

**OFERTA DE MICROHABITAT PARA MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
A PARTIR DE RESTOS DE MADERA EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA LA
VIUDA, CAJIBÍO – CAUCA**



James Fabián Rodríguez Ruiz

**Universidad Del Cauca
Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación
Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales
Popayán
2017**

**OFERTA DE MICROHABITAT PARA MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS
A PARTIR DE RESTOS DE MADERA EN UN TRAMO DE LA QUEBRADA LA
VIUDA, CAJIBÍO – CAUCA**

James Fabián Rodríguez Ruiz

Directora

María Cristina Gallego Roperó, PhD

Asesor

José Ramón Díez, PhD

Universidad Del Cauca

Facultad de Ciencias Naturales, Exactas y de la Educación

Maestría en Recursos Hidrobiológicos Continentales

Popayán

2017

Nota de aceptación

Director _____

MARIA CRISTINA GALLEGO ROPERIO M.Sc PhD

Jurado _____

JUAN PABLO PAZ CONCHA M.Sc

Jurado _____

DANIEL FERIZ GARCIA M.Sc

Fecha y lugar de sustentación: Popayán, 06 de Diciembre de 2.017

TABLA DE CONTENIDO

AGRADECIMIENTOS	10
DEDICATORIA.....	11
RESUMEN	12
1. INTRODUCCIÓN.....	13
2. JUSTIFICACIÓN	15
3. OBJETIVOS	17
3.1. Objetivo general	17
3.2. Objetivos específicos	17
4. MARCO TEÓRICO	18
4.1. Composición y estructura de la vegetación riparia	18
4.2. Material leñoso de gran tamaño	19
4.2.1. Estabiliza las márgenes y el lecho del cauce.....	19
4.2.2. Mayor almacenamiento de agua.....	19
4.2.3. Proporciona hábitat para los peces.....	19
4.2.4. Crea hábitats.....	20
4.2.5. Proporciona espacio y alimento para la colonización.	20
4.2.6. Soporta los ciclos de vida de invertebrados.....	20
4.2.7. Mejora la calidad del agua.	20
4.2.8. Contribuye con la recolonización.	20
4.2.9. Reservorios de carbono.....	21
4.2.10. Disminuye el impacto de las crecidas.	21
4.2.11. Controla la formación de islas.....	21
4.3. Microhábitats para macroinvertebrados acuáticos a partir de LWD	21
4.4. Macroinvertebrados acuáticos.	22
4.5. Calidad fisicoquímica del agua.....	23
4.5.1. Oxígeno Disuelto (OD).....	23
4.5.2. Turbiedad.	23
4.5.3. pH.	24

4.5.4. Conductividad.....	24
4.5.5. Temperatura.....	24
4.5.6. Dureza total.....	24
4.5.7. Cloruros.....	24
255. METODOLOGÍA.....	26
5.1. Área de estudio.....	26
5.1.1. Clima.....	27
5.1.2. Geomorfología de la zona.....	27
5.1.3. Suelos.....	28
5.1.4. Composición y estructura de la vegetación riparia.....	29
5.1.4.1. Coeficiente de mezcla.....	31
5.1.4.2. Índice de Margalef (DMg).....	32
5.1.5 Descripción geomorfológica del tramo de estudio.....	33
5.1.6. Factores hídricos del cauce.....	34
5.1.6.1 Caudal.....	34
5.1.6.2. Parámetros de forma.....	34
5.1.6.3. Coeficiente de compacidad.....	34
5.1.6.4. Índice de torrencialidad.....	34
5.2. Materiales y métodos.....	35
5.2.1. Granulometría.....	35
5.2.2. Evaluación de madera de gran tamaño (LWD).....	35
5.2.3. Determinación de microhábitats.....	37
5.2.4. Muestreo de la comunidad de macroinvertebrados.....	37
5.2.4.1. Fase de campo.....	37
5.2.4.2. Fase de laboratorio.....	38
5.2.5. Físico-química del agua.....	38
5.2.6. Análisis de datos.....	38
5.2.6.1. Shannon-Wiener.....	39
5.2.6.2. Índice de Jost.....	39
5.2.6.3. Modelo Chao1.....	39

5.2.6.4. Análisis de similitud de Bray-Curtis.	39
5.2.6.5. Análisis de componentes principales (ACP).	40
6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN	41
6.1. Material leñoso de gran tamaño	41
6.1.1. Volumen y dimensiones de LWD.	41
6.1.2. Características del LWD.	43
6.2. Microhábitats	48
6.2.1. Granulometría.	50
6.3. Macroinvertebrados acuáticos	51
6.3.1. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos	51
6.3.2. Riqueza y abundancia.	51
6.3.3. Eficiencia de muestreo.....	53
6.3.4. Índices ecológicos.....	55
6.3.5. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. .	57
6.3.5.1. Generalidades sobre los géneros más abundantes según su grupo trófico.....	60
6.3.6. Físicoquímica del agua.	62
6.3.6.1. Temperatura del agua.	63
6.3.6.2. pH.....	63
6.3.6.3. Oxígeno Disuelto (OD).	63
6.3.6.4. Turbiedad.	64
6.3.6.5. Conductividad.....	65
6.3.6.6. Dureza total.	65
6.3.6.7. Cloruros.....	66
6.3.6.8. Sulfatos.....	66
6.3.7. Análisis de datos.....	67
6.3.7.1. Análisis de componentes principales.....	67
7. CONCLUSIONES.....	69
8. RECOMENDACION	70
9. BIBLIOGRAFÍA	71

ANEXOS	85
Anexo 1. Puntos de muestreados en 1,5 Km de la quebrada La Viuda.	85
Anexo 2. Formato de recolección de información sobre la madera de gran tamaño.	87
Anexo 3. Abundancia de géneros de macroinvertebrados en la quebrada La Viuda, Cajibío.....	88
Anexo 4.Promedio de la fisicoquímica del agua en los puntos de muestreo de la quebrada La Viuda, Cajibío.....	89

Lista de Figuras

Figura 1. Ubicación del área de estudio: Quebrada la Viuda, municipio de Cajibío, Cauca.	26
Figura 2. Riqueza (a) y abundancia (b) de especies arbóreas registradas en el bosque ripario de la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca.	31
Figura 3. Variables medidas en los LWD encontrados en el tramo. a. Tipo; b. decaimiento; c. orientación respecto al flujo; d. origen y e. posición de cada pieza del material leñoso.	44
Figura 4. Distribución del volumen de madera en la quebrada La Viuda a través de un gradiente altitudinal.	47
Figura 5. Microhábitats presentes en la quebrada La Viuda, Cajibío	48
Figura 6. Distribución porcentual del sustrato por cada punto de muestreo en el tramo evaluado en la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca.	50
Figura 7. Riqueza (a) y Abundancia (b) de macroinvertebrados según el microhábitat en la quebrada La Viuda, Cajibío	53
Figura 8. Curva de acumulación de especies y estimador de riqueza Chao 1.....	54
Figura 9. Cladograma de similaridad de Bray Curtis obtenido para los 10 puntos de muestreo en la quebrada La Viuda, Cajibío.	57
Figura 10. Análisis de componentes principales (ACP) de los factores evaluados en los microhábitats de la quebrada La Viuda.....	67

Lista de Tablas

Tabla 1. Índices de Margalef de referencia para diferentes tipos de bosque en Colombia.	32
Tabla 2. Características geomorfológicas de los puntos de muestreo.	33
Tabla 3. Formas de la cuenca a partir del valor de I_c , basadas en el índice de Gravelius	34
Tabla 4. Escala de Wentworth (1992), para determinación del tipo de sustrato... 35	
Tabla 5. Equipo utilizado para medir la fisicoquímica del agua	38
Tabla 6. Volumen y densidad de madera encontrados en los 10 puntos de muestreo a los largo del tramo.	41
Tabla 7. Distribución de riqueza y abundancia en los puntos de muestreo.....	51
Tabla 8. Valores calculados para los índices de diversidad por microhábitat en la quebrada La Viuda	55
Tabla 9. Diferenciación de los grupos tróficos de los macroinvertebrados colectados en la quebrada La Viuda, Cajibío.	58
Tabla 10. Relación porcentaje de saturación - calidad del agua	64

AGRADECIMIENTOS

Para la consecución de esta meta debo agradecer principalmente a los Dioses por todas las bendiciones recibidas, a mi mamá Eumenia Ruiz y a la memoria de mi papá, Luis Pedro Rodríguez.

Agradecimiento especial a mi hermana Edith Ruiz por su apoyo y cariño, a mi sobrino Alejandro Ruiz por su valioso aporte en la recolección de los datos en campo, a Jairo García por ser mi cómplice y apoyo en toda esta aventura, a mis amigos Tatiana Rodríguez y Edwar Ríos por sus importantes aportes, a toda mi familia y amigos por su apoyo incondicional.

A mi directora, María Cristina Gallego Roperó, por confiar en mí desde el principio y por el apoyo recibido a través de todo este tiempo, a mi asesor José Ramón Díez, por su tiempo y su conocimiento.

A todas las personas que facilitaron este proceso y a quienes pese a sus ocupaciones, dedicaron parte de su tiempo para ayudarme a conseguir este logro.

DEDICATORIA

Las raíces de los verdaderos logros residen en la voluntad de convertirse en lo
mejor que puedas llegar a ser.

Harold Taylor.

RESUMEN

El material leñoso de gran tamaño o LWD influye directamente en la forma, profundidad y el flujo de agua en el río, además de presentar beneficios ecológicos importantes, en el presente estudio se evaluó la contribución del LWD en la generación de microhábitat para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. Para alcanzar este objetivo se midió el LWD dispuesto de forma individual y como acumulaciones, en el cauce y sus márgenes inundables, a lo largo de un tramo de 1,5 Km, encontrando un volumen de 103,63 m³/Km y un total de 105 puntos con madera, además mediante inspección visual, se determinaron los microhábitats, encontrando seis a lo largo de todo el tramo, los cuales se distribuyen porcentualmente de la siguiente manera, acumulación de hojarasca (48%), rocas (21,3%), arenas (11,3%), arcilla (8,7%), limo (7,3%) y musgos (3,3%)

Se seleccionaron al azar 10 puntos de muestreo y en estos se caracterizó el sustrato, encontrando dominancia de bloques y guijarros con el 23,0% cada uno, se evaluaron 8 parámetros fisicoquímicos oxígeno disuelto, temperatura, pH, turbiedad, conductividad, dureza, sulfatos y cloruros, cuyos valores se encontraron dentro de los rangos normales reportados para ríos. En lo relacionado a los macroinvertebrados acuáticos, mediante colecta manual semi-cuantitativa se obtuvieron en total 1128 individuos distribuidos en 9 órdenes, 27 familias y 35 géneros, distribuidos en 9 gremios tróficos, siendo la acumulación de hojarasca el microhábitat con mayor riqueza y abundancia reportando 27 géneros y 488 individuos respectivamente. Los datos obtenidos permiten pensar que el LWD juega un papel importante como agente generador de microhábitat para macroinvertebrados acuáticos beneficiando positivamente su riqueza y abundancia.

1. INTRODUCCIÓN

Troncos, tocones, y ramas que entran y son transportados por los ríos y arroyos presentan una fuerte influencia en la morfología del canal (Gurnell *et al.*, 2002) y en la ecología acuática (Gregory *et al.*, 2003). Este material alóctono, obstruye el flujo fluvial, almacena y distribuye los sedimentos, y crea hábitats en el canal para macroinvertebrados y peces principalmente (Roni *et al.*, 2015). Los sedimentos redistribuidos se depositan en las orillas, proporcionando lugares apropiados para la regeneración de los bosques de ribera (Lassetre y Harris, 2001).

Los troncos de gran tamaño (Large Woody Debris en inglés, en adelante LWD, son aquellos restos que poseen un diámetro superior a los 10 cm y una longitud de, al menos, 1 m), influyen directamente en la forma, profundidad y el flujo de agua en el río, además de presentar beneficios ecológicos importantes (Gregory *et al.*, 2003). Por otra parte, los LWD proporcionan una superficie estable y segura, sobre la que se desarrolla el biofilm, genera hábitat para invertebrados acuáticos tales como larvas de insectos, ayuda a retener la hojarasca y demás materia orgánica desplazada por la corriente al formar 'presas' de troncos, que se convierten en sitios de alta actividad biológica y en una importante fuente de alimento para la fauna (Godfrey, 2003). Los animales que se alimentan de biofilm o trituran y consumen hojas y otros restos de materia orgánica particulada fina como trichópteros, ephemerópteros y dípteros, son componentes clave de los ecosistemas acuáticos, ya que estos a su vez, se convierten en alimento para los animales de mayor tamaño, como crustáceos y peces. De esta manera, los LWD juegan un papel importante en la provisión de una base para el procesamiento de energía y nutrientes, brindando apoyo a la cadena trófica acuática (Rutherford *et al.*, 2002).

No solo los procesos internos del ecosistema fluvial afectan a las actividades biológicas, las dinámicas externas también poseen influencia directa en su

estructura y funcionamiento, es por esto que, todos los ríos del planeta tienen una serie de características comunes que se derivan de la corriente de agua, pero también numerosas particularidades en función de las características climáticas y de la cuenca que drenan: área, geología, suelos, topografía, usos del suelo, cubierta vegetal, impactos humanos, etc. La estructura física de los cauces es una de las características que más influyen tanto en la estructura como en el funcionamiento del ecosistema fluvial (Elosegi y Sabater, 2009).

El cambio en la vegetación y en los usos del suelo afecta a las características físico-químicas de los arroyos y consecuentemente su estructura y función (Death *et al.*, 2003). Algunas consecuencias son el aumento de los nutrientes, luz, temperatura sedimentos finos, abundancia de perifiton, y disminución en la claridad y calidad del agua. Todos estos cambios afectan directamente a los macroinvertebrados, en especial a grupos sensibles como las familias Perlidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Oligoneuridae, entre otras (Roldán y Ramírez, 2008).

Debido a la falta de conocimiento sobre la abundancia, dinámica y función de los LWD en los ríos colombianos, en la presente investigación se evaluó la contribución de la madera de gran tamaño en la generación de microhábitat para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un tramo de la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío, como un primer acercamiento en el departamento Cauca.

2. JUSTIFICACIÓN

La madera proveniente de las especies de árboles presentes en las zonas cercanas a las fuentes de agua puede durar cientos de años en los sitios donde caen, especialmente si la madera se sumerge. La complejidad en la forma de los troncos, influye en que la mayoría del LWD pueda ser llevada aguas abajo sólo en los cauces más grandes durante los grandes eventos de inundación, en general, la mayoría de los grandes troncos permanecen donde caen y las densidades de LWD varían en las corrientes, dependiendo de la velocidad del movimiento del flujo del agua que influencia el proceso de descomposición (Rutherford *et al.*, 2002).

La teoría de selección de hábitat propuesta por Rosenzweig (1981) explica que el área accesible para una población está repartida por varios hábitats o microhábitats que son diferentes entre sí y entre los cuales los individuos se mueven libremente, adicionalmente es uno de los factores que afecta la regulación poblacional, el ensamble de comunidades, el mantenimiento de la biodiversidad (Morris, 2003), la distribución de los animales en el paisaje (Orrock *et al.* 2000) y que permite la coexistencia de las especies (Rosenzweig, 1981). Los individuos se establecerán y permanecerán en los hábitats que son más favorables y les representan una mejor calidad (Ojasti, 2000).

Los LWD generan complejidad a los cauces debido a que obstruyen el flujo fluvial, almacenan y distribuyen los sedimentos y generan nuevos hábitats en el cauce (pozas, rápidos y remansos) que también interceptan materia orgánica que viaja por el río, permitiendo que este material sea procesado por los organismos que habitan los cauces (Lassette y Harris, 2001). Los LWD afectan la abundancia y diversidad de peces y macroinvertebrados (Crook y Robertson, 1999; Scaely *et al.*, 2007). Algunos grupos de invertebrados emplean directamente los restos de madera como hábitat y alimento (Dudley y Anderson, 1982; Hoffman y Hering,

2000), mientras que muchos peces buscan refugio y cobertura (Mutz, 2010). Investigaciones llevadas a cabo por (Rutherford *et al.*, 2002) muestra que la presencia de LWD es el factor más importante para predecir la ocurrencia y la diversidad de las poblaciones de invertebrados y peces. Adicionalmente la fauna neotropical de insectos acuáticos asociados a la madera es poco conocida y aún se necesitan las clasificaciones funcionales más apropiadas (Cranston y McKie, 2006).

3. OBJETIVOS

3.1. Objetivo general

Evaluar la oferta de microhábitat para macroinvertebrados acuáticos a partir de restos de madera en un tramo de la quebrada La Viuda, Cajibío – Cauca

3.2. Objetivos específicos

- ✓ Caracterizar la madera acumulada en el curso fluvial: distribución espacial, origen, estado de descomposición y volumen de madera.
- ✓ Identificar la oferta de microhábitats para macroinvertebrados a partir de restos de madera acumulada en la quebrada La Viuda.
- ✓ Determinar la composición y estructura de macroinvertebrados en los microhábitats definidos.
- ✓ Registrar las variables físico-químicas en los microhábitats definidos.

4. MARCO TEÓRICO

4.1. Composición y estructura de la vegetación riparia

En sentido estricto se llama vegetación de ribera a las zonas cubiertas por ésta en las márgenes de los ríos, donde las características del suelo, sobre todo el nivel freático, están influenciadas por la dinámica fluvial. Se trata, por tanto, de una vegetación azonal que corresponde al ecotono entre el ecosistema terrestre y acuático. A menudo hay un contraste marcado entre las especies de ribera y las que crecen en suelos zonales no relacionados hidrológicamente con los ríos: los árboles de ribera típicamente están adaptados a suelos fértiles y son capaces de resistir la inundación, mientras que otras muchas especies no pueden sobrevivir en esas condiciones (Elosegi y Sabater, 2009).

Los bosques de riparios, además de ser un componente integral de los ríos, tienen gran importancia ecológica y prestan numerosos servicios ecosistémicos. Por un lado el bosque proporciona sombra, ayudando a regular la temperatura del agua y a mantenerla bien oxigenada (Harmon *et al.*, 1986). Además, gran parte de las entradas de materia orgánica particulada al cauce (hojas, frutos, flores, ramas, etc.) que se cuentan entre los recursos alimentarios más importantes para los organismos lóticos, provienen directamente del bosque de ribera. También tienen gran incidencia sobre la forma del cauce, ya que limitan la erosión de sus márgenes, y la caída de troncos aumenta la complejidad estructural del cauce y favorece tanto la retención de partículas como la creación de nuevos hábitats (Boyer *et al.*, 2003). Como ejemplo de este efecto, al desaparecer los bosques de ribera, los ríos se profundizan y se vuelven más estrechos, con lo que disminuye la superficie utilizable por los organismos fluviales, la conexión del cauce con la llanura de inundación, así como los servicios que prestan los ríos (Sweeney, 1993). Además, cumple un importante efecto de filtro verde, reteniendo partículas

y nutrientes que llegan por escorrentía o por vía superficial, por lo que tiene un efecto directo sobre la calidad de las aguas (Elosegi y Sabater, 2009).

