

# ESTIMACIÓN DE CARACTERÍSTICAS HIDRÁULICAS EN FUNCIÓN DE PARÁMETROS GEOMORFOLÓGICOS PARA UNA CUENCA ALTAMENTE TORRENCIAL

N. Ruiz, N. Velásquez y J. I. Vélez

Universidad Nacional de Colombia, Colombia.

E-mail: naruizgi@unal.edu.co, nicolas.velasquezgiron@gmail.com, jivelezu@unal.edu.co

## Introducción

Conocer las características hidráulicas de los canales naturales es relevante para la gestión del recurso hídrico en cuanto a disponibilidad para uso en actividades humanas y económicas, igualmente en la evaluación de amenazas de inundación y avenidas torrenciales (Upegui y García, 2001). En la actualidad se ha encontrado que los modelos de simulación de eventos de crecientes súbitas pueden mejorar sus predicciones a partir de un mejor conocimiento de la GH (Geometría hidráulica). Con una mayor precisión en los parámetros de GH, y obteniendo diferencias a partir del tipo de cauce (Burns, 1998). Pero obtener esta información a un nivel de detalle que represente de forma adecuada las características de la cuenca, es costoso, por la alta inversión en equipos de precisión, recursos y personal en campo, además es común que existan limitaciones de acceso.

Los parámetros de la GH se representarán a través de las relaciones establecidas por Leopold (1953) (ecuación (1)). En donde la variable A, puede representar tanto el ancho (W), la profundidad (I) o la velocidad (V), y b representa la potencia que la relaciona con el caudal formador. Sin embargo, en el momento de ser aplicadas se encuentra una alta incertidumbre en los parámetros. Y no se cuenta con suficiente información en cuencas de montaña tropicales, por lo que hay ambigüedad en los coeficientes y exponentes que las relacionan con Q.

$$A = cQ^b \quad [1]$$

Los avances en la calidad y la resolución de imágenes satelitales permiten hacer análisis que relacionen la geomorfología con la geometría hidráulica, sin la necesidad de ir al sitio de análisis, pero es necesario establecer el rango de incertidumbre de cada estimación. En el presente trabajo se propone un análisis de la relación entre geometría hidráulica del canal (ancho, profundidad,  $d_{50}$ ), con la tipología de cauces a escala de tramo. El análisis se realiza en la cuenca de la quebrada Doña María (Antioquia, Colombia), clasificada como una cuenca altamente torrencial. Se pretende establecer un rango de incertidumbre entre los parámetros a partir de trabajo de campo, en el cual se medirán los principales parámetros de la GH, tales como profundidad, ancho, velocidad, n de Manning. Dicha información es contrastada con parámetros geomorfológicos derivados del análisis de MEDs (Modelos de Elevación Digitales) de alta resolución (12.7m), tales como ALOS PALSAR.

El objeto de la comparación busca agrupar características de la GH en función de propiedades geomorfológicas del lecho derivadas del MED. En las propiedades se encuentra el orden, tipo de geomorfología (Flóres, 2006); (Beechie, 2006), pendiente, etc. Los resultados de la caracterización ayudarán a determinar cómo posiblemente se distribuyen las características de la GH en función de la geomorfología.

## Descripción

La cuenca de la quebrada Doña María se encuentra ubicada en

la ladera suroccidental del Valle de Aburrá (Antioquia, Colombia), en los municipios de Medellín, Itagüí, y el corregimiento de San Antonio de Prado (ver Figura 1). Es considerada uno de los principales afluentes del río Aburrá-Medellín. Cuenta con un área total de 75.82 km<sup>2</sup>, una pendiente media del cauce de 33.95% y una longitud del cauce principal de 7,38 km. Los suelos de la cuenca están compuestos preferencialmente por metasedimentos, en algunos puntos del desarrollo del canal se evidencian afloramientos con fracturas, y en diferentes partes del mismo se identifican cantos transportados con diámetros que oscilan entre los 90 y 120 cm. Históricamente en la cuenca se han registrado alrededor de 4 eventos con afectación a la infraestructura y pérdidas de vidas humanas.

