

# CARACTERIZACIÓN MORFOMÉTRICA DE LA MICROCUENCA DE LA QUEBRADA LOS ANDES, EL CARMEN DE VIBORAL, ANTIOQUIA-COLOMBIA

Yimmy Montoya Moreno<sup>\*</sup>  
Boris Montoya Moreno<sup>\*\*</sup>

Recibido: 02/10/2008

Aceptado: 07/05/2009

## RESUMEN

Se evaluaron algunas características morfométricas básicas en la microcuenca de la quebrada Los Andes en el departamento de Antioquia (Colombia). La microcuenca tiene un área pequeña (< 20Km<sup>2</sup>) con dirección principal en el eje S-N, con un rango altitudinal entre los 2.700 y 2.200 msnm. Presenta una red de drenaje bien estructurada, por lo que presenta un tiempo de concentración de las aguas mayor de 5 horas. La microcuenca es de clase Kc2 con una pendiente elevada y un sistema de drenaje subdendrítico. Este trabajo permitió identificar los usos del suelo, entre los cuales el uso adecuado fue el que presentó mayor porcentaje (55%) y se recomienda el uso conservacionista en general para la microcuenca.

**Palabras clave:** limnología tropical, morfometría, limnología física.

---

<sup>\*</sup> Biólogo, MSc, Estudiante de Doctorado en Ingeniería Universidad de Antioquia. Grupo de Investigación en Gestión y Modelación Ambiental GAIA, Facultad de Ingeniería, Universidad de Antioquia. Apartado 1226, Medellín, Colombia. Teléfono: + 574 + 2105590, 2106563, yimmy-montoya3@hotmail.com. Fax: + 574 + 2 106564

<sup>\*\*</sup> Ingeniero Civil, estudiante de Especialización en Gestión de la Construcción, Universidad de Medellín. borismoreno@hotmail.com

# MORPHOMETRICAL CHARACTERIZATION IN LOS ANDES WATERSHED, EL CARMEN DE VIBORAL, ANTIOQUIA-COLOMBIA

## ABSTRACT

Some morphometric characteristic were evaluated in the watershed of creek Los Andes department of Antioquia (Colombia). The headwater has a small area (<20Km<sup>2</sup>) with main direction in the axis S-N, with an elevation range between 2.700 and 2.200 m. asl. It presents a network of drainage well structured, for which presents a time of concentration of the water over 5 hours. The watershed is of class Kc2 with a high slope and a system of drainage subdendritic. This research permitted to identify the uses of the soil, being the adequate use the one that presented greater percentage (55%) and the use is recommended conservationist in general for all headwater.

**Key words:** Tropical limnology , morphometric, physical limnology.

## INTRODUCCIÓN

El manejo de cuencas representa en Colombia uno de los aspectos más importantes dentro del ámbito de los recursos naturales del país, dado el empuje industrial del mismo, y el alto índice de la tasa de crecimiento de la población. Para suplir esta necesidad de agua, que inevitablemente proviene de las hoyas hidrográficas, se requieren proporciones abundantes de ella en forma permanente y de óptima calidad, lo cual sólo puede conseguirse con un manejo integrado y un aprovechamiento apropiado de nuestras cuencas hidrográficas [1]. El 30% de las principales cuencas hidrográficas del mundo han perdido más del 75% de sus bosques naturales, entre ellos, los bosques andinos, de los cuales depende la calidad y cantidad de agua disponible para los latinoamericanos [2], razón por la cual urge aumentar los estudios morfológicos de las cuencas colombianas, con la finalidad de generar un desarrollo planificado y una mejor gestión de los recursos naturales.

Una cuenca hidrográfica es un área natural en la cual el agua se desaloja a través de un sinnúmero de corrientes, cuyos caudales son recogidos por un colector común, que sirve de eje de la zona [1]. El decreto 2857 expedido por el Ministerio de Agricultura, afirma que “una cuenca u hoyo hidrográfica es un área físico-geográfica debidamente delimitada, en donde las aguas superficiales y subterráneas vierten a una red natural, mediante uno o varios cauces de caudal continuo e intermitente que confluyen a su vez en un curso mayor que desemboca o puede desembocar en un río principal, en un depósito natural de aguas, en un pantano o directamente en el mar” [3].

