



UNL

Universidad
Nacional
de Loja

FACULTAD AGROPECUARIA Y DE
RECURSOS NATURALES RENOVABLES

INGENIERÍA EN MANEJO Y CONSERVACIÓN DEL MEDIO AMBIENTE

"ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE APORTACIÓN DE
MATERIAL LEÑOSO EN CAUCES DE MICROCUENCAS EL
CARMEN, MÓNICA Y LAS VIOLETAS DE LA HOYA DE
LOJA."

TESIS DE GRADO PREVIA A
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERO EN MANEJO
Y CONSERVACIÓN DEL
MEDIO AMBIENTE

AUTOR: JUAN CARLOS SALAZAR TORRES

DIRECTOR: ZHOFRÉ AGUIRRE MENDOZA Ph.D.

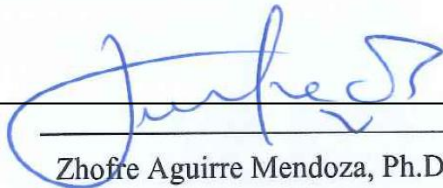
Loja-Ecuador
2019

CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR

En calidad de Director de la tesis titulada “ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE APORTACIÓN DE MATERIAL LEÑOSO EN CAUCES DE MICROCUENCAS EL CARMEN, MÓNICA Y LAS VIOLETAS DE LA HOYA DE LOJA”, de autoría del señor egresado de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente **Juan Carlos Salazar Torres**, certifico que se ha realizado dentro del cronograma aprobado, por lo que autorizo su presentación y publicación.

Loja, 7 febrero de 2019

Atentamente,



Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D.

DIRECTOR DE TESIS

CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL

En calidad de tribunal calificador de la tesis titulada “ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE APORTACIÓN DE MATERIAL LEÑOSO EN CAUCES DE MICROCUENCAS EL CARMEN, MÓNICA Y LAS VIOLETAS DE LA HOYA DE LOJA”, de autoría del señor Juan Carlos Salazar Torres de la Carrera de Ingeniería en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, certifican que ha incorporado todas las sugerencias efectuadas por sus miembros.

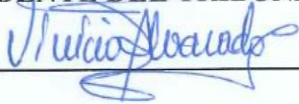
Por lo tanto, autorizamos al señor egresado, su publicación y difusión.

Loja, 15 de julio de 2019

Atentamente,

Ing. Erasmo Vinicio Alvarado, Mg. Sc

PRESIDENTE DEL TRIBUNAL DE GRADO



Ing. Santiago García, Mg. Sc.

VOCAL DEL TRIBUNAL



Ing. Juan Maita

VOCAL DEL TRIBUNAL

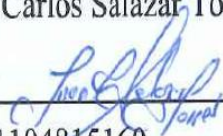


AUTORÍA

Yo, Juan Carlos Salazar Torres declaro ser autor del presente trabajo de tesis y eximo expresamente a la Universidad Nacional de Loja y a sus representantes jurídicos, de posibles reclamos o acciones legales por el contenido de la misma.

Adicionalmente acepto y autorizo a la Universidad Nacional de Loja, la publicación de mi tesis en el Repositorio Institucional-Biblioteca Virtual.

Juan Carlos Salazar Torres


C.I: 1104815160

Loja, 15 de julio de 2019

**CARTA DE AUTORIZACIÓN DE TESIS POR PARTE DEL AUTOR PARA LA
CONSULTA, REPRODUCCIÓN PARCIAL O TOTAL Y PUBLICACIÓN
ELECTRÓNICA DEL TEXTO COMPLETO**

Yo, **Juan Carlos Salazar Torres**, declaro ser autor de la tesis titulada “ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE APORTACIÓN DE MATERIAL LEÑOSO EN CAUCES DE MICROCUENCAS EL CARMEN, MÓNICA Y LAS VIOLETAS DE LA HOYA DE LOJA”, como requisito para optar al grado de: Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente, autorizo al Sistema Bibliotecario de la Universidad Nacional de Loja para que, con fines académicos, muestre al mundo la producción intelectual de la Universidad, a través de la visibilidad de su contenido de la siguiente manera en el Repositorio Digital Institucional:

Los usuarios puedan consultar el contenido de este trabajo en el RDI, en las redes de información del país y del exterior con los cuales tenga convenio la Universidad.

La Universidad Nacional de Loja, no se responsabiliza por el plagio o copia de la tesis que realice un tercero.

Para constancia de esta autorización, en la ciudad de Loja, a los 15 días del mes de julio de dos mil diecinueve, firma el autor.

Firma: _____



Autor: Juan Carlos Salazar Torres

Número de Cédula: 1104815160

Dirección: Loja, Ciudadela Ciudad Alegría. **Correo:** jcsalazart@unl.edu.ec

Teléfono: 0988605877 / 2112072

DATOS COMPLEMENTARIOS

Director de Tesis: Zhofre Aguirre Mendoza, Ph.D

Tribunal de grado: Ing. Erasmo Vinicio Alvarado, Mg. Sc

Ing. Santiago García, Mg. Sc

Ing. Juan Maita, Mg. Sc

AGRADECIMIENTO

“Con toda seguridad quiero agradecer por encima de todo a DIOS, sin él no habría sido posible alcanzar mi propósito.”

Quiero dar mi enfático agradecimiento a mis queridos Padres y hermana por el amor brindado, su inmenso esfuerzo y apoyo total.

Sin duda gracias a la acogida del alma mater Universidad Nacional de Loja, no habría tenido la oportunidad de formarme académicamente y lograr mi objetivo. El trabajo alcanzado no habría sido posible gracias a la dedicación y delicadeza para guiar en los momentos de duda en cada detalle, mi agradecimiento especial a Marina Mazón, Ph.D., quien tuvo siempre la cordialidad de brindarme su apoyo; ante ello extendo mi gratitud para Zhofre Aguirre, Ph.D., y Alejandro Zury, Biol., quienes a su experiencia, vasto conocimiento y sugerencias impartidas me permitieron culminar con mi tesis.

Por último realizo una mención especial para Karina, Ximena, Daniel, Daniela, Yosselyn, Christian, Mauricio y Miguel, a quienes les brindo mi agradecimiento, por su inmensa amistad, paciencia y por compartir gratos momentos de alegría.

El Autor

DEDICATORIA

A lo largo de este periodo de formación académica se han atravesado un sinfín de retos que ocasionaron hacer desistir de mi preparación como profesional, doblegar mi voluntad y poner en duda mis capacidades para salir airoso en mi cometido. A pesar de ello,

A mis amados padres por siempre les quedare en deuda por todo su sacrífico, soporte, y por la pronta y oportuna acogida durante mis abrumados momentos colmados de incertidumbres siendo sus más profundos concejos, la clave para salir avante y lograr mi propósito, por ende tengo el orgullo de presentarles el usufructo de mi ardua labor.

He aquí el agradecimiento especial: A mis amados Padres

Rosa Torres

Carlos Salazar

Para mi amada Hermana: María Salazar le dedico gozoso mi logro profesional

Finalmente a mi familia entrego este gran triunfo como mucho cariño, a mis amigos y a todas las personas que son parte de mi vida.

El Autor

ÍNDICE GENERAL

CARATULA.....	i
CERTIFICACIÓN DEL DIRECTOR	ii
CERTIFICACIÓN DEL TRIBUNAL	iii
AUTORÍA.....	iv
CARTA DE AUTORIZACIÓN	v
AGRADECIMIENTO	vi
DEDICATORIA	vii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT.....	xvi
1. INTRODUCCIÓN	1
2. REVISIÓN DE LITERATURA	4
2.1. Cuenca Hidrográfica	4
2.2. Servicios que proporcionan las cuencas hidrográficas	5
2.3. Microcuenca hidrográfica	6
2.4. Dinámica fluvial.....	7
2.4.1. Caudal.....	8
2.4.2. Perfil longitudinal	8
2.4.3. Perfil transversal	8
2.4.4. Régimen fluvial.....	8
2.4.5. Régimen pluviométrico.....	8
2.4.6. Morfología del cauce	9
2.4.7. Resistencia al flujo.....	9
2.5. Aforos Líquidos	10
2.5.1. Medición de caudales por el método de disolución.....	10
2.5.2. Aforo líquido por el método de trazadores químicos (aplicación de sal como trazador)	11

2.6. Material Leñoso	12
2.6.1. Movilidad y efectos de material leñoso en los cauces	12
2.6.2. Influencia del material leñoso en los cauces de montaña	13
2.7. Antecedentes en otras regiones y en el Ecuador sobre estudios de material leñoso muerto en cauces de microcuencas.	14
3. METODOLOGÍA	16
3.1. Ubicación y descripción del área de estudio	16
3.2. Selección de las áreas de estudio	16
3.2.1. Microcuenca El Carmen	18
3.2.2. Microcuenca Mónica	19
3.2.3. Microcuenca Las Violetas.....	20
3.3. Metodología aplicada en la investigación.....	21
3.3.1. Estimación del volumen de material leñoso (> 5 cm de diámetro y > 1 m de largo) en los tramos seleccionados dentro de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.	23
3.3.2. Determinación de la relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.	25
3.3.3. Análisis de la dinámica de aportación de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.....	29
4. RESULTADOS.....	32
4.1. Volumen de material leñoso (> 5 cm de diámetro y > 1 m de largo) en los tramos seleccionados dentro de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.	32
4.2. Relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.....	37
4.3. Dinámica de aportación de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.....	41
5. DISCUSIÓN	44
5.1. Volumen de material leñoso de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.....	44
5.1.1. Estado de degradación y tipo de material leñoso en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas. 46	

5.2. Relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.....	47
5.2.1. Relación del caudal con las características de las piezas de leño	47
5.2.2. Precipitación y caudal de las microcuencas El Carmen, Mónica y las Violetas.....	49
5.3. Aporte de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.....	50
6. CONCLUSIONES	53
7. RECOMENDACIONES	54
8. BIBLIOGRAFÍA	55
9. ANEXOS	64

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Servicios hidrológicos generados por las cuencas hidrográficas.....	5
Tabla 2. Parámetros descriptivos para caracterizar la morfología de los cauces de las zonas de estudio.....	30
Tabla 3. Características morfométricas y biofísica de la microcuencas de estudio.....	32
Tabla 4. Análisis estadístico relacionado con la comparación entre el caudal y las características de LWD.	38
Tabla 5. Estadísticos entre características del cauce y características del LWD de las microcuencas en investigación.	43