4.2. Material leñoso de gran tamaño

Los LWD han sido reconocidos por la literatura científica durante los últimos 20 años como un elemento clave de la salud fluvial (Harmon *et al.*, 1986; Gregory *et al.*, 2003). Estos comprenden árboles completos, troncos, tocones, raíces y ramas de gran tamaño que acceden a los cauces e interactúan directamente con el agua, el sedimento y los organismos del cauce. Los beneficios de LWD según investigaciones llevadas a cabo por Mott, 2005 se presentan a continuación:

4.2.1. Estabiliza las márgenes y el lecho del cauce. Por su efecto sobre el transporte de sedimentos, la madera estabiliza los cauces, por lo que algunos autores la consideran la “columna vertebral” de los cursos de agua. Su presencia contribuye a proteger al río de la erosión del lecho o de la ribera y actúa a menudo como deflector, resistiendo a las corrientes. Incluso en ríos grandes, las acumulaciones laterales de madera protegen las riberas de la erosión.

4.2.2. Mayor almacenamiento de agua. Ayuda con la captura y retención de sedimentos, materia orgánica y regula la energía de la corriente disminuyendo su velocidad.

4.2.3. Proporciona hábitat para los peces. LWD proporciona refugio en los flujos de alta velocidad, sombra, alimentación, sitios de desove y cría, marcadores de territorio para peces migratorios y refugios de depredadores. Investigaciones en los Estados Unidos descubrieron que las piscinas creadas por troncos y ramas proporcionan más del 50% de los hábitats de desove y cría de salmónidos en pequeños arroyos.

4.2.4. Crea hábitats. El LWD añade complejidad al canal y ayuda a crear nuevas vías de sedimentos que dan lugar a una variedad de hábitats incluyendo rápidos, pozas y remansos que en su totalidad, influyen en la fisicoquímica del agua y generan microhábitats adicionales, dependiendo del tipo de sustrato, para una amplia gama de plantas y animales acuáticos.

4.2.5. Proporciona espacio y alimento para la colonización. Provee una serie de sustratos, incluyendo fisuras y huecos, que las algas, microorganismos e invertebrados pueden colonizar. Estos pequeños organismos son cruciales, ya que constituyen la base de la cadena alimentaria acuática y proporcionan alimento - directamente e indirectamente- para todas las criaturas asociadas con el curso de agua.

4.2.6. Soporta los ciclos de vida de invertebrados. Muchos invertebrados acuáticos tienen una etapa adulta terrestre y los restos de madera que sobresalen del agua funcionan como soporte para que pueda emerger la larva a la etapa adulta, además de proporcionar perchas para insectos, aves, anfibios, reptiles y mamíferos que utilizan los LWD como alimento, descanso y miradores.

4.2.7. Mejora la calidad del agua. Una de las principales funciones realizadas por restos de madera es la eliminación de limo fino del sistema creando inmediatamente aguas arriba 'bancos' de limo. Esto permite la oxigenación de los sedimentos depositados, mejorando así la calidad del agua. Este proceso también ayuda a evitar que las gravas se sedimenten.

4.2.8. Contribuye con la recolonización. Disponer de pozas formadas por restos de madera puede ser muy importante para los cursos de agua propensos a flujos bajos o desecación total. Los animales que viven en estas pozas proporcionan un reservorio de especies que migran y colonizan el resto del curso de agua cuando los flujos se incrementan.

4.2.9. Reservorios de carbono. Los restos de madera ayudan a almacenar carbono en el largo plazo, mitigando así los efectos del Cambio Climático.

4.2.10. Disminuye el impacto de las crecidas. Los restos de madera frenan la velocidad del agua en cabeceras, laminando las crecidas, reduciendo su energía y los daños que producen.

4.2.11. Controla la formación de islas. Incluso en grandes ríos trezados, con una cauce activo de centenares de metros, donde los troncos no pueden formar presas, la madera muerta ejerce una gran influencia, ya que la mayor parte de las islas se forman en torno al sedimento formado por acumulaciones de madera muerta (Gurnell *et al.*, 2001).

4.3. Microhábitats para macroinvertebrados acuáticos a partir de LWD

El material leñoso de gran tamaño se encuentra como elemento individual y/o como acumulaciones a través del cauce del río y tiene importantes funciones ecológicas (Bilby y Likens, 1980). La compleja estructura física de los cauces de ríos que discurren bajo cubiertas forestadas potencialmente disponen de LWD, y sus acumulaciones ofrecen una gran variedad de microhábitats como acumulación de hojarasca, arenas, rocas, limo, arcilla y musgos, que pueden apoyar una amplia gama de organismos en las diferentes etapas de su ciclo de vida (Gurnell *et al.*, 2002). Dichos “microhábitats” funcionan como reservorio, ayudando a atrapar los sedimentos y materia orgánica de manera gradual (Gurnell, 1996) proporcionando una regulación temporal y espacial de las fuentes de alimentación para la biota acuática.

La permanencia en el tiempo del material leñoso es larga y esto provee una base estable para la resistencia a perturbaciones ya que el LWD mantiene una influencia dominante, estructurando la morfología del canal y la retención de

sedimentos (Lemly y Hilderbrand, 2000). Tomanova y Usseglio-Polatera (2007) mostraron que las características del hábitat en la mesoescala determinan los rasgos biológicos de los invertebrados, y esta idea está en el núcleo del concepto de hábitats funcionales (Harper *et al.*, 1992), que en la actualidad todavía está en uso (Harvey y Clifford, 2008).

4.4. Macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados acuáticos están prácticamente en todos los arroyos y ríos del mundo. Sólo los ambientes hidrológicamente más restrictivos o muy contaminados no contienen algún representante de este diverso e importante grupo ecológico de organismos (Hauer y Resh, 2007). En los sedimentos de ecosistemas de agua dulce, los invertebrados bentónicos son diversos y abundantes, pero a menudo están distribuidos irregularmente y son relativamente difíciles de muestrear, sobre todo cuando viven en la sub-superficie de los sedimentos (Covich *et al.*, 1999). Las actividades antrópicas alteran la integridad de los ecosistemas lóticos, ya sea por la eliminación de los consumidores o de los recursos dentro de una red trófica, alterando el ambiente físico que soporta la cadena alimentaria (Negishi y Richardson, 2003). Como menciona Figueroa *et al.* (2006), la colonización es un mecanismo permanente en los sistemas lóticos, cuya dinámica puede determinar el tiempo de recuperación de los sectores previamente alterados.

Los macroinvertebrados dulceacuícolas juegan un importante papel dentro de todos los procesos ecológicos de los sistemas acuáticos. Energéticamente, las cadenas alimentarias acuáticas se basan en material autóctono producido por las algas, o bien, material alóctono que entra al sistema acuático desde afuera, tales como humus y otras partículas del suelo, hojarasca, ramas y troncos, flores, frutos o semillas, así como insectos y otros animales terrestres que caen al cauce (Pozo *et al.*, 2009). Los macroinvertebrados son un enlace importante para poder

trasladar esta energía a diversos niveles tróficos de las cadenas alimentarias acuáticas. Además controlan la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos (Hanson *et al.*, 2010).

4.5. Calidad fisicoquímica del agua

La composición química de las aguas naturales epicontinentales refleja, entre otros factores, la naturaleza química del terreno que las contiene. Sin embargo, la abundancia relativa de estos elementos varía de continente a continente y de región a región. Entre los factores que operan para estas diferencias están el clima, la topografía, la geología y la actividad biológica (Pérez y Restrepo, 2008). Así, entre los parámetros más importantes para evaluar la calidad del agua se encuentran los siguientes:

4.5.1. Oxígeno Disuelto (OD). El OD es la cantidad de oxígeno que está disuelta en el agua y que es esencial para ecosistemas loticos y lenticos, procede del oxígeno atmosférico y de la actividad fotosintética de los organismos acuáticos. El nivel de oxígeno disuelto puede ser un indicador de cuán contaminada está el agua y cuán bien puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Usualmente los niveles más altos de OD indican agua de mejor calidad, si los niveles son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este factor depende de la temperatura.

4.5.2. Turbiedad. Es la propiedad óptica que permite que la luz sea dispersada o absorbida e indica el grado de falta de transparencia de un líquido, debida en gran medida, a la presencia de partículas que se encuentren en suspensión en dicho líquido. La turbiedad del agua es producida por materias en suspensión, como arcillas o materias orgánicas e inorgánicas.

4.5.3. pH. El pH es un parámetro utilizado para medir el grado de acidez o alcalinidad de una sustancia, lo que resulta de suma importancia en muchos procesos químicos y biológicos, cada organismo tiene un rango de pH dentro del cual su crecimiento se hace posible. La mayoría de los ecosistemas acuáticos naturales tienen un pH que oscila entre 5 y 9. Muy pocas especies pueden crecer a pH inferiores a 2 o superiores a 10 (Roldán y Ramírez, 2008).

4.5.4. Conductividad. Es una medida de la capacidad de transportar una corriente eléctrica en una solución acuosa, varía con el tiempo, la cantidad de iones que contenga y depende de la temperatura.

4.5.5. Temperatura. La temperatura es una medida del calor o energía térmica de las partículas en una sustancia, se considera uno de los parámetros físicos más importantes en el agua, ya que genera cambios en el metabolismo, nutrición, crecimiento, tamaño y forma de los organismos que habitan en ambientes acuáticos. La temperatura juega un papel importante en la distribución, periodicidad y reproducción de los organismos (Chang, 2009).

4.5.6. Dureza total. El término dureza se refiere al contenido total de iones alcalinotérreos (Grupo 2) que hay en el agua. Como la concentración de Ca^{2+} y Mg^{2+} es, normalmente, mucho mayor que la del resto de iones alcalinotérreos, la dureza es prácticamente igual a la suma de las concentraciones de estos dos iones, por lo general, se expresa como el número equivalente de miligramos de carbonato de calcio (CaCO_3) por litro.

4.5.7. Cloruros. El ión cloruro (Cl^{-1}), es uno de los aniones inorgánicos principales en el agua naturales y su contenido es variables y depende principalmente de la naturaleza de los terrenos atravesados, en cualquier caso, esta cantidad siempre es menor que la que se encuentra en las aguas residuales.

El ión cloruro es uno de los iones inorgánicos que se encuentra en mayor cantidad en aguas, e influye en la distribución de los organismos acuáticos, por cuanto tienen que vencer la presión osmótica por ellos ejercida (Pérez y Restrepo, 2008).

4.5.8. Sulfatos. El ión sulfato (SO_4^{-2}) es uno de los compuestos que se presentan en mayor cantidad en aguas naturales. Los sulfatos se encuentran en aguas aeróbicas y de esta forma las algas lo pueden incorporar en su protoplasma (Pérez y Restrepo, 2008).

5. METODOLOGÍA

5.1. Área de estudio

La zona de estudio se ubica en el municipio de Cajibío, departamento del Cauca, Colombia. Se encuentra ubicada entre las cordilleras central y occidental, sus coordenadas son 2°37'24" N y 76°34'23" W. Dentro del municipio la investigación se realizó en la vereda Siloé, corregimiento de La Venta, quebrada La Viuda. (Figura 1).

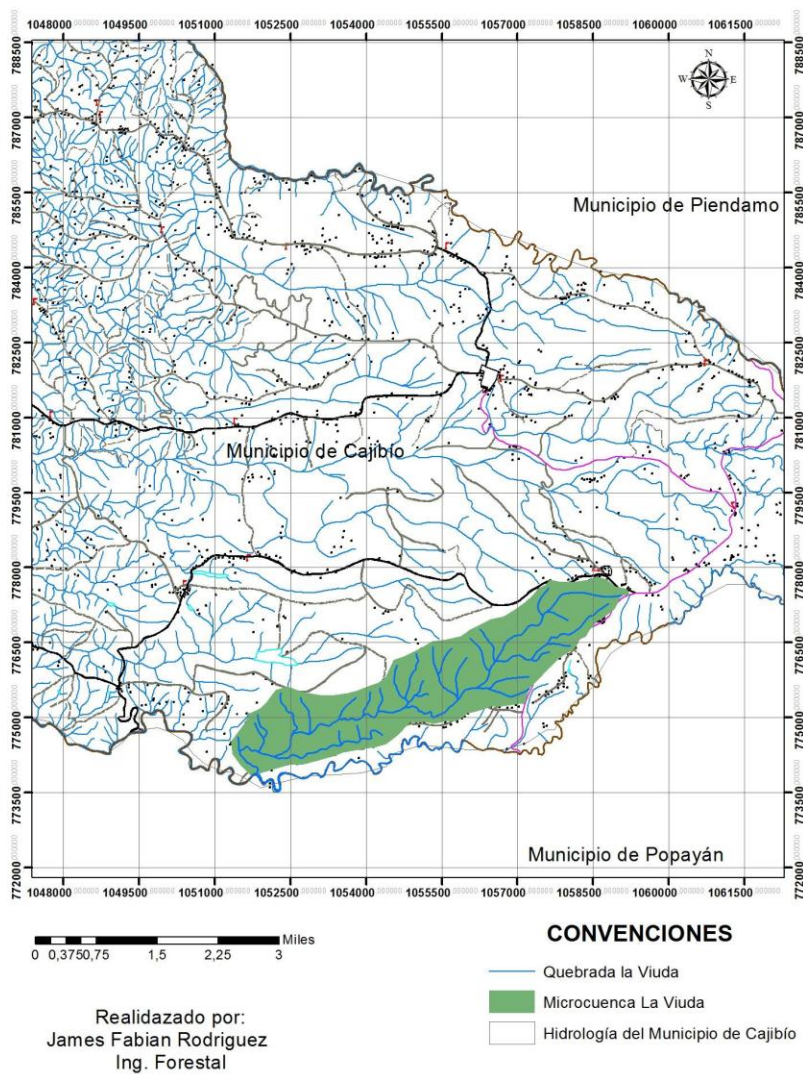


Figura 1. Ubicación del área de estudio: Quebrada la Viuda, municipio de Cajibío, Cauca.

Se seleccionó un tramo de 1,5 km, porque esta área específica se encuentra ubicada dentro de un proyecto de aviturismo, el cual, dentro de sus requerimientos promueve la conservación del bosque ripario y no se realiza limpieza del canal activo, condición que garantiza la permanencia de la madera de gran tamaño (LWD) en el cauce, facilitando la evaluación de la misma en el tiempo. Adicionalmente se contó con los permisos de los pobladores repartidos a lo largo de este tramo.

A continuación, se presentan las siguientes características biofísicas de la vereda Siloé (CRC, 2002)

5.1.1. Clima. El clima predominante es el templado húmedo, donde se presenta una altitud entre los 1.000 y 2.000 msnm, una temperatura media anual que fluctúa de los 16°C a 23°C, la evapotranspiración potencial anual va de los 740 a 1.150 mm y la precipitación media anual está entre los 1.200 y 1.920 mm. Presenta dos períodos lluviosos, el primero en los meses de febrero a mayo y el segundo en los meses de octubre a diciembre.

5.1.2. Geomorfología de la zona

Paisaje de altiplanicie. Corresponden a antiguas superficies de erosión desarrolladas durante largos períodos de tiempo cerca del nivel del mar, cuya característica principal es el relieve plano o suavemente ondulado; esta morfología se mantiene hasta que ocurren los levantamientos tectónicos donde predominan los procesos degradacionales con el desarrollo de un relieve colinado y consecuentemente se encuentran localizadas a diferentes alturas sobre el nivel del mar (CRC, 2002).

Esta altiplanicie corresponde a una zona donde se aprecian tipos de relieve de lomas, colinas, y cañones o cañadas, desarrolladas principalmente sobre rocas volcánico-sedimentarias de la Formación Popayán.

- **Lomas y colinas:** localizadas entre los 1.400 y 1.700 msnm, con una altura relativa entre los 200 y 500 m, la inclinación general varía entre el 7 y el 25%, con 50 a 100 m de longitud, de laderas rectilíneas y convexas y cimas redondeadas. Presenta un patrón de drenaje de tipo paralelo a dendrítico con una densidad media y grado de disección fuerte.
- **Cañones o cañadas:** se ubican entre los 1.100 y 1.700 msnm, con una altura relativa entre los 500 y 1.000 m, la inclinación general varía entre el 50 y el 75%, con 100 a 300 m de longitud, de formas complejas e irregulares. Presenta un patrón de drenaje de tipo paralelo a rectangular con una densidad media a baja y grado de disección fuerte.

5.1.3. Suelos

Asociación Seguengue-Cofre (SC). En su mayor parte son suelos profundos a muy profundos moderadamente bien a excesivamente drenados. Sus texturas son pesadas. El aspecto más sobresaliente de los suelos de esta asociación son las bajas saturaciones de bases y la proporción relativamente alta de aluminio intercambiable. (CRC, 2002).

- **Conjunto Seguengue (Typic Dystropept):** Lo conforman suelos superficiales a moderadamente profundos, derivados de arcillas y esquistos arcillosos que se encuentran en las vertientes de los ríos y quebradas. Son suelos de relieve quebrado, con pendientes que oscilan alrededor del 25%, de texturas finas y moderadamente bien a bien drenados. Por el aspecto químico, sus características más sobresalientes son: su acidez extrema, el

contenido relativamente alto de aluminio intercambiable y el bajo grado de saturación de bases. Su nivel de fertilidad es relativamente bajo.

- **Conjunto cofre (Dystropeptic Tropudut):** Los suelos de este conjunto ocupan áreas de relieve escarpado. Con pendientes muy pronunciadas que generalmente fluctúan alrededor del 70%, razón por la cual presentan evidencias de una erosión moderada. El nivel de fertilidad de estos suelos es extremadamente bajo. Además del escaso contenido de bases, poseen un nivel de fósforo aprovechable muy inferior al nivel crítico y proporciones relativamente altas de aluminio intercambiable en las capas superficiales (CRC, 2002).

