

Oferta de microhábitats para macroinvertebrados acuáticos a partir de restos de madera en la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca (Colombia)

James Fabián Rodríguez Ruiz¹  

María Cristina Gallego Roper²  

Joserra Diez López³  

Recibido: 29/07/2025 Aceptado: 30/08/2025 Actualizado: 19/12/2025

DOI: 10.17151/luaz.2025.61.14

Resumen

El municipio de Cajibío, en el departamento del Cauca, enfrenta procesos de deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas, como quemas de bosque natural y la llamada “limpieza” de ríos y quebradas, en la que se retira la madera del cauce. Estas acciones desconocen la importancia del material leñoso de gran tamaño LWD (por sus siglas en inglés, Large Woody Debris) como un componente clave en la dinámica ecológica de los cursos de agua. Ante ese escenario, el estudio se propuso evaluar la influencia del LWD, aportado por los bosques riparios, en la generación de microhábitats para la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Viuda del municipio de Cajibío.

El estudio se caracterizó, en un tramo de 1,5 Km, la madera distribuida de forma individual y como acumulaciones, en el cauce y sus márgenes inundables, evaluando la oferta de microhábitats a partir del LWD en diez puntos de muestreo, determinando la composición y estructura de la comunidad macroinvertebrados en los microhábitats encontrados y registrando variables fisicoquímicas en el agua.

Se obtuvo un volumen de madera total de 154,6 m³, en 105 puntos de muestreo se caracterizaron seis microhábitats, donde la acumulación de hojarasca fue la más representativa; se reportó un total de 1128 individuos de nueve órdenes, 27 familias, 35 géneros y nueve grupos tróficos. Con los datos obtenidos se pudo inferir que el LWD juega un papel importante como generador de microhábitats para macroinvertebrados acuáticos, beneficiando positivamente su riqueza y abundancia.

Palabras clave: bosque ripario, grupos tróficos, LWD (fuente: *Tesaurus USGS, UNESCO y AGROVOC*)

Abstract

The municipality of Cajibío, in the department of Cauca, faces deforestation and inappropriate agricultural practices, such as burning natural forests and the so-called “cleaning” of rivers and streams, in which wood is removed from the riverbed. These actions ignore the importance of large woody debris (LWD), which is a key component in the ecological dynamics of watercourses. Given this scenario, the study set out to evaluate the influence of LWD, provided by riparian forests, on the generation of microhabitats for the aquatic macroinvertebrate community in the La Viuda stream in the municipality of Cajibío.

The study characterized, over a 1,5 km stretch, the wood distributed individually and as accumulations in the channel and its floodplains, evaluating the supply of microhabitats from LWD at ten sampling points, determining the composition and structure of the macroinvertebrate community in the microhabitats found, and recording physicochemical variables in the water.

A total wood volume of 154,6 m³ was obtained; six microhabitats were characterized at 105 sampling points, where leaf litter accumulation was the most representative; a total of 1128 individuals from nine orders, 27 families, 35 genera, and nine trophic groups were reported. The data obtained allowed us to infer that LWD plays an important role as a generator of microhabitats for aquatic macroinvertebrates, positively benefiting their richness and abundance.

Key words: riparian forest, trophic groups, LWD (source: *USGS Thesaurus, UNESCO, and AGROVOC*).

Introducción

En Colombia, los ecosistemas terrestres y acuáticos enfrentan una presión significativa debido a la expansión de la frontera agrícola, la ganadería extensiva y los incendios forestales. Esta degradación ambiental ha llevado a la pérdida de funciones ecológicas, hábitats, microhábitats y especies de flora y fauna (García, 2012). El municipio de Cajibío, ubicado en el departamento del Cauca, no es una excepción a esta problemática, ya que enfrenta desafíos relacionados con la deforestación y prácticas agrícolas inadecuadas, como la quema de bosques y la contaminación de fuentes hídricas con desechos químicos (Corporación Autónoma Regional del Cauca [CRC], 2002). Además, la remoción de madera de los ríos y quebradas es una práctica común en la región, debido al

desconocimiento de la importancia ecológica e hidrológica de los restos de madera de gran tamaño LWD, que incluye árboles completos, troncos, tocones, raíces y ramas con un diámetro igual o mayor a 10 cm y una longitud mínima de 1 m (Gregory et al., 2003). El LWD interactúa directamente con el agua, el sedimento y los organismos del cauce, y puede encontrarse como elementos individuales o acumulaciones a lo largo del río (Bilby y Likens, 1980; Mott, 2006).

A pesar de la importancia ecológica del LWD, su contribución positiva ha sido subestimada e incluso ignorada, mientras que los impactos en el flujo del agua y la erosión, han sido malinterpretados o exagerados (Cranston y McKie, 2006), así como, su influencia directa en la forma, profundidad y flujo del agua en los ríos, y los beneficios ecológicos significativos (Gregory et al., 2003). También proporciona complejidad a los cauces al obstruir el flujo, almacenar y distribuir sedimentos, y crear nuevos hábitats, que pueden albergar una amplia gama de organismos en diferentes etapas de su ciclo de vida (Gurnell et al., 2002).

El objetivo de este estudio fue investigar la relación entre el LWD, la formación de microhábitats y su impacto en la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío, departamento del Cauca, Colombia, a fin de tener un primer acercamiento para la comprensión de esta relación ecológica en fuentes lólicas en el territorio.

Materiales y métodos

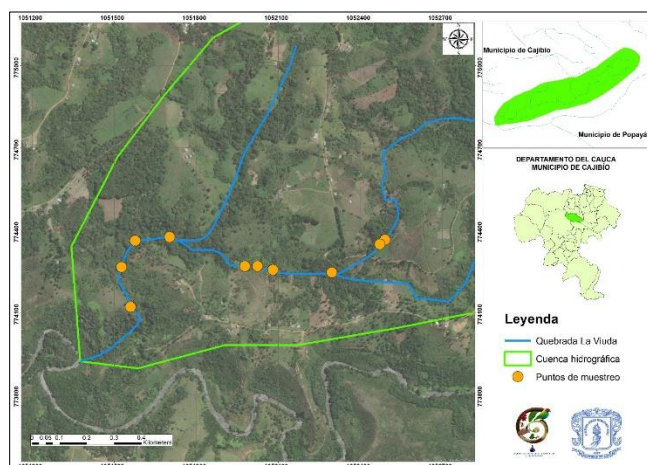
La quebrada La Viuda está ubicada en la vereda Siloé, municipio de Cajibío, en el departamento del Cauca ([Figura 1](#)). Se encuentra a una altitud promedio de 1650 m, con clima templado húmedo, temperatura media anual que varía entre 16 °C y 23 °C, y precipitación media anual que oscila entre 1200 y 1920 mm. La región experimenta dos períodos lluviosos, el primero de febrero a mayo y el segundo de octubre a diciembre; por esta razón, el muestreo se realizó entre julio y diciembre de 2016, abarcando meses de menor precipitación (julio–septiembre) y un período lluvioso (octubre–diciembre). Esto permitió registrar la dinámica de la madera bajo condiciones hidrológicas contrastantes, sin la influencia de eventos extremos de creciente o sequía prolongada.

Los suelos predominantes son profundos a muy profundos, con un drenaje moderadamente bueno a excesivo, y el uso principal del suelo es agrícola (CRC, 2002). Para este estudio, se seleccionó, en conjunto con la comunidad de la zona, un tramo de 1,5 km de la quebrada La Viuda, dado que este tramo se encuentra dentro de un proyecto de aviturismo y la información generada es de su interés.

Con la información recopilada en campo, se determinó que la microcuenca es alargada, con una forma ovalada oblonga a rectangular oblonga, y se reporta un volumen promedio de agua de 13,24 m³/s ([Figura 1](#)).