INDICE DE FIGURAS

Figura 1. Ubicación del área de investigación en el contexto potencial.....	17
Figura 2. Mapa de uso del suelo de la microcuenca El Carmen	18
Figura 3. Mapa de uso del suelo de la microcuenca Mónica.	19
Figura 4. Mapa de uso del suelo de la microcuenca Las Violetas.	20
Figura 5. Flujograma metodológico para la caracterización de la dinámica de aportación de LD	21
Figura 6. Medición de la sección transversal del cauce de la microcuenca El Carmen.	22
Figura 7. Esquema de la medición de las dimensiones del cauce (ancho y profundidad máxima) en cada tramo de estudio.....	23
Figura 8. Medición (a), Insertado (b) y (c) Rotulado de los restos de material leñoso.....	24

Figura 9. Proceso para medir la conductividad eléctrica del agua. (a) Selección de muestras (b) mezcla (c) medición y (d) resultado de conductividad.	27
Figura 10. Descarga de datos de las estaciones pluviométricas de El Carmen (a) y Mónica (b).	29
Figura 11. Volumen de material leñoso registrado en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.	34
Figura 12. Volumen total registrado por tramos de material leñoso en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.....	34
Figura 13. Distribución de frecuencias de la longitud (a) y el diámetro de las piezas (b) de LWD en cada microcuenca.	35
Figura 14. Estado de degradación y tipo de especie del material leñoso de las microcuencas en estudio.	36
Figura 15. Proporción de LDW monitoreado en función de la orientación con respecto al flujo (arriba), origen (al medio) y posición en el canal (abajo) de cada pieza de material leñoso en las microcuencas El Carmen (a), Mónica (b) y Las Violetas (c).....	37
Figura 16. Valores promedios de los caudales de cada microcuenca durante el periodo de monitoreo.	38
Figura 17. Distribución de las precipitaciones y su incidencia en los niveles de caudal en las microcuencas a. El Carmen, b. Mónica y c. Las Violetas.	40
Figura 18. Clasificación morfológica del cauce de las microcuencas El Carmen (a), Mónica (b) y Las Violetas (c).	41
Figura 19. Aporte total de Material leñoso registrado en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas durante el periodo de marzo-mayo del 2018.	42

INDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Valores de caudal obtenidos a partir de los aforos de marzo-mayo del 2018 en cada microcuenca en investigación.	64
Anexo 2. Matriz del balance final de LWD de marzo a mayo del 2018.....	65
Anexo 3. Matriz para caracterizar el material leñoso.	66

SIGLAS

EC	El Carmen
MO	Mónica
VO	Las Violetas
LWD	Grandes Escombros Leñosos
R²	Coefficiente de determinación para modelos estadísticos de regresión
<i>P</i>	Coefficiente estadístico que indica la probabilidad de aceptar o rechazar la hipótesis nula.
PNP	Parque Nacional Podocarpus
CITIAB	Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad
INHAMI	Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

ANÁLISIS DE LA DINÁMICA DE APORTACIÓN DE MATERIAL
LEÑOSO EN CAUCES DE MICROCUENCAS EL CARMEN, MÓNICA Y
LAS VIOLETAS DE LA HOYA DE LOJA

RESUMEN

La investigación se realizó en los cauces de las microcuencas EL Carmen, Mónica y Las Violetas, ubicadas en el cantón y provincia de Loja. El periodo de monitoreo comprendido desde marzo a mayo del 2018 donde se determinó, el volumen de grandes escombros leñosos (LDW) en las microcuencas. Se determinó la relación del caudal con las características de LDW y la influencia del LDW sobre la morfología de los cauces.

Se seleccionó un tramo de 500 m de longitud del cauce principal en las zonas medias y bajas de altitud de las microcuencas y se dividió en 20 secciones. En cada zona de estudio se midió el ancho y profundidad de los cauces; además, las piezas de leño > 5 cm de diámetro y > 1 m de longitud con su respectiva caracterización y volumen. El aforo de los cauces se lo hizo con trazadores químicos y para obtener datos de precipitación se descargó información de las estaciones pluviométricas del EC, MO y La Argelia. Se aplicó un análisis estadístico para evaluar la influencia del LWD sobre la morfología de los cauces en cada microcuenca durante la investigación.

Los resultados señalan volúmenes de LWD de 0,79 m³ para MO, de 0,21 m³ para EC y 0,17 m³ para VO. El estado de conservación vario de viejo a medio, con presencia dominante de especie latifoliada. Con respecto a los niveles de caudal se obtuvieron valores medios de 37 l/s 377 l/s, y 410 l/s e n VO, Mo y EC respectivamente. Se registraron precipitaciones en los meses de febrero a mayo que oscilan entre 250 mm y 573 mm. El análisis estadístico mostro que no existe relación entre LWD con la morfología de los cauces en cada microcuenca.

Este estudio permitió comprobar la variabilidad de volumen de LWD presente en los cauces de las microcuencas. Elementos como el nivel de caudal y la precipitación no inciden directamente sobre la movilidad y transporte de las piezas de leño. En las partes bajas no se evidencia cambios morfológicos en los canales, debido a variabilidad de los distintos niveles de conservación y cobertura vegetal tales como el tipo, la erosión y uso de suelo; además del grado de intensidad de actividades agropecuarias y antropogénicas, las mismas que incidieron en los resultados que se exponen en el presente estudio.

Palabras claves: material leñoso, morfología del cauce, dinámica de aportación, cauces de montaña, caudal de agua

ABSTRACT

The research was done in the microbasins EL Carmen, Mónica and Las Violetas. They are located in the canton and province of Loja. The monitoring period was from March to May 2018. It was determined the volume of large woody debris (LDW). In addition, the relationship of the flow with the characteristics of LDW and the influence of LDW on the morphology of the channels

A 500 m along section of the main channel in the middle and low altitude zones of the microbasins was selected and divided into 20 sections. In each study zone, the width and depth of the channels were measured; furthermore, the log pieces > 5 cm in diameter and > 1 m in length with their respective characterization and volume. The gauging of the channels were done with chemical tracers in order to obtain precipitation data. Information was downloaded from the meteorological stations of the EC, MO and La Argelia. A statistical analysis was applied to evaluate the influence of LWD on the morphology of the channels in each microbasin during the research.

The results indicated LWD volumes of 0.79 m^3 for MO, 0.21 m^3 for EC and 0.17 m^3 for VO. The conservation status varies from old to medium condition, with a dominant presence of broadleaf species. With respect to flow levels, it was obtained mean values of 37 l/s 377 l/s, and 410 l/s e n VO, Mo and EC respectively. Precipitations were reported from February to May ranging from 250 mm to 573 mm. The statistical analysis concluded that there is not association between LWD and the morphology of the channels in each microbasin.

This study allowed to verify the variability of LWD volume present in the channels of the microbasins. Elements like flow level and precipitation do not directly affect the mobility and transport of log pieces. In the lower parts there are not observed morphological changes in the channels, due to variability of the different levels of conservation and vegetal cover such as the type, erosion and use of soil; additionally, the degree of intensity of agricultural and anthropogenic activities, the same ones that influenced in the results that are exposed in the present study.

Keywords: woody material, river morphology, supply dynamics, mountain channels,
water flow

1. INTRODUCCIÓN

La presente investigación comienza con los principales aspectos de la dinámica de aportación de material leñoso en microcuencas con distinta extensión geográfica, grado de conservación y degradación, asimismo de su influencia en la estructura geomorfológica en cauces. En principio el comportamiento que se establece dentro de las cuencas hidrográficas depende del funcionamiento ecológico en cada una de sus propiedades biofísicas (tipo, cantidad y extensión de la vegetación presente, suelos y geología, hidrología, clima y topografía) en cada región, por consiguiente son factores que inciden de algún modo en las corrientes de los ríos principalmente en las funciones hidrológicas que regulan los flujos hídricos (Hansen *et al*, 2010) y también en las zonas ribereñas que son ecosistemas dependientes inmersos en cuencas hidrográficas (Romero, I., Cozano, M., Gangas, R y Naulin, P., 2014), tienen la tarea de ser el puente de conexión o transición entre el medio acuático y terrestre, donde ocurren procesos de físico y químicos, bióticos, flujo de materiales (partículas, materia orgánica y sedimentación de material), con el espacio y tiempo interactúan con los sistemas ecológicos cercanos (Nagaraja, B., Sunil, C y Somashekar, R., 2014)

Desde otro enfoque también se percibe que dentro de una cuenca hidrográfica todos sus elementos están fuertemente interconectados, por ello los bosques ribereños se consideran la base de la cadena alimentaria de los cuerpos de agua, donde uno de los elementos es la incorporación de material orgánico proveniente del mantillo (hojas y ramas caídas en descomposición), transportado hacia el cuerpo de agua (Ceccon, 2003). Los restos leñosos depositados en el cauce provienen de distintas causas como incendios forestales, deforestación o deslizamientos de laderas, procesos de erosión en las orillas, fuertes ventiscas, mortalidad natural, grandes avenidas de corriente desde zonas lejanas arrastran el material al cauce principal (Iroumé *et al*, 2011), e intervención antrópica en los ecosistemas; por otro lado la naturaleza en carácter espacial y temporal también incide en el origen y cantidad de material leñoso dentro de los cauces (Andreoli *et al*, 2008).

Ciertamente la presencia de troncos y fragmentos leñosos en cursos de agua ajustan el comportamiento ecológico, geomorfológico e hidráulico del mismo, siendo una fuente adicional de resistencia tanto en cauces de baja como de alta montaña (Mao *et al*, 2008).

Benda *et al.*, (2004) afirma que este tipo de cadena de sucesos incurre específicamente en la dinámica de flujo de los cauces, provocando alteraciones en la morfología de los cauces y a su vez en la zona inundable. No obstante parámetros adicionales como la tipología, los depósitos y la variación en la cantidad de material leñoso, el cual depende mucho de las características del bosque que lo alimenta y de los procesos que regulan el reclutamiento de detritos (Comiti, Andreoli, Lenzi y Mao, 2006), se convierten en elementos que perturban significativamente áreas faunísticas, hábitats, diversidades biológicas y medioambientales de cuencas hidrográficas (Gurnell, 2012).

Estudios previos realizados fuera de nuestra zona de estudio ayudan a comprender el origen, abundancia, transporte, movilidad y retención de los detritos, así como señalan que troncos pequeños tienen mejor movilidad que los grandes y esto se incrementa conforme el volumen del agua aumenta y se expande más el ancho del río (Mao *et al.*, 2008). Sin embargo, en la provincia de Loja y en Ecuador es evidente la alta escasez de investigaciones con respecto al estudio de presencia y caracterización del material leñoso en microcuencas con alta importancia en criterios de conservación y restauración, con diferente tipos de cobertura vegetal (bosque nativo, plantaciones forestales e introducción de pastizales), uso y aprovechamiento de suelo, dinámica geomorfológica, ecología fluvial y sobre todo en la recuperación de cursos de agua que surgen como componentes esenciales para el funcionamiento de todo sistema ecológico.

