

## Tabla de Contenido

<b>7 MORFOMETRÍA.....</b>	<b>7-1</b>
<b>7.1 PARÁMETROS FÍSICOS DE LA CUENCA.....</b>	<b>7-3</b>
7.1.1 ÁREA DE DRENAJE DE LA CUENCA ( $A_c$ ) [ $km^2$ ].....	7-3
7.1.2 PERÍMETRO DE LA CUENCA.....	7-4
7.1.3 LONGITUD RECTA DE LA CUENCA.....	7-4
7.1.4 ANCHO DE LA CUENCA ( $w$ ) [ $km$ ].....	7-5
<b>7.2 PARÁMETROS DE FORMA DE LA CUENCA.....</b>	<b>7-5</b>
7.2.1 ÍNDICE DE COMPACIDAD O ÍNDICE DE GRAVELIUS.....	7-5
7.2.2 FACTOR DE FORMA ( $K_f$ ).....	7-6
7.2.3 ÍNDICE DE ALARGAMIENTO.....	7-7
7.2.4 ÍNDICE ASIMÉTRICO.....	7-8
<b>7.3 CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE LA CUENCA.....</b>	<b>7-9</b>
7.3.1 PENDIENTE MEDIA DE LA CUENCA.....	7-9
7.3.2 ELEVACIÓN MEDIA DE LA CUENCA.....	7-10
<b>7.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE.....</b>	<b>7-13</b>
7.4.1 LONGITUD DEL CAUCE ( $L$ ) [ $km$ ].....	7-13
7.4.2 PERFIL DEL CAUCE.....	7-13
7.4.3 COTA DE NACIMIENTO (M.S.N.M.).....	7-14
7.4.4 COTA EN LA CONFLUENCIA CON EL RÍO CAUCA (M.S.N.M.).....	7-14
7.4.5 PENDIENTE MEDIA DEL CAUCE.....	7-14
<b>7.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN.....</b>	<b>7-15</b>
<b>7.6 ÍNDICES MORFOMÉTRICOS DE SUBCUENCAS Y MICROCUENCAS ABASTECEDORAS.....</b>	<b>7-17</b>
<b>7.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....</b>	<b>7-24</b>
<b>BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>7-26</b>

## Lista de figuras

Figura 7.1. Área de drenaje típica.....	7-3
Figura 7.2 Área de drenaje vista en 3D.....	7-4
Figura 7.3. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación. Bell, 1999.....	7-7
Figura 7.4. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica. Este estudio, 2017.....	7-11
Figura 7.5. Curva hipsométrica de la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-12
Figura 7.6. Perfil del cauce principal de la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-14



### Lista de tablas

Tabla 7.1. Áreas de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-4
Tabla 7.2. Perímetro de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-4
Tabla 7.3. Longitud recta de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-5
Tabla 7.4. Ancho de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-5
Tabla 7.5. Índice de compacidad para la evaluación de la forma.....	7-6
Tabla 7.6. Índice de Gravelius de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-6
Tabla 7.7. Clasificación del factor de forma.....	7-6
Tabla 7.8. Factor de forma de la cuenca mayor del Río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-7
Tabla 7.9. Índice de alargamiento.....	7-7
Tabla 7.10. Índice de alargamiento de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-8
Tabla 7.11. Índice asimétrico.....	7-8
Tabla 7.12. Índice asimétrico de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-8
Tabla 7.13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.....	7-9
Tabla 7.14. Pendiente media de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-10
Tabla 7.15. Elevación media de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-10
Tabla 7.16. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica para la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-12
Tabla 7.17. Longitud del cauce principal de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-13
Tabla 7.18. Cota de nacimiento de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-14
Tabla 7.19. Cota en el sitio de estudio de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-14
Tabla 7.20. Pendiente media del cauce de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-15
Tabla 7.21. Cálculo del tiempo de concentración para la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-16
Tabla 7.22. Parámetros morfométricos subcuencas – Río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-17
Tabla 7.23. Parámetros de forma de las subcuencas – río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-18
Tabla 7.24. Parámetros morfométricos microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados – río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-19
Tabla 7.25. Parámetros de forma microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados – Río La Vieja. Este estudio, 2017.....	7-21



## **CARACTERIZACIÓN DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA PLAN DE ORDENACIÓN Y MANEJO DE LA CUENCA DEL RÍO LA VIEJA**

### **7 MORFOMETRÍA**

#### **Aspectos generales**

##### **Objetivos**

El objetivo general es determinar las características morfométricas de la cuenca del río La Vieja y sus subcuencas a escala 1:25.000.

Los objetivos específicos son:

- Elaborar la cartografía de las subcuencas de la cuenca del río La Vieja.
- Determinar las características morfométricas de la cuenca del río La Vieja y de cada una de las subcuencas delimitadas.
- Evaluar el efecto de las características morfométricas sobre el régimen hídrico de la cuenca.

##### **Información utilizada**

###### *Información primaria*

La información primaria utilizada correspondió a la levantada directamente en oficina y campo, así:

- Selección de las subcuencas de común acuerdo con los funcionarios competentes de las CARs.
- Delimitar las subcuencas.
- Estimar las características morfométricas de la cuenca y de cada una de sus subcuencas.

###### *Información secundaria*

Se utilizó la siguiente información disponible:

- “Planchas topográficas a escala 1:25.000 con cobertura en toda la cuenca”, elaboradas por el Instituto Geográfico Agustín Codazzi IGAC, Bogotá, 2015.

##### **Metodología**

La metodología para la determinación de las características morfométricas fue la siguiente:



### *Trabajos preliminares:*

- Se elaboró el modelo digital del terreno de la cuenca MDT, con base en las planchas 1:25.000 del IGAC.
- Se realizó la delimitación de la cuenca del río La Vieja sobre el modelo digital MDT a escala 1:25.000 de la cuenca.
- Esta delimitación fue enviada a aprobación de la Interventoría y las CARs.
- Una vez aprobada la delimitación de la cuenca, se procedió a la delimitación de cada una de las subcuencas, teniendo como base la delimitación utilizada en el POMCA de 2008.
- Esta delimitación a nivel de subcuenca fue presentada y discutida con las CARs (CRQ, CVC y CARDER).

### *Cálculo de las características morfométricas:*

- Una vez acordada la delimitación a nivel de subcuenca se procedió a estimar cada una de las características morfométricas, mediante el SIG.
- Para esto se tomaron en cuenta las definiciones contenidas en la parte correspondiente a su cálculo, dentro del texto.

Las características morfométricas corresponden a la aplicación de procedimientos que, a través del estudio de la morfología y geomorfología, caracterizan los rasgos propios de las cuencas hidrográficas 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 o microcuenca, ya que es una función compleja de numerosos factores, entre los que predomina el clima y la forma del terreno en el cual se desarrolla el fenómeno. Las formas de la superficie terrestre, y en particular su situación en altitud, tienen influencia decisiva sobre los más importantes factores condicionantes del régimen hidrológico, como precipitación, escorrentía, infiltración y formación de depósitos y sedimentos. Los valores morfométricos son fundamentales para documentar la analogía territorial y establecer relaciones hidrológicas de generalización y expresan en valores simples las características de paisajes complejos.

Para la caracterización morfométrica se verificaron y se dibujaron las divisorias de aguas y se calcularon las características morfométricas más relevantes, sobre la cartografía básica establecida por el Fondo. Dichos parámetros fueron revisados por el SIG, con el fin de evitar inconsistencias en las medidas. A continuación se presenta el cálculo de los parámetros morfométricos de la cuenca mayor de río La Vieja, de las subcuencas y de las microcuencas abastecedoras, a partir de la cartografía entregada por el Fondo Adaptación a una escala 1:25.000.

