

**XXII CONGRESO LATINOAMERICANO DE HIDRÁULICA  
CIUDAD GUAYANA, VENEZUELA, OCTUBRE 2006**

**GEOMETRÍA ESCALÓN – POZO EN RÍOS DE ALTA PENDIENTE**

*Rosana Cortina Espitia\*, Juan David Londoño García\* y Lilian Posada García\*\**

*\*Ingeniero civil, Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, E-mail: [rcortin@unalmed.edu.co](mailto:rcortin@unalmed.edu.co),  
jdlondon@unalmed.edu.co. \*\*Ingeniera Civil, PhD., profesora Universidad Nacional de Colombia, Sede Medellín, AA  
1027 Medellín; E-mail: [lposada@unalmed.edu.co](mailto:lposada@unalmed.edu.co).*

**RESUMEN:**

Se presentan relaciones morfométricas entre parámetros característicos de ríos tropicales de montaña (Lc: Separación de escalones, Lp: Separación de pozos, He: altura del escalón, S: Pendiente promedia del tramo) y se compara con las correspondientes relaciones presentadas por D'Agostino y Lenzi (1998) Abrahams (1995) y Wohl y Grodek (1994) para ríos de zonas templadas de Italia y Norteamérica. Se encontró una buena concordancia en los parámetros Lc/ Lp = 0.95 (R2 = 71%) y Lc/He\* S<sup>0.63</sup> =1.82 (R2=71%), obteniéndose una expresión similar a la propuesta por D'Agostino y Lenzi (Lc/Lp=1.03) (1998) para la primera relación y expresiones para

la segunda relación  $\left(\frac{L_e}{H_e} = aS^{-b}\right)$  [1] muy semejantes a las propuestas por Abrahams ( a=1.49, b=0.68), Wohl y Grodek (a=4.5, b=0.42) y D'Agostino y Lenzi (a=0.769, b=1), en la última relación se observa que D'Agostino y Lenzi obtienen un exponente de 1 para la pendiente al igual que en los ríos del noroccidente colombiano.

Sin embargo los ríos de montaña del trópico no siguen el mismo comportamiento de los ríos alpinos al evaluar los parámetros He/Dmáx y Lc/We. Los valores encontrados se aproximan a 0.53 y 0.74 respectivamente con valores de R2 menores de 0.5, mientras D'Agostino y Lenzi proponen 2.27 y 0.94 respectivamente.

**ABSTRACT:**

This article presented morphometrics relation among characteristic parameters of mountain tropical rivers (Lc: Steps separation, Lp: Pools separation, He: step height, S: average slope) and it is compared with the corresponding relations presented by D'Agostino and Lenzi (1998), Abrahams (1995) and Wohl and Grodek (1994) to rivers of tempered areas from Italy and North America. It shows a good agreement in the parameters Lc/Lp=0.95 (R2=71%) and Lc/He \* S<sup>0.63</sup> =1.82 (R2=71%), being obtained a similar expression to the proposal by D'Agostino and Lenzi (Lc/Lp=1.03) (1998) for the first relation and expressions, for the second expressions was obtained a very similar relation to the proposals by Abrahams (a=1.49, b=0.68), Wohl and Grodek (a=4.5, b=0.42) and D'Agostino and Lenzi (a=0.769, b=1). In the last relation is observed that D'Agostino and Lenzi obtained an exponent of 1 for the slope as the rivers of the Colombian Northwest.

However the mountain tropical rivers do not follow the same behavior from the alpine rivers when He/Dmax and Lc/We parameters are evaluated. The values encountered are approximately 0.53 and 0.74 with R2 values smaller than 0.5, while D'Agostino and Lenzi proposed 2.27 and 0.94 respectively. To stand out in this paper was found that step height increases with the slope average and the relation He/Dmáx decreases with the slope in lineal form.