El presente proyecto de investigación está enfocado mediante la realización de los objetivos:

Objetivo General

Evaluar la dinámica de aportación de material leñoso en cauces de las microcuencas El Carmen, Mónica y las Violetas de la hoya de Loja, y sus efectos sobre los procesos morfológicos en cauces de alta montaña.

Objetivos Específicos

- Estimar el volumen de material leñoso (> 5 cm de diámetro y > 1 m de largo en los tramos seleccionados dentro de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.
- Determinar la relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.
- Analizar la dinámica de aportación de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.

La presente investigación se realizó en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas en la ciudad de Loja, entre marzo a mayo del 2018, formando parte del proyecto denominado: “Evaluación de potenciales impactos en la biodiversidad y servicios ecosistémicos: respuestas locales a cambios globales en el Sur del Ecuador” desarrollado por el Centro de Investigaciones Tropicales del Ambiente y Biodiversidad de la Universidad Nacional de Loja.

Este documento contiene información generada sobre: volumen de aportación de material leñoso, aforo de los caudales de los principales cauces de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas, las relaciones de las características del material leñoso con el nivel del caudal de las microcuencas y también con la morfología del cauce de las tres microcuencas.

2. REVISIÓN DE LITERATURA

2.1. Cuenca Hidrográfica

Es el espacio de terreno limitado por las partes más altas de las montañas, laderas y colinas, en él se desarrolla un sistema de drenaje superficial que concentra sus aguas en un río principal el cual se integra al mar, lago u otro río más grande (Faustino y Jiménez, 2000). Las cuencas hidrográficas perciben el funcionamiento del ciclo hidrológico, así como los diversos impactos positivos o negativos tanto de origen antropológico como natural (sedimentos, contaminantes y nutrientes) sobre la calidad y cantidad del recurso agua, y en la adaptación de múltiples ecosistemas. Un claro ejemplo del proceso que se realiza en las cuencas es el intercambio y la relación de dependencia mutua y equitativa en espacio y tiempo entre el medio biofísico, la tecnología, mercados y las instituciones (Cotler *et al.*, 2013)

En general se puede decir que una cuenca u hoya permite identificar en el entorno de la tierra aquellas extensiones territoriales adyacentes, grandes y pequeñas, con pendientes muy pronunciadas el agua circula por toda la superficie biofísica del entorno, atravesando procesos de infiltración del agua al subsuelo y nacimiento de alumbramientos de agua que recorren toda la cuenca hasta drenarse en arroyos y ríos (Hoffmann y Salmerón, 2006). En las cuencas la salida del agua puede darse de tres formas en función del tipo de cuenca: las cuencas arreicas (las aguas no desembocan ni en lagos ni en mares) carecen de escurrimiento superficial por ende las filtraciones subterráneas y la evaporación suplen las funciones de drenaje de los ríos, en las cuencas endorreicas el drenaje de las aguas superficiales no se deposita en el mar, sino en ríos o quebradas, y en cuencas exorreicas las aguas superficiales son de caudal mayor y flujo permanente que llega a los océanos (Castillo y Marín, 2011).

Desde el punto de vista del desarrollo y en especial para el ordenamiento, aprovechamiento y conservación de los recursos, la noción de cuenca hidrográfica incluye en la actualidad la restauración hidrológica y forestal, la planificación territorial y el uso y aprovechamiento del suelo partiendo desde una menor a una mayor extensión territorial y social, sin embargo esta iniciativa de cambio se ve afectada por las negligentes políticas y

leyes, y sobre todo con el caótico ordenamiento territorial de hoy en día a causa de la expansión antropológica que no tiene ningún rumbo establecido.

2.2. Servicios que proporcionan las cuencas hidrográficas

Los servicios ecosistémicos son ventajosos para la población cuando se considera el óptimo uso de la tierra y prácticas de conservación de suelos y aguas con el fin de mantener la cantidad y calidad de agua dentro de los parámetros deseados por los usuarios de un sitio en particular (Kaimowitz, 2001). Para este cometido se depende mucho de las condiciones específicas de cada cuenca o microcuenca, como la cobertura vegetal y el manejo de la misma (cultivos anuales, perennes, pastizales, bosques naturales, plantaciones forestales; aprovechamiento forestal convencional vs. aprovechamiento de bajo impacto), características climáticas, topográficas, geológicas y edafológicas, entre otros factores (González, Camacho y Sangerman, 2011).

Los diferentes servicios ambientales tienen relación directa con los distintos componentes de bienestar humano tales como: necesidades básicas con el buen vivir, salud, seguridad, relaciones sociales y/o culturales (IEP, 2010). Incluir los servicios ambientales en la gestión de recursos hidrológicos beneficia con: entender la complejidad de las interacciones y a buscar alternativas para un manejo adecuado, un claro ejemplo de los procesos que se desarrollan los indica en la siguiente Tabla 1:

Tabla 1. Servicios hidrológicos generados por las cuencas hidrográficas.

Servicios de regulación	Servicios relacionados con la regulación de flujos hidrológicos o la reducción de riesgos relacionados con las corrientes de agua	Regulación de flujos hidrológicos (escorrentía superficial, infiltración de agua en el suelo y subsuelo).
		Mitigación de riesgos naturales (reducción del impacto de las inundaciones, reducción de los picos de las inundaciones, reducción de deslizamientos)
		Protección del suelo y disminución de la erosión y la sedimentación
		Control de la calidad del agua superficial y subterránea.
Servicios culturales y de	Servicios asociados con la recreación y la inspiración	Recreación acuática. Belleza paisajística.

amenidad	humana	Herencia cultural e identidad. Inspiración artística y espiritual.
Servicios de apoyo	Servicios necesarios para la generación de todos los demás servicios de los ecosistemas	Hábitat para la vida silvestre Flujos hidrológicos necesarios para mantener diversos hábitats y usos aguas abajo

Fuente: Smith, Groot, y Bergkamp, 2006.

Es importante mencionar la variedad de información presente acerca de las funciones de bosques y selvas como reguladores del agua en diversas zonas de la región, sin embargo hay poca difusión para el público en general y los responsables de la toma de decisiones en particular (Maas, 2003). Las instituciones gubernamentales en muchos casos, pese a tener los recursos y alternativas, omiten la aplicación de leyes o acciones para el control de la remoción de bosques, particularmente en las partes altas de la cuenca, que impiden la captación del agua deteniendo la recarga de los mantos acuíferos, lo que puede resultar en el aumento de ciclos de inundaciones y sequías (Manson, 2004).

2.3. Microcuenca hidrográfica

Las microcuencas son unidades geográficas que se apoyan principalmente en el concepto hidrológico de división del suelo. Los procesos asociados al recurso agua tales como escorrentía, calidad, erosión hídrica, producción de sedimentos, normalmente se analizan sobre esas unidades geográficas (Umaña, 2002). El tamaño de estas unidades permiten una mejor planificación de acciones para su manejo y los indicadores de sustentabilidad son factibles de medir, puesto que en cuencas muy grandes es difícil plantear recomendaciones e imposible representar en mapas pequeñas porciones de tierra, cobertura vegetal y el uso de parcelas agrícolas (Sánchez, García y Palma, 2003). Sin embargo, algunas veces hay que hacer ciertos ajustes operativos en función de las capacidades de las instituciones vinculadas con su manejo y desarrollo. La razón principal son las interacciones indivisibles entre los aspectos económicos, sociales y ambientales que se complementan mediante la utilización de recursos locales y un número de familias que son parte de un núcleo social que comparte intereses comunes (agua, servicios básicos, infraestructura, organización) (PCAS, 2010).

2.4. Dinámica fluvial

La dinámica fluvial está determinada por un grupo de procesos activos como: las variaciones del cauce dentro de su lecho mayor, la movilidad y estabilidad del cauce; actúan dentro del componente espacio-temporal de los sistemas fluviales (Segura, 2014). Así mismo es el proceso por el que la acción de los ríos modifica de alguna manera el relieve terrestre y el propio trazado de los ríos (Figueredo, 2015).

En cuanto al sistema fluvial en un sentido más estricto, el régimen de caudales, las diferencias en la química de las aguas y en las comunidades biológicas, así como el funcionamiento general del ecosistema, no pueden explicarse si no es a partir de las características litológicas y del clima (Allan y Castillo, 2007).

En función de la dinámica fluvial se pueden reconocer tres zonas funcionales distintas al interior de una cuenca (Garrido, Pérez y Enríquez, 2010):

- ***La zona de captación, de cabecera o cuenca alta.*** Son áreas aledañas a la divisoria de aguas en la porción altimétrica más elevada de la cuenca; abarca sistemas de montaña y lomeríos. En esta zona se forman los primeros escurrimientos luego que los suelos han absorbido y retenido toda el agua según su capacidad.
- ***La zona de almacenamiento, de transición o cuenca media.*** Es una zona de transición entre la cuenca alta y la cuenca baja, donde los escurrimientos iniciales confluyen aportando diferentes caudales cuyas concentraciones de sedimentos, contaminantes y materia orgánica diferirán en función de las actividades que se realizan en cada subcuenca; es un área de transporte y erosión.
- ***La zona de descarga, de emisión o cuenca baja.*** Es el sitio donde el río principal desemboca en el mar o bien en un lago. Se caracteriza por ser una zona de importantes ecosistemas, como los humedales terrestres y costeros, además de muy productiva para el uso agrícola y donde se acumulan los impactos de toda la cuenca.

Dentro de la dinámica fluvial hay varios elementos que deben ser considerados al momento de comprender su significado y trascendencia. A continuación, algunos elementos importantes.

2.4.1. Caudal

Cuando se mide el agua que pasa por un riachuelo o río, por una tubería, por una sección normal de una corriente de agua, o cuando se mide el volumen del agua que produce un pozo o una mina o la que entra a o sale de una planta de tratamiento, en una unidad de tiempo, se conoce el caudal, el cual se mide en m^3/s o l/s (Campos, 2010).

2.4.2. Perfil longitudinal

Este tipo de concepto refleja gráficamente la capacidad erosiva de un río en sus partes principales (superior, media e inferior) a través del estudio de la pendiente del propio río. Indica la relación entre la distancia recorrida por un río desde su nacimiento y la altura relativa de cada punto de dicho recorrido (Figueredo, 2015).

2.4.3. Perfil transversal

El perfil transversal del cauce de un río se refiere a los cortes verticales perpendiculares que se realizan a lo largo de la sección transversal del cauce, el número es muy variable depende de la distancia que se considere para realizar los cortes como el ancho del cauce, esto permite obtener la profundidad del lecho o cauce (Figueredo, 2015).

2.4.4. Régimen fluvial

Es la evolución del caudal de una corriente a lo largo del año, es decir, la variación estacional del caudal de un río. Se estudia a partir de los datos de caudal, caudal absoluto y más habitualmente valores promedio como el caudal medio anual calculado sobre un periodo estimado de 30 años (Izquierdo y Mandroño, 2014).