El bosque ribereño asociado a la quebrada se encuentra en un estado sucesional secundario y presenta un buen estado de conservación. Entre las especies forestales más representativas se encuentran el Cafesillo (*Lacistema agregatum*), Cascarillo (*Ladenbergia oblongifolia*), Arrayán (*Myrcia popayanensis*) y Jigua amarillo (*Nectandra reticulata*).

Figura 1. Ubicación de la zona de estudio en la vereda La Viuda municipio de Cajibío, en el Departamento del Cauca



Fuente: elaboración propia.

Sobre el tramo fluvial de 1,5 Km, se realizó la medición del LWD presente en el cauce utilizando una cinta métrica, y siguiendo la metodología propuesta por Andreoli et al. (2007), se registraron las siguientes variables para cada trozo de madera: tipo (tronco, raíz, tronco con raíces unidas), orientación con respecto al flujo (paralelo, ortogonal, oblicuo), estado de decaimiento (bajo, medio, alto), origen (erosión de márgenes, deslizamiento de laderas adyacentes, mortalidad natural, transporte por la corriente) y posición (en el canal a cauce lleno, suspendido formando un puente sobre el cauce activo, depositado en las márgenes inundables).

El volumen (V) de cada elemento leñoso se calculó utilizando el diámetro medio (d) y la longitud media (L), asumiendo una forma cilíndrica sólida o de paralelepípedo. La ecuación utilizada fue $V = \pi d^2 L / 4$. Para las raíces, el volumen se estimó como el de un cilindro con un diámetro igual a la sección del tallo y una altura igual a la longitud de las raíces, sin tener en cuenta su biomasa. Para

las acumulaciones de LWD, se sumaron los volúmenes de las piezas que las componían o se estimaron con base en sus dimensiones, asumiendo una forma de paralelepípedo cuando no era posible contar todas las piezas (Ulloa et al., 2010). Del total de puntos encontrados con presencia de madera, se seleccionaron al azar diez para evaluar los siguientes componentes:

Granulometría: se estimó utilizando la escala propuesta por Wentworth (1992) y se evaluó la composición granulométrica del sustrato en campo, considerando las categorías de limo-arcilla, arena y grava.

Determinación de microhábitats: se caracterizaron los microhábitats presentes mediante observación visual, teniendo en cuenta sustratos como musgo, limo, arcilla, arenas, rocas y acumulación de hojarasca. Se consideró que el sustrato predominante debía tener una cobertura del 60 % o más (Cortés-Guzmán y Ospina-Torres, 2014).

Macroinvertebrados: se realizó una colecta manual (usando pinzas entomológicas y pinceles) durante 15 minutos en un área de 1 m². Dadas las condiciones específicas del cauce como su alta complejidad estructural, la aplicación de métodos estandarizados como la Red Surber o la jama acuática no resultaba viable. Por ello, la colecta manual permitió acceder de manera directa a los diferentes microhábitats presentes (rocas, ramas sumergidas, troncos, hojarasca y otros sustratos), garantizando una representatividad adecuada de la comunidad. El material biológico recolectado se depositó en frascos con alcohol al 80 %, se rotuló y se transportó al laboratorio de Entomología de la Universidad del Cauca para su identificación, utilizando principalmente la Guía para el estudio de los *macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia de Roldán* (1996), y con la obra de Domínguez y Fernández (2009). Adicionalmente mediante información secundaria se caracterizó el grupo dietario.

Fisicoquímica del agua: se determinaron los parámetros fisicoquímicos utilizando métodos espectrofotométricos y potenciométricos estándar, y se midió la turbidez, dureza total, cloruros, sulfatos, pH, oxígeno disuelto, temperatura del agua y conductividad, con una sonda multiparamétrica YSI y kits de análisis Aquamerck y Aquaquant de Merck. La planificación, recolección y manejo de las muestras se realizaron siguiendo la norma colombiana NTC-ISO 5667-1 (Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación [ICONTEC], 2010), lo que asegura el rigor y la comparabilidad de la metodología aplicada.

Los parámetros fisicoquímicos se midieron en los diferentes microhábitats de cada punto (hojarasca, rocas, arena, limo, arcilla, musgo), con el fin de captar las variaciones locales en flujo, oxigenación y retención de materia orgánica, que influyen directamente en la distribución y abundancia de macroinvertebrados acuáticos.

Análisis de datos: los datos se analizaron de manera cuantitativa utilizando los programas *EstimateS* (Colwell, 2013), *PAST* (Hammer et al., 2001) y *Statgraphics* (Statgraphics Technologies Inc., 2016). Para los macroinvertebrados acuáticos se calcularon los índices de Shannon y Wiener (1949), el número efectivo de especies de Jost (2006), se aplicó el estimador Chao1 (Chao, 1984) para evaluar la riqueza y la eficiencia del muestreo, ya que la colecta manual puede generar sesgos en la captura y representatividad de los microhábitats, por lo que era necesario verificar si la riqueza observada reflejaba adecuadamente la comunidad. La similitud de Bray y Curtis (1957) a través de *PAST* y *EstimateS*. En el caso de la madera leñosa grande (LWD), los parámetros de volumen y densidad se evaluaron mediante estadística descriptiva y comparativa en *Statgraphics*. Finalmente, para las variables fisicoquímicas se aplicó un análisis de componentes principales (ACP) en *Statgraphics*, con el fin de explorar patrones de variación multivariada.

Resultados y discusión

Material leñoso de gran tamaño

En el tramo delimitado se encontraron y marcaron un total de 105 puntos con presencia de LWD, lo que equivale a encontrar en promedio una pieza de madera cada 14,3 m. El volumen total de madera fue de 154,6 m³ (135,57 m³/ha), lo que resultó en una densidad media de 103,1 m³/km. Los diámetros del LWD variaron entre 0,3 y 1,4 m, con una media de 0,6 m. Las longitudes de los trozos de madera oscilaron entre 1,6 y 20 m, con un promedio de 4,8 m. Estos datos 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). Para la disposición, se observó que el 67,62 % de la madera se distribuía de forma individual y solo el 32,38 % estaba como acumulación, a pesar de que otras investigaciones reportaron una mayor proporción de acumulaciones (Andreoli et al., 2007; Ulloa et al., 2010), este patrón tiene implicaciones ecológicas ya que la madera individual puede generar microhábitats puntuales que sirven de refugio para peces e invertebrados y retienen hojarasca y sedimentos de forma localizada, en cambio, las acumulaciones forman estructuras más complejas que regulan el flujo, concentran nutrientes y ofrecen refugios más estables. El predominio

de piezas individuales en la quebrada La Viuda sugiere procesos de retención más dispersos y hábitats de menor complejidad estructural que en sistemas donde predominan las acumulaciones.

En cuanto a los diez puntos de muestreo seleccionados, se observó que el punto ocho presentó la mayor cantidad de madera, con un volumen de 18,01 m³, lo que representa el 66,9 % del total; y el punto 2 registró la menor cantidad de madera, con un volumen de 0,26 m³, que corresponde al 1 % de la muestra ([Tabla 1](#)), lo que se explica porque la diferencia entre los tamaños de los puntos de muestreo (4,8–27,74 m²) efectivamente influye en los valores absolutos de volumen de madera, ya que a mayor superficie muestreada tiende a registrarse un mayor volumen. No obstante, este efecto queda corregido al expresar los resultados en términos de densidad (m³/m²), que normaliza los datos frente al área y permite comparaciones más robustas entre sitios. La dispersión de los datos, acentuada por un valor atípico (Punto 8), resalta la importancia de utilizar la desviación estándar como complemento, para diferenciar entre variaciones propias de la estructura de la madera y las derivadas del tamaño del área muestreada.