A partir de los insumos como el Modelo Digital de Terreno, la red de drenaje y la delimitación de cuencas, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados, se calcularon los parámetros morfométricos y los tiempos de concentración para cada una de ellas.

Dada la cantidad de cuencas delimitadas para el presente estudio, se presenta únicamente los resultados obtenidos para la cuenca mayor del río La Vieja hasta su desembocadura en el río Cauca. En las tablas 7.22 a 7.25, se presentan los resultados de los parámetros mencionados para las subcuencas y microcuencas abastecedoras, que también pueden ser consultadas en el Anexo 1.

## 7.1 parámetros físicos de la cuenca

### 7.1.1 Área de drenaje de la cuenca ( $A_c$ ) [ $\text{km}^2$ ]

Es la proyección horizontal del área de drenaje de un sistema de escorrentía dirigido directa o indirectamente a un mismo cauce natural. El sitio que recoge toda la escorrentía que se produce en una cuenca hidrográfica se denomina punto de concentración o punto de cierre de la cuenca.

El concepto de área de drenaje y divisoria de aguas se presenta en las figuras 7.1 y 7.2

La delimitación de una cuenca hidrográfica se realiza a partir de restitutiones cartográficas y fotogramétricas y para ello se deben seguir las reglas básicas que se mencionan a continuación:

- a) La divisoria de aguas pasa por los puntos más altos de las cordilleras, cruzando los valles que estas delimitan.
- b) Su delimitación comienza en el punto de concentración y se continúa a cada lado de este punto con líneas siempre perpendiculares a las curvas de nivel.
- c) La divisoria de aguas nunca debe interceptar los cauces naturales.
- d) Imagine una gota de agua cayendo sobre el mapa, si la gota llegara al punto de concentración, ésta área debe pertenecer a la cuenca.

Figura 7.1. Área de drenaje típica

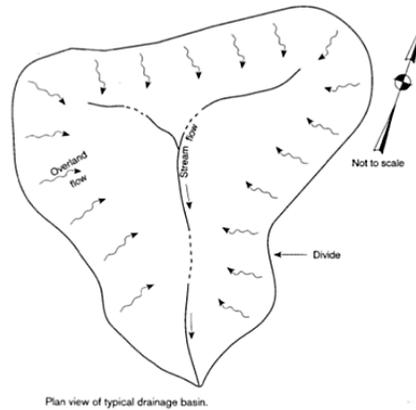
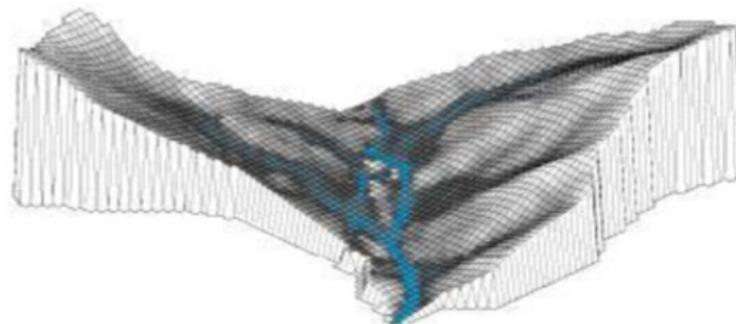


Figura 7.2 Área de drenaje vista en 3D



En la tabla 7.1 se encuentra la distribución del área para la cuenca de la zona de estudio.

Tabla 7.1. Áreas de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Área (km <sup>2</sup> )
Cuenca mayor río La Vieja	2.849,7

### 7.1.2 Perímetro de la cuenca

El perímetro de la cuenca o la longitud de la línea divisoria de la cuenca es un parámetro importante, pues en conexión con el área nos puede decir algo sobre la forma de la cuenca. Usualmente este parámetro físico es simbolizado por la mayúscula P.

La tabla 7.2 muestra el perímetro, para cada una de las microcuencas que conforman la cuenca mayor del río La Vieja.

Tabla 7.2. Perímetro de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Perímetro (km)
Cuenca mayor río La Vieja	319,1

Si bien el perímetro es una medida o parámetro que no indica nada por sí solo, se convierte en un insumo fundamental para el cálculo de los parámetros de forma de la cuenca, partiendo del enunciado que dice: “De todas las figuras planas con igual perímetro, el círculo es la de mayor área”, y conociendo que dicha forma de cuenca tiende a ser la más torrencial y por ende la menos conveniente.

### 7.1.3 Longitud recta de la cuenca

Es la longitud de una línea recta con dirección “paralela” al cauce principal.

Tabla 7.3. Longitud recta de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Longitud recta de la cuenca (km)
Cuenca mayor río La Vieja	94,7

### 7.1.4 Ancho de la cuenca (w) [km]

Es la relación entre el área de drenaje de la cuenca y la longitud de la misma.

Tabla 7.4. Ancho de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Ancho de la cuenca (km)
Cuenca mayor río La Vieja	30,1

## 7.2 parámetros de forma de la cuenca

Los factores geológicos, principalmente, son los encargados de moldear la fisiografía de una región y particularmente la forma que tienen las cuencas hidrográficas.

Para explicar cuantitativamente la forma de la cuenca, se compara la cuenca con figuras geométricas conocidas como lo son: el círculo, el óvalo, el cuadrado y el rectángulo, principalmente.

### 7.2.1 Índice de compacidad o índice de Gravelius

Parámetro adimensional que relaciona el perímetro de la cuenca y el perímetro de un círculo de igual área que el de la cuenca. Este parámetro describe la geometría de la cuenca y está estrechamente relacionado con el tiempo de concentración del sistema hidrológico.

$$K_c = \frac{P_{cuenca}}{2\pi \left( \frac{A_{cuenca}}{\pi} \right)^{\frac{1}{2}}}$$

Dónde:

P: Perímetro de la cuenca [km]

A: Área de la cuenca [km<sup>2</sup>]

Este valor adimensional, independiente del área estudiada, tiene por definición un valor de 1 para cuencas imaginarias de forma exactamente circular. Los valores de Kc nunca serán inferiores a 1. El grado de aproximación de este índice a la unidad indicará la tendencia a concentrar fuerte volúmenes de aguas de escurrimiento, siendo más acentuado cuanto más cercano sea a la unidad, lo cual quiere decir que entre más bajo sea Kc mayor será la concentración de agua. Existen tres categorías para la clasificación según el valor de este parámetro, según la tabla 7.5:

Tabla 7.5. Índice de compacidad para la evaluación de la forma.

Clase	Rango	Descripción
Kc1	1 a 1,25	Forma casi redonda a oval – redonda
Kc2	1,25 a 1,5	Forma oval – oblonga
Kc3	> 1,5	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

El coeficiente de compacidad de la cuenca mayor del río La Vieja es de 1,69, lo que indica una forma casi redonda a oval – redonda.

Tabla 7.6. Índice de Gravelius de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Índice de Gravelius	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	1,69	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga

### 7.2.2 Factor de forma (Kf)

Índice propuesto por Gravelius. Es la relación entre el área (A) de la cuenca y el cuadrado del máximo recorrido (L). Este parámetro mide la tendencia de la cuenca hacia las crecidas, rápidas y muy intensas o lentas y sostenidas, según que su factor de forma tienda hacia valores extremos grandes o pequeños.

$$K_f = \frac{A}{L^2}$$

Tabla 7.7. Clasificación del factor de forma.

K <sub>f</sub>	Característica
<1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas
1	Cuadrada
>1	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas



El factor de forma de la cuenca mayor del río La Vieja es de 0,32, el cual está indicando que la cuenca no tiende a ser circular sino alargada; por lo tanto no es propensa a presentar crecidas súbitas cuando se presentan lluvias intensas simultáneamente en toda o en gran parte de su superficie.