2.4.5. Régimen pluviométrico

Es la precipitación que cae sobre la superficie de la tierra durante un periodo de tiempo. La precipitación viene siempre precedida por los fenómenos de condensación y sublimación o por una combinación de los dos. Es uno de los caracteres del clima más definitorios (Izquierdo y Mandroño, 2014).

2.4.6. Morfología del cauce

La morfología fluvial es un segmento de la dinámica fluvial que investiga las estructuras provenientes de los procesos fluviales como erosión, transporte y sedimentación (Segura, 2014). Elementos como estructuras geológicas y la composición litológica del lecho del cauce y orillas son determinantes e influyentes en este proceso de formación (Vargas, 2012). Un factor a resaltar es que, pese a existir una clasificación y gestión en función de los caracteres hidrológicos y biológicos de los ríos, los cauces han quedado relegados a un segundo plano con respecto a la génesis, dinámica y el componente biológico (Horacio y Ollero, 2011), razón por la cual resulta conveniente analizar los ríos como un proceso dinámico donde el cuerpo de agua constantemente deposita o arrastra sedimentos en las orillas o en su lecho.

La respuesta de cada cuenca desde el punto de vista hidrológico es única y las interrelaciones entre la estructura de la red de drenaje y los procesos hidrológicos son características particulares de cada una (Marchetti, 2000). Según Rodríguez (2010), la morfología fluvial tiene dos enfoques opuestos en lo que respecta a su manejo: desde el punto de vista ecológico es necesario restaurar la morfología original para evitar degradaciones, sin embargo, desde la visión de la ingeniería civil se busca restringir o estabilizar el cauce para el emplazamiento con fines a nivel de proyectos. A lo anterior debe añadirse la función principal de la geomorfología fluvial que explica las relaciones entre los procesos físicos del flujo en canales de lecho móvil, las mecánicas del transporte de sedimentos forzados por el flujo y las formas de los canales aluviales creados por el transporte de sedimentos (Gutiérrez, 2008).

2.4.7. Resistencia al flujo

El concepto de resistencia al flujo de un cauce apunta al proceso mediante el cual la variabilidad de la pendiente del cauce incide en el aumento o disminución de la velocidad del flujo del agua; además la velocidad del escurrimiento dependerá de la rugosidad del perímetro mojado ya que cuanto más rugoso más resistencia ofrece al desplazamiento del fluido, por efecto del roce (Duvall, Kirby y Burbank, 2004). Otros elementos como la turbulencia, el arrastre de materiales por el agua y flujo de baja sumersión relativa son parte del proceso principalmente en ríos de alta pendiente y con presencia material fino y grueso que de una forma u otra evitan un flujo libre del curso de agua y por mucho tiempo se lo ha

considerado como un estado normal de equilibrio dinámico, en la evolución del perfil del río (Whipple, 2001). A su vez la sección transversal: en cambio es la sección de aforo con variabilidad en fondo a lo ancho del cauce, alineación, propiedades de sedimento y cubierta vegetal, etc. (López, 2006). Según Lorenzo, Bellón y López (2010), en los flujos a superficie libre la componente del peso del agua en la dirección del flujo (fuerza motora) causa la aceleración de éste (o desaceleración si la pendiente de fondo es negativa), mientras que la tensión de corte, rasante o “fricción” contra las paredes y el fondo del canal ofrece resistencia al flujo, desacelerándolo. Una forma más precisa señala que el paso de una crecida y flujos torrenciales generan una mayor turbulencia e incrementan la capacidad de arrastre en un cauce, provocando efectos muy destructivos sobre el ecosistema y las personas, y un aumento en la cantidad de sedimentos transportados (Castillo y Marín, 2011; Toapaxi, Galiano, Castro, Hidalgo y Valencia, 2015).

2.5. Aforos Líquidos

Es el proceso que establece un grupo de pautas para medir y determinar el caudal de un río en distintos escenarios como en ríos, canales, tuberías, cursos de aguas subterráneas o en obras de ingeniería hidráulica. Los parámetros que se consideran son el tiempo de recorrido del fluido (t) y la sección por la que atraviesa (s), el cálculo resulta importante para la aplicación en presas, embalses y obras de control de avenidas entre otras (Rojas, 2006)

2.5.1. Medición de caudales por el método de disolución

La medición del caudal por este método depende de la determinación del grado de dilución en el río de una solución trazadora que se añade. El método se recomienda únicamente en lugares donde no se puedan emplear los métodos tradicionales, debido a la poca profundidad de la corriente, a grandes velocidades, turbulencia excesiva o presencia de sedimentos. Los dos métodos principales que emplean sustancias trazadoras son: el método de inyección a ritmo constante y el método de inyección instantánea (Galecio, 2007).

2.5.1.1. Método de inyección a ritmo constante: Consiste en inyectar en el río un caudal constante perfectamente conocido, de una solución concentrada de un trazador de concentración conocida (C1), durante un tiempo suficiente para obtener un pico constante de concentración (C2), en la sección de aforo del río. Esta sección debe estar alejada del lugar

para asegurar una mezcla homogénea de la solución con el caudal (Q), objeto del aforo o de estudio.

2.5.1.2. Método de inyección instantánea: Este método consiste en verter instantáneamente una solución de concentración (C) y volumen (V). El volumen debe ser despreciable con relación al caudal circulante por el río, el trayecto de un punto a otro debe ser corto y debe existir una corriente turbulenta para que la mezcla sea segura. El peso conocido se vierte aguas abajo con la respectiva homogenización de la solución se deben tomar intervalos iguales de tiempo, previamente se debe tomar con un conductímetro la conductividad inicial y final del trazador (Martínez, Martínez y Castaño, 2006).

2.5.2. Aforo líquido por el método de trazadores químicos (aplicación de sal como trazador)

Es un método directo, y se aplica cuando existen las siguientes condiciones: corrientes turbulentas como las de montaña, alta pendiente, poca profundidad, lechos inestables y líneas de flujo desordenadas en las secciones de aforo, o que sea complicado aforar por otro tipo de métodos. Estos trazadores tienen dos aplicaciones: como aforadores químicos para determinar el caudal total de una corriente y como medidores de velocidad de flujo (Pérez, 1997).

La sal común (NaCl) es una sustancia económica y accesible, la concentración puede variar pero oscila entre 450-600 gr por litro de agua, e incluso su disolución es rápida por el curso de agua. Se puede verter por medio de inyección instantánea a la corriente de agua y a una distancia previamente establecida, y aguas abajo se establece un control de muestreo a determinados periodos de tiempo (Rueda y Chitiva, 2016).

Los Elementos que se deben considerar al aplicar este método son:

- La turbulencia en el cauce no debe estar próxima al aforo.
- No debe existir obstrucciones en la sección de aforo.
- No debe existir ingreso de otros cursos de agua hacia el afluente que es objeto de medición.

- Se debe disolver rápidamente en el agua de la corriente a temperaturas normales.
- No deben ser absorbidos por los sedimentos o vegetación, ni deben reaccionar químicamente.
- Deben ser de fácil manejo.
- El nivel de concentración debe poder detectarse por métodos sencillos.
- Debe ser inocua y no tóxica para seres humanos y animales, en el grado de concentración que alcance en el agua del río

2.6. Material Leñoso

Se denomina material leñoso de gran tamaño a todo trozo de madera de diámetro superior a 10 cm y largo mayor a un metro que se encuentra tanto en los cauces como en las llanuras inundables adyacentes (Comiti, Andreoli, Lenzi y Mao, 2006). El material leñoso obedece a las características del bosque que lo alimenta disponiendo cantidad y tipo de material preexistente en el cauce (Comiti *et al.*, 2006) la morfología del canal es controlada por la fuerte influencia del flujo hidráulico de los ríos producto de los restos leñosos tendidos en el cauce en cuencas boscosas, esta capacidad le permite formar estructuras como escalones de troncos, grandes acumulaciones de valle y tacos de desviación del flujo, a su vez produce el transporte de sedimentos y cambios en la ecología fluvial (Montgomery y Buffington, 1997; Abbe y Montgomery, 2003; Montgomery y Piégay, 2003 y Gurnell *et al.*, 2002), lo cual puede ser atribuido a diversos elementos como: granulometría y formas del lecho, vegetación subacuática y detritos leñosos (Binda y Quiñonez, 2011). El material leñoso es crucial para la ecología del corredor fluvial, ya que los troncos y ramas tienen una importante función en el ciclo de nutrientes del ecosistema acuático, al aportar sustrato y alimento para numerosas especies de fauna microbiana e invertebrados, que a su vez son alimento de otras especies como los peces (Baillie, Cummins y Kimberley, 1999).

2.6.1. Movilidad y efectos de material leñoso en los cauces

Se entiende por movilidad del material leñoso el movimiento hacia aguas abajo de los elementos de madera que se encuentran tanto en el cauce como en la llanura de inundación de un río debido a la corriente. El tamaño del elemento leñoso está directamente relacionado con su posibilidad de moverse (Liemkaemper y Swanson, 1987), de forma que a mayor tamaño del tronco, mayor será su estabilidad, y por ende, disminuye su capacidad de ser

movido por la corriente. Además, el aumento de las dimensiones del curso de agua hace más frecuente la movilidad de dichos troncos (Bilby y Ward, 1989).

El transporte de residuos leñosos de gran tamaño por sus siglas en inglés (LWD) producto de crecidas puede llegar a ser perjudicial para estructuras como puentes o represas, además de devastador para localidades ribereñas: se producen obstrucciones en los puentes, desviación de la corriente, desbordes y colapso de las acumulaciones causando coladas detríticas de gran capacidad erosiva, altas velocidades y violento impacto, esto es evidenciado en caso de (Ulloa, 2011).

2.6.2. Influencia del material leñoso en los cauces de montaña

El origen del material leñoso en los cauces de montaña es producto de varios factores como deslizamientos de laderas, altas precipitaciones, desprendimiento de árboles en las orillas, por procesos de erosión (suelo, agua y aire), deforestación en las cuencas e incluso por el aporte de otros afluentes hacia el río principal (Iroumé, Ulloa, Lenzi, Andreoli y Gallo, 2011). La pregunta surge que produce la presencia de este material leñoso en los cauces, zonas acuíferas y ribereñas.