La morfología es la ciencia que tiene por objetivo el estudio de la forma de determinado elemento, organismo o sistema [4]. La morfometría fluvial es la medida y el análisis de las propiedades geométricas de la superficie sólida de un sistema fluvial [5].

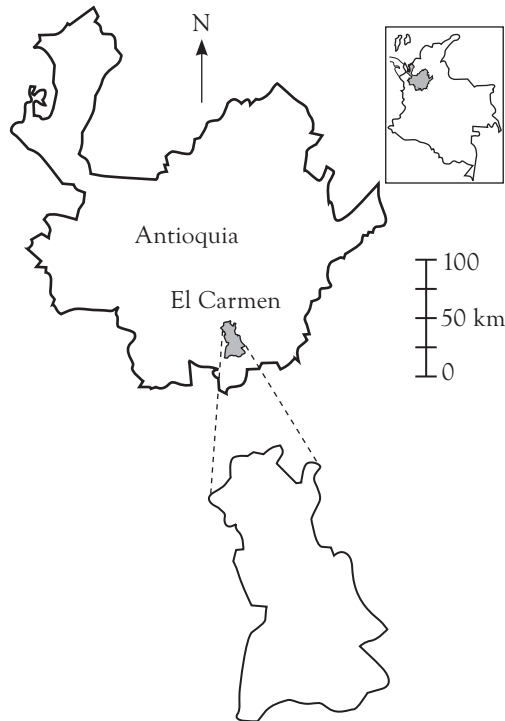
En Colombia el aprovechamiento de corrientes para acueductos veredales y municipales, y pequeñas centrales hidroeléctricas (<10 MW) [6] ha modificado la naturaleza hidráulica de más de 3.000 corrientes en zonas montañosas, deteriorando sistemas lóticos y alterando procesos de subsidio energético en la transferencia de materia orgánica entre áreas de *crenon-ritron* y remotas planicies de inundación, con graves repercusiones para las dinámicas del metabolismo fluvial [2], generando cambios morfológicos y variación en los regímenes de erosión-depositación.

En esta microcuenca se han realizado algunas investigaciones, entre las que se puede citar la caracterización de la biodiversidad acuática y de la calidad de las aguas [7], la colonización de sustratos rocosos por parte de los macroinvertebrados acuáticos [8] y la caracterización físicoquímica y biológica de sus aguas, a través de los índices de calidad ambiental (ICA) y *biological monitoring working party* modificado para Colombia (BMWP/Col). No obstante, la caracterización morfométrica de una microcuenca, idealmente debe ser el punto de partida de las investigaciones limnológicas, ya que a partir de esta se puede determinar la ubicación de las estaciones de colecta de manera metódica; adicionalmente, se genera una idea global sobre el funcionamiento del sistema teniendo en cuenta las áreas de interfase agua-aire y agua-sedimento [3]. Pese a esto, los aspectos morfométricos en sistemas lóticos han sido poco estudiados en Colombia por lo que el propósito de esta investigación es establecer las características morfométricas básicas de la microcuenca de la quebrada Los Andes y relacionarlas con las condiciones de uso del suelo y con la ecología del sistema.

## 1. MATERIALES Y MÉTODOS

**El área de estudio.** La microcuenca de la quebrada los Andes se encuentra en el municipio de El Carmen de Viboral situado en el Oriente

Antioqueño entre los 2.200 y 2.700 msnm a los  $6^{\circ} 3' 19''$  N y  $75^{\circ} 20' 3''$  W (figura 1), con una temperatura promedio de  $17^{\circ}\text{C}$  y una pluviosidad de 2.000 milímetros anuales, lo que lo tipifica como una zona de vida bh - MB [9].



**Figura 1.** Ubicación general de la microcuenca en el contexto departamental y nacional.

Fuente: Elaboración propia

La cuenca alta de la quebrada Los Andes está localizada predominantemente sobre un macizo cristalino conformado por rocas del batolito antioqueño, especialmente granodioritas: el proceso morfogénico que ha dado lugar a las transformaciones superficiales más comunes es el desprendimiento desde la parte superior, de materiales que conformaban alteritas compuestas por suelos y rocas en diferentes estados de meteorización, que han generado suelos que varían de limo-arcillosos a arcillo-limosos y que incluyen bloques de granodiorita con diferentes estados de meteorización [10].