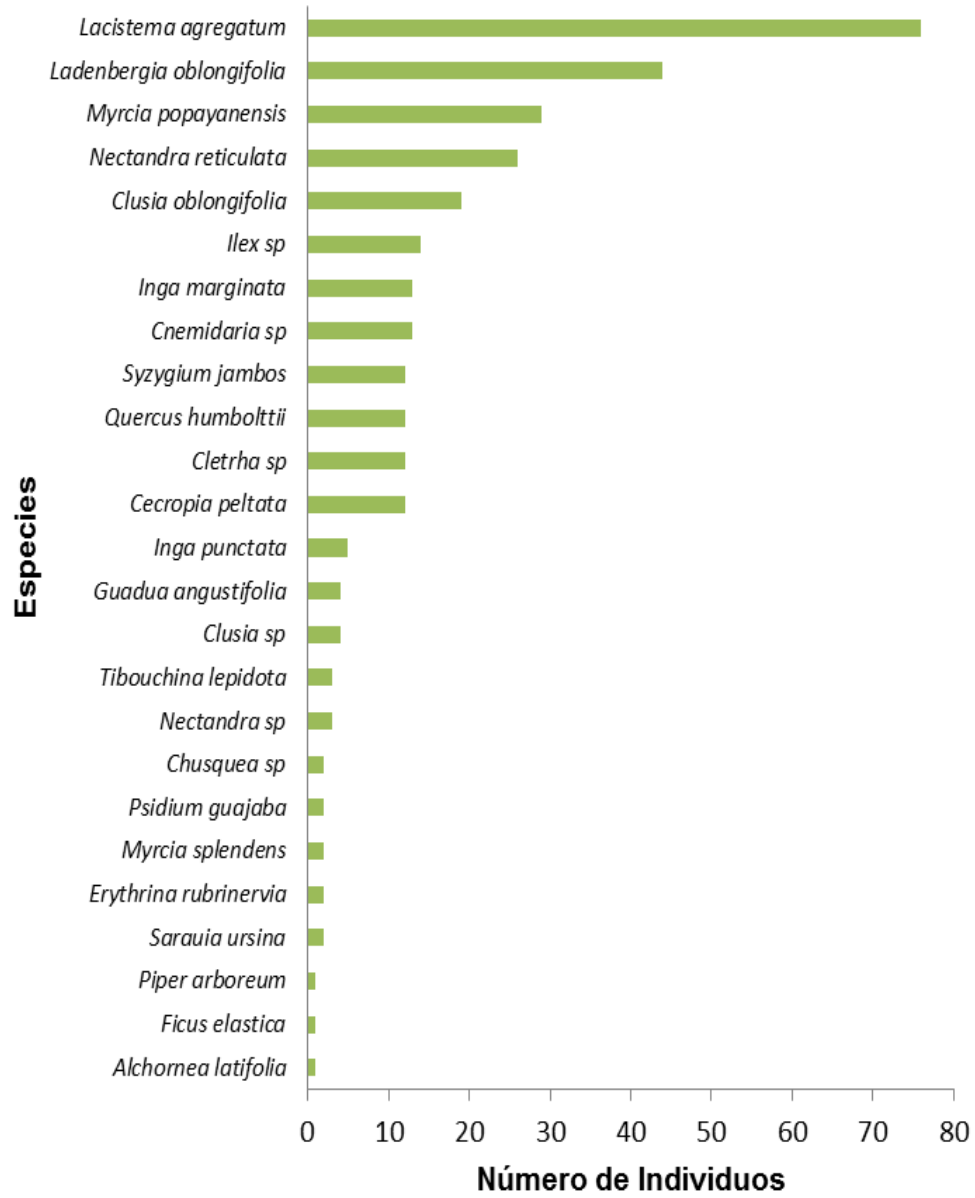
5.1.4. Composición y estructura de la vegetación riparia

Para evaluar la composición y estructura de la vegetación de ribera, se estableció una parcela temporal de monitoreo. El tamaño de la unidad de muestreo fue de 0,1 ha teniendo en cuenta que para el análisis se utilizaran transectos de 50x2 m, realizando 10 transectos distribuidos aleatoriamente sin que se sobrepongan, para completar el 0,1 ha, para lo que fueron registrados los individuos con un DAP > 10 cm de diámetro (Villareal *et al.*, 2004), obteniendo la siguiente información:

En el levantamiento florístico realizado en el bosque ripario del tramo de estudio en la quebrada La Viuda, para la vegetación arbórea con diámetro a la altura del pecho (Dap) mayor de 10 cm, se encontraron 314 individuos distribuidos en 25 especies, reportándose la mayor cantidad de individuos para las especies Cafesillo, *Lacistema agregatum* (76), Cascarillo, *Ladenbergia oblongifolia* (44), Arrayán, *Myrcia popayanensis* (29) y Jigua amarillo, *Nectandra reticulata* (26). En cuanto a las familias, Myrtaceae fue la más representativa reportando 4 especies, seguida de Fabaceae y Lauraceae con 3 especies cada una (Figura 2),

correspondiendo estos individuos arbóreos especies nativas y típicas de estas zonas.

a.



b.

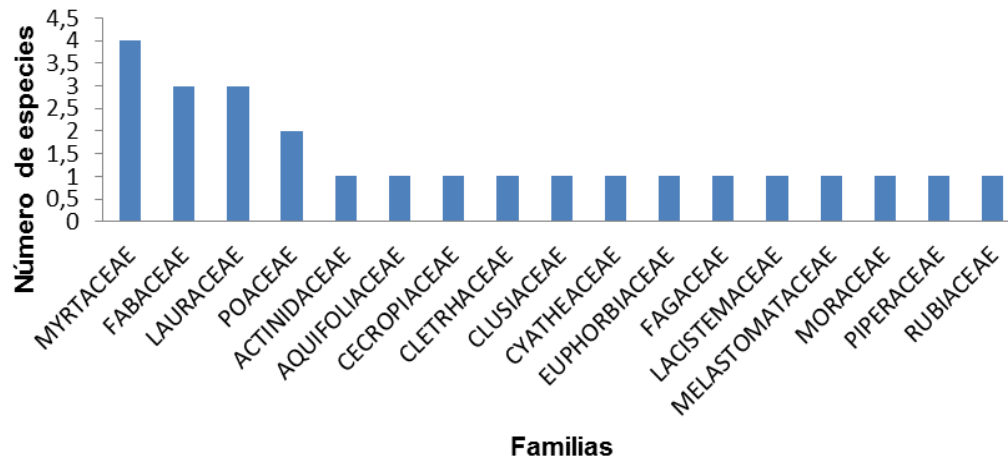


Figura 2. Riqueza (a) y abundancia (b) de especies arbóreas registradas en el bosque ripario de la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca.

5.1.4.1. Coeficiente de mezcla. El coeficiente de mezcla para el bosque ripario fue de 0.08, lo que permite inferir que guarda una proporción de 1:12.6, lo que indica que se da la aparición de una (1) especie por cada 12,6 individuos muestreados. El resultado del coeficiente de mezcla muestra que la cobertura de bosque ripario presenta una mezcla baja, sugiriendo que esta es una cobertura que tiende a ser homogénea en cuanto a su diversidad florística.

La homogeneidad en la diversidad florística encontrada en la quebrada La Viuda, contrasta con la investigación llevada a cabo en cuatro subnúcleos de bosque en los municipios de Popayán y Cajibío por García *et al.* (2014), donde el coeficiente de mezcla varió entre 1:4 y 1:7, y con los datos obtenidos por Córdoba (2015), quien reportó para un bosque ripario, en tres municipios del departamento de Magdalena, un coeficiente de mezcla de 1:4,3. Aunque el bosque ripario de la quebrada La Viuda, presenta un alto grado de conservación, reportando gran cantidad de individuos, su diversidad se ve limitada por intervención antrópica y la expansión de la frontera agrícola.

5.1.4.2. Índice de Margalef (DMg). El cálculo del índice de Margalef fue de 4.17, si analizamos este valor, la diversidad arbórea del tramo de estudio es muy alta; pero este valor está aparentemente por debajo de la referencia para Colombia según Melo (2000), quien lo calculó con base a muestreos de 1.0 ha, mientras que en este estudio se realizó con base en 0.1 ha. La zona de estudio en el municipio de Cajibío corresponde al bosque alto andino de la cordillera central (Tabla 1).

Tabla 1. Índices de Margalef de referencia para diferentes tipos de bosque en Colombia (Fuente: Melo, 2000).

Tipo de bosque	No. De Individuos	No. De Especies	Índice de Margalef (Dmg)
Lluvioso de tierra firme de la Amazonía Colombiana	615	139	21,49
Lluvioso de colinas bajas del litoral pacífica	628	158	24,37
Alto andino de la cordillera central	620	131	20,22
Seco tropical de la parte alta del valle del Magdalena	568	79	12,30

Los bosques riparios son comunidades forestales complejas y frágiles que cumplen un papel fundamental en términos ecológicos, hidrológicos y de biodiversidad para la conservación de la vitalidad del paisaje y los ríos (Naiman y Décamps, 1997). El bosque ripario de la quebrada La Viuda se ubica dentro de la región subandina, que en Colombia se halla entre los 1000 y 2400 msnm (Cuatrecasas, 1958), y la cordillera central colombiana alberga diversos ecosistemas que presentan importantes muestras de biodiversidad y endemismos. En su interior se regulan procesos ecológicos fundamentales, razón por la cual es considerado un ecosistema estratégico (Sarmiento *et al.*, 2013). La composición y estructura del bosque subandino varían, ya que son modeladas por la geomorfología del paisaje, los suelos, la humedad, los vientos, la precipitación y la radiación solar (Tobón, 2009). Este ecosistema se ubica en zonas densamente pobladas, por esta razón, el avance de la frontera agrícola y pecuaria, las

actividades como la tala selectiva y la extracción ilegal de especies de fauna y flora, han contribuido a su deterioro (Cavelier *et al.*, 2000; Vargas y Gómez, 2008). A pesar de la presión ejercida por el hombre a este tipo de ecosistemas, el bosque ripario de la quebrada La Viuda, presenta un buen estado de conservación. De hecho por cuestiones metodológicas, solo se evaluaron individuos con Dap > 10cm, sin embargo según lo observado en campo, el sotobosque y la regeneración natural presentaba muy buenas condiciones.

5.1.5 Descripción geomorfológica del tramo de estudio. Para la medición de las características geomorfológicas, se utilizó un decámetro para medir el ancho y el largo de los puntos de muestreo y para la pendiente se calculó mediante observación directa, valores que se muestran en la tabla 2.

Tabla 2. Características geomorfológicas de los puntos de muestreo.

Punto de muestreo	Ancho (m)	Largo (m)	Área m²	Pendiente promedio (%)
1	4,49	3,59	16,10	35
2	2,75	3,71	10,20	35
3	5,35	3,17	16,96	60
4	2,40	2,00	4,80	38
5	10,87	2,37	25,74	53
6	7,50	7,00	52,5	58
7	4,20	2,00	8,4	58
8	3,80	3,50	13,3	50
9	3,72	4,30	16,0	45
10	6,20	3,50	21,7	55
Promedio	5,13	3,51	18,57	49

5.1.6. Factores hídricos del cauce. El caudal se determinó mediante el molinete y para caracterizar los factores de forma se utilizó el programa ArcGis 10.2, donde se calcularon el área, el perímetro, la longitud axial, el ancho promedio de la cuenca y se determinó el número de cauces de orden uno.

5.1.6.1 Caudal. El volumen promedio de agua se midió una única vez en cuatro puntos a lo largo del tramo de 1,5 Km, obteniendo un valor de 13,24m³/s.

5.1.6.2. Parámetros de forma. El valor calculado para el parámetro factor de forma en la quebrada La Viuda fue de 0.151; como el valor es menor a 1.0 se considera que la microcuenca es alargada y en consecuencia presenta baja susceptibilidad a las avenidas(Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

5.1.6.3. Coeficiente de compacidad. Para la quebrada La Viuda, el índice de compacidad fue de 1.623, lo que sugiere, según el coeficiente de Gravelius (Tabla 3), que la microcuenca presenta forma Oval oblonga – Rectangular oblonga (Gonzáles, 2008), es decir tiende a no concentrar fuertes volúmenes de agua, por lo tanto no es susceptible a inundaciones.

Tabla 3. Formas de la cuenca a partir del valor de I_c , basadas en el índice de Gravelius

Ic	Nombre
1.00 - 1.25	Redonda - Oval redonda
1.26 - 1.50	Oval redonda - Oval oblonga
1.51 - 1.75	Oval oblonga - Rectangular oblonga

5.1.6.4. Índice de torrencialidad. El valor de este índice fue de 2.484 Km⁻², lo que sugiere que la cuenca posee una torrencialidad muy baja a nula, es decir no es susceptible a este tipo de problemática natural (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010).

5.2. Materiales y métodos

5.2.1. Granulometría. Utilizando como base la escala de Wentworth (1992), se evaluó el sustrato en los 10 puntos de muestreo. Teniendo en cuenta los detalles de cada tipo de sustrato según la tabla 4, se realizó la caracterización del mismo y en lo referente al porcentaje en cada punto, este se determinó según las cantidades observadas en campo.

Tabla 4. Escala de Wentworth (1992), para determinación del tipo de sustrato.

Tipo de sustrato	Diámetro (mm)	Detalles
Roca madre	-	Incluir también bloques mayores a 1 m
Bloques	> 250	Mayores que la palma de la mano
Cantos	60 – 250	Entre un puño y una palma
Guijarros	20 – 60	Entre una uña del pulgar y el puño
Grava	0,2 -20	Menor que la uña del pulgar
Arena	0,006 -0,2	Tacto áspero, no mancha
Limo	<0,006	Tacto suave, mancha

5.2.2. Evaluación de madera de gran tamaño (LWD)

Sé realizó un recorrido desde el nacimiento de la quebrada La Viuda hasta su desembocadura en el río Palacé. En este recorrido se identificó y marcó un tramo fluvial de la quebrada de 1.5 Km, teniendo en cuenta la homogeneidad geomorfológica y la calidad y estructura de la vegetación riparia. Dentro de este tramo se realizaron mediciones a la madera con influencia en el cauce y a cada punto del recorrido fueron tomadas las coordenadas geográficas y se fotografió.

En cada punto, todos los restos de madera con diámetro mayor de 10 cm y longitud mayor de 1 m (LWD) se midieron en el cauce activo y en sus márgenes de inundación adyacentes, se utilizó una cinta métrica para obtener la longitud y el diámetro y así poder calcular el volumen de la madera.

El volumen (V) de cada elemento leñoso fue calculado a partir de su diámetro medio (d) y su longitud (L), asumiendo una forma sólida cilíndrica mediante la ecuación $V = \pi d^2 L / 4$. El volumen de las raíces se aproximó al volumen de un cilindro de diámetro igual a la sección del tallo y de altura igual a la longitud de las raíces, sin considerar su biomasa. El volumen de las acumulaciones se estimó sumando los volúmenes de las piezas que las integraban o atendiendo a sus dimensiones, asumiendo su forma a la de un paralelepípedo cuando no era posible contar todas las piezas que las componían (Ulloa *et al.*, 2010).

A cada trozo leñoso se le registraron las siguientes características: tipo (tronco, raíz, tronco con raíces unidas), la orientación con respecto al flujo (paralelo, ortogonal, oblicuo), el estado de decaimiento definido a través de la observación de los trozos de madera en tres niveles (bajo, cuando se note la presencia de corteza y hojas, secas o no; medio: sin presencia de hojas, ni corteza, pero la madera no se aprecie porosa, ni se deshace, y alto: con presencia de hongos o de insectos y la madera este muy porosa y se deshaga fácilmente), la posición (en el canal a cauce lleno, suspendido formando un puente sobre el cauce activo, en las márgenes inundables) y el origen (erosión de márgenes o deslizamiento de las laderas adyacentes, mortalidad natural o árboles caídos y transportado por la corriente, cuando la madera se encuentre en lugares que puedan sugerir este movimiento) (Andreoli *et al.*, 2007) (Anexo 2).

Los trozos de madera calificados “en el cauce activo” fueron aquellos que se encontraron bajo la altura de cauce lleno. Los elementos de LWD encontrados al nivel de cauce lleno se consideraron como un grupo separado. Los troncos situados por encima del nivel de cauce lleno pero en el área adyacente sujeta a inundaciones de baja frecuencia fueron considerados como elementos en las márgenes del canal.

Los elementos calificados como “suspendidos formando un puente sobre el cauce” también se reportaron, aunque su elevación fuera superior al nivel de cauce lleno. En el caso de troncos largos que ocupan diversas porciones del canal, la localización asignada correspondió al lugar donde se encuentre la mayor parte del tronco; a su vez, a los trozos de madera ubicados en parte o por completo sobre el nivel máximo de inundación no se estimó el volumen y solo se registró la longitud total del mismo (Andreoli *et al.*, 2007).

5.2.3. Determinación de microhábitats. Al mismo tiempo que se realizaban las mediciones de los restos de madera y mediante evaluación visual, se caracterizaron microhábitats (musgo, limo, arcilla, arenas, rocas y acumulación de hojarasca) teniendo en cuenta el sustrato predominante, el cual debía presentar el 60% o más de cobertura. Para el caso de los 10 puntos de muestreo, también se tuvo en cuenta el hábitat (rápidos, pozos y remansos).

5.2.4. Muestreo de la comunidad de macroinvertebrados

5.2.4.1. Fase de campo. De los puntos con LWD evaluados en el tramo de estudio, se escogieron al azar, usando números aleatorios en el programa Excel, 10 puntos en los cuales se realizó la colecta de macroinvertebrados acuáticos. Cada punto de muestreo, fue marcado y georreferenciado, además, antes de iniciar el muestreo, se tomó una foto a cada punto para volver a colocar en la misma posición cada una de las piezas que se encontraron.

La colecta fue manual y consistió en levantar rocas, piedras, ramas sumergidas, troncos, hojarasca, entre otros sustratos, en un área de 1m² (utilizando cuadrante). El tiempo de colecta para cada punto fue de 15 minutos obteniendo un muestreo semi-cuantitativo. El material biológico colectado se depositó en frascos con alcohol al 80%, se rotularon y fueron transportados al laboratorio para su identificación y conteo.

5.2.4.2. Fase de laboratorio. En el laboratorio del Grupo de Investigación en Recursos Hidrobiológicos Continentales (GRHC) los macroinvertebrados colectados fueron limpiados y separados, para ser identificados con claves y guías taxonómicas de macroinvertebrados sudamericanos de Pérez (1988), Domínguez y Fernández (2001), Roldán (1993) hasta llegar taxonómicamente hasta el nivel de género, adicionalmente mediante información secundaria se caracterizó el grupo dietario.

5.2.5. Físico-química del agua. La evaluación de los parámetros fisicoquímicos se realizó mediante métodos espectrofotométricos y potenciométricos estándar empleando sonda multiparamétrica YSI, kits de análisis Aquamerck y Aquaquant de Merck. Las variables evaluadas y el equipo empleado para su medición se encuentran en la tabla 5.

Tabla 5. Equipo utilizado para medir la fisicoquímica del agua

Parámetro	Equipo usado
Turbiedad	kits de análisis Aquamerck y Aquaquant de Merck
Dureza total	
Cloruros	
Sulfatos	
pH	Medidor de pH
Oxígeno Disuelto [O ₂]	Sonda multiparamétrica YSI
Temperatura del agua	
Conductividad	

5.2.6. Análisis de datos

Los datos se analizaron de manera cuantitativa utilizando los programas Stimates, Past y Statgraphics. Se emplearon el Índice de Diversidad de Shannon-Wiener (1949), el índice de riqueza de Jost, el modelo Chao1 para determinar el número de especies estimadas, el análisis de similaridad de Bray-Curtis para comparar la composición relativa de las comunidades de macroinvertebrados en los puntos de muestreo y se realizó el análisis de componentes principales (ACP), el tratamiento de datos se describe a continuación:

5.2.6.1. Shannon-Wiener. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

5.2.6.2. Índice de Jost. Fue Jost (2006) quien acuñó el término diversidad verdadera (true diversity) para referirse de forma particular a medidas matemáticamente robustas que se ajustan a este concepto biológico. Con este fin generó un índice, el cual expresa la diversidad de una comunidad en números de especies efectivas y permite comparar directamente la magnitud de la diferencia en la diversidad de dos o más comunidades, lo cual no es posible con índices tradicionales de diversidad (Jost 2006, 2007, 2010).

5.2.6.3. Modelo Chao1. Estima el número de especies esperadas considerando la relación entre el número de especies representadas por un individuo (singletons) y el número de especies representadas por dos individuos en las muestras (doubletons) (Villareal et al., 2006).

5.2.6.4. Análisis de similitud de Bray-Curtis. Se considera como una medida de la diferencia entre las abundancias de cada especie presente (Brower y Zar, 1984), y se expresa mediante:

$$I_{BC} = 1 - \frac{\sum (x_i - y_i)}{\sum (x_i + y_i)}$$

Dónde: x_i = abundancia o densidad de especies i en un conjunto 1; y_i = abundancia de las especies en el otro.

5.2.6.5. Análisis de componentes principales (ACP). Es una técnica estadística de análisis multivariado que permite seccionar la información contenida en un conjunto de p variables de interés en m nuevas variables independientes. Cada una explica una parte específica de la información y mediante combinación lineal de las variables originales otorgan la posibilidad de resumir la información, total en pocas componentes que reducen la dimensión del problema (León et al., 2008).

6. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

6.1. Material leñoso de gran tamaño

6.1.1. Volumen y dimensiones de LWD. El volumen encontrado en el tramo de 1.5 km en la quebrada La Viuda, fue de 154.55 m³, reportando una densidad media de 135.57 m³/ha. En cuanto al diámetro de los LWD estuvieron entre 0.25 y 1.4 m con promedio de 0,61 m; en cuanto a longitud varió entre 1.55 y 20 m con promedio de 4,81 m en toda la madera examinada.

En lo relacionado a los puntos de muestreo, la mayor cantidad de madera se reportó en el punto 8 con 18.01 m³, lo que corresponde al 66.9% del volumen total y la menor cantidad se encontró en el punto 2 con el 1% de la muestra 0.26 m³ (Tabla 6).

Tabla 6. Volumen y densidad de madera encontrados en los 10 puntos de muestreo a lo largo del tramo.

Punto de muestreo	Hábitat	Microhábitat	Área m ²	Volumen (m ³)	Densidad m ³ /m ²
1	Poza	Acumulación de hojarasca	16,10	1,05	0,06
2	Rápido	Musgo	10,20	0,26	0,03
3	Poza	Acumulación de hojarasca	16,96	0,38	0,02
4	Rápido	Arena	4,80	0,5	0,11
5	Poza	Rocas	25,74	2,93	0,11
6	Remanso	Rocas	52,5	1,06	0,02
7	Remanso	Limo	8,4	1	0,12
8	Poza	Acumulación de hojarasca	13,3	18,01	1,35
9	Rápido	Arcilla	16,0	1,32	0,08
10	Rápido	Acumulación de hojarasca	21,7	0,43	0,02
Promedio			15,44	2,69	18,57

La cantidad y tipo de material leñoso existente en el cauce dependen de las características del bosque que lo alimenta (Comiti *et al.*, 2006; Lenzi *et al.*, 2006). Andreoli *et al.* (2007), en el río Tres Arroyos en Chile, reportaron valores de 1.530

m³/ha para los LWD en un tramo de 1.5 km. Así mismo, Gurnell *et al.* (2002), reportaron para bosques nativos maduros de pino variedad Oregón y Secuoyas en el noroeste de Norteamérica, 1.000 m³/ha de madera. Estos registros distan de los obtenidos en la quebrada La Viuda de 135,57 m³/ha, pero son comparables con los obtenidos por Ulloa *et al.* (2010), en el río Vuelta de Zorra, Chile (109 m³/ha) y por Andreoli *et al.* (2008), en el río El Toro (117 m³/ha), ubicado en la zona andina de la región de La Araucanía, Chile; y por Gurnell (2003) que reporta un rango entre 100 y 200 m³/ha en bosques maduros latifoliados.

Especies forestales encontradas en la quebrada La Viuda como *Clusia oblongifolia*, *Nectandra reticulata*, *Myrcia popayanensis*, *Ladenbergia oblongifolia* y *Lacistema agregatum*, corresponden a especies dominantes en la etapa sucesional de los bosques secundarios andinos, siendo estas especies de gran importancia, porque contribuyen a restaurar las características estructurales y funcionales de los bosques primarios (Guariguata y Ostertag, 2001; Toledo *et al.*, 2005), albergan la biodiversidad superviviente de los bosques primarios (Vilches *et al.*, 2008; Chazdon *et al.*, 2009), recuperan la fertilidad de los suelos (Fukushima *et al.*, 2008), controlan la erosión (Chokkalingam *et al.*, 2001); y son una importante fuente de madera de alta calidad y de leña (de las Salas, 2002) y presentan altas tasas de acumulación de carbono (Chacón *et al.*, 2007; Yepes *et al.*, 2010).

El bosque ripario de la quebrada La Viuda, corresponde a un bosque tropical; este tipo de bosque se caracteriza porque el clima presenta un contraste térmico estacional nulo o moderado y un régimen de temperaturas elevadas durante todo el año. El crecimiento vegetal es ininterrumpido a lo largo del año y apenas se perciben ritmos fenológicos, aunque ciertas fases del desarrollo se concentran en periodos anuales definidos a otros episodios de lluvias escasas o más o menos intensas y la presencia de al menos tres estratos arbóreos perennifolios de composición enormemente diversa. Las investigaciones con las cuales se

comparó los datos reportados en el presente estudio, corresponden a bosques templados, los cuales por su ubicación y condiciones climáticas presenta menor riqueza comparado con los tropicales, pero posee una alta productividad y constituyen la principal reserva mundial de recursos madereros, en general están formados por dos tipos de árboles; deciduos y siempre verdes. Ocupan áreas con precipitación abundante y uniformemente distribuida y temperaturas moderadas con un marcado patrón estacional (Izco *et al.*, 1997).

6.1.2. Características del LWD. A toda la madera del tramo de 1,5 km en la quebrada La Viuda se le determinó el tipo (tronco, raíz, tronco con raíces unidas), orientación con respecto al flujo, estado de decaimiento (alto, medio o bajo), el origen (erosión de márgenes, deslizamiento de las laderas adyacentes, mortalidad natural, transportado por la corriente) y la posición (en el canal a cauce lleno, suspendido formando un puente sobre el cauce activo, en las márgenes inundables) (Andreoli *et al.*, 2007) (Figura 3).

En la quebrada La Viuda el 67,62% (71 elementos) de la madera estaba de forma individual reportándose un elemento cada 21 m y el 32,38% de los elementos de LWD estaban formando acumulaciones, encontrando 34, en promedio una acumulación cada 44 m. Esta información no coincide con Andreoli *et al.* (2007) quien reporta que dos tercios de los elementos de LWD fueron encontrados en acumulaciones, y solamente un tercio como elementos individuales; Ulloa *et al.* (2010) en el río Vuelta de Zorra reporta que el 60 % del volumen total de material leñoso, formaba 27 acumulaciones en total es decir una cada 58 m, pero según lo encontrado por el mismo en el río Pichún, las piezas que formaban acumulaciones representaron 8% del volumen total, que se concentraron en cuatro acumulaciones (una cada 250 m).

El 87% de la madera evaluada corresponden a troncos, el 13% es de tipo tronco y raíces y no se reportó ningún individuo del tipo raíces (Figura 3). Esta información

se asemeja a lo encontrado por Andreoli *et al.* (2007), donde solamente el 1% fueron raíces, 3% troncos con raíces, y 96% troncos sin raíces.

De acuerdo con el decaimiento (Figura 3), el 88% de los elementos presentaba un grado de decaimiento bajo (hojas o corteza todavía presentes), es decir una baja descomposición de los LWD; el 11% presentaron un decaimiento medio y solo el 1,0% un alto grado de descomposición, estos datos se contrarrestan con lo encontrado por Andreoli *et al.* (2007), donde solo un 2% de los elementos presentaba un grado de decaimiento bajo.

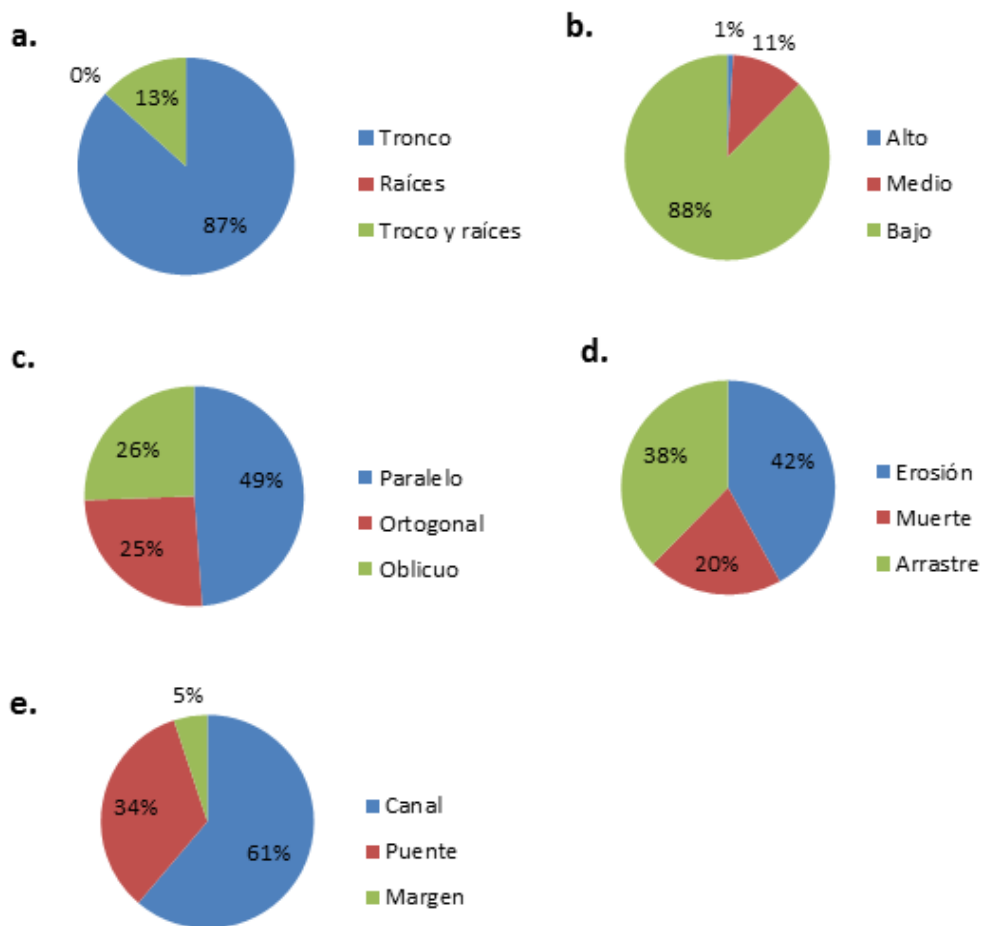


Figura 3. Variables medidas en los LWD encontrados en el tramo. a. Tipo; b. decaimiento; c. orientación respecto al flujo; d. origen y e. posición de cada pieza del material leñoso.

La orientación de los elementos está relacionada a la dirección del flujo, para el caso de la quebrada La Viuda, los LWD presentaron dominancia de la categoría paralela (49%), seguido las categorías ortogonal 26% y oblicuo 25% respectivamente (Figura 3). Este porcentaje puede ser comparado con los datos obtenidos por Ulloa *et al.* (2010), en los ríos Pichún y en Vuelta de Zorra y con la distribución de las orientaciones encontrada por Baillie *et al.* (2008) en el río Whirinaki en Nueva Zelandia, donde los porcentajes de elementos orientados en forma paralela a la corriente fue significativamente más alto. Andreoli *et al.* (2007; 2008), reportan para los ríos Tres Arroyos y Toro en Chile, dominancia de los elementos en orientación oblicua (37%) y los elementos dispuestos ortogonalmente (51%).

Evaluando el posible origen del LWD en el cauce (Figura 3), se sugiere que la erosión (42%) es la principal causa de incorporación de madera en el río, seguida del arrastre (38%) y finalmente la muerte o caída natural de los arboles (20%). Está información no coincide con lo reportado por Ulloa *et al.* (2010), en el río Vuelta de Zorra, donde la madera fue arrastrada un 64%, así como lo reportado para el río Pichún, donde el origen flotado corresponden al 33%. Andreoli *et al.* (2007) encontraron un 88 % de elementos flotados en el río Tres Arroyos y Mao *et al.* (2008) un 75 % en el arroyo Buena Esperanza en Tierra del Fuego (Argentina).

En cuanto a la posición de los LWD (Figura 3), se reporta que la mayor cantidad de madera se encuentra en el canal activo (61%), formando puentes (34%) y márgenes (5%). Estos datos tampoco son coincidentes con los de Andreoli *et al.* (2007), quienes reportan más del 50% del material leñoso en los márgenes, y un 23% en el canal activo pero son comparables con Mao *et al.* (2008) quienes encontraron que el 83% de la madera fue localizado dentro del canal activo.

La abundancia y distribución de madera de gran tamaño en los ríos naturales depende principalmente de la estructura de la vegetación de las riberas, del

mecanismo de entrada dominante (por ej., erosión de las márgenes, avalanchas de nieve o tormentas), del tamaño del cauce y de la potencia hidráulica del río (Bilby y Ward, 1989). La cantidad de LWD se puede considerar como un factor dependiente de la estructura de la vegetación de la cuenca que sostiene un ambiente lótico, por ejemplo; un bosque nativo adulto o maduro es potencialmente más influyente en el aporte de material leñoso en comparación con un renoval. Los factores que directa o indirectamente aportan material leñoso al cauce cambian según el ámbito climático-geográfico, pero en general incluyen procesos biológicos, no biológicos y acciones antrópicas (Andreoli *et al.*, 2007).

La cantidad de madera dentro de los cauces de los ríos también tiene influencia directa en la formación de hábitats como rápidos, los cuales tienden a originarse zonas de contención como restos de troncos, grandes y pequeñas rocas, remansos y pozas que se forman en zonas de menor transporte y acumulación de sedimentos respectivamente (García *et al.*, 2016). Los macroinvertebrados que viven en rápidos necesitan mecanismos de sujeción, disponen de elevadas concentraciones de oxígeno y los materiales (disueltos y particulados) son renovados de manera continua; los que viven en pozas y remansos lo hacen en un medio mucho menos turbulento, pero a menudo deben afrontar bajas concentraciones de oxígeno. El hábitat físico del cauce determina en buena parte el funcionamiento biológico fluvial (Elosegui y Sabater, 2009).

En la figura 4, se puede apreciar la distribución de la madera a lo largo de la quebrada, con algunos puntos con mayor volumen, esta situación se puede explicar si tenemos en cuenta que según el factor de forma de la cuenca, la quebrada La Viuda al ser oval-oblonga o rectangular-oblonga, tiende a no concentrar fuertes volúmenes de agua, debido a esto no es susceptible a inundaciones y crecientes (Gonzáles, 2008). Además, al evaluar la torrencialidad de la cuenca, se reporta que es muy baja o nula (Reyes, Barroso y Carvajal, 2010), por lo tanto, como la madera permanece en el sitio donde cayó, no hay

movilidad de la misma y se podría decir que los microhábitats formados por el LWD permanecen constantes y sin modificaciones importantes, permitiéndole a la fauna acuática mayor estabilidad, a menos que los trozos de madera sean transportados por cualquier otro agente físico o biológico diferente a la corriente, según (Lemly y Hilderbrand, 2000) debido a que la permanencia en el tiempo de la madera es larga, esta provee una base estable para la resistencia a perturbaciones ya que el LWD mantiene una influencia dominante en la morfología del canal y esto tiene implicaciones biológicas a múltiples escalas, en escala de tramo o sección fluvial, la heterogeneidad de formas en el lecho determina la abundancia de rápidos, pozas y remansos, estos a su vez generan la diversidad de microhábitats y en consecuencia se incrementa la diversidad de organismos acuáticos como los macroinvertebrados (Elosegui y Sabater, 2009).

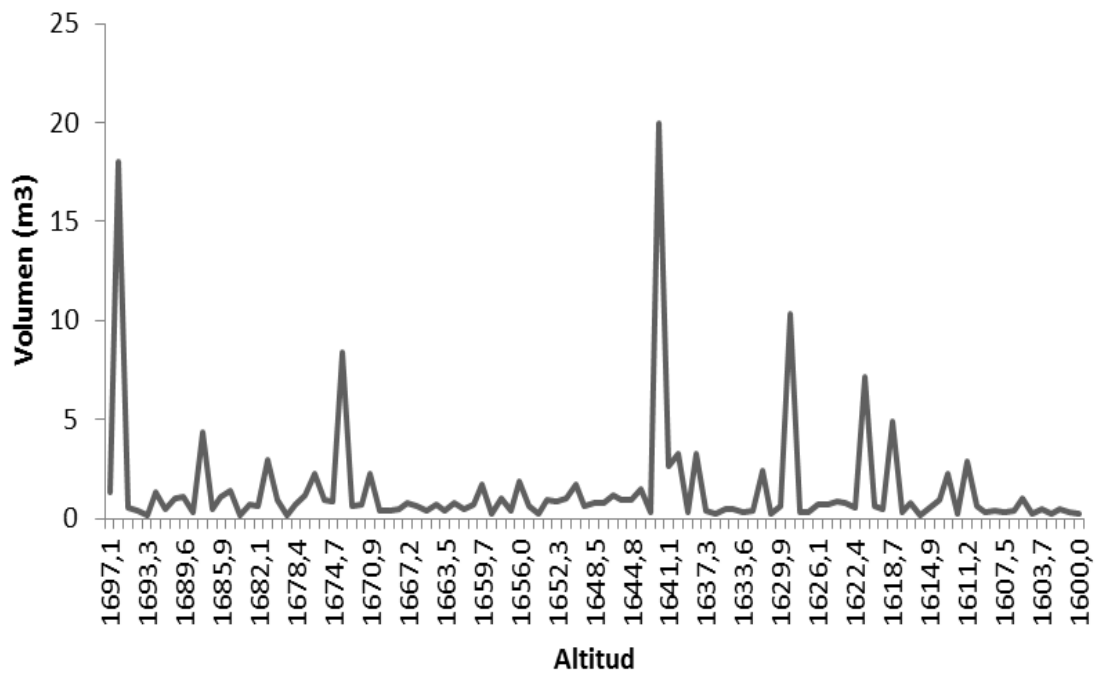


Figura 4. Distribución del volumen de madera en la quebrada La Viuda a través de un gradiente altitudinal.

6.2. Microhábitats

En lo relacionado a la cantidad de microhábitats formados a partir de los LWD presentes en la quebrada La Viuda, se presentó un dominio de acumulación de hojarasca con 48%, seguido de rocas con 21,3% y arena con 11,3% (Figura 5). Este resultado se complementa con el inventario arbóreo, donde en 0,1 ha se encontraron 314 árboles. Bilby y Likens (1980), señalan que la entrada de hojarasca es muy importante como fuente de energía para la comunidad del río.