En la figura 7.3 se muestra la relación entre la morfología de algunas cuencas y sus respectivos caudales pico. Para más información sobre algunas formas de las cuencas y sus respectivas respuestas hidrológicas se recomiendan consultar a Smith y Stopp (1978).

Figura 7.3. Relación entre la forma de algunas cuencas y el caudal pico para eventos máximos de precipitación. Bell, 1999.

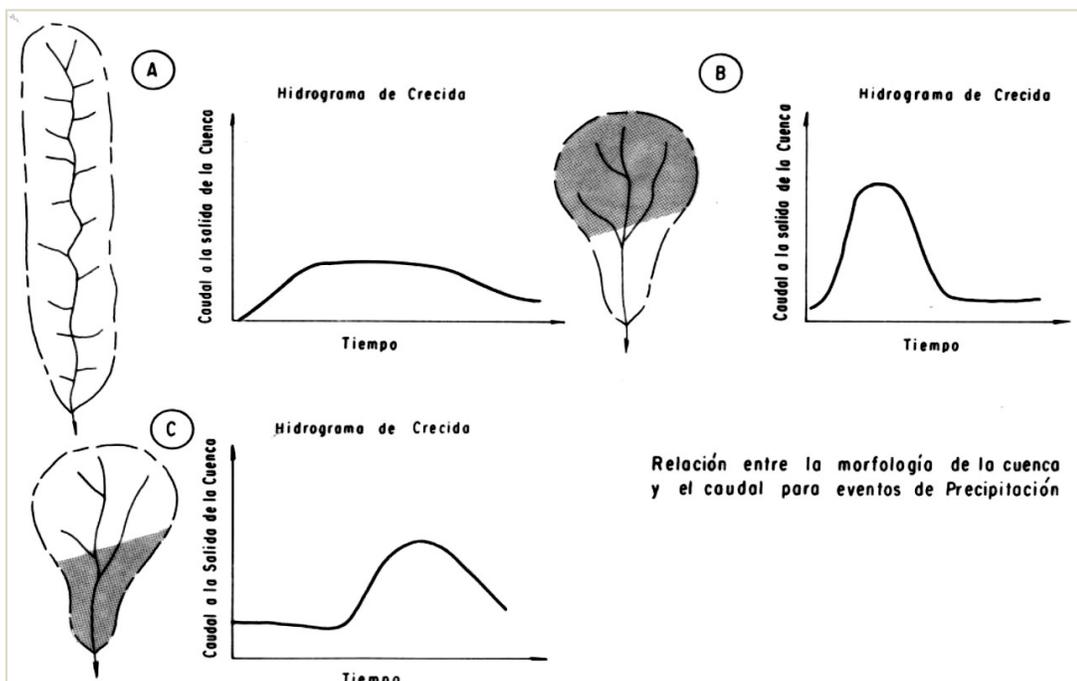


Tabla 7.8. Factor de forma de la cuenca mayor del Río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Factor de forma	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	0,32	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas

### 7.2.3 Índice de alargamiento

Relaciona la longitud del cauce encontrada en la cuenca, medida en el sentido principal, y el ancho máximo de ella. Éste define si la cuenca es alargada, cuando su valor es mucho mayor a la unidad, o si es muy achatada, cuando son valores menores a la unidad.

$$I_A = \frac{L}{A_n}$$

Dónde:

L: Longitud de la cuenca

An: Ancho de la cuenca

Tabla 7.9. Índice de alargamiento.

$K_f$	Característica
$I_A > 1$	Cuenca alargada
$I_A < 1$	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce

principal es corto

El índice de alargamiento de la cuenca mayor del río La Vieja es de 3,15, relación que indica que la cuenca posee un sistema de drenaje que se asemeja a una espiga, denotando un alto grado de evolución del sistema en capacidad de absorber mejor una alta precipitación sin generar una crecida de grandes proporciones.

Tabla 7.10. Índice de alargamiento de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Índice de alargamiento	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	3,15	Cuenca alargada

### 7.2.4 Índice asimétrico

Es la relación del área de las vertientes, mayor ( $A_{mayor}$ ) y menor ( $A_{menor}$ ), las cuales son separadas por el cauce principal. Este índice evalúa la homogeneidad en la distribución de la red de drenaje, pues si se tiene un índice mucho mayor a 1 se observará sobre la cuenca que el río principal estará recargado a una de las vertientes, lo cual implica una heterogeneidad en la distribución de la red de drenaje, aumentando la descarga hídrica de la cuenca a esta vertiente, lo que incrementa en cierto grado los niveles erodabilidad a causa de los altos eventos de escorrentía superficial obtenidos. A continuación se presenta la ecuación que define el índice asimétrico como:

$$I_{AS} = \frac{A_{mayor}}{A_{menor}}$$

Dónde:

$I_{AS}$  : Índice asimétrico (adimensional)

$A_{mayor}$  : Vertiente mayor (km<sup>2</sup>)

$A_{menor}$  : Vertiente menor (km<sup>2</sup>)

Tabla 7.11. Índice asimétrico.

$K_f$	Característica
$I_{AS} > 1$	Cauce principal bastante recargado a una de las vertientes
$I_{AS} = 1$	Distribución uniforme del cauce principal

El índice asimétrico de la cuenca mayor de río La Vieja es de 1,35, lo cual indica que la cuenca tiene un mayor número de afluentes en la vertiente izquierda.

Tabla 7.12. Índice asimétrico de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Índice asimétrico	Clasificación
--------	-------------------	---------------

Cuenca mayor río La Vieja	1,35	Recargado a la vertiente izquierda
---------------------------	------	------------------------------------

## 7.3 CARACTERÍSTICAS DE RELIEVE DE LA CUENCA

Son de gran importancia puesto que el relieve de una cuenca tiene más influencia sobre la respuesta hidrológica que su forma; con carácter general se puede decir que a mayor relieve o pendiente la generación de escorrentía se produce en lapsos de tiempo menores.

### 7.3.1 Pendiente media de la cuenca

La pendiente es la variación de la inclinación de una cuenca; su determinación es importante para definir el comportamiento de la cuenca respecto al desplazamiento de las capas de suelo (erosión o sedimentación), puesto que, en zonas de altas pendientes, se presentan con mayor frecuencia los problemas de erosión mientras que en regiones planas aparecen principalmente problemas de drenaje y sedimentación.

La pendiente media de la cuenca se estima con base en un plano topográfico que contenga las curvas de nivel o en el modelo de elevación digital de 8 x 8 metros, empleando el método de Alvord.

De acuerdo con el uso del suelo y la red de drenaje, la pendiente influye en el comportamiento de la cuenca afectando directamente el escurrimiento de las aguas lluvias; esto es, en la magnitud y en el tiempo de formación de una creciente en el cauce principal. En cuencas de pendientes fuertes existe la tendencia a la generación de crecientes en los ríos en tiempos relativamente cortos; estas cuencas se conocen como torrenciales, igual que los ríos que las drenan. En la tabla 7.13 se muestra la clasificación de las cuencas según la pendiente.

Tabla 7.13. Clasificación de las cuencas de acuerdo con la pendiente.

Pendiente media (%)	Tipo de relieve
0-3	Plano
3-7	Suave
7-12	Medianamente accidentado
12-20	Accidentado
20-35	Fuertemente accidentado
35-50	Muy fuertemente accidentado
50-75	Escarpado
>75	Muy escarpado

En el método de Alvord, se divide la cuenca en franjas altitudinales y se obtiene la pendiente media de la cuenca al ponderar la pendiente hallada para cada franja en función de su área.

$$S_m = \frac{L * D}{A}$$

Dónde:

- $S_m$  : Pendiente media de la cuenca
- $D$  : Diferencia entre curvas de nivel
- $L$  : Longitud total de las curvas de nivel
- $A$  : Área de la cuenca

Tabla 7.14. Pendiente media de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Pendiente media (%)	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	8,68	Medianamente accidentado

### 7.3.2 Elevación media de la cuenca

Es la variación altitudinal de la cuenca hidrográfica que incide directamente sobre el clima y, por tanto, sobre el régimen hidrológico, además de brindar una base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas diferentes dentro de la misma cuenca. Una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su elevación, es a través de la función hipsométrica.