Tabla 1. *Volumen y densidad de madera encontrados en los 10 puntos de muestreo a lo largo del tramo de la quebrada La Viuda, Cajibío*

Punto de muestreo	Área del punto (m ²)	Volumen de madera (m ³)	Densidad (m ³ /m ²)
1	16,1	1,1	0,06
2	10,2	0,3	0,03
3	16,96	0,4	0,02
4	4,8	0,5	0,11
5	25,74	2,9	0,11
6	21,2	1,1	0,02
7	8,4	1,0	0,12
8	13,3	18,0	1,35
9	16	1,3	0,08
10	21,7	0,4	0,02
Promedio	15,4	2,7	0,191

Fuente: elaboración propia.

En cuanto al tipo de madera, el mayor porcentaje (87 %) correspondió a troncos y no se encontró ningún individuo del tipo raíces ([Figura 2a](#)). Estos resultados son similares a los reportados por Ulloa et al. (2010), en el río Vuelta de Zorra, donde el 90,5 % correspondió a troncos sin raíces. Este predominio de troncos refleja aportes más estables y duraderos al cauce, que ofrecen sustrato para la biota acuática y la ausencia de raíces sugiere baja erosión de márgenes y que la principal vía de incorporación de madera es la caída directa desde la ribera.

En 88 % de los elementos presentaba un porcentaje de decaimiento bajo ([Figura 2b](#)), en contraste con lo encontrado por Andreoli et al. (2007), donde solo el 2 % presentaba un grado de decaimiento bajo, estos valores sugieren que la madera es relativamente reciente o de alta dureza y mayor diámetro, con mayor integridad estructural y tiempo de residencia como sustrato estable, condición que permite la colonización de perifiton y macroinvertebrados xilófilos.

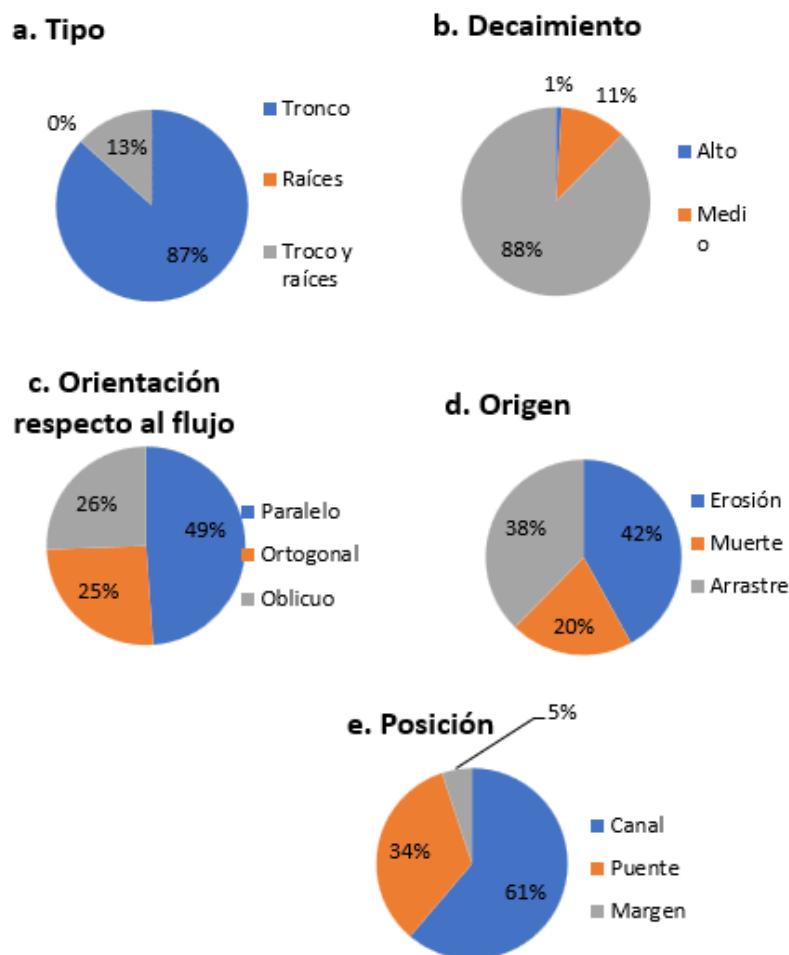
En relación a la orientación de las piezas de madera, se observó una dominancia de la categoría paralela al flujo, seguida de ortogonal y oblicua ([Figura 2c](#)), resultados similares a los obtenidos por Ulloa et al. (2010) en los ríos Pichún y Vuelta de Zorra, y por Baillie et al. (2008) en el río Whirinaki en Nueva Zelanda, la disposición paralela influye en la dinámica hidrológica y puede favorecer la permanencia de la madera en el cauce e influir en la disponibilidad de refugios y zonas de retención de materia orgánica para la biota acuática.

La erosión y el arrastre se identificaron como las principales causas de incorporación de madera en el río ([Figura 2d](#)). Este resultado difiere de lo reportado por Ulloa et al. (2010) en el río Vuelta de Zorra (64 % de arrastre) y por Andreoli et al. (2007) en el río Tres Arroyos (88 % de arrastre), ambos en Chile. Estas diferencias pueden estar relacionadas con las condiciones ecológicas de los sistemas evaluados: los ríos chilenos presentan mayores pendientes y eventos de crecida más intensos que favorecen el arrastre, mientras que en nuestro caso la dinámica de caudal y los procesos de erosión de orilla explican la importancia conjunta de arrastre y erosión, desde el punto de vista ecológico, podría influir en la entrada de madera más estable y con mayor permanencia, lo que favorece la formación de microhábitats persistentes para macroinvertebrados y peces, además de una retención más localizada de sedimentos y materia orgánica.

En la posición de los LWD, la mayor cantidad de madera se encontró en el canal activo (61 %), y la menor en los márgenes (5 %) ([Figura 2e](#)). Estos resultados difieren de los reportados por Andreoli et al. (2007), que reportaron más del 50 % del material leñoso en los márgenes y 23 % en el canal activo. Sin embargo, son comparables con los hallazgos de Mao et al. (2008), donde el 83 % de la

madera se localizó dentro del canal activo. La presencia del LWD en el canal activo implica una mayor interacción con el flujo, lo que puede favorecer la retención de sedimentos y hojarasca y la creación de refugios para peces e invertebrados.

Figura 2. Variables medidas en los 105 puntos con LWD encontrados en el tramo de 1,5 km en la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca.



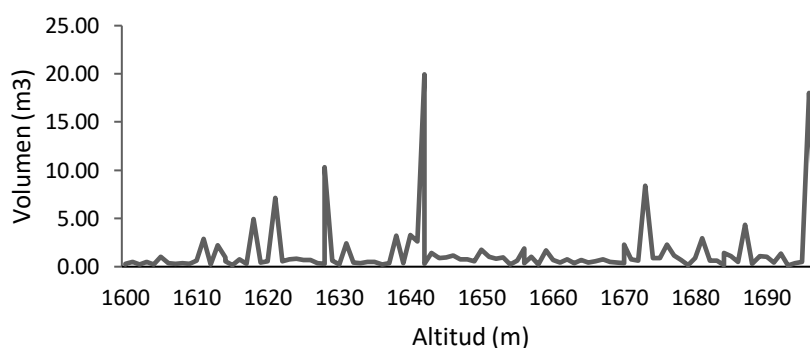
Nota. a. Tipo; b. Decaimiento; c. Orientación respecto al flujo; d. Origen; e. Posición. Fuente: elaboración propia.