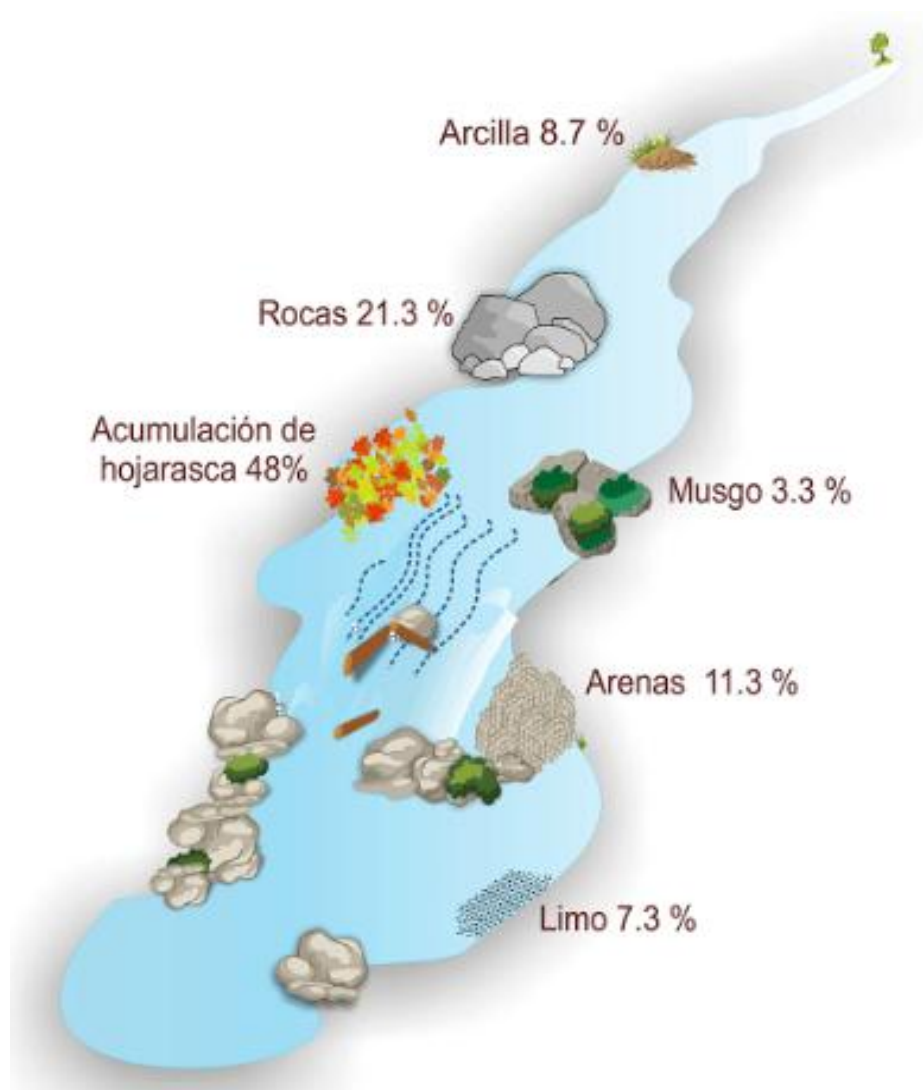


Figura 5. Microhábitats presentes en la quebrada La Viuda, Cajibío

Los cambios de caudal en los ríos son fundamentales, ya que pueden generar una perturbación que crea nuevos espacios, cambia la disponibilidad de los recursos o su variabilidad temporal (Pickett y White, 1985) y generalmente provoca que la biota se organice en parches dentro del río. Cuando las perturbaciones por caudal, como las crecidas o sequías, ocurren varias veces en la vida de un organismo, a una escala temporal corta, los efectos negativos de las perturbaciones se pueden compensar por movimientos hacia zonas menos afectadas por el flujo del caudal (Lancaster, 2000). La presencia de microhábitats permite que los organismos tengan más probabilidades de subsistir y puedan recolonizar las zonas que han sufrido los efectos más severos, asegurando la persistencia local de las especies (Lancaster y Hildrew, 1993a; Lancaster y Belyea, 1997; Townsend *et al.*, 1997).

Lemly y Hilderbrand (2000), destacan que la presencia de material leñoso de gran tamaño incrementa la retención de materia orgánica particulada gruesa, y esto permite un procesamiento más completo de la hoja en el sitio por los trituradores. Guevara-Cardona *et al.* (2006) y Leroy y Marks (2006), coinciden en que la vegetación ribereña suministra una fuente importante de alimento para muchos invertebrados de arroyo, y diferencias en la cantidad y calidad del detrito generan cambios en la estructura de la comunidad.

La distribución en el cauce de rápidos, pozas y remansos ofrece un complejo de espacios que acogen muy diversos grupos biológicos como crustáceos (anfípodos y cangrejos), moluscos (caracoles y bivalvos) y larvas de insectos (dípteros, hemípteros, homópteros y coleópteros). Otras especies viven y se alimentan de la madera en descomposición, especialmente en las cabeceras de ríos forestados. Cuando hablamos de microhábitats, la distribución de distintos tipos de sedimentos influye en las conexiones entre el agua superficial y la hiporreica o en la estabilidad y crecimiento del biofilm. La pendiente, rugosidad del cauce, el caudal y la velocidad de la corriente establecen condiciones acordes al gradiente fluvial, desde la cabecera hasta la desembocadura (Elosegui y Sabater, 2009).

6.2.1. Granulometría. En los 10 puntos muestreados, la distribución porcentual del tipo de sustrato presenta dominancia de bloques y guijarros con un 23% cada uno, los demás en orden descendente son el limo con el 20,5%, arena 14,5%, grava 8,5% y cantos 7,0% (Figura 6).

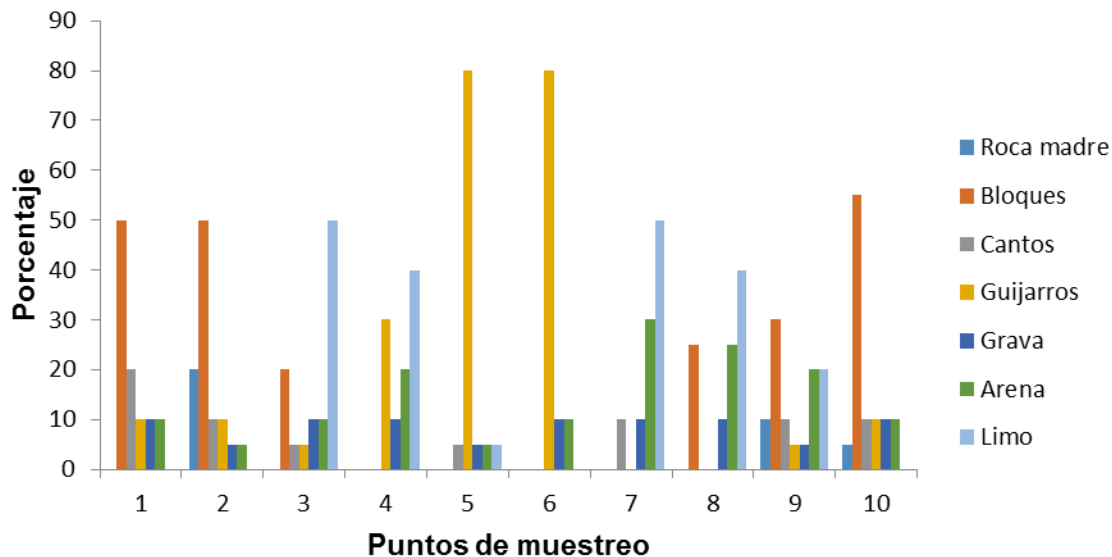


Figura 6. Distribución porcentual del sustrato por cada punto de muestreo en el tramo evaluado en la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca.

Según Roldán y Ramírez (2008), la determinación del tipo de sustrato de un lecho es muy importante, pues de él depende el establecimiento de la flora marginal y la fauna bentónica específica. A lechos rocosos y pedregosos está asociada fauna muy diversa, cuando aún no han sido contaminados. Además, es frecuente que en estos lugares se acumulen residuos vegetales como ramas, hojas y troncos sin descomponer, lo que sirve como refugio para numerosas especies, incrementándose de esta manera la diversidad. Sustratos pedregosos, con bloques y guijarros, están localizados por lo regular en zonas de rápidos, por lo que las especies que allí viven son similares a las del sustrato rocoso, pero en general menos diversas.

Según Rivera (2004), los fondos arenosos albergan pocas especies y baja abundancia. Los fondos pedregosos suelen ser más ricos, en especial cuando las rocas son grandes, y cuando hay vegetación, la fauna es aún más diversa y difiere considerablemente de la fauna de otros sustratos. Además, Burdet y Watts (2009), argumentan que los sustratos dominados por hojarasca brindan una mayor disponibilidad de recursos, por lo que además de presentar una alta riqueza de especies permiten sostener una mayor densidad de organismos.

6.3. Macroinvertebrados acuáticos

6.3.1. Composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos. En total se colectaron 1.128 individuos, distribuidas en 9 órdenes, 27 familias y 35 géneros. Los órdenes que presentaron mayor riqueza fueron Coleóptera (11 sp.), Trichóptera (6 sp.) y Díptera (5 sp.). En lo relacionado a la abundancia, el género *Leptonema* (17,6%) fue el más representativo, seguido de *Simulium* (12,5%) y *Anchytarsus* (12,4%) (Anexo 3), en lo referente a las familias Elmidae con 14,3% y Hydropsychidae con el 8,6% son las que reportan más géneros.

6.3.2. Riqueza y abundancia.

Tabla 7. Distribución de riqueza y abundancia en los puntos de muestreo.

Punto	Hábitat	Microhábitat	Riqueza	Abundancia
1	Poza	Acumulación de hojarasca	19	72
2	Rápido	Musgo	18	134
3	Poza	Acumulación de hojarasca	12	125
4	Rápido	Arena	15	163
5	Poza	Rocas	17	87
6	Remanso	Rocas	13	77
7	Remanso	Limo	14	73
8	Poza	Acumulación de hojarasca	18	153
9	Rápido	Arcilla	16	106
10	Rápido	Acumulación de hojarasca	20	138

De las 35 géneros reportados para la quebrada La Viuda, el microhábitat que presento mayor riqueza fue la acumulación de hojarasca, con 27 géneros, siendo *Leptonema*, *Anchytarsus* y *Anacroneuria* los más representativos; adicional a esta riqueza cabe resaltar que en este microhábitat se reportaron cuatro géneros exclusivos, *Cylloepus*, *Cryphocricos*, *Rhagovelia* y *Cora*. El microhábitat limo, reporta la menor riqueza con 14 géneros, donde *Triplectides* y *Leptonema* son los más representativos.

Con respecto a la abundancia, acumulación de hojarasca sigue estando por encima de los demás microhábitats reportando 488 individuos lo que representa el 43,26% de la muestra, y el limo presento la menor abundancia con 73 individuos o 6,47% (Figura 7).

Estudios realizados por Vera (2012), sobre macroinvertebrados asociados a restos de madera en el río Vuelta de Zorra (Chile), reportan una riqueza de 57 especies y una abundancia de 1528 individuos, encontrando mayor abundancia en los órdenes Ephemeroptera (603 individuos) y Plecoptera (499). Estos valores son mayores a los encontrados, pero se debe considerar que Vera realizó colectas con trampas de hojarasca y complementó con red Surber. Gutiérrez-Garaviz *et al.* (2014), en el río Cofre (Totoró), colectaron con la red Surber durante seis meses, 5 phyla, 8 clases, 15 órdenes, 35 familias, 49 géneros y 5.827 organismos, donde la clase Insecta fue la más abundante. A nivel de órdenes, Díptera dominó en número de géneros seguido de Coleoptera, Trichoptera y Ephemeroptera.

Así mismo, los datos obtenidos por Güiza (2012), en dos quebradas en el municipio de Popayán, colectando durante 6 meses con red Surber, reportó menores valores de riqueza, registrando 10 órdenes, 21 familias, 23 géneros, siendo para la quebrada Clarete 8 órdenes, 11 familias, 15 géneros y en la quebrada Zarapanga 9 órdenes, 15 familias y 17 géneros, en ambas quebradas el género *Leptonema* fue el más abundante.

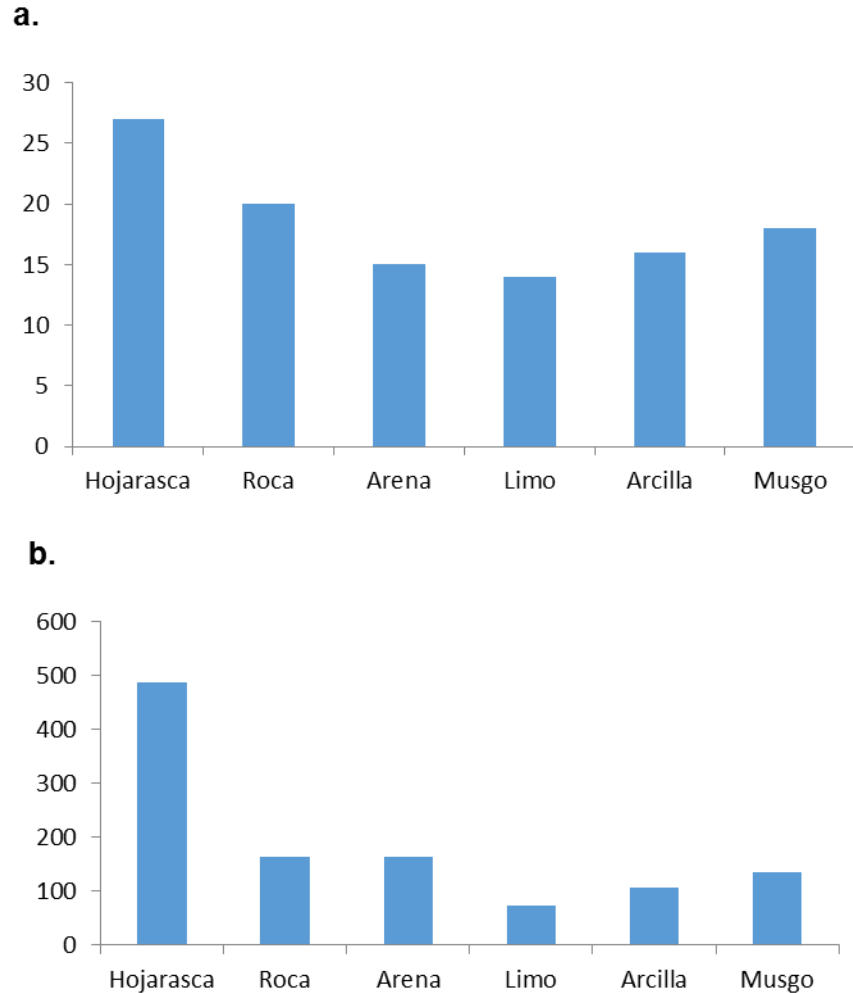


Figura 7. Riqueza (a) y Abundancia (b) de macroinvertebrados según el microhábitat en la quebrada La Viuda, Cajibío

6.3.3. Eficiencia de muestreo. En el análisis de la eficiencia del muestreo, se utilizó la curva de acumulación de especies (Figura 8), basada en el estimador Chao1; según Villarreal *et al.* (2006), es el estimador más riguroso cuando se tienen datos de abundancia.

La eficiencia de muestreo en la quebrada La Viuda, estuvo entre el 60.4% para el microhábitat arcilla y 98.6% en el microhábitat musgo del tramo muestreado. En el microhábitat arcilla, posiblemente la menor eficiencia de muestreo pueda deberse al tipo de sustrato, donde había gran cantidad de limo y arcilla, que además de

dificultar el muestreo, no es un microhábitat ideal para el establecimiento de los macroinvertebrados. En general en el tramo evaluado, se tuvo una eficiencia de muestreo del 99,2%. Para el caso de las especies representadas por un individuo (Singletons) se obtuvieron 3 y las especies representadas por dos individuos (Doubletons) se reportaron 8 (Tabla 8).

El muestreo en la quebrada La Viuda reporta una muy buena eficiencia si se compara con los datos obtenidos por Walteros-Rodríguez *et al.* (2016), en la microcuenca Dalí-Otún (Risaralda), donde el estimador no paramétrico Chao 1 sugiere una eficiencia de muestreo del 94%; los singletons estuvieron por debajo de los doubletons, manteniendo esta tendencia constante durante todo el muestreo. Burbano y Collazos (2014), en el río Vinagre (Puracé), reportaron una eficiencia de muestreo utilizando Chao 1, del 65,25%. Esta situación se presentó debido principalmente a que se registró gran cantidad de especies con un solo individuo (singletons).

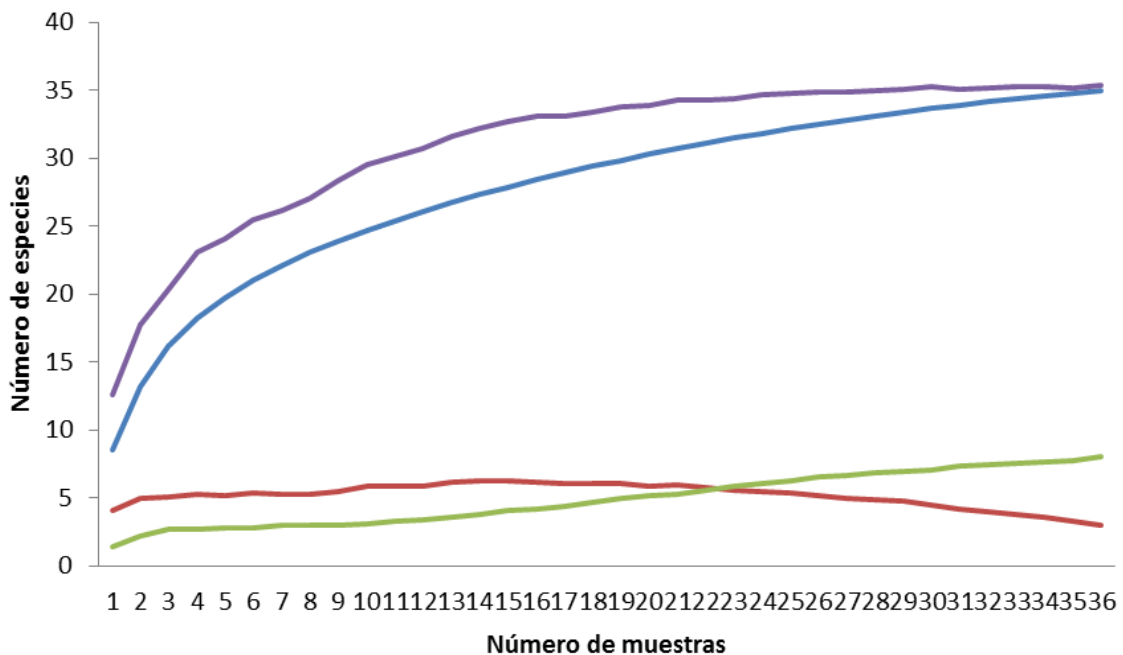


Figura 8. Curva de acumulación de especies y estimador de riqueza Chao 1.

6.3.4. Índices ecológicos. De acuerdo con el índice de diversidad de Shannon – Wiener (Tabla 8), en los 6 microhábitats distribuidos en 10 puntos de muestreo se registra un valor para este índice de 2.7, indicando una diversidad media, por encontrarse dentro de un rango entre 2-3, por lo que se puede decir que en la quebrada La Viuda hay una diversidad normal de macroinvertebrados.

El valor obtenido para este índice en la quebrada la Viuda, está por encima de lo reportado por Güiza (2012), quien encontró que el índice de Shannon - Wiener para las quebradas Clarete y Zarapanga valores de 1,25 1,19 respectivamente, reportando valores de diversidad muy bajos para estos ecosistemas loticos; pero el índice de Shannon – Wiener de la quebrada La Viuda se encuentra un poco bajo si se compara con lo obtenido por Burbano y Collazos (2014) quienes reportan para el rio Vinagre un valor medio de 3.24, encontrando una alta diversidad de macroinvertebrados.

El microhábitat roca presento un numero efectivo de especies de 14,3, si se comparando este valor con los demás microhábitats, se puede decir que la presencia de sustratos grandes influyen de forma directa en la diversidad de macroinvertebrados, por lo tanto podemos deducir que la diversidad de estos en la quebrada La Viuda es mayor a medida que el sustrato es más grande y genera una base estable para obtener alimento y refugio.

Tabla 8. Valores calculados para los índices de diversidad por microhábitat en la quebrada La Viuda

Microhábitat	Riqueza	Estimador de riqueza	Eficiencia de muestreo	Índice de diversidad	
		Chao 1		Shannon - Wiener	Jost
Acumulación de Hojarasca	27	27,5	98,2	2,5	11,7
Roca	20	21,5	93,0	2,7	14,3
Arena	15	16,5	90,9	2,1	7,9
Limo	14	14,4	97,0	1,8	6,2
Arcilla	16	26,5	60,4	2,1	8,1
Musgo	18	18,3	98,6	2,3	9,5
General	35	35,3	99,2	2,7	14,9

El índice de Similaridad de Bray-Curtis (Figura 9) que toma además de la presencia de las especies el número de individuos compartidos (Moreno, 2001), para los seis microhábitats evaluados en los 10 puntos de muestreo se encontró que los microhábitats musgo y arena comparten la mayor similitud (65%). El limo y la roca se encuentran agrupados con un 45% de similitud, pero presentando una semejanza con los demás microhábitats del 28%; en general los 6 microhábitats no presentan una similitud establecida de forma clara, pero entre todos poseen 11 géneros en común, lo que puede indicar que existen individuos exclusivos en los microhábitats dependiendo de las características de los mismos.