Esta función o característica se determina a partir de la “curva hipsométrica” de la cuenca. La curva hipsométrica es la representación gráfica de la variación de la elevación de una cuenca, en la cual puede observarse la distribución de las zonas altas, medias y bajas.

Se emplea en conjunto con los registros de precipitación para sectorizar las zonas con diferente pluviometría y para estimar la relación entre la elevación y la precipitación.

La curva hipsométrica representa, entonces, el porcentaje de área acumulada que es igualado o excedido a una determinada cota.

La elevación media de una cuenca (tabla 7.15) puede calcularse como:

$$H_{media} = \frac{\sum Area * A_{<. media i}}{\sum Area}$$

Tabla 7.15. Elevación media de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Elevación media de la cuenca (m.s.n.m)
Cuenca mayor río La Vieja	1.767,60



## Curva hipsométrica

Constituye un criterio de la variación territorial del escurrimiento resultante de una región, lo que genera la base para caracterizar zonas climatológicas y ecológicas.

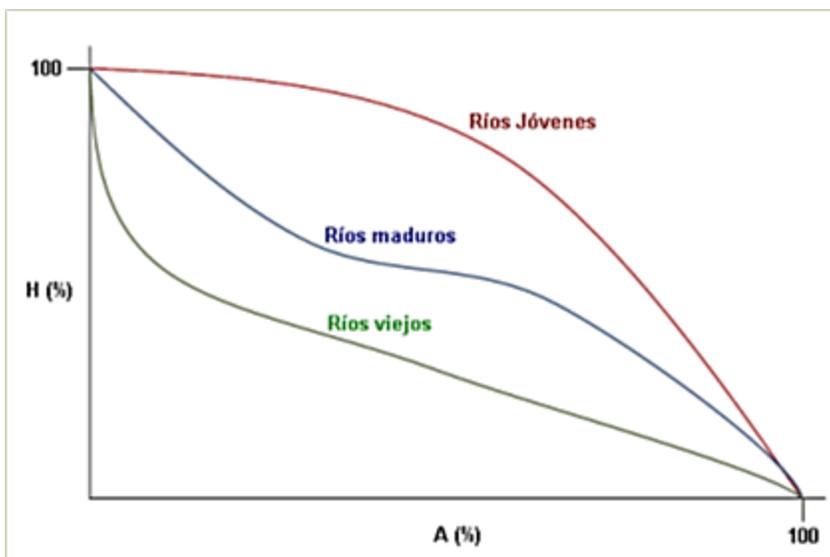
Los datos de elevación son significativos, sobre todo para considerar la acción de la altitud en el comportamiento de la temperatura y la precipitación. La curva hipsométrica refleja con precisión el comportamiento global de la altitud de la cuenca y la dinámica del ciclo de erosión. Es la representación gráfica del relieve de la cuenca en función de las superficies correspondientes (Díaz et al., 1999).

Para construir la curva se lleva a escalas convenientes la elevación dada en las ordenadas y la superficie de la cuenca en las abscisas, para la cual cada punto tiene cota al menos igual a esa altitud. Esta última se obtiene calculando (mediante planímetro o sistema CAD) la superficie correspondiente al área definida en la cuenca entre la curva de nivel cuya cota se ha definido en las ordenadas y los límites de la cuenca por encima de la citada cota, verificándose esta operación para todos los intervalos seleccionados en las ordenadas.

Se denomina elevación mediana de una cuenca hidrográfica aquella que determina la cota de la curva de nivel que divide la cuenca en dos zonas de igual área; es decir, la elevación correspondiente al 50% del área total.

La función hipsométrica es una forma conveniente y objetiva de describir la relación entre la propiedad altimétrica de la cuenca en un plano y su área. Es posible convertir la curva hipsométrica en función adimensional usando, en lugar de valores totales en los ejes, valores relativos: dividiendo la altura y el área por sus respectivos valores máximos. El gráfico adimensional es muy útil en hidrología para el estudio de similitud entre dos cuencas, cuando ellas presentan variaciones de la precipitación y de la evaporación con la altura. Las curvas hipsométricas también han sido asociadas con las edades de los ríos de las respectivas cuencas (ver figura 7.4).

Figura 7.4. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica. Este estudio, 2017.



Esta elevación puede representarse gráficamente para la condición en la cual el área de la gráfica por encima de la elevación media es igual al área por debajo de ésta.

La elevación mediana de una cuenca es la elevación correspondiente al 50% del área total.

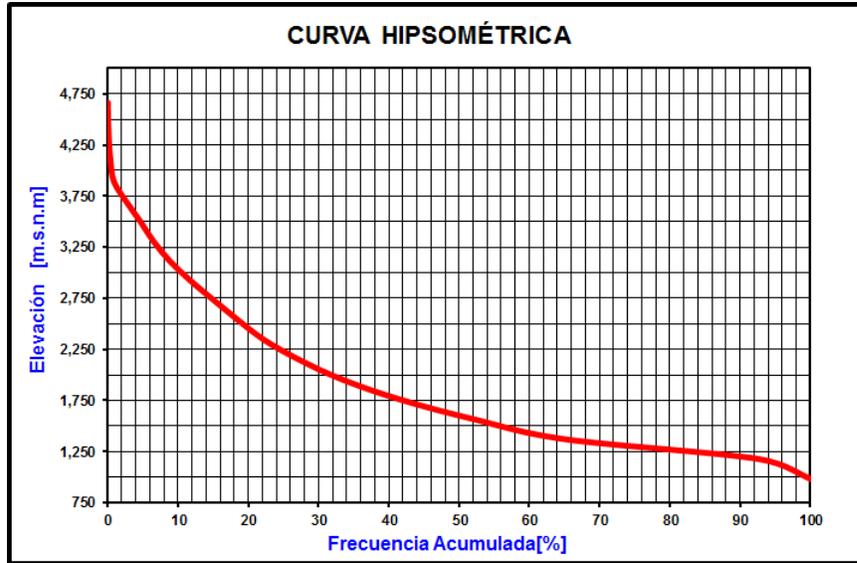
Es posible convertir la curva hipsométrica en una función adimensional utilizando valores relativos, es decir, dividiendo los valores del eje de las abscisas entre el área total y el área de las ordenadas entre la máxima elevación. Esta función adimensional permite asociar la forma de esa curva con las edades de los cauces naturales.

En la tabla 7.16, se presenta la clasificación del río de acuerdo a la curva hipsométrica para la cuenca mayor del río La Vieja, de la cual se obtuvo, según la curva mencionada, que es un río viejo (figura 7.5).

Tabla 7.16. Clasificación de los ríos de acuerdo a la curva hipsométrica para la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Clasificación
Cuenca mayor río La Vieja	Río viejo

Figura 7.5. Curva hipsométrica de la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.



## 7.4 CARACTERÍSTICAS DEL SISTEMA DE DRENAJE

### 7.4.1 Longitud del cauce (L) [km]

Es la longitud del cauce principal, medida desde el punto de concentración hasta el tramo de mayor longitud del mismo (véase figura 7.6).

Generalmente, los caudales medios, máximos y mínimos crecen con la longitud de los cauces. Según Londoño 2001, esto se debe a la normal relación que existe entre las longitudes de los cauces y las áreas de las cuencas hidrográficas correspondientes, de tal manera que el área crece con la longitud y la superficie de captación.