La distribución de la madera a lo largo de la quebrada La Viuda presentó puntos con mayor volumen cercanos a 20 m³ en torno a los 1640 m y de 18 m³ hacia los 1695 m, mientras que los menores valores (<1 m³) se concentraron entre 1600–1610 m y 1650–1670 m (Figura 3), lo que se puede explicar por la forma oval-oblonga o rectangular-oblonga de la cuenca, que no concentra fuertes

volúmenes de agua, evitando inundaciones y crecientes (Gonzáles, 2008). No se observa una tendencia definida con la altitud, lo que diferencia estos patrones espaciales del volumen total reportado en la [Tabla 1](#).

La torrencialidad es muy baja o nula, lo que permite que la madera permanezca en el sitio donde cayó, creando microhábitats estables para la fauna acuática, a menos que sean transportados por otros agentes (Lemly y Hilderbrand, 2000), teniendo en cuenta que el muestreo se realizó entre julio y diciembre de 2016, período que incluyó una fase de menor precipitación (julio–septiembre) y la época de mayor pluviosidad (octubre–diciembre), fue posible registrar la dinámica del cauce bajo diferentes condiciones hidrológicas locales. Si bien los eventos extremos de lluvia pueden generar movilización puntual de la madera, el volumen promedio del agua registrado durante el muestreo respalda la permanencia relativa del material en el tramo evaluado y la madera, al mantenerse en el tiempo, influye en la morfología del canal y genera una variedad de formas en el lecho, como rápidos, pozas y remansos, que aumentan la diversidad de microhábitats y de macroinvertebrados (Elosegi y Sabater, 2009).

Figura 3. *Volumen de madera en la quebrada La Viuda a través del gradiente altitudinal, Cajibío, Cauca*

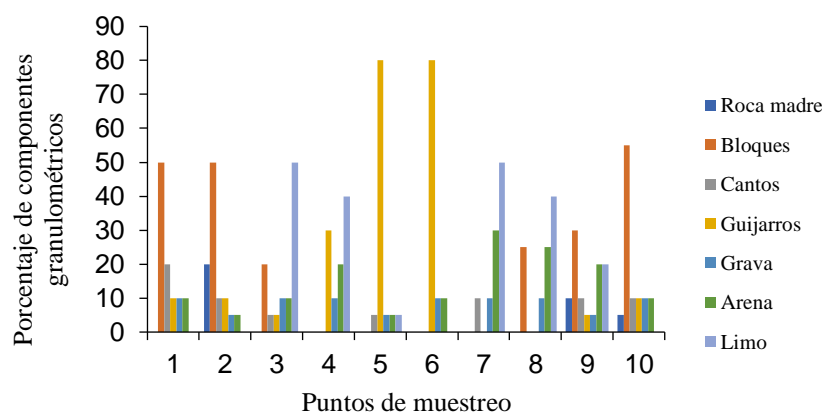


Fuente: elaboración propia.

La abundancia y distribución de la madera de gran tamaño en los ríos naturales depende de factores como la estructura de la vegetación de las riberas, el mecanismo de entrada dominante, el tamaño del cauce y la potencia hidráulica del río (Bilby y Ward, 1989). Además, se debe tener en cuenta que los factores que contribuyen a la presencia de material leñoso en el cauce pueden variar según el ámbito climático-geográfico y pueden incluir procesos biológicos, no biológicos y acciones antrópicas (Andreoli et al., 2007).

Granulometría: la composición granulométrica en los puntos de muestreo, tuvo una distribución heterogénea con mayores porcentajes para guijarros, bloques y limo en algunos de los puntos de muestreo ([Figura 4](#)).

Figura 4. Distribución porcentual de componentes granulométricos por cada punto de muestreo en la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío (Cauca)



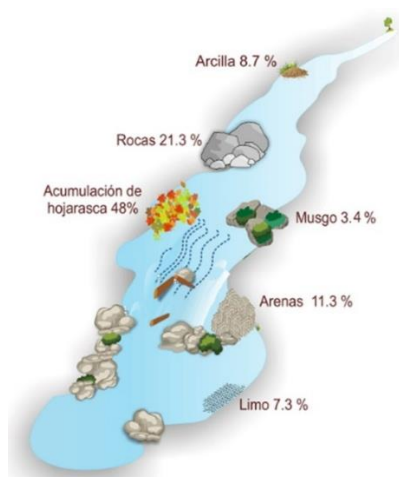
Fuente: elaboración propia.

La determinación del tipo de sustrato en un lecho es crucial para la flora marginal y la fauna bentónica específica (Roldán y Ramírez, 2008). los lechos rocosos y pedregosos, libres de contaminación, albergan una fauna diversa y acumulan residuos vegetales que aumentan la diversidad; los fondos arenosos albergan pocas especies y baja abundancia, mientras que los sustratos pedregosos en zonas de rápidos tienen una fauna menos diversa que los rocosos, y los sustratos con hojarasca, al ofrecer más recursos, presentan alta riqueza de especies y mayor densidad de organismos (Rivera, 2004; Burdet y Watts, 2009).

Microhábitats: se caracterizaron seis microhábitats distribuidos a lo largo del tramo evaluado, siendo la acumulación de hojarasca con el 48 %, el más representativo ([Figura 5](#)), un porcentaje notablemente superior al de los demás y aproximadamente el doble del microhábitat de rocas que le sigue en importancia. Estos microhábitats están influenciados por los cambios de caudal, que generan perturbaciones, afectan la disponibilidad de recursos y conducen a la distribución de la biota en parches dentro del río. La presencia de diversos microhábitats proporciona a los organismos la posibilidad de subsistir y recolonizar zonas afectadas por las perturbaciones,

asegurando la persistencia local de las especies (Lancaster y Hildrew, 1993a; Lancaster y Belyea, 1997; Townsend et al., 1997).

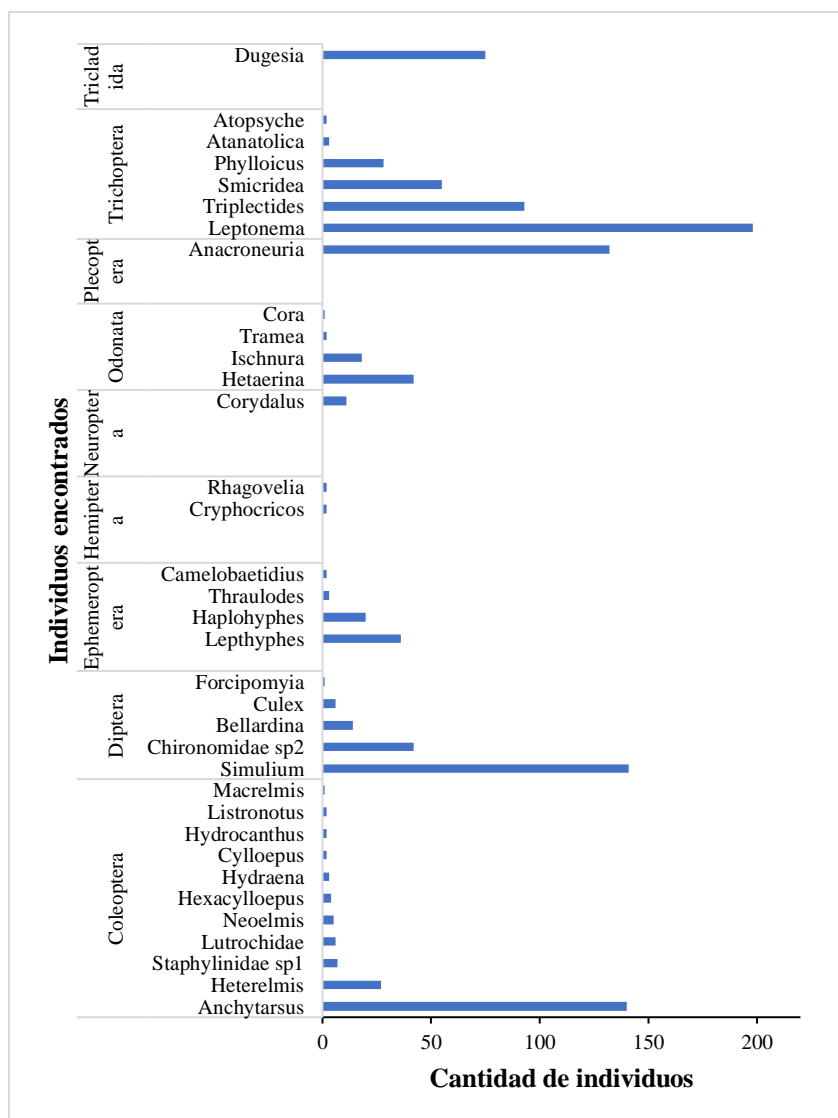
Figura 5. *Microhábitats identificados a lo largo del tramo de la quebrada la Viuda, municipio de Cajibío (Cauca)*



Fuente: elaboración propia.