**PALABRAS CLAVES:** Ríos de Montaña, Escalon – pozo

## INTRODUCCIÓN

En vista de la poca información existente con respecto a las diferentes metodologías de medición en los cauces de montaña en las zonas tropicales que permitan realizar un análisis de los patrones geomorfológicos, se presenta una necesidad de hacer una exhaustiva recopilación bibliográfica al respecto y establecer criterios que lleven a estandarizar los parámetros de medición y por tanto brinden la posibilidad de hacer comparaciones y relaciones con resultados obtenidos de otros investigadores que han realizado su trabajo en zonas de altas latitudes.

## DESARROLLO DEL TRABAJO

### Área de estudio y metodología implementada

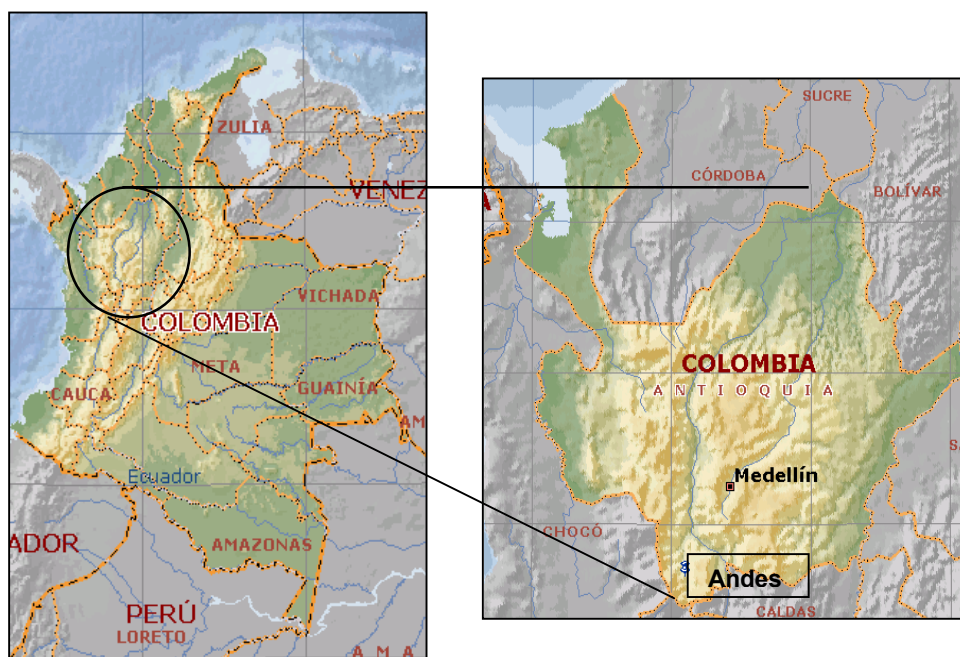


Figura 1.- Mapa de Ubicación.

Para el trabajo realizado se tuvieron en cuenta dos quebradas de la zona andina colombiana que presenta las características propias de un río de montaña, con la presencia de las formas escalón – pozo, estas son:

### Quebrada La Chaparrala

Ubicada en la región del suroeste antioqueño en el territorio del municipio de Andes. Esta tiene un recorrido aproximado de 15.4Km con una altura desde 3400 a 1350 m.s.n.m. Presenta morfología predominante de escalón – pozo, con la presencia de material en el lecho de rocas, y cantos rodados. Presenta una especial importancia, ya que de esta se surte el acueducto del municipio de Andes.

El régimen de precipitaciones del territorio es bimodal, con periodos de lluvias intensas, en Abril - Mayo y Octubre - Noviembre y periodos más secos en Junio - Julio y Enero - Febrero. La precipitación media anual es de 1800mm, siendo mayor en las partes altas, con valores que superan los 2.200 mm/año, porque están bajo la influencia de los vientos provenientes del pacífico, que chocan con los vientos cálidos del cañón del Cauca. La humedad relativa, presenta también periodos de variación uniformes. Los meses con mayor humedad relativa son mayo, junio,



noviembre y diciembre, con un 79% y el mes con menor humedad relativa es febrero con el 75%. La temperatura promedio oscila entre 22,6°C en los meses de febrero - marzo y 21,6°C, en los meses de septiembre y octubre. La Evaporación es muy variable; el mes de mayor evaporación es enero, con 114mm y los meses de mayo y junio, son los de menor evaporación, con 91mm.

