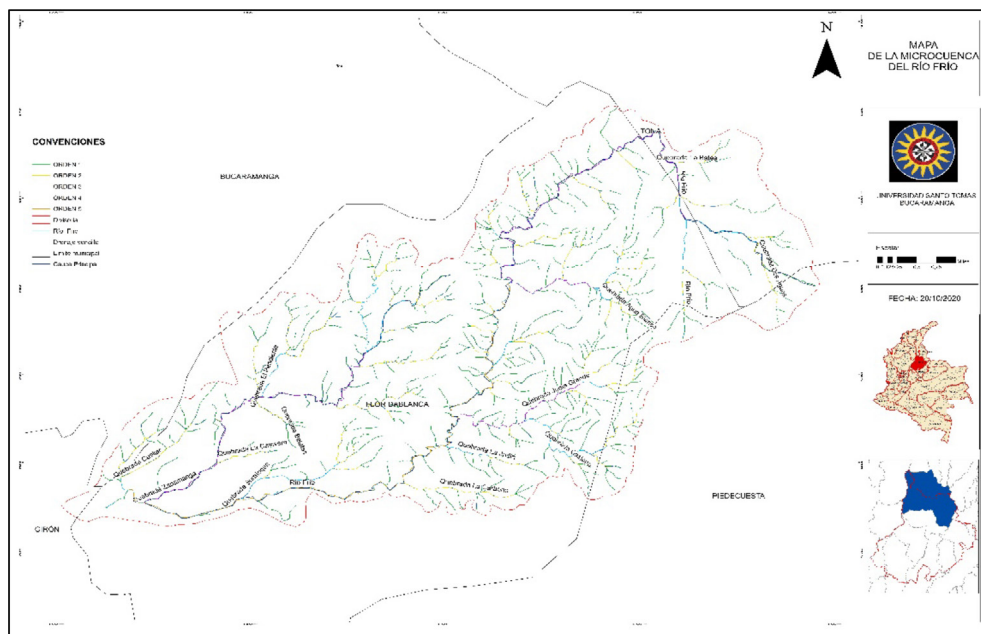


Figura 4. Mapa de clasificación de Horton

Nota: la figura muestra la distribución de corrientes y afluentes según la clasificación de Horton para el orden de corrientes. Se destaca el orden final de la corriente principal de la cuenca. Fuente: elaboración propia.

considerar como altamente permeable por lo que tendrá una respuesta más rápida a precipitaciones en cuanto a la recarga de acuíferos. Por otro lado, dadas sus características de elevación y pendiente, el terreno puede verse afectado por erosión por escorrentía en las partes altas de la cuenca.

El uso de SIG permitió la obtención de los resultados de los parámetros morfométricos con gran precisión, comprobando que la herramienta permite cálculos aseguibles y representativos para un estudio preliminar que podría lograr llegar hasta etapas de prefactibilidad.

Tabla 5. Clasificación de Horton para corrientes

Orden del tramo	1	2	3	4	5
Unidades hidráulicas abastecedoras	348	152	58	45	25

Nota: la tabla muestra la cantidad de unidades abastecedoras y/o afluentes que se encuentran dentro del área delimitada para la unidad hidrológica estudiada, según el orden de clasificación de Horton.

Fuente: elaboración propia.

En análisis morfométrico soporta una base para una posterior estimación de caudales pico, periodos de retorno, respuesta de las subcuencas a las precipitaciones, entre otros aspectos hidrológicos. Con esto se permite la evaluación de la cuenca, dando paso a modelos de lluvia escurrentía, utilizando factores de abstracción, de transporte y de transformación de precipitación en precipitación efectiva.

## Referencias

- Biswas, S., Sudhakar, S. y Desai, V. R. (1999). Prioritisation of subwatersheds based on morphometric analysis of drainage basin: A remote sensing and GIS approach. *Journal of the Indian Society of Remote Sensing*, 27(3), 155-166. <https://doi.org/10.1007/BF02991569>
- Busnelli, J. y Horta, L. R. (2014). Morfometría de cuencas montañas y metamorfosis fluvial, Tucumán. *Revista de la Asociación Geológica Argentina*, 71(1), 11-20.
- Camino, M. A., Bó, M. J., Cionchi, J. L., Del Río, J. L., De Armentia, A. L. y De Marco, S. G. (2018). Estudio morfométrico de las cuencas de drenaje de la vertiente sur del sudeste de la provincia de Buenos Aires. *Revista Universitaria de Geografía*, 27(1).
- Del Águila, S. y Mejía, A. (2021). Caracterización morfométrica de dos cuencas altoandinas del Perú utilizando sistemas de información geográfica. *Tecnología y Ciencias del Agua*, 12(2), 538-562.
- Díaz Gómez, R., Gaspari, F. J. y GeorGieff, S. M. (2017). Aspectos morfométricos de cuencas subtropicales del Noroeste de Argentina. *Acta Geológica Lilloana*, 29(1), 1-12.
- Esper Angillieri, M. Y. y Perucca, L. P. (2014). Caracterización morfométrica de la Cuenca del río Seco a propósito de las fuertes precipitaciones de enero de 2013, Departamento Sarmiento, San Juan, Argentina. *Boletín de la Sociedad Geológica Mexicana*, 66(2), 235-245.
- Gaspari, F., Rodríguez Vagaría, A., Senisterra, G., Denegri, G. A., Delgado, M. I. y Besteiro, S. I. (2012). Caracterización morfométrica de la cuenca alta del río Sauce Grande, Buenos Aires, Argentina. *Augm Domus*, 4.
- José-Ríos, M., Mendoza-Ramírez, R., Silva-Casarin, R., Simuta-Champo, R., Reyes-López, D. y Pascual-Ramírez, F. (2018). Elementos para gestión del agua en la cuenca del lago de Zirahuén. *Terra Latinoamericana*, 36(4), 431-439. <https://doi.org/10.28940/terra.v36i4.41>
- Juárez, I., Crettaz Minaglia, M. C., Gianello, D. y Juárez, R. A. (2017). Aportes del análisis de las características morfométricas de la cuenca hidrográfica del arroyo Santa Bárbara para el diagnóstico ambiental. Congreso Internacional Aguas, Ambiente y Energía, Mendoza, 11 al 13 de octubre del 2017.
- Méndez-Gutiérrez, A. G., Corral-Rivas, S., Nájera-Luna, J. A., Cruz-Cobos, F. y Pompa-García, M. (2021). Análisis morfométrico de la cuenca El Salto, Durango, México. *Revista Terra Latinoamericana*, 39.

- Strahler, A. N. (1952). Hypsometric (area-altitude) analysis of erosional topography. *Geological Society of America Bulletin*, 63(11), 1117-1142. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1952\)63\[1117:HAAOET\]2.0.CO;2](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1952)63[1117:HAAOET]2.0.CO;2)
- Urrego Hincapié, L. (2021). *Estudio morfométrico y balance hídrico de la subcuenca del río Sueva, Junín Cundinamarca* [monografía de grado, Especialización en Geomática, Universidad Militar Nueva Granada].
- Vásquez Rangel, C. A., Herrera López, D. M. y Gutiérrez Rey, Y. P. (2014). *Caracterización morfométrica de la cuenca de la quebrada Tatamaco del municipio Villavieja del departamento del Huila mediante el uso de la herramienta HEC-GEOHMS* [trabajo de grado, Especialización en Recursos Hídricos, Universidad Católica de Colombia].
- Villota Rosero, M. A. (2019). *Análisis morfométrico de la cuenca del río Mulaló utilizando herramientas de SIG* [trabajo de especialización, Universidad Santo Tomás].