Las altas pendientes, las lluvias abundantes y la forma de los afluentes de la cuenca alta de la quebrada la Cimarronas (uno de cuyos afluentes es la quebrada los Andes) le dan características torrenciales a las quebradas, que se manifiestan principalmente por socavamiento de cauces y propensión a crecidas. Gran parte del área delimitada posee pendientes entre el 50% y 75% las cuales están cubiertas por bosque. Se encuentran parcelas en esta zona, cuyo uso del suelo corresponde a cultivos limpios que no generan procesos erosivos fuertes debido a la poca área utilizada. La pluviosidad en la parte alta de la cuenca está entre los 2.700 mm a 3.000 mm que corresponde a la zona de vida bosque muy húmedo montano bajo (bmh - MB) según la clasificación de Holdridge [9].

El ancho del cauce principal de la quebrada oscila entre 0,3 y 2,7 m con un lecho predominantemente de gravas, rocas y guijarros, según la tipología de Hynes [11]. En general se presenta cobertura vegetal en las márgenes de la quebrada, la cual aumenta hacia la parte alta de la microcuenca.

Esta microcuenca es de particular interés por estar situada en el área de manejo especial de la cuenca alta del río Negro y porque de los afluentes de sus cabeceras se toma parte del agua para el acueducto municipal de El Carmen de Viboral y se proyectan otros sobre este sistema [8].

**Trabajo en planos.** Con la ayuda de la cartografía de la región en escala 1:20.000 se realizó la demarcación de la microcuenca para determinar los parámetros morfométricos básicos tales como el área y la forma de la cuenca, sus límites, patrones de drenaje, clases de pendientes, cobertura vegetal, uso potencial, actual e inadecuado del suelo y las zonas erosionadas, de acuerdo con los criterios de Henao [1] y Villa [12]. Se empleó la cartografía digitalizada y procesada en el *software* Autocad 2004.

**Trabajo en campo.** Se realizó el reconocimiento de la microcuenca con el fin de comparar la información de los planos con la real, espe-

cialmente en lo referente a la red de drenaje, la cual por pertenecer a la zona de ritral es bastante fluctuante, para lo que se geo-referenciaron los sitios con un sistema de posicionamiento global (GPS Garmin 57).

Se realizó el reconocimiento de la microcuenca con el fin de comparar, mediante geo-referenciación de los sitios con un sistema de posicionamiento global (GPS), la información de los planos en campo, especialmente en lo referente a la red de drenaje, la cual, por pertenecer a la zona de *ritral*, es bastante fluctuante.

## 2. RESULTADOS

La tabla 1 presenta los valores de los principales parámetros morfométricos para la microcuenca Los Andes. En general la microcuenca presenta una forma casi redonda de tipo subdendrítica, con un área pequeña, asimetría leve, tributarios de bajo orden y una altitud promedio de la microcuenca de 2580 msnm., la cual evidencia un rango entre los 2.200 y 2.700 m.

La microcuenca presenta un orden 4, baja torrencialidad, buena cobertura vegetal especialmente hacia la parte superior de la misma y en las zonas adyacentes al cauce de la quebrada.

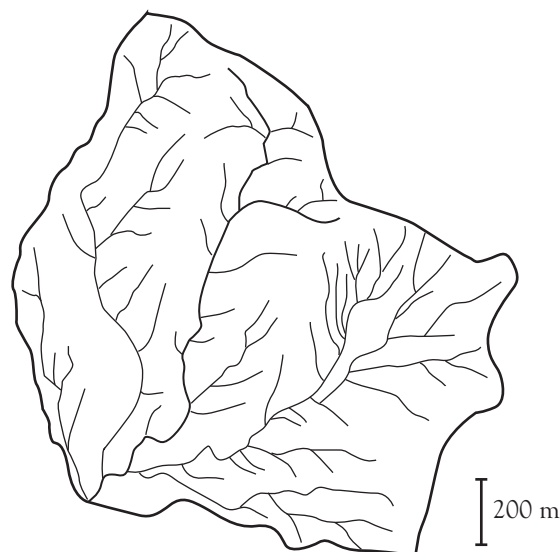
**Tabla 1.** Principales parámetros morfométricos para la microcuenca Los Andes