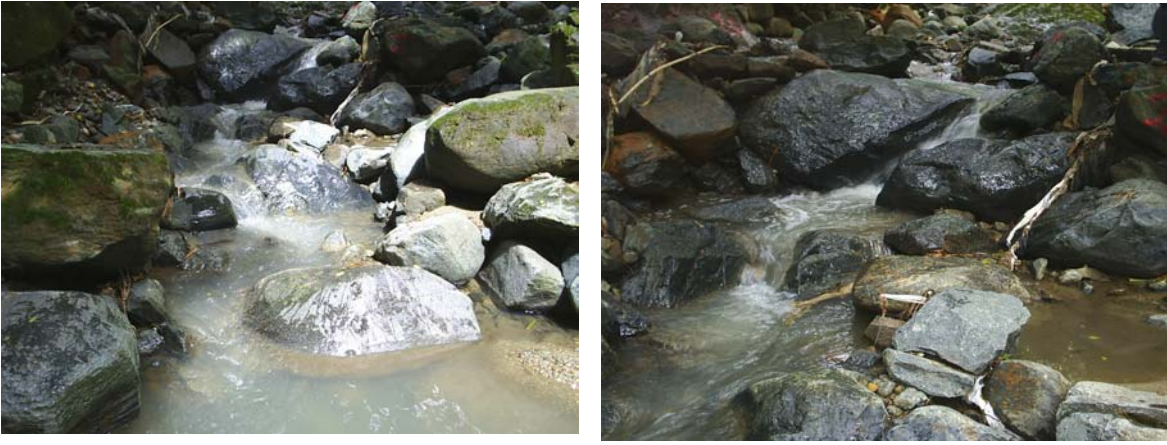


**Figura 2.-** Quebrada La Chaparrala.

### **Quebrada La Gómez**

Se encuentra en la zona urbana del Municipio de Medellín y drena parte de la ladera occidental del Valle de Aburrá hasta su desembocadura en la quebrada La Iguaná. Es una quebrada totalmente antropizada. Presenta secuencias escalón – pozo de menor tamaño que en la quebrada La Chaparrala. La longitud de su cauce principal es de 3.7 km con una pendiente promedio del 17% que va desde los 2050 a los 1518 m.s.n.m. El área de la cuenca es de 2 Km<sup>2</sup>.





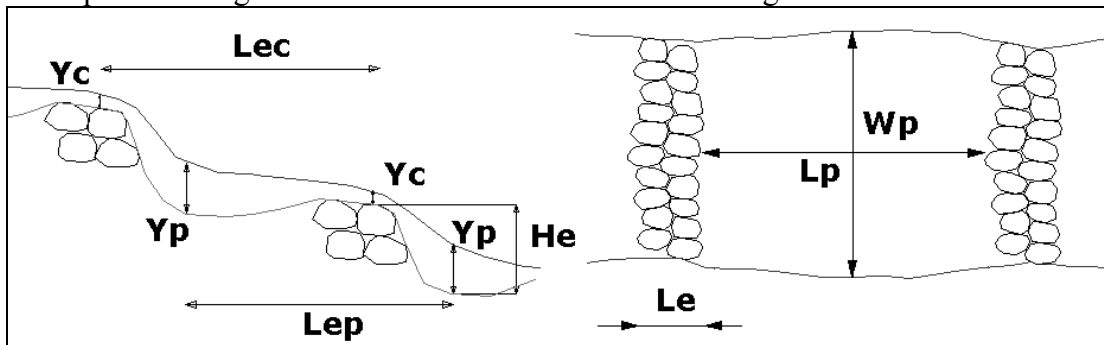
**Figura 3.-** Quebrada La Gomez.