El material leñoso es el elemento con mayor rugosidad posee una variedad de efectos sobre la morfología del cauce desde la alteración del trazado de los cauces (cambios bidimensionales de la morfología del río, por ejemplo los ríos anastomosados se caracterizan por mostrar canales múltiples y tener gran capacidad de transporte y sedimentación o los ríos meandriiformes son de un único canal que se caracterizan por ser rectilíneos y con sinuosidad alta), disminuyendo la velocidad promedio de la corriente de agua dentro de un cierto tramo del río, creación de trampas para el transporte de materia orgánica y cambios antropogénicos tales como la estabilización de los márgenes y la regulación de la corriente (Horacio y Ollero, 2011); (Hauer y Lamberti, 2007) y (Conesa, Pérez, García, y Martínez, 2012). Ante lo anterior mencionado se complementa con lo dicho por Andreoli *et al.*, (2007), Observaron que los elementos orientados perpendicularmente a la corriente influyen de manera significativa en la morfología y en la disipación energética del flujo pero que en cambio los elementos orientados en dirección paralela al flujo, no parecen influir mayormente en la morfología sino que ayudan a estabilizar las márgenes y proteger de la acción directa del flujo principal, limitando así la erosión de las mismas.

Según Lamberti y Gregory (2007) sugieren que los restos de madera en el cauce conservan varias funciones: impedir el flujo de agua, retener sedimentos y materia orgánica, mantener estable el flujo del cauce, disminuir el impacto de las avenidas sobre la biota, proveer de alimento a microorganismos que a su vez sirven de alimento para otras especies y proporcionar hábitat para la fauna acuática y mejorar la calidad del agua. Las condiciones climáticas y el crecimiento de vegetación arbórea en las orillas o zonas riparias, la tipología fluvial y la abundancia de LDW, recaen en sectores poblados ubicados aguas abajo incidiendo en posibles inundaciones por cambios en los flujos de crecidas y flujos aluvionales (Mao, Comiti, Andreoli y Lenzi, 2008). Finalmente, estudios recientes señalan que el movimiento del material leñoso depende de la magnitud de las crecidas y no del número de veces en que el agua sobrepasa el nivel del cauce lleno o bankfull (Ardiles, 2013).

2.7. Antecedentes en otras regiones y en el Ecuador sobre estudios de material leñoso muerto en cauces de microcuencas.

Iroumé *et al.*, (2011) en su trabajo de investigación de movilidad de material leñoso en cauces de gran tamaño en Chile se encontró en los sectores de Vuelta de Zorra y Pichún un volumen medio de piezas de leño almacenado de 109,4 y 55,5 m^3ha^{-1} respectivamente. La distribución del volumen y de abundancia se comportó de similar forma en ambas zonas sin embargo en Pichún se registró longitudes y diámetros más altos y en cambio en Vuelta de Zorra se registró mayor acumulación de piezas. Además se encontró otra similitud en ambas zonas por ejemplo la abundancia y la longitud de piezas se incrementaban conforme el ancho del cauce aumentaba.

Mao *et al.*, (2013) su investigación se enfoca en cuencas montañosas de los Andes del sur principalmente en los sectores Tres Arroyos y Rio Toro en Chile y el sector Buena Esperanza cercana a la Tierra de Fuego en la Argentina; el objetivo es indicar la abundancia, la distribución espacial, la movilidad e incorporación de material leñoso en las cuencas del sur de los Andes. Dentro de los resultados esta la zona de Buena Esperanza con 1,400 piezas por hectárea siendo el valor más alto, el volumen de LWD más grande lo tiene Tres arroyos con 700 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$ y Rio Toro presento los valores más bajos tanto en abundancia como volumen de LDW con 215 piezas ha^{-1} y 117 $\text{m}^3 \text{ha}^{-1}$, respectivamente.

Paredes (2016) durante el periodo de monitoreo en el río Blanco en Chile se identificaron 709 piezas de material leñoso, 93 de estas piezas fueron encontradas de forma individual y 616 piezas estaban agrupadas en 49 grupos. El promedio de diámetro medio fue de 0,24 m y la longitud media de 2,94 m dando un volumen promedio total de 166,97 m³. El autor del estudio aduce que el origen del material leñoso corresponde con un 88 % a transportado por flotación y además el cauce del río Blanco tuvo cambios en su morfología por el aumento de la superficie del bankfull.

Jiménez (2017) en su investigación con respecto al material leñoso en microcuencas de la ciudad de Loja como El Carmen que registró una acumulación de 19,48 m³ y para Mónica conto con un volumen de 12,41 m³. La movilidad tuvo su diferenciación en los cauces de Carmen 1 con 70,8 % y Espumos 5,6 % con pertenecientes a la microcuenca El Carmen; la microcuenca Mónica solo registró movilidad en el cauce con su mismo nombre con un 57,1 % pero en Santa Urco no existió aportación de leños dando lugar a una nula movilidad.

Cuenca (2018) al estudiar la madera muerta en las zonas riparias de los ríos Atacames y Súa de la provincia de Esmeraldas, se registró 232 piezas de leño en el río Súa y en el río Atacames 152 piezas de leño; gran parte de las piezas de leño de ambas no tuvieron un efecto hidráulico debido que se encontraban fuera del cauce húmedo, los porcentajes oscilaron entre 20 - 80 % (río Súa) y 0 - 100 % (río Atacames). La investigación se basó en determinar la influencia del material leñoso en el uso del suelo y las funciones que cumplen en los ecosistemas fluviales.

3. METODOLOGÍA

3.1. Ubicación y descripción del área de estudio

El proyecto de investigación se realizó en tres microcuencas de tercer y cuarto orden del cantón Loja (Figura 1), ubicadas en la hoya de la ciudad de Loja al sur de la Región Sierra (zona interandina) del Ecuador, a una altitud de 2100 m s.n.m, ubicadas entre las latitudes y longitudes 9,557.710/9,594.460 m N; 666.530/722.150 m E; la hoya de Loja una extensión de 52 km². El clima temperado ecuatorial subhúmedo de la ciudad se define como tal, mantiene una temperatura promedio del aire de 16°C y una precipitación anual de 900 mm (PNUMA, GAD Loja, y NCI, 2007). Las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas son las zonas elegidas para realizar la investigación; las dos primeras son parte del Parque Nacional Podocarpus, caracterizada por una gran diversidad biológica. La microcuenca El Carmen está ubicada a 8 km Este del centro de la ciudad, en el sector de Zamora Huayco (9,558.756 m N; 701.641 m E). La microcuenca Mónica se localiza al sur de la ciudad de Loja en las cercanías del sector Los Dos Puentes a 12 km del centro de la ciudad (9,545.000 m N; 697.000 m E), y la microcuenca Las Violetas se encuentra ubicada al sur-oeste de la ciudad de Loja, junto a las inmediaciones de la vía lateral de paso de la ciudad (9,552.700 m N; 698.840 m E).

3.2. Selección de las áreas de estudio

El proceso de selección de las microcuencas se basó en la metodología de cuencas vinculadas (un control y un tratamiento), que se usa para cuantificar los efectos hidrológicos del uso de la tierra y las prácticas de manejo al monitorear concurrentemente dos cuencas vecinas (Jokela y Casler, 2011). Posteriormente se consideró los criterios: un área no mayor a 10 km², características geológicas, topográficas, suelo, rango altitudinal y condiciones climáticas similares, misma clasificación hidrológica, un gradiente en la proporción de cobertura vegetal boscosa (con dos niveles: conservación e intervención), seguridad y fácil acceso a la zona de monitoreo, y disponibilidad del recurso hídrico tanto para abastecimiento a la población como para los procesos ecológicos. Esta metodología evalúa mediante un análisis el tipo de relación que existe entre dos microcuencas, pero para este caso se decidió

adicionar una tercera microcuenca con el fin de ampliar el estudio comparativo de microcuencas y simular un gradiente de conservación.

Bajo este contexto, las tres microcuencas tienen diferentes grados de conservación. El Carmen se considera el área conservada, Mónica con una conservación intermedia (nivel medio de degradación) y la microcuenca Las Violetas con media-baja conservación (alto nivel de degradación). Cabe indicar que las dos primeras microcuencas tienen un gran interés local como proveer de agua a la ciudad y la última es importante por su alta vulnerabilidad en crecidas, inundación, procesos de erosión esto se debe a la constante influencia de actividades agrícolas que hay en la zona, en la cual se deberían tomar medidas de conservación.

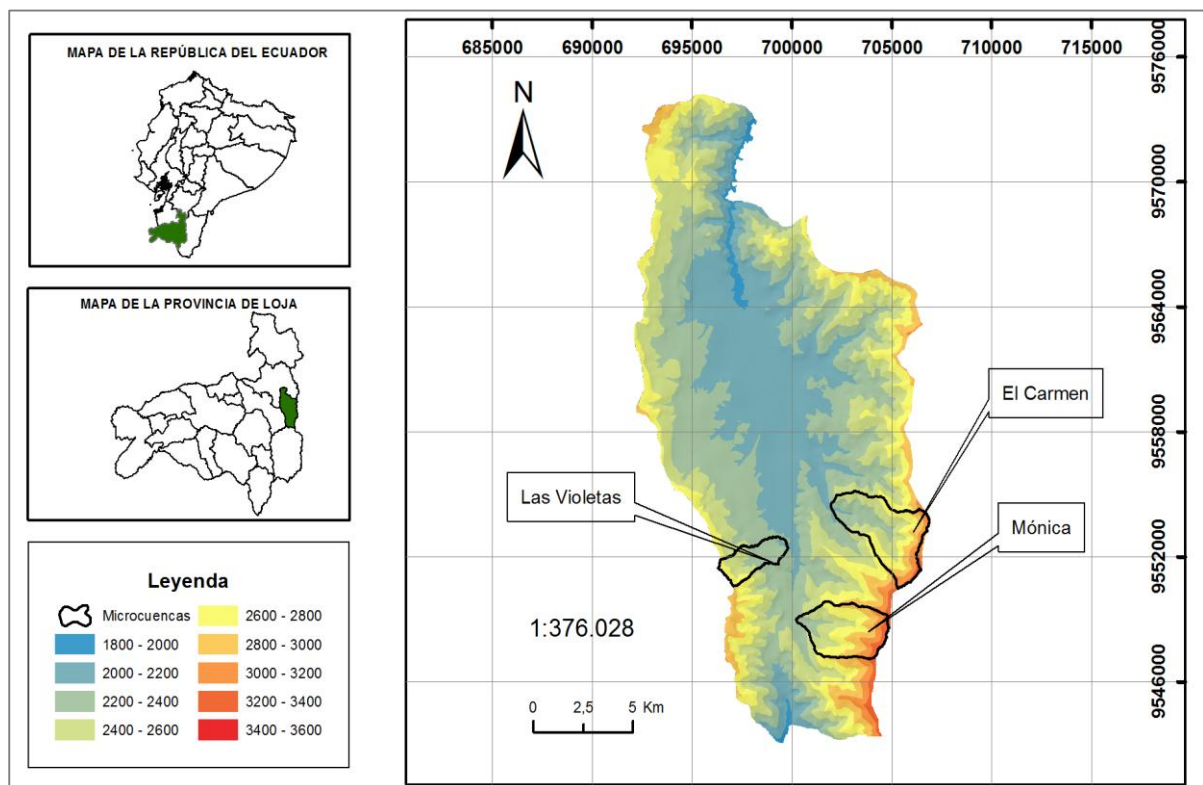


Figura 1. Ubicación del área de investigación en el contexto potencial.