Macroinvertebrados acuáticos: Se recolectaron un total de 1128 individuos de nueve órdenes, 27 familias y 35 géneros, el orden Coleoptera fue el mejor representado con 7 familias y 11 especies. Los órdenes Trichoptera, Díptera y Coleoptera fueron los más abundantes ([Figura 6](#)), lo cual es consistente con lo esperado en un sistema lótico, ya que estos grupos son característicos de ambientes con corrientes de agua.

Figura 6. *Riqueza y abundancia de macroinvertebrados registrados en la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío (Cauca)*



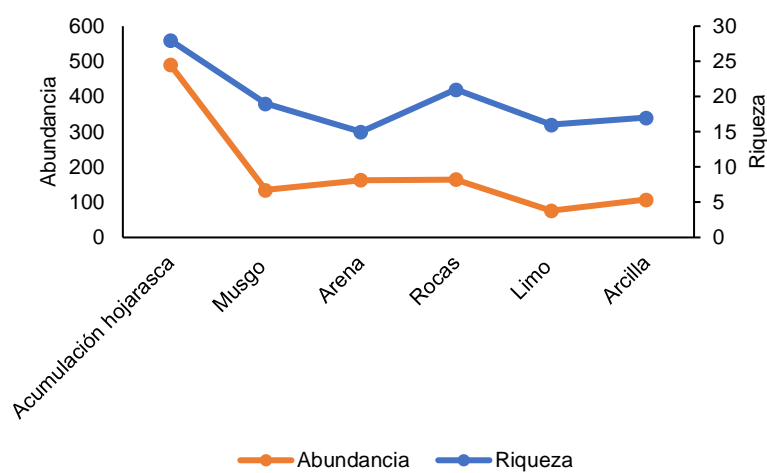
Fuente: elaboración propia.

Se encontró que los taxa *Anacroneuria*, *Anchytarsus*, *Hetaerina* y *Leptonema* estuvieron presentes en todos los microhábitats evaluados a lo largo de todo el tramo de la quebrada, los demás grupos se registraron con densidades bajas o de forma ocasional.

El microhábitat de acumulación de hojarasca registró la mayor abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos con 27 géneros ([Figura 7](#)), siendo los más representativos *Leptonema*, *Anchytarsus* y *Anacroneuria*. Este resultado guarda relación con el hecho de que la hojarasca también fue el microhábitat con mayor porcentaje en el estudio, lo que resalta su importancia como sustrato clave para el ensamble de la comunidad. Además, se encontraron seis géneros exclusivos en el microhábitat de hojarasca: *Hydraena*, *Thraulodes*, *Cylloepus*, *Cryphocricos*,

Rhagovelia y *Cora*. En contraste, el microhábitat de limo presentó la menor riqueza con 14 géneros, siendo *Triplectides* y *Leptonema* los más representativos, además, la presencia de *Leptonema* en ambos microhábitats resulta relevante, ya que sugiere una amplia tolerancia ecológica y capacidad para colonizar sustratos diferentes.

Figura 7. Riqueza y Abundancia de macroinvertebrados por cada microhábitat identificados en la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío (Cauca)



Fuente: elaboración propia.

En relación con los gremios tróficos, se identificaron nueve categorías ([Tabla 2](#)), que representan la distribución de las estrategias alimentarias de los macroinvertebrados en el ecosistema acuático: depredador (31,4 %), fragmentador (17,1 %), colector (11,4 %), colector-fragmentador (11,4 %), colector-raspador (11,4 %), colector-recolector (8,6 %), colector-filtrador (2,9 %), omnívoro (2,9 %) y raspador (2,9 %).

Tabla 2. Grupos tróficos de los macroinvertebrados presentes en la quebrada La Viuda, Cajibío

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

Orden	Familia	Género	Gremio trófico
	Hydraenidae	<i>Hydraena</i>	Colector - Raspador ¹
	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i>	Raspador ¹
	Noteridae	<i>Hydrocanthus</i>	Depredador ¹
	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus</i>	Fragmentador ³
	Staphylinidae	sp.1	Depredador ⁵
Díptera	Ceratopogonidae	<i>Forcipomyia</i>	Depredador ¹
	Chironomidae	sp.2	Colector - Raspador ²
	Culicidae	<i>Culex</i>	Colector - fragmentador ²
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	colector - filtrador ³
	Tipulidae	<i>Tipula</i>	Colector - fragmentador ²
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

Fuente: elaboración a partir de 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)

Estudios realizados en las quebradas Zarapanga y Clarete, en el municipio de Popayán, con condiciones biofísicas similares a las de la quebrada La Viuda, con muestreos durante seis meses, reportaron menores valores de riqueza: 10 órdenes, 21 familias, 23 géneros (Güiza, 2012), lo que sugiere que los LWD podrían favorecer la formación de microhábitats más diversos, contribuyendo directa e indirectamente como fuente de alimento y refugio para algunas especies (Gurnell et al., 2002). Además, se observó la exclusividad de los géneros *Macrelmis* sp (Coleóptera) en el microhábitat de rocas y *Cora* sp (Odonata) en la acumulación de hojarasca, sugiriendo que el sustrato rocoso junto con el LWD contribuye a generar ambientes altamente conservados, ya que estos organismos son poco tolerantes a la contaminación (Domínguez y Fernández, 2009).

Fisicoquímica del agua: de acuerdo con los datos obtenidos ([Tabla 3](#)), la temperatura promedio fue de 18,1°C que es adecuada para la mayoría de las especies acuáticas en climas templados (Roldán et al., 2001), el pH osciló entre 6,8 y 7,6, valores esperados en ríos y cuerpos de agua naturales, los cuales están influenciados por procesos biogeoquímicos como la fotosíntesis, la respiración, y la interacción con minerales disueltos, lo que la convierte en un rango favorable para la biota acuática (Wetzel, 2001). El oxígeno disuelto promedio fue de 7,4 mg/L, indicando que hay suficiente oxígeno para soportar una vida acuática saludable (Pérez y Rodríguez, 2008).

La turbiedad media fue de 10 UNF, lo que refleja condiciones de agua moderadamente clara, en las cuales las partículas suspendidas no alcanzan niveles críticos que comprometan significativamente la calidad del hábitat acuático (Davies-Colley y Smith, 2001). La conductividad, con valores entre 20 μ S/cm y 29,4 μ S/cm, sugiere una baja presencia de sales y minerales (Roldán et al., 2001). La dureza total promedio fue de 10 mg/L, indicando una concentración moderada de minerales disueltos. Los valores de cloruros variaron entre 2,7 mg/L y 4,5 mg/L, y los sulfatos estuvieron en el rango de 3,2 mg/L a 4,5 mg/L que indicaron una baja concentración, lo que es típico en aguas no contaminadas (Roldán y Ramírez, 2008).