A continuación se presenta un resumen de los tramos medidos en ambas quebradas

**Tabla 1.-** Características principales de los tramos de estudio

QUEBRADA	TRAMO	# ESCALONES	LONGITUD TRAMO (m)	Pendiente Promedio (%)
La Chaparrala	T1	9	69.35	11.69
	T2	10	51.58	9.25
La Gómez	T1	16	63.45	7
	T2	18	92.29	8.94

Los parámetros geométricos medidos se muestran en la figura.



**Figura 4.-** Parámetros geométricos en la secuencia escalón – pozo típicas de las zonas de alta pendiente.

## EVALUACIÓN DE RESULTADOS

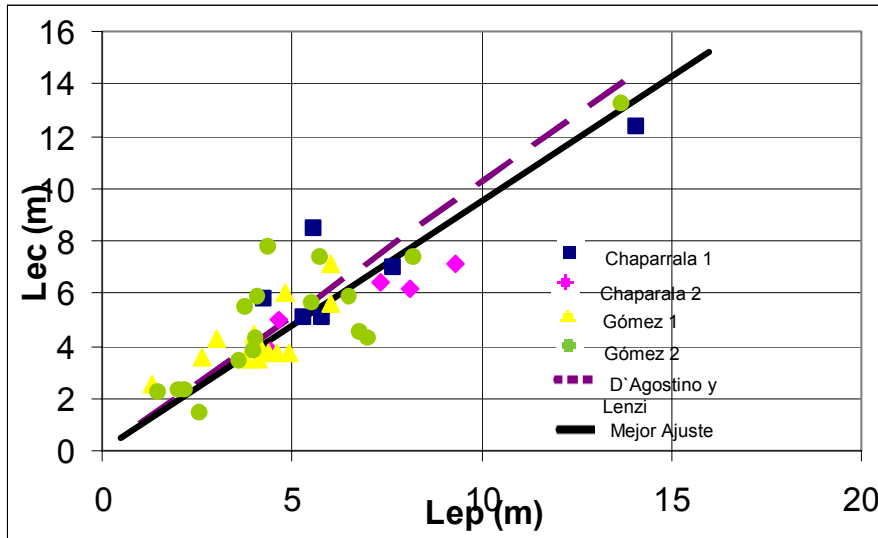


Figura 5.- variación de la longitud entre crestas con la longitud entre escalones.

El ajuste sigue un comportamiento linealmente creciente con un ajuste  $Lec = 0.95 Lep$  ( $R^2=71\%$ ). Cuando se hace la comparación de los datos obtenidos con la relación propuesta por D'Agostino y Lenzi ( $Lec = 1.03Lep$ ). Para los ríos alpinos se observa que estos siguen la misma tendencia.