Igualmente, los tiempos promedios de subida y las duraciones promedias totales de las crecientes torrenciales tendrán siempre una evidente relación con la longitud de los cauces. Una longitud mayor supone mayores tiempos de desplazamiento de las crecidas y como consecuencia de esto, mayor atenuación de las mismas, por lo que los tiempos de subida y las duraciones totales de éstas serán evidentemente mayores.

Como se denota en la tabla 7.17 la longitud del cauce del río La Vieja es de 156,8 Km desde su nacimiento, en la parte alta de la cuenca, hasta su confluencia con el río Cauca.

Tabla 7.17. Longitud del cauce principal de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

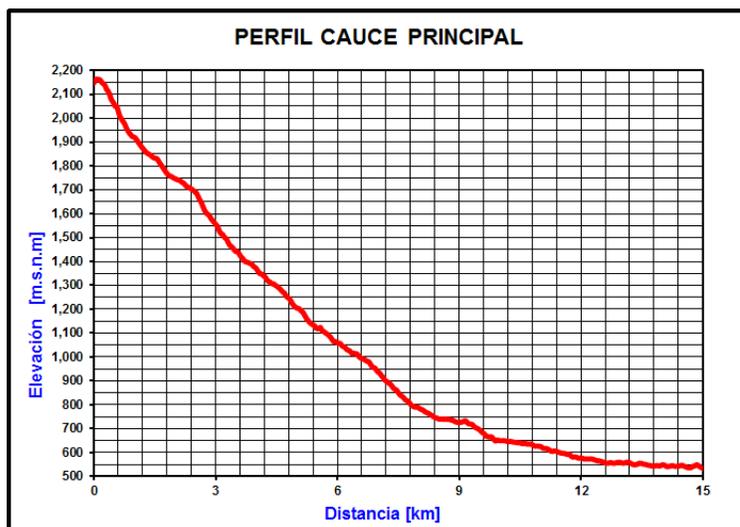
Cuenca	Longitud (km)
Cuenca mayor río La Vieja	156,8

### 7.4.2 Perfil del cauce

El perfil longitudinal de un río es muy característico. La línea que dibuja la quebrada desde su nacimiento hasta el sitio de estudio se representa gráficamente como una curva cuya forma ideal es la de una curva exponencial cóncava hacia arriba, en la cabecera, y a la altura del nivel de base, en la desembocadura.

La profundidad y la anchura del lecho aumentan aguas abajo, en la medida que disminuye la pendiente. Esto es debido a que aguas abajo aumenta el caudal, y disminuye la velocidad, por lo que la carga material transportada cambia de gruesa a fina. En la figura 7.6, se presenta el perfil longitudinal del cauce principal del río La Vieja.

Figura 7.6. Perfil del cauce principal de la cuenca mayor de río La Vieja. Este estudio, 2017.



#### 7.4.3 Cota de nacimiento (m.s.n.m.)

En la tabla 7.18 se muestra la cota del punto más elevado de la corriente principal.

Tabla 7.18. Cota de nacimiento de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Cota de nacimiento (m.s.n.m.)
Cuenca mayor río La Vieja	4.602,7

#### 7.4.4 Cota en la confluencia con el río Cauca (m.s.n.m.)

En la tabla 7.19, se presenta la cota del punto más bajo de la cuenca, usualmente, el punto de salida de la cuenca o en el sitio de estudio.

Tabla 7.19. Cota en el sitio de estudio de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Cota confluencia con el río Cauca (m.s.n.m.)
Cuenca mayor Río La Vieja	898,60

#### 7.4.5 Pendiente media del cauce

Es la relación entre la altura total del cauce principal (cota máxima menos cota mínima) y la longitud del mismo.

$$P_m = \frac{H_{max} - H_{min}}{L} * 100$$



Dónde:

$P_m$  : Pendiente media

$H_{max}$  : Cota Máxima

$H_{min}$  : Cota Mínima

$L$  : Longitud del Cauce

Tabla 7.20. Pendiente media del cauce de la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Cuenca	Pendiente media de los cauces (%)
Cuenca mayor río La Vieja	2,36

## 7.5 TIEMPO DE CONCENTRACIÓN

Es considerado como el tiempo de viaje de una gota de agua de lluvia que escurre superficialmente desde el lugar más lejano de la cuenca hasta el punto de salida. Para su cálculo se pueden emplear diferentes fórmulas que se relacionan con otros parámetros propios de la cuenca. Para la estimación del tiempo de concentración se recomienda emplear varias ecuaciones empíricas disponibles en la literatura científica, se considera apropiado incluir al menos cinco estimaciones diferentes (Ven Te Chow, 1994).

Ramser y Kirpich lo definen como el tiempo al pico  $T_p$ , Viessman (1977) lo define como el tiempo comprendido entre el final de la precipitación efectiva y el final de la escorrentía superficial directa. Este último valor es el punto de inflexión del hidrograma después del caudal pico. Témez (1978) lo define como la diferencia entre el tiempo de finalización del hidrograma de escorrentía superficial directa y el tiempo de finalización de la precipitación efectiva.

En la literatura se encuentran numerosas expresiones para determinar el tiempo de concentración  $T_c$  de las cuencas hidrográficas, desarrolladas por diferentes autores para diferentes regiones del mundo. A continuación se presenta un resumen de las ecuaciones utilizadas en el presente estudio y tomadas de diferentes fuentes (Chow et al., 1994; Hidrología de Antioquia, 1997; Linsley et al., 2002; Viessman y Lewis, 2003; Vélez y Botero, 2011):

### Fórmula de Kirpich

Calcula el tiempo de concentración,  $T_c$ , en horas, según la ecuación:

$$T_c = 0.066 \left( \frac{L}{\sqrt{S_o}} \right)^{0.77}$$

Dónde:

$L$ : Longitud del cauce principal de la cuenca, en metros

S: Diferencia entre las dos elevaciones extremas de la cuenca, en metros, dividida por L (es decir, la pendiente promedio del recorrido principal en m/m).

### Fórmula de Giandotti

Proporciona el tiempo de concentración de la cuenca,  $T_c$ , en minutos, mediante la siguiente fórmula:

$$T_c = \left( \frac{4\sqrt{A} + 1.5L}{25.3\sqrt{J * L}} \right)$$

Dónde:

L: es la longitud del cauce principal en km

J: es la pendiente promedio del cauce principal de la cuenca en m/m

A: es la superficie de la cuenca en  $Km^2$ .

### Fórmula de Témez (1978)

$$T_c = 0,3 \left( \frac{L_c}{S_0^{0,25}} \right)^{0,76}$$

$T_c$  : es el tiempo de concentración (horas).

$L_c$  : es la longitud del cauce principal (km).

$S_0$  : es la pendiente promedio del cauce principal (en porcentaje).

### Fórmula de Passini

$$T_c = 0,108 \frac{(A * L_c)^{1/3}}{\sqrt{S_0}}$$

$T_c$  : es el tiempo de concentración (horas).

$L_c$  es la longitud del cauce principal (km).

$S_0$  : es la pendiente promedio del cauce principal (m/m).

$A$  : es el área de la cuenca ( $km^2$ )

En la tabla 7.21, se muestra el cálculo de los tiempos de concentración para el cauce principal del río La Vieja.

Tabla 7.21. Cálculo del tiempo de concentración para la cuenca mayor del río La Vieja. Este estudio, 2017.

Método	Cuenca mayor río La Vieja
Kirpich	46,58
Giandotti*	9,92
Témez (1978)	28,49
Passini	53,73
<b>Promedio (horas)</b>	<b>42,92</b>

\*Desechado

## 7.6 índices morfométricos de subcuencas y microcuencas abastecedoras

Con los insumos entregados y el Modelo Digital de Terreno, la red de drenaje y la delimitación de cuencas, se estimaron los parámetros morfométricos y los tiempos de concentración para la cuenca mayor del río La Vieja, subcuencas y microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados. De la Error: Reference source not found a la tabla 7.25, se presentan los resultados de dichos parámetros. Para el tiempo de concentración se estimó el promedio entre los métodos.