Los datos obtenidos en la quebrada La Viuda se pueden comparar con los registrados por Güiza (2014), quienes reportaron para las quebradas Zarapanga y Clarete, dos puntos de muestreo de mayor similitud en la comunidad de macroinvertebrados, con un valor de 87%, y dos puntos de muestreo que obtuvieron los valores más bajos de similitud, con valores menores al 20%.

Vera (2012), en el río Vuelta de Zorra (Chile), reportó para el mes de abril un bajo porcentaje de similitud (30 – 40%) de la comunidad de macroinvertebrados para un punto de muestreo, y dos puntos de muestreo con 60% de similitud; en el mes de junio observó que dos puntos de muestreo presentaron menor porcentaje de similitud y cuatro unidades muestréales, reportan una similitud de 75% aproximadamente.

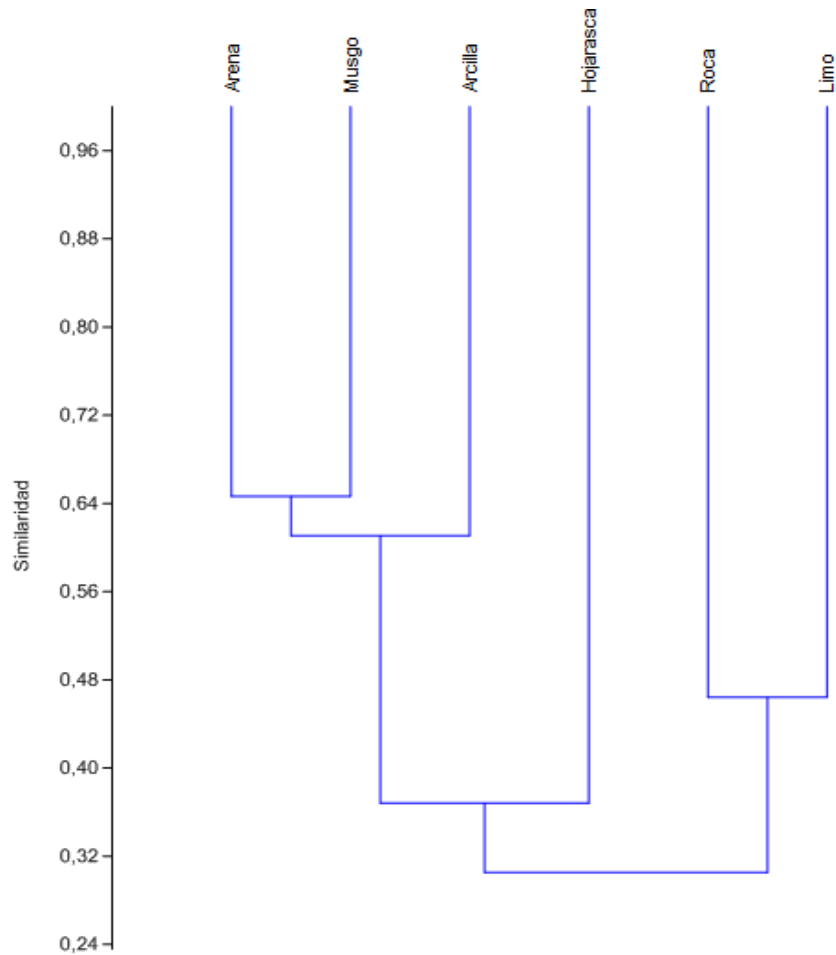


Figura 9. Cladograma de similaridad de Bray Curtis obtenido para los 10 puntos de muestreo en la quebrada La Viuda, Cajibío.

6.3.5. Estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos.

La presencia de ciertas taxa se debe a la dinámica trófica que determina la estructura de la comunidad, ya que a través de los grupos tróficos se pueden conocer atributos de la comunidad desde una perspectiva funcional (Rivera *et al.*, 2013), incluso pueden llegar a reflejar la ausencia de sus predadores así como la disponibilidad de detritos por ausencia de detritívoros (Van Damme *et al.*, 2008). En la comunidad de macroinvertebrados colectada se pueden diferenciar 9 grupos tróficos (Tabla 9).

La quebrada La Viuda presentó nueve (9) grupos funcionales, presentando mayor variedad teniendo en cuenta investigaciones como la llevada a cabo por Walteros-Rodríguez *et al.* (2016) en la microcuenca Dalí-Otún (Risaralda), quien encontró 6 grupos tróficos, Colector-recolector, Raspador, Depredador, Perforador carnívoro, fragmentador y colector filtrador, reportando que el grupo con mayor representación es el colector recolector.

Cuellar (2015), reporta para las quebradas Helechuzal y Banderas (Isnos) 5 grupos tróficos, colector, recolector, depredador, desmenuzador y raspador. En la quebrada Helechuzal el grupo funcional que más predominó fue el desmenuzador con 262 organismos pertenecientes a la familia *Hydropsychidae* del género *Leptonema* sp. En la quebrada Banderas se encontró mayor abundancia del grupo de los colectores, siendo el género *Anchytarsus* sp de la familia *Ptylodactilidae* el más representativo con 164 organismos.

Tabla 9. Diferenciación de los grupos tróficos de los macroinvertebrados colectados en la quebrada La Viuda, Cajibío (Fuente: ¹ Pérez *et al.*, 2004, ² Rivera *et al.*, 2013, ³ Motta *et al.*, 2016, ⁴ Chará-Serna *et al.*, 2010 y ⁵ Roldán 1996).

Orden	Familia	Género	Gremio trófico
Coleóptera	Curculionidae	<i>Listronotus</i>	Fragmentador ¹
	Elmidae	<i>Heterelmis</i>	Colector - fragmentador ²
		<i>Neoelmis</i>	Colector - Raspador ¹
		<i>Hexacylloepus</i>	Colector - Raspador ¹
		<i>Cylloepus</i>	Colector - recolector ³
		<i>Macrelmis</i>	Colector - fragmentador ⁴
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i>	Colector - Raspador ¹
	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>	Raspador ¹
	Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>	Depredador ¹
	Ptylodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	Fragmentador ³
Staphylinidae	<i>Sp1</i>	Depredador ⁵	
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Sp2</i>	Depredador ¹
	Chironomidae	<i>Sp3</i>	Colector - Raspador ²
	Culicidae	<i>Culex</i>	Colector - fragmentador ²
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	colector - filtrador ³
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	Colector - fragmentador ²

Orden	Familia	Género	Gremio trófico
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Camelobaetidius</i>	Colector ⁴
	Leptohyphidae	<i>Lepthyphes</i>	Colector - recolector ³
		<i>Haplohyphes</i>	Colector ⁴
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	Colector - recolector ³
Hemíptera	Naucoridae	<i>Cryphocricos</i>	Depredador ¹
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	colector ⁴
Neuróptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	Depredador ⁵
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	Depredador ³
	Coenagrionidae	<i>Ischnura</i>	Depredador ⁵
	Libellulidae	<i>Tramea</i>	Depredador ⁵
	Polythoridae	<i>Cora</i>	Depredador ⁵
Plecóptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	Depredador ³
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	Fragmentador ⁴
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	Fragmentador ⁴
		<i>Smicridea</i>	Fragmentador ⁴
		<i>Atopsyche</i>	Depredador ⁴
	Leptoceridae	<i>Triplectides</i>	Fragmentador ⁴
		<i>Atanatolica</i>	Colector ⁴
Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	Omnivoro ¹

Dentro de los grupos funcionales encontrados, los depredadores representaron el mayor porcentaje (31,43%). En este grupo se registraron 7 órdenes, 10 familias, 10 géneros. El grupo taxonómico de esta categoría que presentó mayor abundancia fue *Anacroneuria* con más de 100 individuos.

El grupo de los fragmentadores con el 17,14% de la muestra, estuvo distribuido en 2 órdenes, 5 familias y 5 géneros. Los géneros más abundantes dentro de este grupo funcional fueron *Leptonema* y *Anchytarsus* con valores por encima de 120 individuos.

Los grupo tróficos colector – filtrador, Omnívoro y Raspador obtuvieron cada uno el 2,86% del total de la muestra, encontrando los géneros *Simulium*, *Dugesia* y *Lutrochus* como representantes de cada grupo respectivamente.

6.3.5.1. Generalidades sobre los géneros más abundantes según su grupo trófico:

- ***Leptonema***. Este género pertenece al grupo de los fragmentadores, las larvas y adultos habitan durante todo el año en ríos de entre 15 a 2.000 m de altura, con vegetación arbórea abundante y aguas poco contaminadas. El estado larvario es encontrado generalmente en ríos y quebradas con aguas de poca corriente a corriente constante, con variedad en el sustrato; construyen refugios o casas con arena, fragmentos de material orgánico y minerales, los cuales los adhieren con seda que ellas producen a las superficies de las piedras, rocas, madera sumergidos. Asimismo, junto a los refugios, las larvas construyen con seda pequeñas redes para atrapar alimento. Las larvas al alcanzar su madurez construyen un pupario con seda, fragmentos de material orgánico y minerales, el cual adhieren usualmente debajo de rocas o piedras. Los adultos emergen a la superficie y permanecen en la vegetación para copular. Las hembras depositan los huevos fertilizados en la superficie del agua, aunque algunas especies se sumergen y depositan o adhieren los huevos en el fondo o a objetos sumergidos (Muñoz-Quesada, 1999).
- ***Anchytarsus***. Las larvas miden entre 3.0 y 15 mm; son generalmente de cuerpo convexo, alargado y ovalado, de color rojo ladrillo y antenas filiformes; el noveno segmento abdominal tiene dos apéndices cubiertos de espinas y poseen numerosas agallas anales; el ápice del abdomen es liso, sin proyecciones. Viven en aguas lóxicas, sobre arena, cascajo y residuos vegetales; generalmente son herbívoros y detritívoros (Roldán, 1996; Roldán, 2003). La pupación sucede en el suelo, cerca del agua (Domínguez y Fernández, 2009).
- ***Anacroneuria***. Este género es común en arroyos de fondo pedregoso y aguas muy limpias y oxigenadas, a alturas entre 1.000 y 2.000 m de altura,

principalmente (Roldán, 1996). Se conoce que el alimento ingerido por las ninfas, puede ser muy variado dependiendo de la especie, estado de desarrollo, hora del día y disponibilidad de recursos. Algunas especies son detritívoras o depredadoras durante su etapa ninfal, y otras podrían cambiar sus hábitos alimenticios en su proceso de desarrollo; el análisis del contenido estomacal indica que los cambios de herbívoros-detritívoros en los primeros estadios a omnívoros-carnívoros en los periodos siguientes son comunes (Stewart y Harper, 1996).

Teniendo en cuenta la riqueza de familias, las que tienen mayor representación porcentual fueron Elmidae 14,29%, Hydropsychidae 8,57%, Leptoceridae 5,71% y Leptohiphidae 5,71%, a continuación se describen aspectos ecológicos de estas familias.

- **Elmidae.** Los adultos y las larvas en general obtienen comida raspando la superficie de las rocas, fragmentos de madera, raíces y hojas, es por esto que se han incluido en el grupo funcional de los herbívoros; adicionalmente exploran los mismos hábitats (Ottoboni *et al.*, 2011). Esta familia es completamente acuática; aunque los adultos de algunas especies son encontrados fuera del agua. (McCafferty, 1981). Las larvas y los adultos se encuentran adheridos a una diversidad de sustratos, encontrándose principalmente en ríos y arroyos (Roldán, 1988). Los sustratos incluyen: troncos y hojas en descomposición, grava, piedras, arena y vegetación sumergente y emergente. Merritt y Cummins (1996) reportan que dependiendo de los hábitos alimenticios, algunos son herbívoros y otros son detritívoros.
- **Hydropsychidae.** Sus larvas tienen la capacidad de colonizar diversos sustratos como rocas de diferente tamaño, arena, restos vegetales y acumulación de algas; se encuentran en zonas de aguas rápidas y

remansos. Según Guevara (2004) esta familia se encuentra presente en arroyos de todos los tamaños, corrientes y temperaturas, y son muy característicos en ellos tanto por su abundancia como por su diversidad. Además es posible que una alta tasa reproductiva en beneficio de su abundancia y por tanto capacidad para colonizar cualquier hábitat disponible, lo que le confiere una alta posibilidad de persistencia y una mayor tolerancia fisiológica. Posada y Roldán (2003) señalan que las larvas son detritívoras o depredadoras, generalmente viven cerca del sustrato, pero algunas larvas pueden nadar moviendo sus patas metatorácicas como remos. Se alimentan raspando diatomeas de las superficies expuestas de las rocas y viven fuera del agua adheridas a estas, en la zona de salpique de las cascadas y corrientes torrenciales de las zonas altas (Holzenthall, 1994).

- **Leptohiphidae:** Las ninfas pueden ser encontradas en troncos sumergidos, rocas, algas filamentosas, vegetación semisumergida o plantas acuáticas. Generalmente son tolerantes a ríos con gran cantidad de material en suspensión y con alguna carga de desechos orgánicos antrópicos (Zuñiga *et al.*, 2004). Se encuentran en una gran variedad de sustratos y corrientes de todos los tamaños. Poseen una capacidad natatoria mínima, por lo que se arrastran, entre las rocas y vegetación. Se alimentan aparentemente de detritos, algas y biota sobre plantas y objetos sumergidos (Edmunds Jr. *et al.*, 2000).

6.3.6. Físicoquímica del agua. Los resultados globales de los parámetros físico-químicos obtenidos dentro de la quebrada La Viuda se muestran en el anexo 4.

6.3.6.1. Temperatura del agua. Esta variable presento un promedio de 18.1°C; el punto con el mayor valor de este parámetro fue el 5 con 18.4°C y el de punto de menor valor fue el 1 con 17.2°C, los valores obtenidos para este parámetro indican que las aguas de la quebrada La Viuda son frías por encontrarse entre los 11-20°C y estas temperaturas favorecen a la mayoría de los Trichopteros, Plecopteros y Tricladida (Roldán y Ramírez, 2009). En general las fluctuaciones de temperatura del agua fueron leves y esta es una característica de los ecosistemas tropicales donde las temperaturas no sufren grandes variaciones a lo largo del año, como las que ocurren en las zonas templadas debido a los cambios estacionales (Roldán et al., 2001).

6.3.6.2. pH. El pH registró un promedio de 7.3. El valor de pH más alto se presentó en el punto 1 con 7.5, y el punto con el valor más bajo fue el 2 con 6.8. Machado y Roldán (1981) reportan que el pH no debe ser menor a 4.5 ni mayor a 8.5, pues serían valores limitantes para la supervivencia de organismos acuáticos. Así mismo, Flanagan (1992), plantea que el ámbito normal en el cual pueden fluctuar los valores de pH es de 6.5 a 8.0, para el caso de la quebrada La Viuda, el pH fluctuó dentro del rango considerado como óptimo para el desarrollo de la vida acuática.

6.3.6.3. Oxígeno Disuelto (OD). El oxígeno disuelto presentó un promedio de 7.4 mg/L, los puntos con menor valor fueron el 5 y 7 reportando 7.3 mg/L cada uno y el mayor valor lo registra el punto 2, con 7.5 mg/L.

Se puede decir que se encuentra dentro de un rango aceptable de OD ya que algunos organismos, como los efemerópteros, requieren altas concentraciones de oxígeno disuelto, otros como los dípteros, pueden sobrevivir en ambientes con bajas concentraciones de oxígeno disuelto, en general la diversidad de los organismos es mucho mayor a altas concentraciones de OD y niveles por debajo de 3 mg/l son dañinos y por debajo de 2 mg/l fatales para la mayoría de los

organismos. La presencia o ausencia de oxígeno determina qué tipo de microorganismos (aerobios o anaerobios) son los dominantes, y por lo tanto influye en la capacidad del agua para llevar a cabo procesos de auto purificación en el ecosistema acuático (Pérez y Rodríguez, 2008).

Se tuvo en cuenta el porcentaje de saturación, que en general para la quebrada la Viuda se encuentra en 72,8% y según la tabla 10, la quebrada La Viuda se encuentra en un rango aceptable, es decir posee condiciones adecuadas para la vida de la gran mayoría de especies de peces y macroinvertebrados. Tanto un nivel bajo de saturación como la sobresaturación de oxígeno son perjudiciales para el medio y reflejan que el ecosistema no está equilibrado. Se conoce además que la concentración del oxígeno disuelto es dependiente de factores como: reoxigenación atmosférica, respiración animal y vegetal, demanda béntica, demanda bioquímica (Perdomo y Gómez, 2000).

Tabla 10. Relación porcentaje de saturación - calidad del agua

Nivel de DO	Porcentaje de Saturación de DO
Supersaturación	≥ 101%
Excelente	90 – 100%
Adecuado	80 – 89%
Aceptable	60 – 79%
Pobre	< 60%

6.3.6.4. Turbiedad. Para este parámetro el valor medio fue de 10 UNF, el punto donde se presentó el valor más bajo para esta variable fue el 9, reportando 9.5 y el mayor valor se reportó en el punto 2, con 10.6 UNF.

Los valores cercanos o por encima de 1.500 UNF se consideran aguas muy turbias y según los datos obtenidos y lo observado en campo se puede decir que en la quebrada La Viuda las aguas son claras. Las aguas turbias son las que contienen gran cantidad de partículas en suspensión impiden que la luz traspase y

llegue hasta la vegetación acuática reduciendo la tasa fotosintética y por tanto la producción de oxígeno; esto además incrementa su mortalidad, aumentando la cantidad de materia descompuestas por las bacterias en el agua, con el consiguiente consumo de oxígeno. Las partículas suspendidas también afectan a diversos organismos acuáticos como los macroinvertebrados acuáticos, limitando la visibilidad de los organismos depredadores como plecópteros o reduciendo la cantidad de algas consumidas por macroinvertebrados "herbívoros" como algunos efemerópteros (Riohenares.org, s.f).

6.3.6.5. Conductividad. La conductividad registró un promedio de 23.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Los puntos 6 y 9 con 20.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ reportaron el valor más bajo para este parámetro, y el punto 3 con 29.4 $\mu\text{S}/\text{cm}$ presentó el valor más alto. Según Roldán y Ramírez (2008), los valores de conductividad menores de 50 $\mu\text{S}/\text{cm}$ son indicadores de aguas de bajo contenido iónico, es decir son aguas oligotróficas.

La quebrada La Viuda es un cuerpo de agua con baja productividad primaria, como resultado de contenidos bajos de nutrientes, tiene baja producción de algas y por lo tanto poseen aguas sumamente claras, con alta calidad de agua potable (Faña, 2002). Por otro lado, también existe una relación entre la conductividad y la alcalinidad ya que los valores más bajos de conductividad van acompañados de valores bajos de alcalinidad (Roldán et al., 2001).

6.3.6.6. Dureza total. Este parámetro presentó un valor promedio de 10 mg/L en los 10 puntos de muestreo evaluados. Según Roldán y Ramírez (2008) en la clasificación del agua de acuerdo con la dureza, el valor obtenido de 10 mg/L indica que el agua de la quebrada La Viuda es blanda, debido a que la concentración de iones de calcio y magnesio $\text{mgCaCO}_3\text{L}^{-1}$ se encuentra en el rango entre 0 y 75 mg/L.