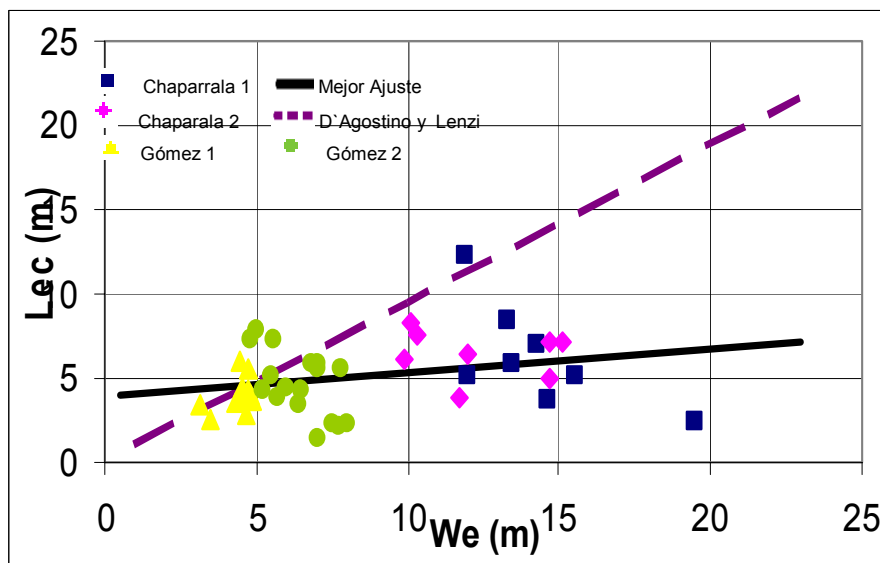


Figura 6.- Variación del ancho del escalón con la longitud entre crestas.

Al graficar estos parámetros no se logra establecer ninguna relación entre las variables. Al compararlo con lo propuestos para los ríos alpinos se observa que no se ajustan a la relación propuesta por estos autores aunque existe una nube de puntos muy cercanos a la línea de tendencia propuesta por D'Agostino (1998).



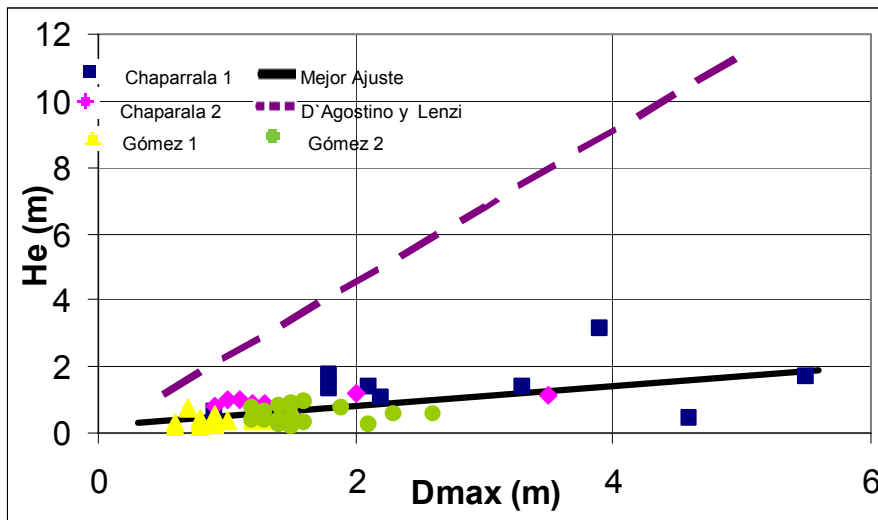


Figura 7.- Relación entre el diámetro máximo del escalón y la altura del mismo

Para los datos obtenidos no se logra establecer una dependencia entre las variables debido a que el tamaño de los escalones es menor en comparación con el tamaño de las rocas presentes en el lecho. Al compararla con la relación propuesta para los ríos alpinos italianos, se observa que los datos quedan no reflejan un comportamiento similar a los ríos alpinos.