Dada la cantidad de cuencas delimitadas para el presente estudio, se presenta únicamente el perfil altitudinal y la curva hipsométrica del La Vieja hasta su desembocadura en el río Cauca. El perfil y curva hipsométrica de las subcuencas y microcuencas abastecedoras pueden ser consultadas en el Anexo 1.

Tabla 7.22. Parámetros morfométricos subcuencas – Río La Vieja. Este estudio, 2017.

Nombre	Código	Área	Perímetro	Longitud recta de la cuenca	Ancho de la cuenca	Pendiente media	Elevación media	Longitud del cauce	Pendiente media	Densidad de drenaje	Tiempo de concentración
		km <sup>2</sup>	km	km	km	%	m.s.n.m.	km	%	-	horas
R. Barragán	2612154010000	671,28	133,40	10,24	65,56	12,37	2278,12	47,16	5,83	3,56	10,32
R. Quindío	2612154020000	686,50	162,70	52,82	13,00	15,51	2288,66	74,01	4,80	4,38	14,27
R. Pijao	2612154030000	194,51	70,18	22,23	8,75	10,83	1372,10	27,80	5,05	4,78	6,93
Q. Cristales	2612154040000	114,96	69,81	20,09	5,72	7,91	1163,02	25,67	1,73	4,54	9,41
Q. La Honda	2612154050000	43,38	48,56	7,58	5,73	22,39	1152,41	10,55	4,19	6,08	3,68
R. Espejo	2612154060000	156,55	78,02	31,46	4,98	7,03	1327,28	45,52	1,76	4,80	13,29
Q. La Pobreza	2612154070000	40,20	32,14	8,49	4,73	26,45	1178,46	11,32	4,09	4,62	3,80
R. Zona Media río La Vieja-Quin	2612154080000	101,54	53,16	11,24	9,04	7,66	1169,79	15,13	1,89	4,17	6,86
R. Roble	2612154090000	124,19	79,51	31,65	3,92	8,47	1530,09	42,18	2,68	4,94	10,54
Q. Buenavista	2612154100000	111,28	62,21	21,60	5,15	7,31	1291,70	29,22	3,09	4,54	8,00
Zona Media río La Vieja-VC	2612154110000	50,83	52,00	5,11	9,95	19,65	1209,40	6,66	9,95	3,56	2,18
Q. San Felipe	2612154120000	37,04	40,94	12,79	2,90	7,02	1229,86	14,45	4,22	4,05	4,22
Q. Aguas Coloradas	2612154130000	33,56	28,95	8,61	3,90	17,65	1191,55	11,92	5,60	4,60	3,38
Q. Los Ángeles	2612154140000	59,29	52,52	20,86	2,84	6,65	1297,95	22,45	3,85	4,61	5,89
R. Barbas	2612154150000	104,34	79,24	31,72	3,29	9,81	1550,30	41,24	3,18	4,92	9,57
Q. Cestillal	2612154160000	63,63	75,36	25,92	2,45	9,23	1356,38	30,42	3,47	4,73	7,35
R. Consota	2612154170000	158,88	84,31	32,42	4,90	8,16	1419,80	40,85	2,98	4,66	10,23
Q. El Enfado	2612154180000	28,11	28,11	4,36	6,44	13,18	1030,05	7,79	4,71	5,69	2,85
Zona Baja río La Vieja-VC	2612154190000	25,67	37,48	4,15	6,19	5,61	898,82	5,76	0,27	2,06	8,14
Zona Baja río La Vieja - Ris	2612154200000	43,94	41,97	8,63	5,09	7,92	994,56	10,38	2,91	6,06	4,23

 MINAMBIENTE



 MINHACIENDA



Tabla 7.23. Parámetros de forma de las subcuencas – río La Vieja. Este estudio, 2017.

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
-	-	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
R. Barragán	2612154010000	1,4 5	Forma oval – oblonga	6,40	Tiende a ser achatada, tendencia a ocurrencia de avenidas	0,16	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto	4,05	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
R. Quindío	2612154020000	1,7 5	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,25	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4,06	Cuenca alargada	4,09	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
R. Pijao	2612154030000	1,4 2	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,39	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2,54	Cuenca alargada	1,66	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Cristales	2612154040000	1,8 4	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,28	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3,51	Cuenca alargada	1,89	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Honda	2612154050000	2,0 8	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,76	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1,32	Cuenca alargada	1,05	Distribución uniforme del cauce principal
R. Espejo	2612154060000	1,7 6	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,16	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	6,32	Cuenca alargada	1,03	Distribución uniforme del cauce principal
Q. La Pobreza	2612154070000	1,4 3	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,56	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1,79	Cuenca alargada	1,28	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
R. Zona Media Río La Vieja-Quin	2612154080000	1,4 9	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,80	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1,24	Cuenca alargada	1,06	Distribución uniforme del cauce principal
R. Roble	2612154090000	2,0 1	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,12	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	8,06	Cuenca alargada	1,13	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Buenavista	2612154100000	1,6 6	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,24	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4,19	Cuenca alargada	1,46	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Zona Media río La Vieja-VC	2612154110000	2,0 6	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	1,95	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	0,51	Cuenca alargada	1,26	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Q. San Felipe	2612154120000	1,90	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,23	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4,42	Cuenca alargada	1,99	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Aguas Coloradas	2612154130000	1,41	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,45	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2,21	Cuenca alargada	1,27	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Los Ángeles	2612154140000	1,92	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,14	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	7,34	Cuenca alargada	2,14	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
R. Barbas	2612154150000	2,19	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,10	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	9,64	Cuenca alargada	2,06	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Cestillal	2612154160000	2,66	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,09	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	10,56	Cuenca alargada	1,31	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
R. Consota	2612154170000	1,89	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,15	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	6,62	Cuenca alargada	2,51	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. El Enfado	2612154180000	1,50	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	1,48	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	0,68	Cuenca alargada	1,90	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Zona Baja río La Vieja-VC	2612154190000	2,09	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	1,49	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	0,67	Cuenca alargada	2,00	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Zona Baja río La Vieja - Ris	2612154200000	1,79	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0,59	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1,70	Cuenca alargada	2,31	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)

Tabla 7.24. Parámetros morfométricos microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados – río La Vieja. Este estudio, 2017.