Tabla 3. *Fisicoquímica del agua en la quebrada La Viuda, municipio de Cajibío (Cauca)*

Fuente: elaboración propia.

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	25,0	9,8	4,1	2,7
2	Musgo	17,7	6,8	7,5	10,6	25,5	10,0	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	18,0	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	4,0	2,6
7	Limo	18,1	7,3	7,3	10,1	23,3	10,0	4,0	2,7
8	Acumulación de hojarasca	18,2	7,4	7,4	9,7	20,1	10,2	4,0	2,8
9	Arcilla	18,4	7,3	7,4	9,5	20,0	10,1	4,3	2,8
10	Acumulación de hojarasca	18,4	7,3	7,4	9,6	20,0	9,8	4,5	2,7
Promedio		18,1	7,3	7,4	10,0	23,6	10,0	3,9	2,7

En la quebrada La Viuda, las aguas son frías y oligotróficas, presentando condiciones adecuadas para el desarrollo de la vida acuática (Roldán y Ramírez, 2008) y un nivel de conservación relativamente estable, debido a la función del bosque ripario y las características de los microhábitats formados por el LWD.

Eficiencia de muestreo: de acuerdo con los resultados en el tramo evaluado se alcanzó una eficiencia de muestreo del 99,2 %, lo que indica que se logró obtener una buena representación de la diversidad de macroinvertebrados de la quebrada La Viuda; asimismo, se reportaron tres singletons, y ocho doubletons.

En los ecosistemas acuáticos, la presencia de especies representadas por un único individuo, como *Macrelmis sp*, *Ceratopogonidae sp* y *Cora sp*, puede indicar rareza, dispersión geográfica limitada o hábitats específicos con características particulares (Hauer y Lamberti, 2011), lo cual sugiere la necesidad de un monitoreo más exhaustivo para comprender su rol ecológico y el hallazgo de especies acuáticas representadas por dos individuos, como *Cylloepus spp.*, *Hydrocanthus spp.* y *Listronotus spp.*, puede reflejar la dinámica ecológica de la rareza, sensibilidad a cambios ambientales o la colonización reciente, lo que subraya la importancia de estos taxones en la estructura de los ecosistemas fluviales (Merritt, Cummins, y Berg, 2008, p. 134).

Estos datos indican que hay varias especies en la comunidad que son raras o tienen baja abundancia, lo cual puede ser indicativo de la heterogeneidad del hábitat y la diversidad ecológica en la quebrada La Viuda.

El índice de diversidad de Shannon y Wiener (1949) estuvo entre 1,8 y 2,7 para los seis microhábitats, reportando baja diversidad en limo y media en roca; no obstante, estos valores en conjunto reflejan una diversidad moderada a alta, lo cual indica la presencia de varias especies y una distribución relativamente equilibrada de los individuos en los diferentes microhábitats. Esta condición sugiere una comunidad con cierto grado de estabilidad ecológica, donde la heterogeneidad de microhábitats favorece la coexistencia y resiliencia frente a perturbaciones.

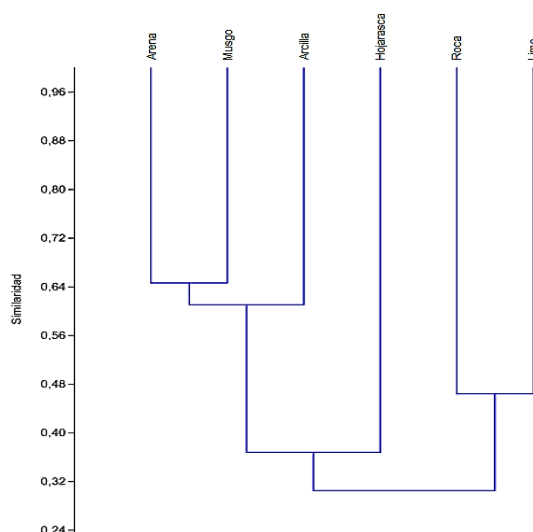
Asimismo, el índice de Jost (2006) proporcionó un número efectivo de especies de 14,9 ([Tabla 4](#)), lo que significa que la comunidad estudiada tiene una diversidad equivalente a la de una comunidad con 14,9 especies igualmente presentes sin dominio aparente de ninguna, y para el caso del microhábitat roca, se presentó un número efectivo de especies de 14,3 un valor que, de acuerdo con las observaciones de campo y comparado con los demás microhábitats, sugiere que la presencia de sustratos grandes, como los leños muertos, tiene una influencia directa en la diversidad de macroinvertebrados dado que proporcionan recursos importantes como hábitats y alimento para su manutención.

Tabla 4. Valores calculados para los índices de diversidad por microhábitat en la quebrada La Viuda

Microhábitat	Riqueza	Estimador de riqueza Chao 1	Eficiencia de muestreo	Índice de diversidad Shannon – Wiener	Riqueza verdadera 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 dendrograma de similitud basado en el índice de Bray y Curtis (1957) ([Figura 8](#)), reveló patrones distintivos en la composición de macroinvertebrados asociados a los diferentes tipos de microhábitats identificados en la quebrada La Viuda. Los microhábitats de arena y musgo mostraron la mayor similitud estructural ($\sim 0,95$), lo cual puede atribuirse a condiciones ambientales compartidas como la retención moderada de humedad y una dinámica hidráulica intermedia que favorece la colonización por gremios similares (Giller y Malmqvist, 1998; Allan y Castillo, 2007). Este grupo se amplía con la inclusión del microhábitat de arcilla, que, aunque más fino, también proporciona una matriz relativamente estable con potencial de acumulación orgánica.

Figura 8. Cladograma de similaridad para los microhábitats reportados en la quebrada La Viuda, Cajibío (Cauca)

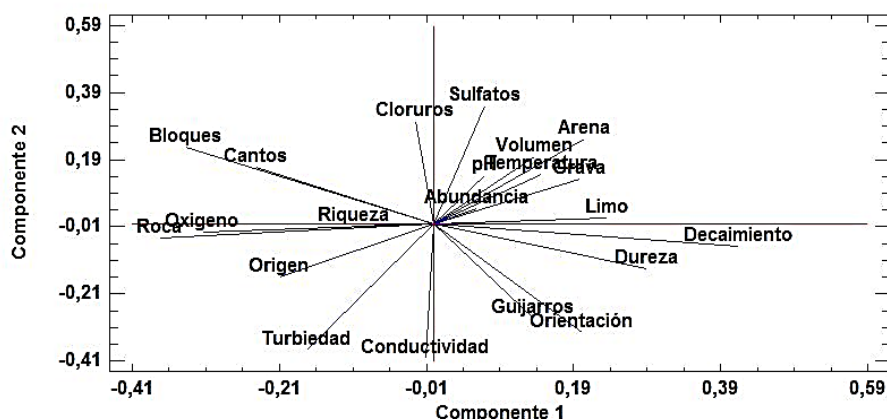


Fuete: elaboración propia.

La hojarasca, a pesar de estar algo más distante, mantiene una similitud intermedia ($\sim 0,48$) posiblemente debido a su alta disponibilidad de materia orgánica particulada y refugios microestructurales, los cuales son aprovechados por organismos detritívoros, colectores y fragmentadores (Roldán y Ramírez, 2008; Raven et al., 2005). En contraste, los microhábitats de roca y limo se agruparon a niveles de similitud más bajos ($\sim 0,32$), lo que puede sugerir que albergan comunidades más especializadas.

La roca ofrece un sustrato estable y oxigenado, ideal para organismos adherentes o rastreros, mientras que el limo, con menor estabilidad y mayor susceptibilidad a la sedimentación, presenta fauna tolerante a condiciones de baja velocidad y oxigenación (Lancaster y Belyea, 1997; Domínguez y Fernández, 2009). Este patrón respalda la hipótesis de que la heterogeneidad del sustrato y la estructura física del hábitat son factores clave en la configuración de la diversidad biológica en sistemas lóticos.