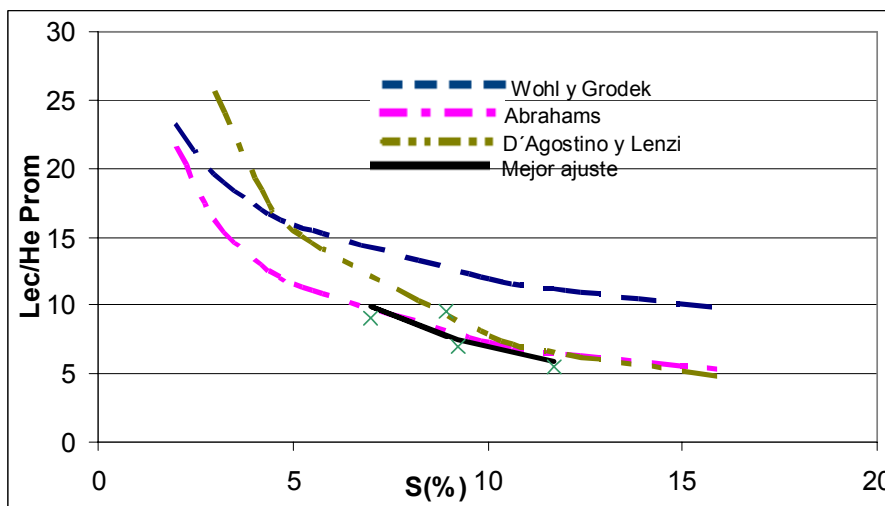


Figura 8.- Relación entre la pendiente y la razón entre la longitud entre crestas y altura del escalón.

Se han realizado diferentes estudios para esta relación, mostrando todas unas tendencias potenciales, al establecer una relación de las variables morfométricas con la pendiente de obtiene una relación potencial decreciente. Se nota que estos siguen el mismo comportamiento de las relaciones ya propuestas.

## CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Se ha investigado muy poco sobre la geometría hidráulica de los ríos de alta pendiente y la aplicabilidad de los modelos disponibles a corrientes de las zonas tropicales de alta pendiente ha sido cuestionada. Este trabajo muestra algunos resultados obtenidos para dos cuencas de la zona andina colombiana.

Se proponen relaciones morfométricas entre parámetros característicos de ríos tropicales de montaña (Lc: separación de escalones, Lp: separación de pozos, He: altura del escalón, S: pendiente promedio del tramo) y se compara con las correspondientes relaciones presentadas por D'Agostino y Lenzi (1998) Abrahams (1995) y Wohl y Grodek (1994) para ríos de zonas templadas de Italia y Norteamérica. Se obtuvieron expresiones que relacionan los parámetros Lc/Lp y Le/He muy similares a las propuestas por D'Agostino y Lenzi

$$\left( \frac{L_c}{L_p} = 1.03 \text{ y } \frac{L_e}{H_e} = aS^{-b} = 0.769 S^{-1} \right) \quad [2]$$

Para la relación Le/He Abrahams (a = 1.49, b = 0.63) y Wohl y Grodek (a = 4.5, b = 0.42) proponen coeficientes diferentes a los que se encontraron para los ríos del noroccidente colombiano (a= 0.68, b=1).

Los parámetros He/Dmax y Lc/We en los ríos de montaña tropicales no siguen el mismo comportamiento de los ríos alpinos. Los valores encontrados se aproximan a 0.53 y 0.74 respectivamente con valores de R2 menores de 0.5, mientras D'Agostino y Lenzi proponen 2.27 y 0.94 respectivamente.

## Referencias Bibliográficas

- Chin, Anne.** (1999). "The morphologic structure of step – pools in mountain streams". *Geomorphology* 27, 191 – 204.
- D'Agostino, V.; Lenzi, M. A.** (1998) "La massimizzazione della resistenza al flusso nei torrenti con morfología a step-pool". *XXVI Convengo di idraulica e costruzioni idrauliche*. Catania, 9 – 12 settembre, p. 281 – 293.
- Lenzi, M. A., D'Agostino, V.** "Step pools of the Rio Cordon: Geomorphic effectiveness of the floods occurred between 1986 and 1999"
- Montoya, E y Montoya, M.** (2003) "Rasgos y patrones morfológicos de los cauces de montaña". *Trabajo dirigido de grado. Facultad de Minas. Universidad Nacional de Colombia. Medellín.*
- Whittaker, J.G. and M.N.R. Jaeggi** (1982). "Origin of step-pool systems in mountain streams". *J. Hydraul. Div.* 108, 758-773.
- Wohl, E. E., y Grodek, T.** (1994) "Channel bed – steps along Naha Yael, Negev desert", Israel. *Geomorphology*. Vol. 9, p.117-126.
- Wohl E., Merritt, D.** (2001). "Bedrock channel morphology" *GSA Bulletin*. 113, No 9. 1205 – 1212.