Nombre	Código	Área	Perímetro	Longitud recta de la cuenca	Ancho de la cuenca	Pendiente media de la cuenca	Elevación media de la cuenca	Longitud del cauce principal	Pendiente media del cauce	Densidad de drenaje	Tiempo de concentración
		km <sup>2</sup>	km	km	km	%	m.s.n.m	km	%	-	horas
R. Quindío	2612154020000	200.75	83.57	22.87	8.78	19.03	2778.56	29.59	5.53	3.74	6.95
Q. La Víbora	2612154020900	3.54	8.54	3.16	1.12	17.38	1856.95	4.20	7.16	4.42	1.35
R. Roble (Montenegro)	2612154090000	67.16	40.07	15.14	4.44	9.79	1764.72	23.66	0.65	4.76	12.37
Q. La Paloma	2612154090801	0.26	2.56	0.90	0.29	39.73	1474.51	0.99	5.09	5.79	0.55
R. Gris	261215401510101	43.03	34.30	12.05	3.57	24.99	2847.33	14.85	16.63	2.83	2.61
Q. Las Pizarras	2612154015201	5.77	9.53	3.15	1.83	32.15	2375.84	3.88	26.28	3.04	0.85
Q. Pijao	2612154015202	0.91	4.03	1.09	0.84	43.18	1985.13	1.50	27.00	2.94	0.42
Q. La Picota	2612154015000	1.53	5.59	1.94	0.79	35.92	1860.29	3.88	26.28	4.51	0.75
Q. Cruz Gorda	2612154020800	3.68	9.24	3.65	1.01	25.96	2541.27	4.30	16.62	4.46	1.01
Q. Bolivia	2612154020801	0.34	2.93	1.26	0.27	40.03	2331.29	1.44	28.67	4.70	0.36
Q. Corozal	261215402040101	0.21	1.74	0.47	0.44	26.74	2430.86	0.49	36.74	4.30	0.19
Q. La Llorona	2612154021000	0.99	2.83	1.23	0.80	11.42	639.37	1.45	7.21	1.57	0.68
Q. El Águila	2612154021001	0.76	4.19	1.80	0.42	14.73	1784.56	1.89	7.54	4.28	0.74
R. Quindío (La Tebaida)	2612154020000	356.09	113.92	39.91	8.92	17.81	2586.90	47.10	6.81	3.78	8.92
Q. Naranjal 1	261215402070203	0.80	3.82	1.34	0.60	40.07	1856.78	1.55	29.19	5.32	0.41
Q. Santo Domingo	2612154020702	45.66	30.61	10.32	4.42	24.94	2624.50	14.10	14.28	4.54	2.70
Q. La Gata	261215402070201	8.14	13.36	5.35	1.52	26.46	2258.58	6.82	20.03	4.36	1.32
Q. San Rafael	261215402070202	4.09	8.62	2.50	1.63	28.53	2071.12	3.32	19.77	5.58	0.83
Q. El Salado 2	261215402070204	0.55	3.46	1.31	0.42	46.78	2095.47	1.54	47.78	4.20	0.33
Q. Roble	2612154020703	2.06	6.77	2.41	0.86	36.50	2225.31	2.72	32.84	3.19	0.58
Rio Pijao (Sevilla)	2612154030000	1.77	5.32	1.95	0.91	28.38	2203.86	2.46	18.71	1.40	0.66
Rio Pijao (Caicedonia)	2612154030000	34.25	27.38	8.85	3.87	15.90	1778.72	10.73	10.38	4.04	2.53
Rio Pijao (Caicedonia Antigua)	2612154030000	56.37	33.36	9.05	6.23	14.89	1715.04	11.00	10.13	4.23	2.77
Q. La Carmelia	2612154033000	7.86	13.99	4.93	1.59	18.64	1515.40	4.50	15.69	4.07	1.15
Q. El Bosque	2612154090400	0.86	3.45	1.37	0.63	8.91	1157.57	1.55	3.45	3.06	0.92
Q. La Marina	2612154090500	0.26	2.29	0.94	0.28	29.02	1895.78	1.27	4.22	5.14	0.67
R. Roble (Circasia)	2612154090000	9.09	15.97	6.04	1.50	8.84	1918.74	7.09	5.76	5.08	2.16
Q. La Arenosa	2612154090600	1.39	3.72	1.28	1.09	15.93	907.50	1.68	5.01	2.24	0.89
Q. Cajones	2612154090700	1.30	5.10	2.02	0.64	25.45	1866.28	2.60	3.36	5.05	1.25
Q. La soledad	2612154090800	2.30	10.01	4.14	0.56	8.35	1532.70	3.42	4.44	5.68	1.39
Las Lajas	2612154090900	1.14	9.25	4.27	0.2	8.02	1481.97	3.30	6.13	6.7	1.12

Nombre	Código	km <sup>2</sup>	km	km	km	%	m.s.n.m	km	%	-	horas
					7					7	
Q. Buenavista	2612154100000	13.68	19.44	7.97	1.7 2	10.70	1611.65	9.50	4.79	5.1 5	2.85
Q. El Mico	2612154120500	0.84	4.18	1.74	0.4 8	14.95	1353.02	1.96	5.13	3.2 0	0.88
Q. Buenavista	2612154140500	4.59	12.06	4.46	1.0 3	12.37	1604.06	5.35	5.76	5.5 0	1.72
Q. Los Ángeles	2612154140000	5.39	14.83	6.38	0.8 5	8.34	2406.70	7.26	5.60	7.5 3	2.09
Q. El Congal	2612154140400	3.04	10.47	4.51	0.6 7	9.00	1568.01	5.23	5.34	5.5 8	1.67
Q. Valencia	2612154151100	3.11	8.71	3.70	0.8 4	16.85	1709.99	4.30	7.26	4.8 9	1.34
Bocatoma Tribunas Córcega	2612154154100	4.24	8.93	3.05	1.3 9	14.27	2172.98	3.20	6.53	4.1 1	1.25
Q. Lacha	2612154157100	3.39	8.85	2.39	1.4 2	11.15	2080.98	3.15	6.91	4.8 3	1.18
Bocatoma Yumaral	2612154160200	0.32	2.79	1.07	0.3 0	34.45	1768.92	1.15	6.89	5.1 6	0.54
Bocatoma Pérez	2612154160400	0.11	1.27	0.40	0.2 6	25.96	1534.02	0.57	23.93	5.0 1	0.21
Bocatoma La Bella	2612154172300	2.27	7.09	2.98	0.7 6	15.30	1936.03	3.28	7.10	3.5 5	1.13
Bocatoma Mundo Nuevo	2612154172400	0.29	2.33	1.00	0.2 9	26.43	1675.02	1.16	19.08	7.5 8	0.36
Bocatoma Caracol La Curva	2612154171601	1.01	5.00	2.09	0.4 9	21.36	1700.08	2.04	6.37	4.3 4	0.84
Bocatoma San Joaquín	2612154171602	1.38	5.81	2.28	0.6 0	9.09	1541.92	2.53	3.67	5.7 8	1.20
Bocatoma Puerto Caldas	2612154200800	0.45	3.16	1.07	0.4 2	18.01	936.51	0.97	6.00	5.3 8	0.55

Tabla 7.25. Parámetros de forma microcuencas abastecedoras de centros urbanos y poblados – Río La Vieja. Este estudio, 2017.