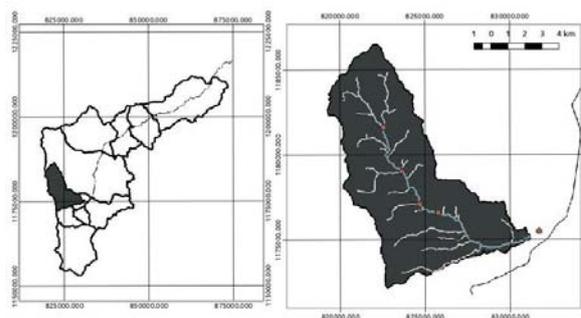


Figura 1. Ubicación de la cuenca de la quebrada Doña María.

La cuenca de Doña María está catalogada como una de las cuencas de mayor torrencialidad del Valle de Aburrá. Esta problemática se ve agravada por los asentamientos humanos desde la parte alta de la cuenca, hasta su confluencia con el Río Medellín. En los registros históricos se documentó una avenida torrencial de la quebrada en el año 1979 que dejó 11 muertos e incalculables daños materiales. En los registros del SIATA (Sistema de alerta temprana del Valle de Aburrá y Medellín), se tienen reportes de crecientes con afectaciones. Debido a su condición, es importante tener una mejor aproximación de los parámetros de la GH en la cuenca, con la cual se espera en un futuro mejorar la modelación de manchas de inundación y eventos torrenciales, insumo esencial para la gestión del riesgo.

## Metodología

A partir de MEDs (modelos digitales de elevación) de buena resolución, en este caso ALOS PALSAR (resolución 12.7m), se trazó la cuenca de la quebrada Doña María con una acumulación de 1000 y 7800 celdas y se comparó la clasificación con ambas. Igualmente se obtuvieron los parámetros geomorfológicos de la cuenca, tales como el orden de los cauces y su categorización según Flores (2006), que denominaremos de aquí en adelante (M1), para corrientes confinadas, y la metodología propuesta en (Beechie, 2006) para corrientes no confinadas (M2). El análisis partió de la delimitación de los tramos por medio de nodos hidrológicos (confluencias de cauces principales) y nodos topográficos

(cambios significativos en la pendiente longitudinal). Se clasificaron las corrientes de acuerdo a las anteriores categorías y se establecieron unos puntos de interés para realizar una inspección en campo, para comprobar la precisión en la predicción de formas del lecho y del comportamiento de los parámetros de GH en diversas geomorfologías y escalas, las cuales pueden llegar a presentar una alta variabilidad.

Siguiendo el método de clasificación propuesto por (Beechie, 2006) se estima la proporción de confinamiento (ecuación (2)). El  $W_{BL}$  se halla a partir de relaciones empíricas con el área de la cuenca, en este caso se usa el trabajo de Cataño (2011) (ecuación (3)) que tuvo en cuenta corrientes del departamento de Antioquia y generó ecuaciones para saltos y pozos, cascadas y otros tipos de corrientes.

$$PC = W_{flood} / W_{BL} \quad [2]$$

$$W_{BL-trenzados} = 11.13 * A^{0.2244} \quad [3]$$

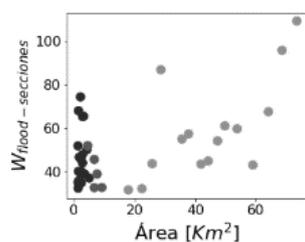
El  $W_{flood}$  se estimó mediante la metodología propuesta por Renno (2008) calibrando umbrales del índice topográfico HAND y mediante una metodología de secciones, donde el ancho de la llanura aluvial se obtiene multiplicando el número de celdas por debajo de una cota de inundación por la resolución espacial de la matriz. Siendo esta última más robusta y arrojando resultados más aproximados a los valores de ancho de banca llena observados en campo.

## Resultados

Según las clasificaciones de (Flores, 2006) y (Beechie, 2006), para dos redes de drenaje, una trazada a partir de una acumulación de 1000 y 7800 celdas, la red que mejor representa los tipos de morfología del cauce observados en campo, es la red de drenaje acumulada con 7800 celdas. En la determinación de la PC, se obtuvieron finalmente 155 tramos se deben clasificar usando M1 y 108 usando M2. En la tabla 1 se comparan los  $W$  de banca llena y llanura aluvial con los observados en campo y la relación de GH encontrada (figura 3).