Parámetro (unidad)	Símbolo	Valor
Área (Km <sup>2</sup> )	A	2,87
Perímetro (Km)	Lo	7,85
Longitud axial (Km)	Lmax	2,10
Ancho máximo (Km)	Bmax	1,60
Índice de alargamiento (adimensional)	Ia	1,31
Ancho promedio (Km)	Ap	1,37
Índice de homogeneidad (adimensional)	Ih	0,85
Índice asimétrico (adimensional)	Ia	1,6

Parámetro (unidad)	Símbolo	Valor
Factor de forma (adimensional)	Ff	1,37
Coefficiente de compacidad (adimensional)	Kc	1,30
Pendiente media de la cuenca (%)	Pm	55
Orientación de la cuenca (adimensional)	Oc	S-N
Clasificación del sistema de drenaje según Horton	H	4
Tipo de sistema de drenaje (adimensional)	Td	subdendrítico
Altura media de la cuenca (m)	H	2.580
Tiempo de concentración de las aguas (min)	Tc	320,9
Densidad de drenaje (Km / Km <sup>2</sup> )	Dd	7,17
Frecuencia de tributarios (adimensional)	Fx	1,79
Cota de nacimiento (m.s.n.m)		2.700
Nivel de base (m.s.n.m)		2.200

Fuente: elaboración propia

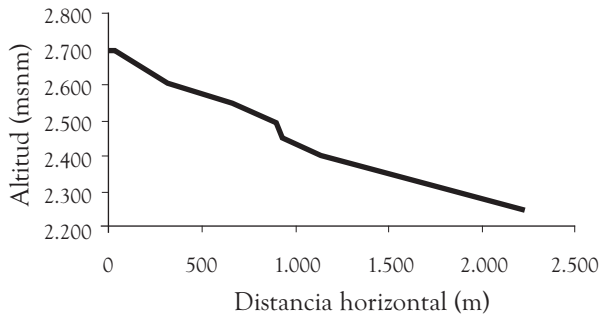
La figura 2 presenta la forma de la cuenca y el sistema de drenaje de la misma



**Figura 2.** Forma y patrón de drenaje de la microcuenca Los Andes

Fuente: Elaboración propia

La figura 3 presenta el perfil topográfico del cauce en el que se observa una parte superior de mayor pendiente.



**Figura 3.** Perfil de la quebrada Los Andes

Fuente: Elaboración propia

La tabla 2 presenta el número de tributarios de acuerdo al orden y su longitud total.

**Tabla 2.** Relación de la longitud de las corrientes para la quebrada Los Andes

Orden de Tributarios	Número de tributarios	Longitud en metros
1	74	12.812
2	13	3.990
3	5	2.200
4	2	1.580
Total	94	20.582

Fuente: elaboración propia

La figura 4 presenta los resultados de los cálculos de los usos de la tierra en la microcuenca [3].



**Figura 4.** Usos del suelo en la microcuenca

Los Andes.

Fuente: Elaboración propia

### 3. DISCUSIÓN

La demanda creciente sobre los recursos naturales ha llevado a que cada día se incrementen las estrategias de conservación y de desarrollo sostenible. Entre este amplio grupo de herramientas, la planificación cobra un valor alto dentro del contexto del desarrollo a escala humana. En Colombia, el manejo de cuencas hidrográficas se ha enfocado, 3 cto municipal. La microcuenca se caracteriza por presentar un predominio de tributarios de orden 1 (con 74 tributarios de primer nivel); este sistema es de orden cuatro, pese a su pequeño tamaño, lo que puede indicar la gran riqueza hídrica de la zona.