Fuente: Elaboración propia

3.2.1. Microcuenca El Carmen

La microcuenca El Carmen (Figura 2) se encuentra ubicada al este de la ciudad de Loja, es una de las principales fuentes de abastecimiento de agua potable de la urbe y su ingreso es por el sector de Zamora Huayco. El rango altitudinal oscila entre los 2200 hasta los 3400 m s.n.m, y la cobertura vegetal se distribuye del siguiente modo: bosque 82,58 %, matorral 4,71 %, pastizal 0,75 %, páramo 15,15 %; cuerpos de agua 0,043 % y área sin vegetación 0,29 %. Del área total de la microcuenca el 89 % pertenece al Parque Nacional Podocarpus. Posee una temperatura promedio de 12 – 14°C y su precipitación varía entre 1250 – 2000 mm y la taxonomía del suelo es Entisol e Intisol. Como elemento de suma importancia cabe indicar que la entidad encargada del manejo de la microcuenca es el Gobierno Autónomo Descentralizado Municipal de Loja (GAD MUNICIPAL de Loja), a través de la Unidad Municipal de Agua Potable y Alcantarillado (UMAPAL). Esta entidad pública ha sido la encargada de preservar, proteger y manejar dicha zona, misma que adquirió las tierras que rodean para poder evitar así la contaminación del agua (Zárate, 2011; Arteaga *et al.*, 2014; Vanegas, 2016).

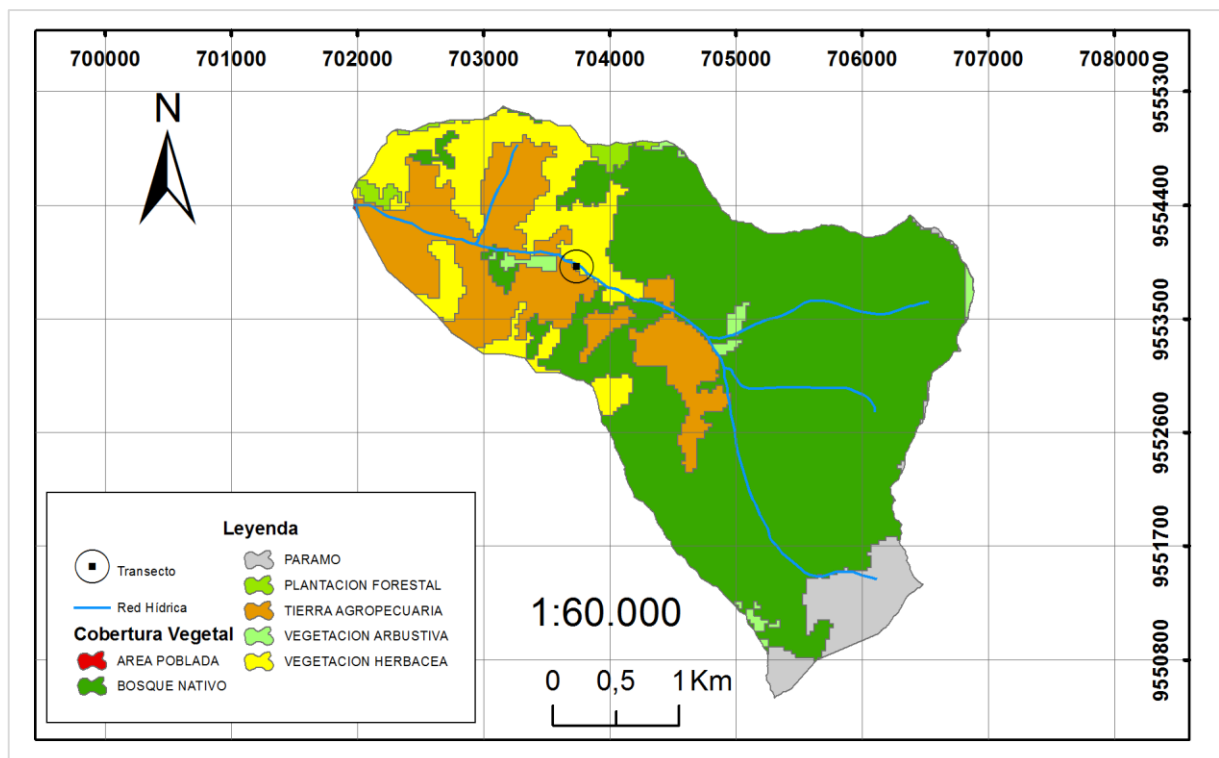


Figura 2. Mapa de uso del suelo de la microcuenca El Carmen

Fuente: Elaboración propia

3.2.2. Microcuenca Mónica

La microcuenca Mónica (Figura 3) se encuentra ubicada al sur de la ciudad de Loja, la entrada se localiza en el sector de Los Dos Puentes y su rango altitudinal oscila entre los 2320 y 3400 m s.n.m. Con respecto a sus elementos ambientales, el suelo está dentro de la taxonomía de Entisol e Intisol, la precipitación varía entre 1000 -1500 mm anualmente, la temperatura media oscila entre los 10 – 14°C y la cobertura vegetal se distribuye en Área sin vegetación (0,60 %), Bosque 9 (71.82 %), Matorral con 0,98 %, Pastizales (11,11 %), Páramos (11,78 %) y Plantíos Forestales (0,58 %). Del área total de la microcuenca el 49 % pertenece al Parque Nacional Podocarpus. Una característica que presenta la microcuenca es que la cobertura vegetal que no está incluida en el Parque es de tipo antrópico dedicada exclusivamente a la crianza de ganado, con presencia de pastizales artificiales y pastizales degradados o de baja calidad a consecuencia de la intervención humana (Arteaga *et al.*, 2014; Vanegas, 2016).

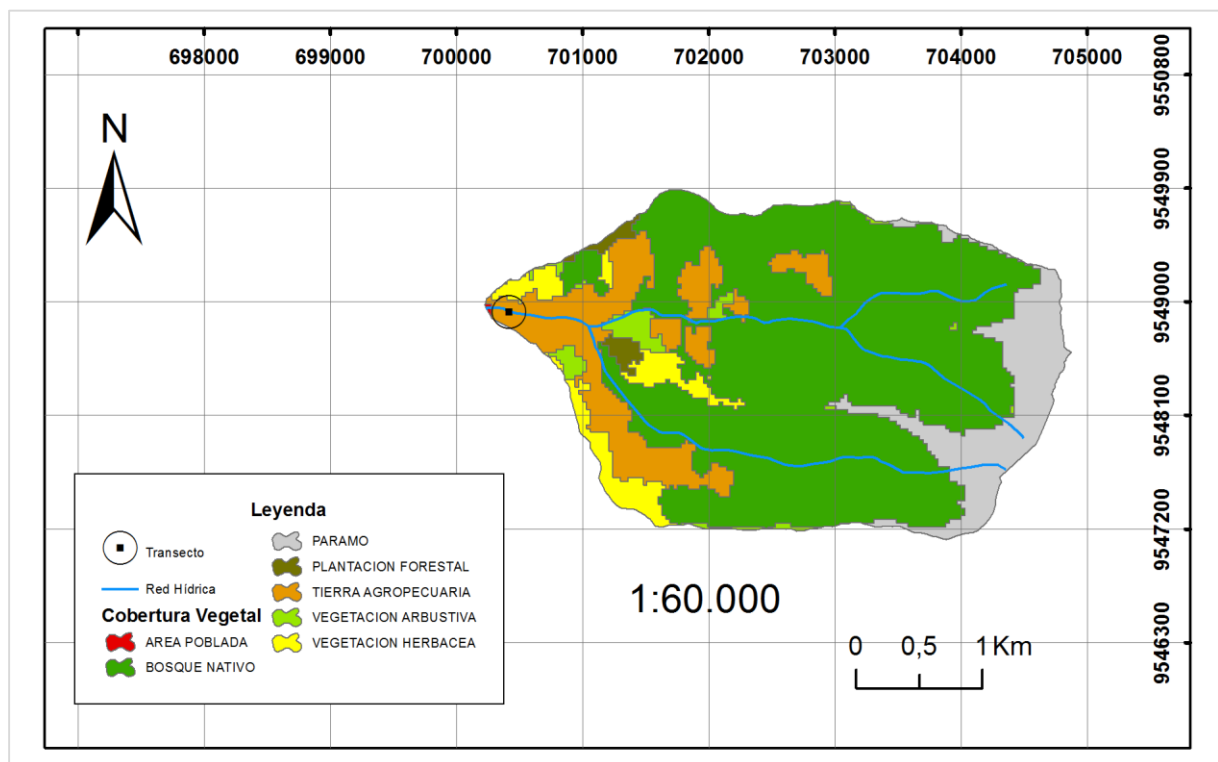


Figura 3. Mapa de uso del suelo de la microcuenca Mónica.

Fuente: Elaboración propia

3.2.3. Microcuenca Las Violetas

La microcuenca Las Violetas (Figura 4) tiene un área total de 290,19 ha, se encuentra situada en la parte sur-oeste de la hoya de Loja y contiene los barrios Punzara Grande y El Nogal de Punzara, los cuales se encuentran ubicados en la parroquia Punzara. Los límites son: al norte con la quebrada Sambo Yacu, al sur con la quebrada Potrerillos, al este con las quebradas Chiriacu y Palma Chico y al oeste con el río Malacatos. Su rango altitudinal oscila entre los 2320 y 3400 m s.n.m. En lo que se refiere a la taxonomía de suelos posee tres tipos: Entisol, Inceptisol y Vertisol. Tiene una precipitación de 900 mm anuales, la temperatura varía de 15°C a 16°C, considerándola como una zona templada, y los tipos de cobertura identificados en la microcuenca son: bosque húmedo denso 6 %, bosque húmedo intervenido 11 %, matorral húmedo alto 30 %, pastizal 41 % y cultivos asociados andinos 11 % (Cueva y Chalán, 2010; Coronel, 2016).