El análisis de los componentes principales ([Figura 9](#)) permitió identificar patrones en la relación entre variables ambientales y fisicoquímicas a lo largo del tramo de la quebrada La Viuda. Los dos primeros componentes explicaron el 45,75 % de la variabilidad; para el componente 1 fue de 27,98 % y para el componente 2 de 17,77 %).

Figura 9. *Análisis de componentes principales en la quebrada La Viuda, Cajibío, (Cauca)*

Fuente: elaboración propia.

En el componente 1, se observó una clara agrupación de variables como arena, limo, sulfatos, cloruros, dureza y decaimiento, lo que sugiere que estos elementos están asociados a microhábitats más estables y con mayor acumulación de materia orgánica, probablemente en zonas de menor velocidad de flujo (Allan y Castillo, 2007; Wetzel, 2001). En contraste, variables como el oxígeno disuelto, la turbiedad, los bloques y cantos se asociaron negativamente con este componente, lo que indica su presencia en áreas con mayor dinámica hidráulica y flujo turbulento, condiciones favorables para especies adaptadas a ambientes oxigenados y con sustrato grueso (Giller y Malmqvist, 1998; Raven et al., 2005). La orientación y el decaimiento de los fragmentos de madera tuvieron un fuerte peso en el componente 1, destacando su papel en la estructuración del hábitat y la retención de sedimentos (Gurnell et al., 2002).

El Componente 2 reflejó una asociación entre variables relacionadas con la estructura física del hábitat y el flujo, como bloques, cantos, oxígeno disuelto, turbiedad y origen del LWD, lo cual sugiere que estos elementos caracterizan ambientes más dinámicos e influenciados por procesos hidromorfológicos (Bilby y Ward, 1989; Giller y Malmqvist, 1998). La posición central de las variables riqueza y abundancia indica que su variación no está fuertemente explicada por ninguno de los dos componentes, posiblemente por la influencia combinada de múltiples factores físicos y biológicos. Este patrón resalta la complejidad estructural de los hábitats lóticos, donde tanto la composición del sustrato como la calidad del agua desempeñan un papel clave en la estructuración de las comunidades bentónicas (Allan y Castillo, 2007; Gurnell et al., 2002). En particular, la relación positiva entre variables como decaimiento, limo y dureza sugiere que la descomposición del LWD

puede estar relacionada con ambientes ricos en materia orgánica y nutrientes, lo cual favorece ciertos gremios tróficos. A su vez, los entornos dominados por roca y alto oxígeno indican condiciones óptimas para taxones especializados y menos tolerantes a la contaminación (Domínguez y Fernández, 2009; Roldán y Ramírez, 2008).

Conclusiones

La quebrada La Viuda presenta un volumen considerable de madera leñosa de gran tamaño (LWD), distribuida principalmente en el canal activo y con bajo nivel de decaimiento, lo que garantiza su permanencia y su función como generadora de microhábitats acuáticos estables.

Se identificaron seis tipos de microhábitats asociados al LWD, siendo la acumulación de hojarasca el más representativo y también el que registró la mayor riqueza y abundancia de macroinvertebrados, con 27 géneros, lo que resalta su papel como sustrato clave en la estructuración de la comunidad acuática.

En total se recolectaron 1128 individuos pertenecientes a nueve órdenes, 27 familias y 35 géneros, evidenciando una alta diversidad comparada con estudios en sistemas lóticos similares, presentándose una dominancia de Trichoptera, Díptera y Coleoptera, lo cual es consistente con ambientes de corriente y refleja la importancia ecológica de la quebrada como hábitat de referencia para la región.

La diversidad moderada a alta registrada mediante los índices de Shannon y Wiener (1949) y Jost (2006), junto con la presencia de géneros exclusivos y especies raras, indica una comunidad estructurada en respuesta a la heterogeneidad ambiental generada por el LWD y los distintos sustratos, lo que refuerza la importancia de conservar el bosque ripario y los aportes de madera al cauce.

Los resultados evidencian que el LWD no solo modifica la morfología del canal y regula el flujo, sino que constituye un soporte fundamental para la biodiversidad acuática, aportando estabilidad, refugio y recursos a los macroinvertebrados. En este sentido, la preservación del material leñoso en los ríos debe considerarse una estrategia clave de conservación y manejo en los sistemas fluviales andinos del Cauca.

Referencias bibliográficas

- Allan, J. D., y Castillo, M. M. (2007). *Stream ecology: Structure and function of running waters* (2.a ed.). Springer.
- 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. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0717-92002007000200001
- Andreoli, A., Comiti, F., Mao, L., Iroumé, A., y Lenzi, M. A. (2008). Evaluación de los volúmenes y de los efectos hidro-morfológicos del material leñoso en dos torrentes andinos (Chile). *Ingeniería del Agua*, 15(3), 189–204. <https://riunet.upv.es/server/api/core/bitstreams/033c9a25-3682-40ab-ac4c-550ed3515316/content>
- Baillie, B., Garrett, L., y Evanson, A. (2008). Spatial distribution and influence of large woody debris in an old-growth forest river system, New Zealand. *Forest Ecology and Management*, 256(1–2), 20–27. <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0378112708000558>
- Bilby, R., y Likens, G. (1980). Importance of organic debris dams in the structure and function of stream ecosystems. *Ecology*, 61(5), 1107–1113. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/abs/10.2307/1936830>
- Bilby, R. E., y Ward, J. W. (1989). Changes in characteristics and function of woody debris with increasing size of streams in western Washington. *Transactions of the American Fisheries Society*, 118(4), 368–378. <https://academic.oup.com/tafs/article-abstract/118/4/368/7891666?redirectedFrom=fulltext>
- Bray, J. R., y Curtis, J. T. (1957). An ordination of the upland forest communities of southern Wisconsin. *Ecological Monographs*, 27(4), 325–349. <https://esajournals.onlinelibrary.wiley.com/doi/10.2307/1942268>
- Burdet, A., y Watts, R. J. (2009). Modifying living space: An experimental study of the influences of vegetation on aquatic invertebrate community structure. *Hydrobiologia*, 618(1), 161–173.

- Chará-Serna, A. M., Chará, J. D., Zúñiga, M. C., Pedraza, G. X., y Giraldo, L. P. (2010). Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum*, 15(1), 27–36.
http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-74832010000100003
- Chao, A. (1984). Nonparametric estimation of the number of classes in a population. *Scandinavian Journal of Statistics*, 11(4), 265–270.
<https://www.scirp.org/reference/referencespapers?referenceid=3527800>
- Colwell, R. K. (2013). *EstimateS: Statistical estimation of species richness and shared species from samples* (Version 9.1) [Software].
- Corporación Autónoma Regional del Cauca [CRC]. (2002). *Plan de ordenamiento del municipio de Cajibío*.
- Cortés-Guzmán, D., y Ospina-Torres, R. (2014). Comunidades de macroinvertebrados acuáticos en quebradas de la Isla de Providencia, mar Caribe colombiano. *Intropica*, 9(1), 22–31.
<https://revistas.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/1421>
- Cranston, P., y McKie, B. (2006). Aquatic wood—An insect perspective. En S. J. Grove y J. L. Hanula (Eds.), *Insect biodiversity and dead wood: Proceedings of a symposium for the 22nd International Congress of Entomology* (pp. 9–14). U.S. Department of Agriculture Forest Service.
- Davies-Colley, R. J., y Smith, D. G. (2001). Turbidity, suspended sediment, and water clarity: A review. *Journal of the American Water Resources Association*.
<https://onlinelibrary.wiley.com/doi/10.1111/j.1752-1688.2001.tb03624.x>
- Domínguez, E., y Fernández, H. R. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo.
- Elosegi, A., y Sabater, S. (Eds.). (2009). *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA.
- García Romero, H. (2012). *Deforestación en Colombia: retos y perspectivas*. Centro de Investigación Económica y Social (Fedesarrollo).
https://www.repository.fedesarrollo.org.co/bitstream/handle/11445/337/KAS%20SOPLA_Deforestacion%20en%20Colombia%20retos%20y%20perspectivas.pdf?sequence=2