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
R. Quindío	2612154020000	1.7	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.6	Cuenca alargada	1.0	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. La Víbora	2612154020900	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.8	Cuenca alargada	1.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
R. Roble (Montenegro)	2612154090000	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.4	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Paloma	2612154090801	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.1	Cuenca alargada	1.4	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
R. Gris	261215401510101	1.5	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.4	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Las Pizarras	2612154015201	1.1	Forma casi redonda a oval – redonda	0.6	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.7	Cuenca alargada	1.7	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Q. Pijao	2612154015202	1.2	Forma casi redonda a oval – redonda	0.8	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.3	Cuenca alargada	5.5	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Picota	2612154015000	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.5	Cuenca alargada	1.4	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Cruz Gorda	2612154020800	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.6	Cuenca alargada	1.4	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Bolivia	2612154020801	1.4	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.7	Cuenca alargada	1.0	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Corozal	261215402040101	1.1	Forma casi redonda a oval – redonda	0.9	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.1	Cuenca alargada	2.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. La Llorona	2612154021000	0.8	Forma oval – oblonga	0.7	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.5	Cuenca alargada	6.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. El Águila	2612154021001	1.4	Forma oval – oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.2	Cuenca alargada	1.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
R. Quindío (La Tebaida)	2612154020000	1.7	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.5	Cuenca alargada	2.0	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Naranjal 1	261215402070203	1.2	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.2	Cuenca alargada	1.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Santo Domingo	2612154020702	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.3	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. La Gata	261215402070201	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.5	Cuenca alargada	1.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. San Rafael	261215402070202	1.2	Forma oval – oblonga	0.7	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.5	Cuenca alargada	1.3	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. El Salado 2	261215402070204	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.1	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Roble	2612154020703	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.8	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Rio Pijao (Sevilla)	2612154030000	1.1	Forma casi redonda a oval – redonda	0.5	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.2	Cuenca alargada	1.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Rio Pijao (Caicedonia)	2612154030000	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.3	Cuenca alargada	1.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Río Pijao (Caicedonia Antigua)	2612154030000	1.3	Forma casi redonda a oval – redonda	0.7	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.5	Cuenca alargada	3.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Carmelia	2612154033000	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.1	Cuenca alargada	1.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. El Bosque	2612154090400	1.0	Forma oval – oblonga	0.5	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.2	Cuenca alargada	3.3	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Marina	2612154090500	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.3	Cuenca alargada	1.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
R. Roble (Circasia)	2612154090000	1.5	Forma oval – oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.0	Cuenca alargada	1.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. La Arenosa	2612154090600	0.9	Forma oval – oblonga	0.8	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.2	Cuenca achatada y por lo tanto el cauce principal es corto	3.7	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Cajones	2612154090700	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.1	Cuenca alargada	1.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. La soledad	2612154090800	1.9	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	7.4	Cuenca alargada	2.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Las Lajas	2612154090900	2.4	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	16.0	Cuenca alargada	1.3	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Buenavista	2612154100000	1.5	Forma oval – oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.6	Cuenca alargada	2.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. El Mico	2612154120500	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.6	Cuenca alargada	2.5	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. Buenavista	2612154140500	1.6	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.3	Cuenca alargada	1.3	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Los Ángeles	2612154140000	1.8	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	7.5	Cuenca alargada	2.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Q. El Congal	2612154140400	1.7	Forma oval – oblonga a rectangular - oblonga	0.1	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	6.7	Cuenca alargada	1.5	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)

Nombre	Código	Coeficiente de compacidad		Coeficiente de forma		Índice de alargamiento		Índice asimétrico	
		-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación	-	Clasificación
Q. Valencia	2612154151100	1.4	Forma oval – oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.4	Cuenca alargada	1.6	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma Tribunas Córcega	2612154154100	1.2	Forma casi redonda a oval – redonda	0.5	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.2	Cuenca alargada	4.7	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Q. Lacha	2612154157100	1.4	Forma oval – oblonga	0.6	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.7	Cuenca alargada	2.2	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma Yumaral	2612154160200	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.5	Cuenca alargada	1.9	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma Pérez	2612154160400	1.1	Forma casi redonda a oval – redonda	0.7	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	1.5	Cuenca alargada	1.7	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma La Bella	2612154172300	1.3	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.9	Cuenca alargada	2.0	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma Mundo Nuevo	2612154172400	1.2	Forma casi redonda a oval – redonda	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.5	Cuenca alargada	1.1	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)
Bocatoma Caracol La Curva	2612154171601	1.4	Forma oval – oblonga	0.2	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	4.3	Cuenca alargada	1.5	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma San Joaquín	2612154171602	1.4	Forma oval – oblonga	0.3	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	3.8	Cuenca alargada	1.8	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Izquierda)
Bocatoma Puerto Caldas	2612154200800	1.3	Forma oval – oblonga	0.4	Tiende a ser alargada, baja susceptibilidad a las avenidas	2.5	Cuenca alargada	2.0	Cauce principal recargado a una de las vertientes (Derecha)

## 7.7 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

Con un área de 2.849,7 km<sup>2</sup>, un perímetro de 319,1 km y una longitud del cauce principal de 156,8 km, la cuenca hidrográfica del río La Vieja se caracteriza por:

- Un índice de compacidad de 1,69, indicador de una cuenca de forma oblonga – oblonga a rectangular – oblonga, de baja susceptibilidad a las avenidas torrenciales.
- Un factor de forma de 0,32, indicador de una forma alargada de baja susceptibilidad a las avenidas torrenciales.

- Un índice de asimetría de 1,35, que indica que el cauce está recostado sobre la vertiente izquierda (oeste).
- Una pendiente media de la cuenca de 8,68%, representativa de un relieve medianamente accidentado, de baja a moderada influencia sobre las crecidas instantáneas.
- Una elevación media de 1.767 msnm, que indica que la cuenca en promedio tiene un clima templado.
- La curva hipsométrica indica que se trata de un río viejo.
- Nace en la cordillera Central a 4.602,7 msnm y desemboca en el río Cauca a 896,6 msnm.
- Tiene una pendiente media de su cauce de 2,36%, que se considera baja, si bien es necesario advertir que las pendientes más fuertes se presentan al comienzo de la cuenca, en sus sectores montañosos altos, pero en la mayor parte del cauce las pendientes son bajas.
- El tiempo de concentración promedio es de 43 horas, lo que significa que una gota de lluvia que caiga en la parte más alejada de la divisoria de aguas tardará un poco menos de dos días (1,79 días) en llegar a la desembocadura del río La Vieja en el Cauca.

Si se consideran las subcuencas, se observa que:

- Las más extensas son la del río Quindío (686 km<sup>2</sup>) y río Barragán (671 km<sup>2</sup>).
- Las de mayor pendiente son La Pobreza (26%) y La Honda (22%), por lo cual son las más susceptibles a crecidas instantáneas.
- Las de menor tiempo de concentración son El Enfado (2,85 h) y la zona media del río La Vieja (2,18 h), es decir, son las más susceptibles de avenidas torrenciales.
- Las de mayor índice de forma son Barragán (6,40), zona media del río La Vieja (1,95), zona baja del río La Vieja (1,48-1,49) y El Enfado (1,48), por lo cual son las más susceptibles a avenidas torrenciales. Pero, en general, la mayor parte de las subcuencas tienen formas alargadas y baja susceptibilidad a avenidas.

Si se consideran las microcuencas abastecedoras de acueductos:

- Las más extensas, sin considerar el río La Vieja, son las del río Quindío (356 km<sup>2</sup>), ríos Pijao (56 km<sup>2</sup>), Santo Domingo (46 km<sup>2</sup>) y Gris (43 km<sup>2</sup>).
- Las de mayor pendiente son las quebradas El Salado (46%) y La Cascada (43%), por lo cual son altamente susceptibles a avenidas torrenciales.
- Las de menor tiempo de concentración son las quebradas Corozal (0,19 h) y Sin Nombre (Pérez) (0,21 h), que las hace altamente susceptibles a avenidas torrenciales.
- Todas tienen índice de forma menor a 1, formas alargadas y baja tendencia a las avenidas.

Para fines de planificación del control de riesgo, se debe poner mayor atención a las subcuencas y microcuencas con menores tiempos de concentración y mayores



pendientes (La Pobreza, La Honda, El Enfado, El Salado, La Cascada, Corozal y Sin Nombre (Pérez).



## BIBLIOGRAFÍA

KELLER E. A. AND PINTER N. Active tectonics: Earthquakes Uplift and Landscapes. Prentice Hall, New Jersey. 362p. 1996

INVIAS [República de Colombia, Ministerio de Transporte, Instituto Nacional de Vías, Subdirección de Apoyo Técnico]. Manual de drenaje para Carreteras. Bogotá, Colombia. 2009.

MAGETTE W.L., SHANHOLTZ V.O, CARR C.R. Estimating selected parameters for the Kentucky Watershed Model from watershed characteristics. Water Resources Research, 12(3): 472-476. 1976.

SCHUMM S. Evolution of drainage systems and slopes in badland at Perth Amboy, New Jersey. Bulletin of Geological Society of America, 67, 597-646. 1956.

VÉLEZ J., A. BOTERO. Estimación del tiempo de concentración y tiempo de rezago en la cuenca experimental urbana de la quebrada San Luis, Manizales. Revista Dyna, 58-71. 2011.