**Tabla 1.-** (a) Comparación de parámetros y (b) Scatter  $W_{flood}$  vs Área.

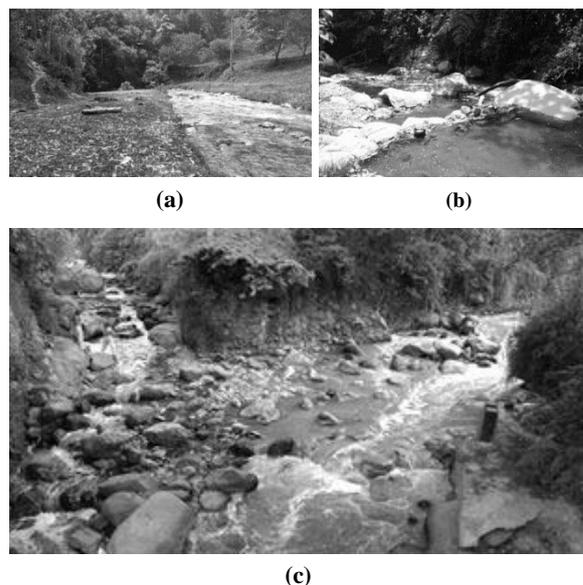
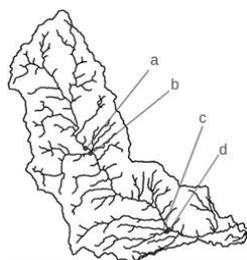
Parámetro	Punto 1	Punto 2
$W_{BL \text{ campo}}$	6.35	6.5
$W_{BL \text{ Cataño}}$	~22.5	~30
$W_{flood \text{ campo}}$	12	8
$W_{flood \text{ HAND}}$	~90	~180
$W_{flood \text{ secciones}}$	~24	~72



Según esta acumulación y la clasificación, las formas de lecho, los sistemas más comunes son saltos y pozos, y cascadas, información que se confirmó en campo (puntos a,b,c,d) (Tabla 1 y Figuras 2 y 3).

**Tabla 2.-** (a) Tramos por tipo de corriente y (b) localización de los puntos.

Tipo	No. tramos en Red1000	No. tramos en Red7800
Rápidos y pozos	3	0
Saltos y pozos	91	8
Cascadas	14	33
Trenzados	74	0
Rectos	81	0



**Figura 3.-** tipos de geomorfología encontrados en la quebrada Doña María (a) lecho plano (b) saltos y pozos (c) Cascadas (izquierda) y saltos y pozos (derecha).

## Referencias

- Beechie, T. J., Liermann, M., Pollock, M. M., Baker, S., & Davies, J. (2006). Channel pattern and river-floodplain dynamics in forested mountain river systems. *Geomorphology*, 78(1-2), 124-141.
- Burns, M. (1998) Limitations of Hydraulic Geometry Techniques in Stream Restoration Design. *Engineering Approaches to Ecosystem Restoration*: pp. 126-132. doi: 10.1061/40382(1998)20.
- Flores, A. N., Bledsoe, B. P., Cuhaciyan, C. O., & Wohl, E. E. (2006). Channel-reach morphology dependence on energy, scale, and hydroclimatic processes with implications for prediction using geospatial data. *Water Resources Research*, 42(6), 1-15. <https://doi.org/10.1029/2005WR004226>
- Jiménez, M. A., Vélez, J. I., & Camacho, L. A. (2012). Morphological representation of drainage Networks, implications on solute transport and Distributed simulation at the basin scale, 4-14-18.
- Leopold, L. B., & Maddock, T. J. (1953). The Hydraulic Geometry of Stream Channels and Some Physiographic Implications. *Geological Survey Professional Paper 252*, 57.
- Montgomery, D. R., & Buffington, J. M. (1997). Channel reach morphology in mountain drainage basins. *Geological Society of America Bulletin*. [https://doi.org/10.1130/0016-7606\(1997\)109<0596:CRMIMD>](https://doi.org/10.1130/0016-7606(1997)109<0596:CRMIMD>)
- Renno, C., Nobre, A., Cuartas, L., Soares, J., Hodnett, M., Tomasella, J., Waterloo, M. (2008). HAND, a new terrain descriptor using SRTM-DEM: Mapping terra firme rainforest environments in Amazonia. *Remote Sensing of Environment*. 112 (9): 3469-3481.