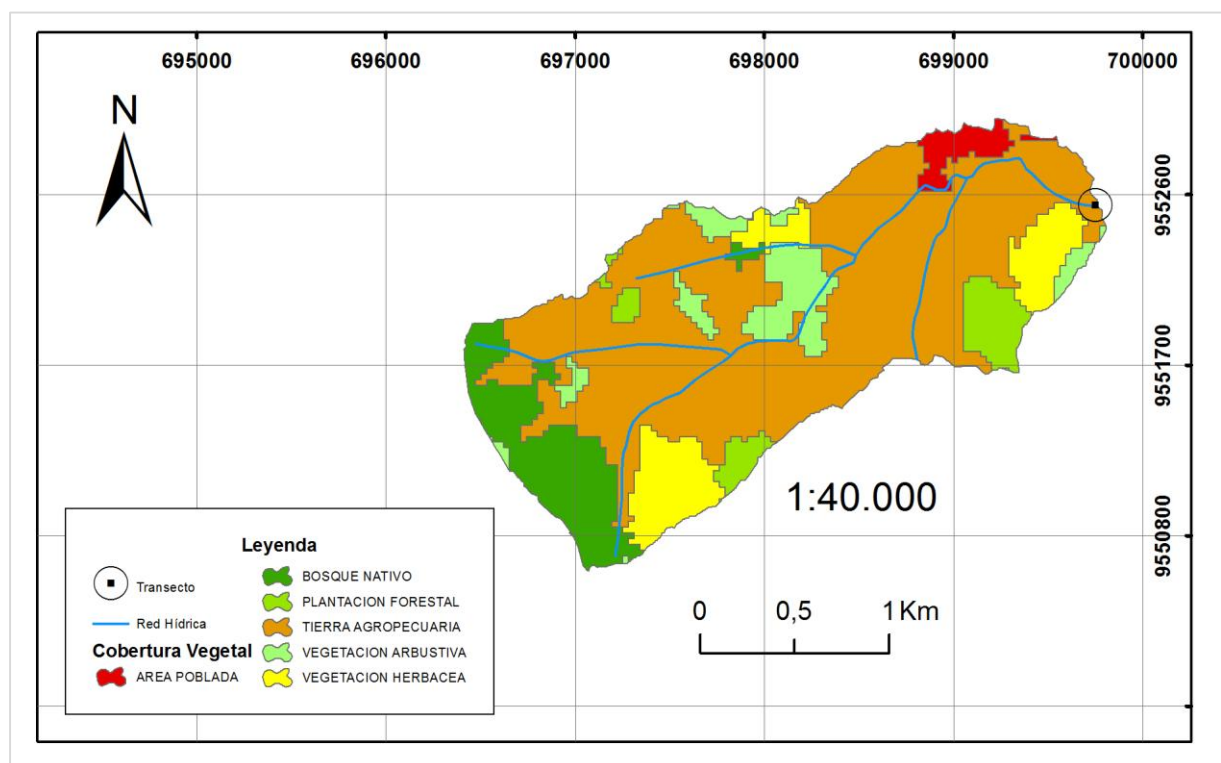


Figura 4. Mapa de uso del suelo de la microcuenca Las Violetas.

Fuente: Elaboración propia

3.3. Metodología aplicada en la investigación

Las microcuencas presentan distintas características de morfometría, tipo y uso de suelo, vegetación e incluso poseen variabilidad en su clima, por eso se realizó una breve descripción de estos elementos a partir de información secundaria se procesó y generó mediante la aplicación de software QGIS se realizó la digitalización de ortofotos del cantón Loja del año 2016 (resolución de 30 cm y con escala de 1:3000), una clasificación de cobertura vegetal para determinar los valores correspondientes a cada parámetro. Para realizar el proceso de dinámica de aportación de material leñoso se siguió un conjunto de procedimientos tal como

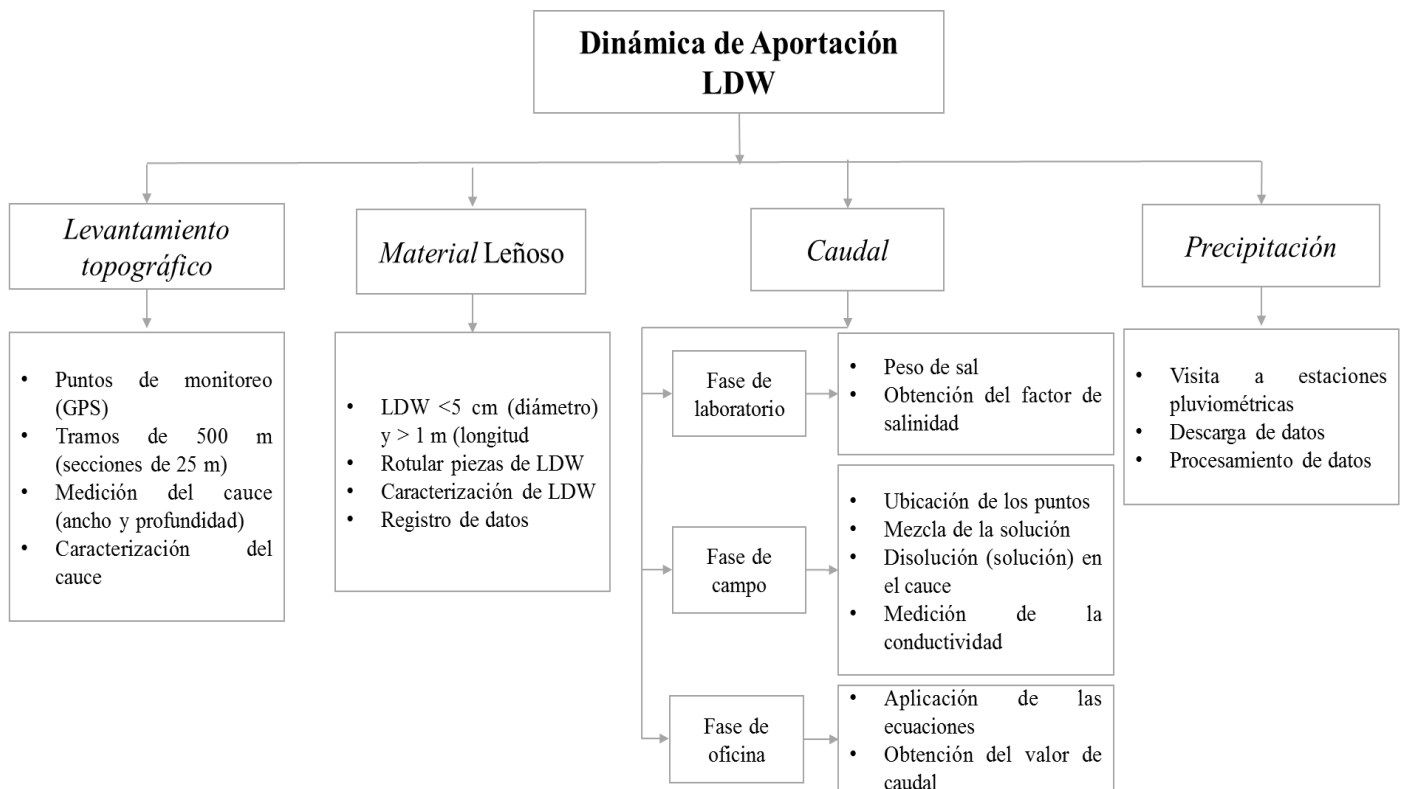


Figura 5. Flujograma metodológico para la caracterización de la dinámica de aportación de LDW indica la Figura 5.

El primer apartado del estudio de investigación se basa en la metodología descrita por Elosegí y Sabater (2009) para determinar la cantidad de madera muerta en los cauces, esta metodología fue modificada para lograr una estimación más acertada de los valores esperados. Para la recolección de los datos del estudio se realizó seis monitoreos por cada una de las microcuencas, durante un periodo de tres meses (marzo - mayo del 2018) con muestreos de cada 15 días, las microcuencas Mónica (8am -12pm) y Violetas (12 – 4 pm) se realizaron en un solo día y para El Carmen (8am -12 pm). Cabe mencionar que los días de

monitoreo fueron consecutivos y debían estar dentro un periodo no mayor a cinco días para evitar variación en los resultados de las muestras, esto se designó en caso de existir altas precipitaciones, derrumbes u otros eventos aislados que eviten realizar el trabajo al investigador.

Inicialmente con el uso de un mapa cartográfico y un GPS se realizó un recorrido por las microcuencas previamente seleccionadas y se determinó los puntos de monitoreo (inicial y final) para cada una. Una vez seleccionadas las zonas de estudio, el monitoreo se inició en las partes bajas de las microcuencas comprendidas en los rangos de 2200 – 2600 m s.n.m en un tramo de 500 m de forma vertical a lo largo del cauce, este tramo se subdividió en 20 espacios separados cada 25 m cada uno, la numeración se realizó desde aguas abajo (desde el punto 0 al punto 20 del tramo de los 500 m). En las orillas de cada cauce se instalaron marcas de referencia (estacas de madera o en rocas se colocó una marca con spray) para indicar los límites de cada tramo y el posicionamiento de las piezas de madera. En cada sección transversal se midió el ancho del cauce: 1) área límite o bankfull (nivel máximo del cauce principal por encima de la cual el agua desborda hacia la planicie de inundación), 2) área mojada (nivel del cauce por la cual transita el agua en ese momento por el canal) con el fin de obtener el área de cada una de las secciones (Figura 6). Por último, se midió la profundidad en perfiles considerando intervalos de medición entre 10 cm y 1 m de distancia (dependiendo del ancho del cauce) con el fin de obtener datos de la profundidad máxima, mínima y media de cada uno de los tramos del cauce (Figura 7).

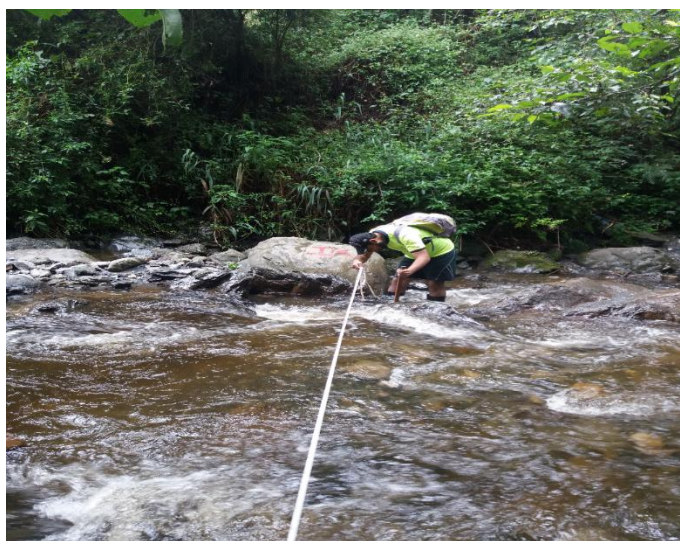


Figura 6. Medición de la sección transversal del cauce de la microcuenca El Carmen.