Las aguas blandas son biológicamente poco productivas debido a que carecen de sales fundamentalmente como es el caso de los carbonatos, bicarbonatos, sulfatos, nitratos y cloruros.

6.3.6.7. Cloruros. Esta variable obtuvo un promedio 2.7 mg/L, el valor más alto se presentó en los puntos 7 y 8 con 2.8 mg/L cada uno y el de menor valor se reportó en el punto 6 con 2.5 mg/L. Por lo regular las aguas de ríos y lagos de montaña presentan contenidos muy bajos de cloruros (menores de 5 mg/L) (Roldán y Ramírez, 2008). Esta variable se relaciona directamente con la calidad de las aguas, su incremento puede deberse a la contaminación del agua por aguas residuales (Domenech & Peral, 2006) y un contenido elevado de cloruros puede perjudicar el crecimiento vegetal (Douglas y Donald ,2001), afectando la productividad de los ecosistemas acuáticos.

6.3.6.8. Sulfatos. Esta variable presentó un promedio de 3.9 mg/L. El punto que presento menor valor fue el 3 con 3.2 mg/L y el valor más alto se registró en el punto 10 con 4.5 mg/L. Según Roldán y Ramírez (2008), los valores de este parámetro se encuentran dentro del rango para aguas naturales que va desde 2 hasta 10 mg/L. Los sulfatos son los aniones más importantes en el agua después de los carbonatos, se encuentran en aguas aeróbicas y las plantas y algas incorporan el azufre en su protoplasma cuando se encuentra en forma de sulfato y de esta forma puede ingresar a la cadena trófica, adicionalmente es importante en la constitución de algunas proteínas como cistina, cisteína y metionina.

6.3.7. Análisis de datos

6.3.7.1. Análisis de componentes principales. En este punto se relacionaron las variables fisicoquímicas del agua con la riqueza y abundancia relativa de la comunidad de macroinvertebrados y el volumen de madera de la quebrada La Viuda.

Tomando como base los microhábitats, se evaluó en el análisis de componentes principales (Figura 10) se evaluaron todos los factores medidos en campo, encontrando que, 4 componentes en conjunto explican el 72,52% de la variabilidad en los datos originales, pero los dos primeros componentes explican el 45,75%, reportando una baja asociación. En el primer componente el parámetro que están influyendo directamente en los microhábitats es el estado de decaimiento de la madera e influyen reduciendo la cantidad de oxígeno, para el segundo componente los sulfatos es el factor más influyen disminuyendo la conductividad. No hay valores altos en cuanto al peso de los componentes, por lo tanto se puede decir que no existen factores que tengan un alto grado de influencia sobre los microhábitats donde fueron muestreados.

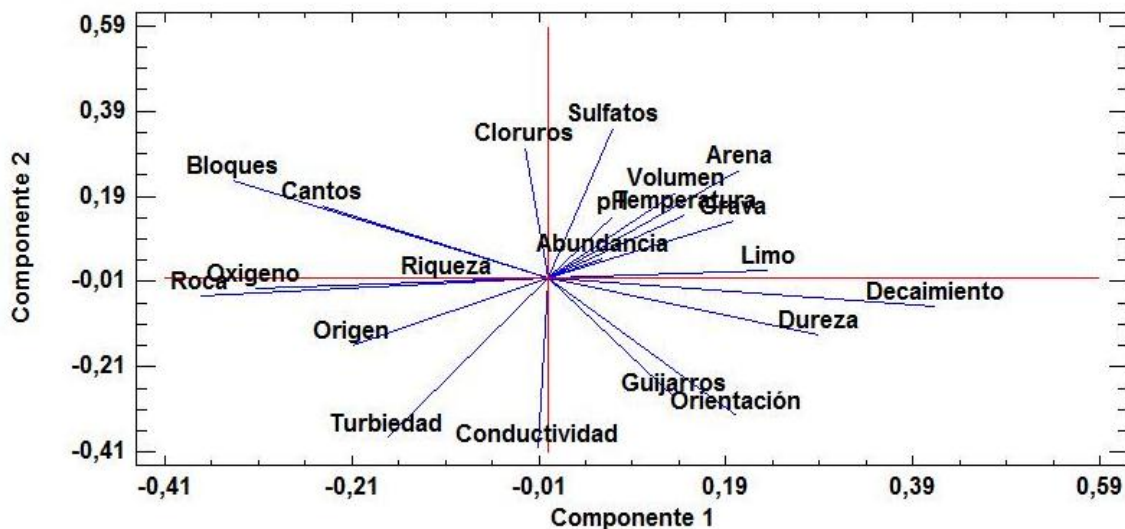


Figura 10. Análisis de componentes principales (ACP) de los factores evaluados en los microhábitats de la quebrada La Viuda.

Los datos obtenidos en la quebrada La Viuda se asemejan a el análisis de componentes principales realizado por Güiza (2012) en las quebradas Clarete y Zarapanga, donde no se observa ninguna tendencia de asociación entre las variables fisicoquímicas y eco hidráulicas con las quebradas y muestreos, presentando componentes de asociación bajos (22% eje X y 19% eje Y), indicando que estas variables son independientes de las quebradas y las épocas de muestreo.

7. CONCLUSIONES

El objetivo de esta investigación fue determinar la oferta de microhábitats a partir de restos de madera para macroinvertebrados acuáticos, de lo que se obtuvieron las siguientes conclusiones:

- El bosque ripario, pese a tener valores bajos en lo referente a la diversidad florística, presenta un buen estado de conservación, lo que permite un buen suministro de madera de gran tamaño (LWD) al cauce.
- La cantidad de madera reportada en un tramo 1,5 km en la quebrada La Viuda se asemeja a valores encontrados en bosques templados.
- De acuerdo a los microhábitats encontrados en la zona de estudio, se determinó que el LWD es un elemento esencial en la retención de materia orgánica particulada y de sedimentos, e influencia la morfología del cauce.
- La hidrología del cauce no interfiere con la movilización de la madera, debido que según sus parámetros de forma tiene baja susceptibilidad a crecientes, y no concentra grandes volúmenes de agua y su torrencialidad es casi nula, por lo tanto, la madera tiende a permanecer en el sitio donde cayó, a menos que sea movilizada por algún otro factor.
- Las acumulaciones de troncos en la quebrada La Viuda retienen sedimentos y materia orgánica, generando microhábitats con condiciones que son aprovechadas por los macroinvertebrados acuáticos.
- Los diversos microhábitats encontrados en la quebrada La Viuda (acumulación de hojarasca, arena, limo, arcilla, musgo y rocas) generados por los LWD, benefician positivamente la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

8. RECOMENDACION

Se requieren hacer más estudios sobre la influencia de la madera en la dinámica de los cauces en ríos Colombianos, así como el papel que juegan dentro de la ecología de diferentes grupos taxonómicos, ya que dentro del territorio nacional, principalmente en el municipio donde se llevó a cabo la presente investigación se realiza la llamada “limpieza” de ríos y quebradas donde es retirada la madera del cauce, desconociendo el papel que esta juega dentro de los ecosistemas lóticos.

9. BIBLIOGRAFÍA

- Andrea, M. y Solís, V. (2012). Influencia del material leñoso en la retención de materia orgánica y en la diversidad de comunidades bentónicas en un arroyo de la Cordillera de la Costa, en Chaihuín, Chile.
- Andreoli, A., Carlig, G., Comiti, F. y Iroumé, A. (2007). Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque*, 28(2): 83-96.
- Andreoli, A., Comiti, F, Mao, L., Iroumé, A. y Lenzi, MA. (2008). Evaluación de los volúmenes y de los efectos hidromorfológicos del material leñoso en dos torrentes andinos (Chile). *Ingeniería del Agua*, 15(3): 189-204.
- Badii, M.H., Castillo, J., Cortez, K., Wong, A., y Villalpando, P. (2007). Análisis de correlación canónica (ACC) e investigación científica. *Innovaciones de Negocios* 4(2): 405 – 422. Impreso en México. ISSN 1665 -9627.
- Baillie B, L Garrett, A Evanson. (2008). Spatial distribution and influence of large woody debris in an old-growth forest river system, New Zealand. *Forest Ecology and Management* 256: 20-27.
- Boyer, K. L., Berg, D. R., y Gregory, S. V. (2003). Riparian management for wood in rivers. *Ecology and Management of Wood in World Rivers*, 37(October), 407–420.
- [http://doi.org/10.1899/08873593\(2004\)023<0663:TEAMOW>2.0.CO;2](http://doi.org/10.1899/08873593(2004)023<0663:TEAMOW>2.0.CO;2)
- Bilby R, Likens G. (1980). Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystems. *Ecology* 61 (5): 1107 – 1113.
- Bilby R, Bisson P.(2001). Function and distribution of large woody debris. *In* Springer. pp. 324 – 347.
- Bilby RE, JW Ward. (1989). Changes in characteristics and function of woody debris with increasing size of streams in western Washington. *Trans. American Fisheries Society* 118: 368-378.
- Brower, J. E. y J. H. Zar. 1984. Field and laboratory methods for general ecology. Wm. C. Brown Co. Dubuque, Iowa. 226 pp.

- Burbano, S.K. y Collazos, Z.L. (2014). Estudio limnológico del río vinagre, un ecosistema lótico de alta montaña, Puracé, Cauca. Tesis de pregrado. Popayán.
- Burdet, A. y R.J. Watts. (2009). Modifying living space: an experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia* 618: 161–173.
- Cavelier, J., Lizcano, D., Pizarro, V. y Carmona, J. (2000). Distribución, tamaño poblacional y actividad de la Danta de Montaña (*Tapirus pinchaque*) en Colombia. *Journal of Biogeography* 29: 7-15.
- Chang, J. (2009). *Limnología Capítulo 3*. Guayaquil-Ecuador.
- Chacón, P., Leblanc, H.A., y Russo, R.O. (2007). Fijación de carbono en un bosque secundario de la región tropical húmeda de Costa Rica. *Tierra Tropical*, 3, 1-11.
- Chará -Serena, A.M., J.D. Chará, M.C. Zúñiga, G.X. Pedraza y L.P. Girardo. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 15(1): 27-36
- Chazdon, R.L., Peres, C.A., Dent, D., Sheil, D., Lugo, A.E., Lamb, D., Storck, N.E., y Miller, S.E. (2009). The potential for species conservation in tropical secondary forest. *Conservation Biology*, 23, 1406-1417.
- Chokkalingam, U., de Jong, W., Smith, J., y Sabogal, C. (2001). Secondary forest in Asia: Their diversity, importance, and role in future environmental management. *Journal of Tropical Forest Science*, 13(4), 5-20.
- Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M.A., y Mao, L. (2006). Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). *Geomorphology* 78 (1-2): 44-63.
- Córdoba, M. (2015). Caracterización florística del bosque ripario perteneciente al bosque seco tropical de los municipios Santa Ana, Santa Bárbara de Pinto y Córdoba, Colombia. Tesis de grado, modalidad especialización, Universidad Militar Nueva Granada.

- Corporación Autónoma Regional del Cauca, CRC.(2002). Plan de Ordenamiento del municipio de Cajibío.
- Covich A, Palmer M, Crowl T. (1999). The role of benthic invertebrate species in freshwater ecosystem. *BioScience* 49 (2): 119 – 127.
- Cranston, P. y McKie, B. (2006) Aquatic wood—an insect perspective. In: Grove SJ, Hanula JL (eds) Insect biodiversity and dead wood: proceedings of a symposium for the 22nd International Congress of Entomology. US Department of Agriculture Forest Service, Asheville, pp 9–14
- Crook, D. y Robertson, A., 1999. Relationship between riverine fish and woody debris: implications for lowland rivers. *Marine Freshwater Research* 50: 941-953.
- Cuatrecasas, J. (1958). Aspectos de la vegetación natural de Colombia. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, Bogotá, 10 (40): 221-268.
- Cuellar, B.M. (2015). Variaciones espaciales en las comunidades de macroinvertebrados acuáticos de las quebradas Helechuzal y Banderas en dos épocas con diferente régimen climático en el municipio de Isnos departamento del Huila. Tesis de maestría. Manizales.
- Death, R., Baillie, B., y Fransen, P. (2003). Effect of *Pinus radiata* logging on stream invertebrate communities in Hawke's Bay, New Zealand. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 507 – 520.
- de las Salas, G. (2002). Los bosques secundarios de América tropical: perspectivas para su manejo sostenible. *Bois et Forêts des Tropiques*, 272, 63-73.
- Domenech Xavier; Peral José (2006) Química ambiental del sistema terrestre. España: Editorial REVERTE, S.A
- Douglas A. y Donald M. (2001) Fundamentos de Química Analítica. México: Editorial McGraw-Hill.
- Domínguez, E. y H. Fernández. (2009). Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, 656 p.

- Dudley, T., and Anderson, N. (1982). A survey of invertebrates associated with wood debris in aquatic habitats. *Melandria* 39: 1-21.
- Edmunds, JR., George, F., y Allen, Richard K. (2000). Capítulo 9: Orden Ephemeroptera. En: w. stehr, frederick. *Inmature insects*. p. 75-94.
- Elosegi, A., y Sabater, S. Eds. (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA. 448 p. ISBN: 978-84-96515-87-1.
- Estrada Tuesta E. Z., (2007), *Análisis e interpretación de diversidad florística en bosques húmedos del Perú, con énfasis al estudio del “Bosque Macuya” del distrito de Irazola, provincia de Padre Abad, Departamento de Ucayali; Lima, 48 p. Trabajo de Grado de Doctor (Ciencias Biológicas), Universidad Nacional Mayor de San Marcos.*
- Fernández, H., y Domínguez, E. (2001). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. *Entomotropica*. Retrieved from <http://bioline.org.br/request?em01031>
- Figueroa, R., Ruíz, V., Niell, X., Araya, E., y Palma, A. (2006). Invertebrate colonization patterns in a Mediterranean Chilean stream. *Hydrobiologia* 571: 409 – 417.
- Flanagan, O. (1992). *Consciousness Reconsidered*, Cambridge, MA: The MIT Press.
- Flores, A. N., Bledsoe, B. P., Cuhaciyán, C. O., y Wohl, E. E. (2006). Channel-reach morphology dependence on energy, scale, and hydroclimatic processes with implications for prediction using geospatial data. *Water Resources Research*, 42.
- Fukushima, M., Kanzaki, M., y Hara, T. (2008). Secondary forest succession after the cessation of swidden cultivation in the montane forest area in Northern Thailand. *Forest Ecology and Management*, 255,1994-2006.
- García, C. Marín, H. Moriones, D. Muñoz, M. y Valencia, C. (2014). Estructura, composición y diversidad de los bosques naturales de Smurfit Kappa Cartón de Colombia: Popayán y Cajibío. *Bioteología en el Sector Agropecuario y Agroindustrial* Vol 12 No. 1 (10-19).

- García, M., Vera, A., Benetti, C.J., y Blanco, L. (2016). Identificación y clasificación de los microhábitats de agua dulce. *Acta zoológica mexicana*, 32(1), 12-31. Recuperado en 06 de noviembre de 2017, de http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0065-17372016000100012&lng=es&tlng=es
- Gentry, A.H. (1982). Patterns of Neotropical plant diversity. *Evolutionary Biology* 15: 1-84.
- González, L.J. Hidrología; Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica. Popayán, Cauca. 2008.
- León, Ángel., Llinás, H. y Tilano, J. (2008). Análisis multivariado aplicando componentes principales al caso de los desplazados. *Ingeniería y Desarrollo*, (23), 119-142. Retrieved August 28, 2017, from http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S012234612008000100010&lng=en&tlng=es.
- Godfrey, A. (2003) A review of the invertebrate interest of coarse woody debris in England. English Nature Research Report Number 513
- Gregory SV, Boyer KL y Gurnell AM. (2003). The ecology and management of wood in World rivers. American Fisheries Society.
- Guariguata, M. R. y Ostertag R. (2001). Neotropical secondary forest succession: changes in structural and functional characteristics. *Forest Ecology and Management* 148:185–206.
- Guevara, G. (2004). Análisis faunístico del orden trichoptera en su estado larval en la cuenca del río Coello departamento del Tolima. Ibagué, 195.p. Trabajo de Maestría. Ibagué.
- Guevara-Cardona G, Jara C, Mercado M, Elliott S. (2006). Comparación de macrozoobentos presente en arroyos con diferente tipo de vegetación ribereña en la Reserva Costera Valdiviana, Sur de Chile. *Asociación Colombiana de Limnología "Neolimnos"* 1: 98 – 105.
- Gúiza, L. (2012). Determinación de la calidad biológica empleando bioindicación con macroinvertebrados en dos microcuencas de la vereda clarete bajo,

- municipio de popayan departamento del cauca. Tesis de pregrado. Popayán.
- Gurnell AM. (1996). Woody debris and river-floodplain interactions. *In* Large, A. Floodplain rivers: hydrological processes and ecological significance. Birmingham, Department of geography, University of Newcastle upon Tyne on behalf of the British Hydrological Society. pp. 6 – 16.
- Gurnell AM. (2003). Wood storage and mobility. *In* The ecology and management of wood in world rivers, Gregory SV, KL Boyer, AM Gurnell eds. American Fisheries Society, Bethesda, Maryland, p. 75-91.
- Gurnell AM, Piégay H, Swanson F.J., y Gregory V. (2002). Large wood and fluvial processes. *Freshwater biology* 47: 601 – 619.
- Gutiérrez-Garaviz, J., Zamora, H., y Andrade-Sossa, C. (2014). Efecto de la actividad antrópica sobre la composición y diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el río Cofre (sistema lótico andino colombiano). *Rev. Biodivers. Neotrop.* ISSN 2027-8918 e-ISSN 2256-5426 Julio-Diciembre 2014; 4 (2): 113-23.
- Hanson, P., Springer, M., y Ramirez, A. (2010). Capítulo 1: Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58, 3–37. Retrieved from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001&lng=en&nrm=isoy&lng=es
- Harmon E., Franklin J. F., Swanson F.J., Jllins P.S., Cline S. P., Gumen. J. R. Sedell G., Lienkaemper, K. Cromack, Jr., and K. W. Cummins. (1986). The ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. Pages 133-302 in A. MacFadyen and E. D. Ford, editors. *Advances in ecological research*. Volume 15. Academic Press, New York.
- Harmon, M. E. M., Franklin, J. F. J., Swanson, F. J., Sollins, P., Gregory, S. V., Lattin, J. D., Cromack Jr., K. (1986). Ecology of coarse woody debris in temperate ecosystems. *Advances in Ecological Research*, 15, 133–302. [http://doi.org/10.1016/S0065-2504\(08\)60121-X](http://doi.org/10.1016/S0065-2504(08)60121-X)

- Harper, D. M., Smith, C. D., y Barham P. J. (1992). Habitat as the building blocks for river conservation assessment. In Boon, P. J., P. Calow y G. E. Petts (eds), River Conservation and Management. John Wiley y Sons Ltd., Chichester: 311–319.
- Harvey, G. L. y Clifford, N. J. (2008). Distribution of biologically functional habitats within a lowland river, United Kingdom. *Aquatic Ecosystem Health and Management* 11: 465–473.
- Hauer FR, Resh VH. (2007). Macroinvertebrates. *In* Hauer F.R., Lamberti G.A. Methods in stream ecology. Estados Unidos. Elsevier. pp. 435 – 463.
- Hoffman A, Hering D. (2000). Wood-associated macroinvertebrate fauna in central European streams. *International Review of Hydrobiology* 85: 25–48.
- Holzenthal, R. (1994). Orden Trichoptera. En: Solís, A. (Ed.). Las familias de insectos de Costa Rica. Derechos Reservados, Instituto Nacional de Biodiversidad, Costa Rica. Santo Domingo de Heredia, Heredia, Costa Rica. Fecha de consulta: Marzo 2017. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto83.html>.
- Izco, J., Barreno, E., Brugués, M., Costa, M., Devesa, J., Fernández, F., Gallardo, T., LLimona, X., Salvo, E., Talavera, S., y Valdés, B. (1997) Botánica. McGraw-Hill, Madrid, 781 pp, ISBN 84-486-0182-3
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos* 113:363-375.
- Jost, L. (2007). Partitioning diversity into independent alpha and beta components. *Ecology* 88:2427-2439.
- Jost, L. (2010). The relation between evenness and diversity. *Diversity* 2:207-232.
- Lancaster, J. (2000). Geometric scaling of microhabitat patches and their efficacy as refugia during disturbance. *Journal of Animal Ecology* 69:442-457.
- Lancaster, J., y Belyea, L. (1997). Nested hierarchies and scale-dependence of mechanisms of flow refugium use. *Journal of the North American Benthological Society* 16:221-238.
- Lancaster, J., y Hildrew, G. (1993a). Characterizing in-Stream Flow Refugia. *Canada Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. 50:1663-1675.