- Giller, P. S., y Malmqvist, B. (1998). *The biology of streams and rivers*. Oxford University Press.
- González, L. J. (2008). Hidrología [Conferencias de clase]. Universidad del Cauca, Facultad de Ingeniería Civil, Departamento de Hidráulica, Popayán.
- Gregory, S. V., Boyer, K. L., y Gurnell, A. M. (2003). *The ecology and management of wood in world rivers*. American Fisheries Society.
- Güiza Mera, L. (2012). *Determinación de la calidad biológica empleando bioindicación con macroinvertebrados en dos microcuencas de la vereda Clarete Bajo, municipio de Popayán, departamento del Cauca* [Tesis de pregrado, Universidad del Cauca].
- Gurnell, A. M., Piégay, H., Swanson, F. J., y Gregory, S. V. (2002). Large wood and fluvial processes. *Freshwater Biology*, 47(4), 601–619.
- Hammer, O., Harper, D. A. T., y Ryan, P. D. (2001). PAST: *Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis* (Version 2.17) [Software].
- Hauer, F. R., y Lamberti, G. A. (Eds.). (2011). *Methods in stream ecology* (2. a ed.). Academic Press.
- Instituto Colombiano de Normas Técnicas y Certificación. (2010). NTC-ISO 5667-1: Calidad del agua. Muestreo. *Directrices para el diseño de programas y técnicas de muestreo*. ICONTEC.
- Jost, L. (2006). Entropy and diversity. *Oikos*, 113(2), 363–375. <https://doi.org/10.1111/j.2006.0030-1299.14714.x>
- 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(1), 221–238. <https://www.research.ed.ac.uk/en/publications/nested-hierarchies-and-scale-dependence-of-flow-refugium-use/>
- Lancaster, J., y Hildrew, G. (1993). Characterizing in-stream flow refugia. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, 50(8), 1663–1675.
- Lemly, A. D., y Hilderbrand, R. H. (2000). Influence of large woody debris on stream insect communities and benthic detritus. *Hydrobiologia*, 421(1), 179–185. <https://research.fs.usda.gov/treearch/1610>

- Mao, L., Burns, S., Comiti, F., Andreoli, A., Urciuolo, A., Gaviño-Novillo, M., Iturraspe, R., y Lenzi, M. A. (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. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9384311>
- Merritt, R. W., Cummins, K. W., y Berg, M. B. (Eds.). (2008). *Introducción a los insectos acuáticos de Norteamérica* (4. a ed.). Kendall/Hunt Publishing.
- Motta Díaz, A., Ortega Corredor, L., Niño Fernández, Y., y Aranguren Riaño, N. (2016). Grupos funcionales alimenticios de macroinvertebrados acuáticos en un arroyo tropical (Colombia). *Revista U.D.C.A Actualidad y Divulgación Científica*, 19(2), 425–433.
- Mott, N. (2006). *Managing woody debris in rivers, streams and floodplains*. Staffordshire Wildlife Trust. https://www.therrc.co.uk/assets/archive/MOT/References/WT_Managing_woody_debris.pdf
- Pérez Munguia, R.M., Pineda-López, R.F., y Campos Cervantes, V. (2004). Estructura trófica de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos de manantiales cársticos en la Huasteca Mexicana. *Revista Biológicas*, (6), 1–13. <https://www.um.es/documents/4874468/18084291/munguia-et-al-2004.pdf/9ff78ce1-e11e-41bc-b2e9-097138b36452>
- Pérez Castillo, A.G., y Rodríguez, A. (2008). Índices fisicoquímicos de la calidad de agua para el manejo de lagunas tropicales de inundación. *Revista de Biología Tropical*, 56(2), 919–933. https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442008000400026
- Raven, P. H., Evert, R. F., y Eichhorn, S. E. (2005). *Biology of plants* (7.a ed.). W. H. Freeman.
- Rivera, R. (2004). *Estructura y composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en ríos de páramo y zonas boscosas, en los Andes venezolanos* [Tesis de pregrado, Universidad de los Andes].
- Rivera, J. J., Pinilla, G., y Camacho, D. L. (2013). Grupos tróficos de macroinvertebrados acuáticos. *Acta Biológica Colombiana*, 18(2), 279–292. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=9770225>

- Roldán Pérez, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia*. Fondo FEN Colombia, Conciencias, Universidad de Antioquia, y Editorial Presencia Ltda.
- Roldán Pérez G., y Ramírez Restrepo, J. J. (2008). *Fundamentos de limnología neotropical* (2.a ed.). Universidad de Antioquia.
- Roldán Pérez, G., Posada, J. A., y Gutiérrez, J. C. (2001). *Estudio limnológico de los recursos hídricos del Parque de Piedras Blancas*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.
- Shannon, C. E., y Weaver, W. (1949). *The mathematical theory of communication*. University of Illinois Press.
- Statgraphics Technologies, Inc. (2016). *STATGRAPHICS Centurion XVIII* [Software].
- Townsend, C., Scarsbrook, M., y Dolédec, S. (1997). Quantifying disturbance in streams: Alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. *Journal of the North American Benthological Society*, 16(3), 531–544. <https://www.jstor.org/stable/1468142>
- 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*, 32(3), 235–245. <https://www.scrip.org/reference/referencespapers?referenceid=1165450>
- Wentworth, C. (1992). A scale of grade and class terms for clastic sediments. *Geology*, 30(5), 377–392. <https://www.jstor.org/stable/30063207?seq=5>
- Wetzel, R. G. (2001). *Limnology: Lake and river ecosystems* (3..a ed.). Academic Press.

Conflicto de intereses

No existe conflicto de intereses que involucre a los autores.

Fuentes de financiación

Los autores no recibieron financiación externa en la elaboración de esta investigación.

1 Ingeniero Forestal. Semillero de Investigación en Diversidad Funcional y Servicios Ecosistémicos. Correo electrónico: jafferth@gmail.com - ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-7229-902X> – Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=1f3tzUEAAAAJ&hl=en>

2 Profesora Titular, Departamento de Biología, Mentora Semillero de Investigación en Diversidad Funcional y Servicios Ecosistémicos, Grupo de Estudios Ambientales, Universidad del Cauca mgallego@unicauca.edu.co ORCID: <https://orcid.org/0000-0001-9457-9487> – Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=xs1o9toAAAAJ>

3 Profesor del Departamento de Didáctica de la Matemática y de las Ciencias Experimentales, Universidad del País Vasco Euskal Herriko Unibertsitatea. Correo electrónico: joseamon.diez@ehu.eus - ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3967-0186> - Google Scholar: <https://scholar.google.com/citations?user=YDpUMnIAAAAJ&hl=es>

Para citar este artículo: Rodríguez Ruiz, J.F., Gallego Roper, M.C., y Díez López, J. (2025). Oferta de microhábitats para macroinvertebrados acuáticos a partir de restos de madera en la quebrada La Viuda, Cajibío, Cauca (Colombia). *Revista Luna Azul*, (61), 351-378. DOI: <https://doi.org/10.17151/luaz.2025.61.14>

Esta obra está bajo una [Licencia de Creative Commons Reconocimiento CC BY](https://creativecommons.org/licenses/by/4.0/)



Código QR del artículo