En términos generales, posee caudales bajos (menos de 40 litros / segundo), los canales de las quebradas son estrechos, con un sustrato predominantemente pedregoso, aunque en pequeños parches se observan depósitos de arena. Por el tamaño de las rocas observadas se puede inferir que la quebrada es de carácter torrencial, ya que la mayoría de rocas son angulosas y el porcentaje de rocas redondeadas es menor, lo cual se presenta dado lo pequeño de la microcuenca, lo que implica una menor longitud de transporte de los clastos y que estos presenten formas angulosas. Por la presencia de material arcilloso color pardo amarillento y por la pátina de algunas rocas se presume la presencia de material ferroso en la cuenca alta de la quebrada.

En la zona aledaña a la quebrada se observa una cobertura vegetal caracterizada por rastrojos altos, algunos arbustos y pinos, musgos de ladera y helechos. Pese a esto, la desprotección de los márgenes de las quebradas, ha llevado a que se generen socavamientos en las riberas del cauce, fenómeno que se observa en la parte baja de la microcuenca. Es por ello que las márgenes de las quebradas deben restringirse para cualquier uso habitacional o de infraestructura con el fin de evitar desastres por aumentos sorpresivos de caudal (crecidas) de las quebradas.



El área es pequeña, por lo que el riesgo de crecidas es mayor. Por otro lado, el perímetro de la microcuenca es 2,7 veces mayor que el área de la misma, lo que implica un alto intercambio de materiales entre las vertientes y los tributarios. Este hecho también es afectado por el factor de forma del sistema, que presenta un valor medio, el cual indica que la microcuenca Los Andes es susceptible levemente a crecidas. Otros índices que apoyan esta afirmación y brindan información sobre el tiempo de concentración de las aguas son el coeficiente de compacidad, que presentó un valor de 1,3, el cual sirve para clasificar a este sistema como de forma oval redonda a oval oblonga, es decir, de clase Kc2 [1], y el tiempo de concentración de las aguas, el cual dio un valor alto de 320,9 min (5,35 horas), lo que es indicativo en conjunto de que al producirse lluvias de larga duración y de intensidad alta, este sistema presente bajo riesgo de torrencialidad y de arrastre de sedimentos. Sin embargo, se debe tener en cuenta que, cuanto más redonda sea la forma de la microcuenca, más tarda en llegar la onda de crecida a la desembocadura, pero al mismo tiempo es más acusado el caudal de punta.

La forma oval redonda a oval oblonga indica que el tiempo de concentración es mayor, como se mencionó anteriormente. Esta característica está asociada al índice de alargamiento, el cual presentó un valor bajo, lo que señala el predominio de tributarios elementales.

De acuerdo con el perfil longitudinal de la quebrada, esta se puede clasificar como tipo embudo, es decir, es un sistema que concentra las aguas de escorrentía en una red densa muy ramificada. Posee unas vertientes empinadas, con pendientes fuertes, poco alargadas, predominan los materiales rocosos en su composición, por lo que se puede clasificar el tipo de sistema de drenaje como subdendrítico.

La densidad de drenaje (Dd) es la relación de la longitud de todos los ríos de una cuenca con

su superficie. El valor del Dd fue de 7,17, lo que indica que esta microcuenca posee 7,17 km de cauce por kilómetro cuadrado. Este Dd es alto, lo que indica que hay suficientes elementos de drenaje, lo que puede ser indicador de una mayor tolerancia del sistema a perturbaciones antrópicas y naturales. Este valor sumado a la frecuencia de tributarios (Fx) el cual fue de 1,79, que es un valor alto, ratifica el hecho de que la microcuenca está muy bien drenada ya que presenta un  $Dd > 2,5$  y una  $Fx > 1$  [1].

El 55% del área de la microcuenca tiene un uso adecuado y tan sólo el 0,9% presentó un uso muy inadecuado. En general, la tendencia de manejo debe ser de tipo conservacionista ya que son zonas altas, de pendiente alta y con una gran riqueza biológica, además de ser la fuente de numerosas corrientes de agua las cuales aportan un importante caudal a la planta de potabilización del municipio de El Carmen de Viboral. Por otro lado, entre los factores que afectan el tiempo de concentración de las aguas, el único modificable por acción del hombre es el de la cobertura vegetal. Al existir en una buena parte de la microcuenca vegetación de rastrojo bajo, habrá en el suelo una mayor succión de aguas sub-superficiales a través de la absorción del sistema radicular del rastrojo [13].