- Lassette, N. S., y Harris, R. R. (2001). The geomorphic and ecological influence of large woody debris in streams and rivers.
- Lemly AD y Hildebrand RH. (2000). Influence of large woody debris on stream insect communities and benthic detritus. *Hydrobiologia* 421: 179 – 185.
- Lenzi, MA., Comiti, F., Mao, L., Andreoli, A., Pecorari, E., y Rigon, E. (2006). El control de detritos leñosos y el manejo de la vegetación en el cauce. Padova, Italia. Universita' degli studi di Padova. 185 p.
- Leroy C y Marks J. (2006). Litter quality, stream characteristics and litter diversity influence decomposition rates and microinvertebrates. *Freshwater Biology* 51: 605 – 617.
- Machado, T y Rolodán, G., (1981). Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. *Actual. Biol.* 10 (35): 3-19.
- McCafferty, W. P. (1981). Aquatic Entomology. The Fishermen's and ecologists' illustrated guide to insects and their relatives. Science Books International, Boston. MA.,. 448 p.
- Mao, L., Burns, S., Comiti, F., Andreoli, A., Urciuolo, A., Gaviño-Novillo, M., Iturraspe, R., y Lenzi, MA. (2008). Acumulaciones de detritos leñosos en un cauce de montaña de Tierra del Fuego: análisis de la movilidad y de los efectos hidromorfológicos. *Bosque* 29 (3): 197-211.
- Melo, O. A. (2000). Evaluación ecológica y silvicultural de los fragmentos de vegetación secundaria, ubicados en áreas de bosque seco tropical en el norte del departamento del Tolima. Universidad del Tolima. Facultad de Ingeniería Forestal. Ibagué. 150 P.
- Melo Cruz O. A. y Vargas Ríos R. (2002), Evaluación ecológica y silvicultural de ecosistemas boscosos. Ibagué. Universidad del Tolima, CRQ, CARDER, CORPOCALDAS, CORTOLIMA, 8, 51 Y 84 p.
- Merritt, R. Y Cummins, K. (1996). Introducción a los Insectos Acuáticos de Norte América. Third Edition. United States of America : Kendall/Hunt Publishing Company. 862 p. ISBN 0-7872-3240-8

- Montgomery, D. R., Collins, B. D., Buffington, J. M., y Abbe, T. B. (2003). Geomorphic effects of wood in rivers. *Ecology and Management of Wood in World Rivers*, 37, 21–47.
- Montgomery, D. R., y Buffington, J. M. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. (U. d. Washington, Ed.) *Geological Society of América* (105), 596-611.
- Moreno C. E. (2001) Métodos para medir la biodiversidad, ORCYT-UNESCO Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe, UNESCO. Sociedad Entomológica Aragonesa (SEA), 26 p.
- Mott, N. (2005). Managing Woody Debris in Rivers and Streams. Retrieved from https://www.mendeley.com/research/managing-woody-debris-rivers-streams-managing-woody-debris-rivers-streams-booklet-aims-promote-best/?utm_source=desktop&utm_medium=1.14&utm_campaign=open_catalog&userDocumentId=%7B2ba1d614-0ba3-45bf-9a8b-59a19b812523%7D
- Motta Díaz, A.; Ortega Corredor, L.; Niño Fernández, Y.; Aranguren Riaño, N. (2016). Grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia). *Rev. U.D.C.A Act. y Div. Cient.* 19(2): 425-433.
- Magurran, A. E. 1988. Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Muñoz-Quesada, F. (1999). El género *Leptonema* (Trichoptera: Hydropsychidae) en Costa Rica, con la descripción de una nueva especie. *Revista de Biología Tropical*, 47(4), 959-1006. Retrieved July 28, 2017, from http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77441999000400032&lng=en&tlng=es.
- Mutz, M. (2010). Effects of hydromorphological integrity on biodiversity and functioning of river ecosystems. <http://doi.org/10.1007/s10750-009-0083-4>
- Naiman, R. J. y Décamps, H. (1997). The ecology of interfaces-riparian zones. *Annu. Rev. Ecol. Syst.* 28: 621–658.
- Negishi J, Richardson J. (2003). Responses of organic matter and macroinvertebrates to placements of boulder clusters in a small stream of

- southwestern British Columbia, Canada. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 60: 247 – 258.
- Ojasti J, Dallameier, F (editor). (2000). Manejo de Fauna Silvestre Neotropical. SI/MAB series 5. Smithsonian Institution/MAB Biodiversity Program, Washington D.C. 290 pag
- Orrock, J.L., Pagels, J.F., McShea, W.J., y Harper, E.K (2000) Predicting presence and abundance of a small mammal species: the effect of scale and resolution. *Ecological Applications*. 10 (5): 1356-1366.
- Ottoboni Segura, M., F. Valente-Neto y A. A. Fonseca-Gessner. (2011). Elmididae (Coleoptera, Byrrhoidea) larvae in the state of São Paulo, Brazil: Identification key, new records and distribution. *Zookeys* 151: 53-73.
- Perdomo, G. A y Gomes, M. M. Estatuto de aguas para el área de jurisdicción de la corporación autónoma regional del Tolima. 3° ed. Ibagué: CORTOLIMA, 2000. p. 21-28
- Pérez, G. R. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis.” Retrieved from https://books.google.com.co/books/about/Gu%C3%ADa_para_el_estudio_de_los_macroinvert.html?id=ltVgAAAAMAAJypgis=1
- Pérez, G. R., y Restrepo, J. J. R. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical*. Universidad de Antioquia. Retrieved from <https://books.google.com/books?id=FA5Jr7pXF1UCypgis=1>
- Pérez, A. y Rodriguez, A. (2008). Índices fisicoquímicos de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Rev. biol. trop.*
- Pérez, R., Pineda López, R., Campos, V. (2004). Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. *Revista Biologicas* edición No. 6.
- Pickett S.T.A. y White P.S. (1985). *The ecology of natural disturbance and patch dynamics*. Academic Press. San Diego, California, USA.

- Posada, G.J. y Roldán, G. 2003.-Clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el nor-occidente de Colombia. *Caldasia*, 25 (1): 169-192
- Pozo J, Elosegui A, Díez J, Molinero J. (2009). Dinámica y relevancia de la materia orgánica. *In* Elosegui, A.; Sabater, S. Conceptos y técnicas en ecología fluvial. España. Fundación BBVA. pp. 140 – 167.
- Reyes, A; Barroso, F; Carvajal, Y. (2010). Guía básica para la caracterización morfométrica de cuencas hidrográficas, Cali Valle del Cauca, editorial Universidad del Valle editorial, ISBN 978-958-670-855-5.
- Rio Henares.org (s.f). Disponible [on line] <http://www.riohenares.org/index.php/riohenares/calidad-de-las-aguas/39-turbidez.html>
- Rivera, R. (2004). Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los andes venezolanos: Tesis, Universidad de los Andes, Mérida.
- Rivera, J. J., Pinilla, G., y Camacho, D. L. (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos. *Acta Biológica Colombiana* 18, 279-292.
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia. p.216
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia, Pama Editores Ltda. Bogotá, Colombia. 217 pp
- Roldán, G., Posada, JA., y Gutierrez, JC.(2001) Estudio limnológico de los recursos hídricos del parque de Piedras Blancas. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales Colección Jorge Álvarez Lleras*, Bogotá D.C. p. 150.
- Roldán, G. y Ramírez, J. J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2da. Edición. Ed. Universidad de Antioquia, Medellín, 440p.
- Roni, P., Beechie, T., Pess, G., and Jordan, C. (2015). Basin scale monitoring of river restoration: recommendations from case studies in the Pacific Northwest, U.S.A. *American Fisheries Society Symposium* 78. In press.
- Rosenzweig, ML. (1981) A theory of hábitat selection. *Ecology*. 62 (2): 327-335

- Rutherford, I., Marsh, N., Price, Lovett, S. (2002). Managing woody debris in rivers, *Fact Sheet*, 16.
- Sarmiento, C., Cadena, C., Sarmiento, M., Zapata, J. y León, O. (2013). Aportes a la conservación estratégica de los páramos de Colombia: Actualización de la cartografía de los complejos de páramo a escala 1:100.000. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá, D.C. Colombia. 46 p.
- Scealy, J. A., S. J. Mika y A. J. Boulton, (2007). Aquatic macroinvertebrate communities on wood in an Australian lowland river: experimental assessment of the interactions of habitat, substrate complexity and retained organic matter. *Marine and Freshwater Research* 58: 153–165.
- Stewart, K.W. y Harper, P.P. (1996). Plecoptera. pp 262-266. In: Merrit, R. W. Y Cummins, K.W. (eds.) *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third Edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa.
- Sweeney, B.W. (1993). Effects of streamside vegetation on macroinvertebrates communities of White Clay Creek in esatem North America. Symposium at the Stroud Water Research Center. Proceedings of the Academy of Natural Sciences of Philadelphia. 144: 291-340.
- Tobón, C. (2009). Los bosques andinos y el agua. Serie investigación y sistematización #4. Programa Regional ECOBONA – INTERCOOPERATION, CONDESAN. Quito. 122p.
- Toledo, M., Salick, J., Liselle, B., y Jørgensen, P. (2005). Composición florística y usos de bosques secundarios en la provincia de Guarayos, Santa Cruz, Bolivia. *Revista Bolivariana de Ecología y Conservación*, 18, 1-16.
- Tomanova, S. y P. Usseglio-Polatera, (2007). Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationships to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology* 170: 243–255.
- Towsend, C., Scarsbrook, M., y Doledéc, S. (1997). Quantifying disturbance in streams: alternative measure of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. *Journal of the North American*

- Benthological Society 16:531-544.
- Ulloa, H., Iroumé, A., Lenzi, M., Andreoli, A., Álvarez, C y Barrera, V. (2010). Material leñoso de gran tamaño en dos cuencas de la Cordillera de la Costa de Chile con diferente historia de uso del suelo. *Bosque (Valdivia)*, 32(3), 235-245. <https://dx.doi.org/10.4067/S0717-92002011000300005>
- Van Damme, P. A., Hamel, C., Ayala, A., y Bervoets, L. (2008). *Macroinvertebrate community response to acid mine drainage in rivers of the High Andes (Bolivia)*. Environmental Pollution, Volume 156 , 1061-1068
- Vargas, O. J y Gómez, P. (2008). Rasgos De Historia De Vida De Especies Pioneras En La Reserva Natural Ibanasca (Ibagué, Tolima, Colombia). En: Barrera, J.I., Aguilar, M & D.C. Rondón. 2008. Experiencias de Restauración Ecológica en Colombia “entre la sucesión y los disturbios”. Escuela de Restauración Ecológica (ERE) y Universidad Javeriana. 89 p.
- Vera, M.A. (2012). Influencia del material leñoso en la retención de materia orgánica y en la diversidad de comunidades bentónicas en un arroyo de la Cordillera de la Costa, en Chaihuín, Chile. Tesis de pregrado. Universidad Austral de Chile. Valdivia.
- Vilches, B., Chazdon, R.L., y Milla, V. (2008). Dinámica de la regeneración natural en cuatro bosques secundarios tropicales de la región de Huertar Norte, Costa Rica: su valor para la conservación o uso comercial. *Recursos Naturales y Ambiente*, 55: 118-128.
- Villareal, H., M. Álvarez, S., Córdoba, F., Escobar, G., Fagua, F.Gast, H., Mendoza, M., Ospina y A.M. Umaña.(2004). Manual de métodos para el desarrollo de inventarios de biodiversidad. Programa de Inventarios de Biodiversidad. Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humbolt. Bogotá, Colombia. 236 p.
- Walteros-Rodríguez J. M., Castaño Rojas, J. M. y Marulanda Gómez, J. H. (2016). Ensamble de macroinvertebrados acuáticos y estado ecológico de la microcuenca Dalí-Otún, Departamento de Risaralda, Colombia. *Hidrobiológica* 26 (3): 359-371.

- Wentworth C. (1992). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Geology* 30: 377-392
- Yepes, A.P., del Valle, J.I., Jaramillo, S.L., y Orrego, S.A. (2010). Recuperación estructural en bosques sucesionales andinos de Porce (Antioquia, Colombia). *Revista de Biología Tropical*, 58, 427-445.
- Zúñiga, M. del C.; Molineri, C. y Domínguez, E. (2004).-El orden Ephemeroptera (Insecta) en Colombia: 17-42. (en) Fernández, F.; Andrade, G. & Amat, G. (eds.) *Insectos de Colombia*, Vol. 3. Universidad Nacional de Colombia, Santafé de Bogotá.

ANEXOS

Anexo 1. Puntos de muestreados en 1,5 Km de la quebrada La Viuda.



Punto 1.



Punto 2.



Punto 3.



Punto 4.



Punto 5.



Punto 6.



Punto 7.



Punto 8.



Punto 9.

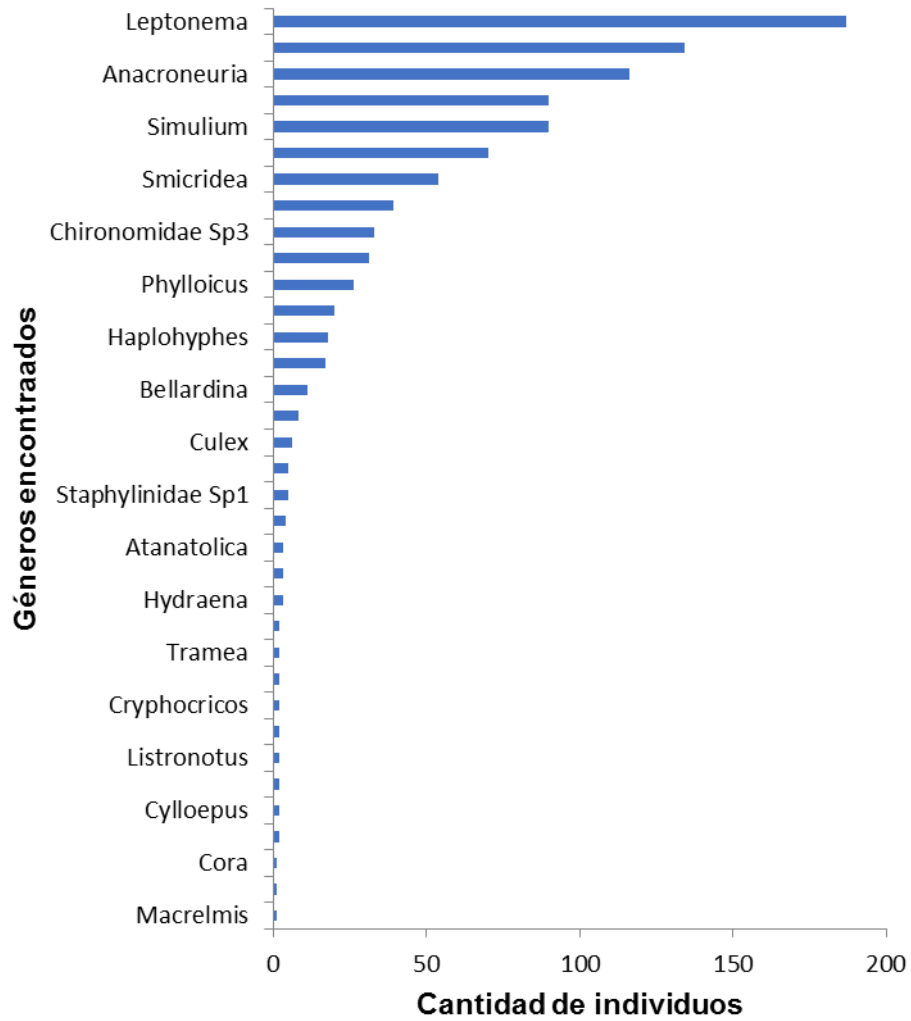


Punto 10.

Anexo 2. Formato de recolección de información sobre la madera de gran tamaño.

Q. La Viuda		Canal		Margen		Número	
Coordenadas		Norte					
		Oeste					
Tipo	Tronco		orientación con respecto al flujo	paralelo	Longitud		
	raíces			ortogonal	Diámetro		
	tronco con raíces			oblicuo			
Estado de decaimiento		Alto	Origen	erosión de márgenes			
		Medio		deslizamiento de las laderas adyacentes			
		Bajo		mortalidad natural			
				transportado por la corriente			
Posición (<i>log-step</i>)		en el canal					
		en el canal a cauce lleno					
		suspendido formando un puente sobre el canal					
		en las márgenes inundables					
Microhábitat		Poza		acumulación de hojarasca			
		Rápidos		musgos sobre roca			
		Cascadas		gravas			
		arenas		Otro			
Observaciones:							

Anexo 3. Abundancia de géneros de macroinvertebrados en la quebrada La Viuda, Cajibío.



Anexo 4. Promedio de la fisicoquímica del agua en los puntos de muestreo de la quebrada La Viuda, Cajibío.

Punto	Microhábitat	Temperatura °C	pH	Oxígeno disuelto mg/L	Turbiedad UNF	Conductividad µS/cm	Dureza mg/L CaCO ₃	Sulfatos mg/L	Cloruros mg/L
1	Acumulación de hojarasca	17,2	7,5	7,4	9,9	25	9,8	4,1	2,7
2	Musgo	17,7	6,8	7,5	10,6	25,5	10	3,4	2,7
3	Acumulación de hojarasca	17,7	7,3	7,4	10,3	29,4	10,1	3,2	2,7
4	Arena	18	7,6	7,4	10,1	24,6	9,9	3,5	2,7
5	Rocas	18,8	7,4	7,3	10,1	24,3	10,3	3,9	2,7
6	Rocas	18,2	7,2	7,4	9,9	24,4	10,2	4	2,6
7	Limo	18,1	7,3	7,3	10,1	23,3	10	4	2,7
8	Acumulación de hojarasca	18,2	7,4	7,4	9,7	20,1	10,2	4	2,8
9	Arcilla	18,4	7,3	7,4	9,5	20	10,1	4,3	2,8
10	Acumulación de hojarasca	18,4	7,3	7,4	9,6	20	9,8	4,5	2,7
Promedio		18,1	7,3	7,4	10	23,6	10	3,9	2,7