#### 4. CONCLUSIONES

La microcuenca de la quebrada Los Andes es un subsistema pequeño, tipo embudo, con pendientes altas y una elevada densidad de drenaje ( $Dd = 7,17$ ) ya que presenta en un área de sólo 2,87 km<sup>2</sup>, 94 tributarios con una longitud total de 20,58 km, forma oval redonda a oval oblonga y una frecuencia de drenaje superior a la unidad ( $Fx = 1,79$ ). Esta microcuenca presenta asimetría entre sus vertientes y un sistema de drenaje de tipo subdendrítico, caracterizado por aguas claras y poco profundas.

Esta investigación permite continuar con otros estudios de línea base, especialmente los concernientes a la gestión de los recursos naturales, ya que es una zona con una buena cobertura boscosa, presenta un uso adecuado en la mayoría de su territorio y posee varias zonas de interés turístico.

A partir del estudio de algunas características morfológicas se puede teorizar sobre el funcionamiento ecológico del sistema, lo que puede dar pautas para las investigaciones limnológicas subsiguientes y sobre la gestión ambiental en la zona. En este aspecto, las respuestas morfológicas y hidrológicas son condicionadas y controladas por las características morfológicas del sistema y de su red de drenaje.

Respecto al uso del suelo, el manejo que se le ha dado a esta microcuenca puede considerarse como adecuado, ya que la tendencia conservacionista ha predominado teniendo en cuenta las altas pendientes y el aporte que ésta quebrada hace al acueducto del municipio de El Carmen de Viboral. Esta última característica ha generado una mayor presión sobre los usos reales del suelo que las mismas condiciones morfológicas.

## REFERENCIAS

- [1] J. E. Henao, *Introducción al manejo de cuencas hidrográficas*, Bogotá: Fundación Universidad Santo Tomás, 1988.
- [2] W. Cano, and L. Posada, "Alteración del metabolismo lóxico en la quebrada Piedras Blancas (Medellín) debido al trasvase de caudal," *Avances en Recursos Hidráulicos*, no. 9, pp. 19-30, 2002.
- [3] MINAGRICULTURA, «Decreto 2857,» Diario Oficial N° 35881, 1981.
- [4] Y. Montoya M, "Estudio de factibilidad para la siembra de especies forestales nativas para la producción y venta de oxígeno, en la parte alta de las veredas Boquerón y San Lorenzo, del municipio de el Carmen de Viboral, Antioquia," SENA, Medellín, 2005.
- [5] A. Strahler, *Tratado de geografía física*, Barcelona: Ediciones Omega, 1986.
- [6] P. Correa, "Inventario de proyectos hidroeléctricos entre 10-100MW y aplicación a una cuenca específica," *Noticias Investigativas*, no. 20, pp. 99-112, 2005.
- [7] Y. Montoya M, "Caracterización de la biodiversidad acuática y de la calidad de las aguas de la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral (Antioquia)," *Revista Institucional Universidad Tecnológica del Chocó*, vol. 27, no. 1, pp. 4-10, 2008.
- [8] Y. Montoya M, "Colonización de sustratos rocosos por los macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Los Andes, El Carmen de Viboral (Antioquia), Colombia," *Revista Universidad Católica de Oriente*, no. 23, pp. 89-104, 2007.
- [9] L. Holdridge, *Ecología basada en las zonas de vida*, San José: Instituto Interamericano de Ciencias Agrícolas, 1978.
- [10] CORNARE, «Plan de ordenamiento y manejo de la cuenca alta quebrada Cimarronas, municipio de El Carmen de Viboral,» Corporación Autónoma Regional de los ríos Rionegro y Nare, 1995, p. 356.
- [11] J. D. Hynes, "Downstream drift of invertebrates in a river in southern Ghana," *Freshwater Biology*, no. 5, pp. 515-532, 1975.
- [12] A. Villa, *La cuenca hidrográfica y su papel en el estudio y conservación de los recursos naturales*, Medellín: SENA, 1990.
- [13] CORNARE, «Plan de ordenamiento y manejo Microcuenca La Bolsa, Marinilla,» Corporación Autónoma Regional de los ríos Rionegro y Nare, 1989, p. 224.