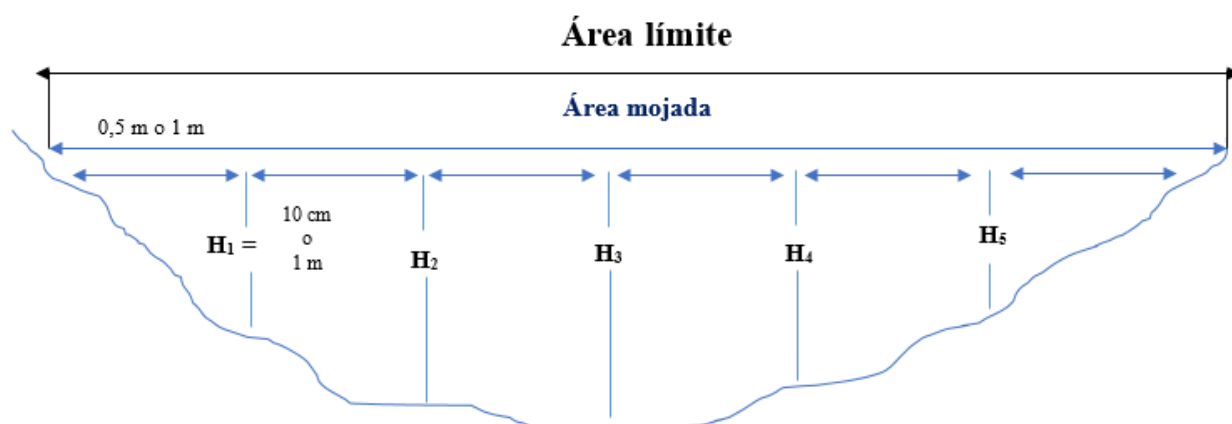


Figura 7. Esquema de la medición de las dimensiones del cauce (ancho y profundidad máxima) en cada tramo de estudio.

3.3.1. Estimación del volumen de material leñoso (> 5 cm de diámetro y > 1 m de largo) en los tramos seleccionados dentro de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.

La medición de los restos de material leñoso se consideró que éstos tuvieran un diámetro superior a 5 cm y 1 m de longitud. En cada tronco o leño se midió el diámetro de ambos extremos con el calibrador (200 mm de largo y 0,02 mm de precisión), y la longitud con la cinta métrica (20 m). Los leños de forma irregular se dividieron en varias secciones y se midió su respectivo diámetro y longitud, y para los troncos ramificados se midió los diámetros y longitudes de cada rama. La posición de cada uno se referenció midiendo la distancia y orientación respecto a elementos naturales (rocas o árboles) y/o las estacas de madera como referencia (Figura 8).



Figura 8. Medición (a), Insertado (b) y (c) Rotulado de los restos de material leñoso.

En las piezas de madera se colocó una chapa metálica con código para realizar la contabilidad, la movilidad y la distancia recorrida a lo largo del cauce durante el periodo de monitoreo; a su vez se consideró los siguientes criterios establecidos por (Ulloa *et al.*, 2011):

- *Según el estado de conservación:* estado de conservación fresco (cuando se notaba presencia de corteza y hojas, secas o no), medio (no había presencia de hojas ni corteza, pero la madera no se notaba porosa ni se deshacía), viejo (con presencia de ataques de hongos o de insectos y cuando la madera estaba muy porosa y se deshacía fácilmente), y vivo (para troncos que estaban enraizados a la orilla del cauce).
- *Según el tipo de material:* árbol entero, rama, tronco, tronco con raíz y raíz.
- *Según la especie:* conífera o latifoliada.
- *Según la orientación en el cauce:* posición en el cauce (al nivel de cauce lleno, en el margen, dentro del cauce por debajo de la cota de cauce lleno, puente o suspendido

sobre el cauce y escalón de tronco), orientación en relación al flujo (oblicuo, ortogonal, paralelo), distribución (pieza única o por agrupación cuando dos o más piezas permanecen en contacto) y,

- *Según el origen:* restos de cosecha y/o madera cortada, derrumbe de taludes, orilla, transporte por torrente y perennidad natural.

La estimación del volumen de material leñoso se realizó mediante la aplicación de la Ecuación 1 establecida por Elosegí y Sabater (2009):

Ecuación 1.
$$V = \pi l((R^2) + (Rr))/3$$

Donde:

V= Volumen (cm³)

l = Longitud (cm)

R = Radio del extremo más grueso (cm)

r = Radio del extremo más delgado (cm)

3.3.2. Determinación de la relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.

Para obtener el caudal de cada una de las microcuencas durante el periodo de monitoreo se trabajó en tres fases:

- **Fase de Laboratorio**

Para dar inicio a la primera fase, se obtuvo una curva de calibración con la cantidad de sal y un volumen conocido, para ello se realizaron los procesos:

En primer lugar se pesó 900 g de sal y se extrajo 0,001 g de sal para colocarlos en un recipiente de 1000 ml con agua de grifo. A continuación se midió la conductividad inicial del agua de grifo y posterior se agregó 0,001 g de sal y se realizó la mezcla hasta ser homogenizada y se midió la conductividad. Este procedimiento se realizó hasta obtener ocho repeticiones y se aplicó para cada funda de 900 g. Los valores obtenidos se anotaron en una

libreta con la fecha del procedimiento, cada funda fue etiquetada con un código, guardadas en un lugar seco y a temperatura ambiente hasta su utilización en campo.

Una vez obtenidos todos los valores se graficó la curva de respuesta de sal en agua que representa el incremento de la conductividad por cada gramo de sal inyectada a la solución, posteriormente en el programa Excel se aplicó una regresión lineal para obtener la pendiente de la recta que es del factor de salinidad, como se indica en la Ecuación 2 (Orellana, 2008):

Ecuación 2.
$$Y = bx + a$$

Donde:

a = Pendiente de la recta, mide el cambio en Y por cada unidad de cambio en X.

b = Ordenada al origen, el punto donde la recta intercepta el eje Y, es decir el valor de Y cuando $X = 0$; Factor de salinidad.

El valor del factor de salinidad se combina con los valores de conductividad del agua río para obtener el valor del caudal en el día del aforo.

- **Fase de campo**

Para realizar los respectivos aforos en cada de una de las microcuencas se consideró los lugares más accesibles de las secciones previamente establecidas, así como que no tuvieran obstáculos para el flujo de la solución. Siguiendo la recomendación de Merz y Doppmann (2006), la solución debe mezclarse completamente durante el recorrido del flujo y evitar la interferencia de algunos factores como remolinos con efectos de flujo de retorno, lagunas o represas, no debe haber extracciones o ingreso de otras aguas ni tampoco vegetación sobre las orillas o dentro del cauce que interfieran el flujo de la solución. La distancia a recorrer de la solución debe ser lo más corta posible, como observación se puede tomar una longitud 20-50 veces el ancho promedio de la corriente, o 100 veces el ancho de la parte más angosta de la corriente.

Para la aplicación de este método se necesitó utilizar varios insumos y equipos además de la participación de dos personas. Una vez que se determinó los 40 m de distancia para realizar el aforo entre el punto 1 (punto donde se toma los datos una vez vertida la mezcla) y punto 2 (punto donde se vierte la mezcla), se realizó los siguientes pasos: primero se tomó la conductividad inicial del cauce en el punto 2, segundo se llenó un balde de 20 l de capacidad con agua proveniente del cauce y se tomó su conductividad, tercero se realizó la mezcla de 900 g de sal con el agua del balde, una vez homogenizada la mezcla se midió la conductividad, cuarto la persona A vertió la mezcla sobre el cauce en el punto 2 y paso ultimo la persona B midió la conductividad en el punto 1 (desde que la mezcla es vertida al cauce por la persona A, la persona B comienza a tomar los datos). Durante la medición de cada 5 segundos y hasta que toda la solución ha culminado el trayecto desde el punto 2 al punto 1, el recorrido de la solución se indica en el medidor de conductividad portátil a través de una campana de Gauss que se forma a partir del valor inicial de conductividad, este va incrementando su valor hasta llegar al valor más alto, una vez en este punto los valores comienzan a descender hasta llegar a su valor inicial (Figura 9).



Figura 9. Proceso para medir la conductividad eléctrica del agua. (a) Selección de muestras (b) mezcla (c) medición y (d) resultado de conductividad.

Un par de elementos a considerar son: primero la conductividad debe aumentar al menos en un 200 % su conductividad inicial, una vez que la solución se vierta al punto de control y segundo la cantidad de sal que se mezcló en la solución, depende de la cantidad de agua y la rapidez del flujo por caudal de cada microcuencia. Por ejemplo para las microcuencias El Carmen y Mónica se mezcló 900 g de sal (en 20 l de agua) debido a su alto volumen de

caudal y su rapidez del flujo; sin embargo, para el caso del microcuenca Las Violetas se osciló entre 450 -900 g de sal (en 20 l de agua) debido a su bajo nivel de flujo y volumen de caudal, complica la llegada de la solución de un punto a otro. Finalmente, con los datos obtenidos tanto en campo como en laboratorio se realizaron los respectivos cálculos para determinar el caudal del día del aforo.

- **Fase de Oficina**

Una vez obtenidos los datos en campo se procedió a realizar el cálculo de caudal de cada una de las microcuencas, y para ello se aplicó la Ecuación 3 (Galecio, 2007):

Ecuación 3.
$$Q = \frac{V}{k * \sum [EC(t) - EC_{bg}] \Delta t}$$

Donde:

$EC(t)$ = Conductividad medida en el tiempo t en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Conductividad inicial)

EC_{bg} = Conductividad de fondo medida en $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Conductividad final)

Q = caudal en m^3/s

V = volumen de sal inyectada en mg (Gramos de sal)

k = Factor de conversión en $\frac{\text{mg} * \mu\text{S}}{\text{cm} * \text{L}}$ (Factor de salinidad)

En el programa Excel se obtuvo el caudal de cada una de las microcuencas durante el periodo de monitoreo mediante la integral del área bajo la curva aplicando la Ecuación 3, los datos que se incluyeron fueron: el valor del factor de salinidad, conductividad medida, distancia de recorrido de la solución, factor de salinidad, fecha y hora del aforo, intervalo de medición, lugar del aforo y sal inyectada en gramos. Una vez con los valores de los caudales obtenidos por cada salida y con las características de material leñoso (volumen, longitud y diámetro), se determinó una relación entre el incremento o disminución del caudal sobre las características de material leñoso en los cauces de las microcuencas durante el periodo de monitoreo.

Finalmente en las estaciones pluviométricas tanto para El Carmen como para Mónica se descargó los datos de precipitación de los periodos febrero-junio del 2018, y a través del INAMHI se solicitó los datos de precipitación de la estación la Argelia en el mismo periodo de tiempo con intervalos de precipitación registrada en 5 min, 1 h y 24 h, esto se realizó con el propósito de corroborar su relación con los datos de caudales obtenidos en cada aforo durante el periodo de monitoreo en las microcuencas en estudio (Figura 10).

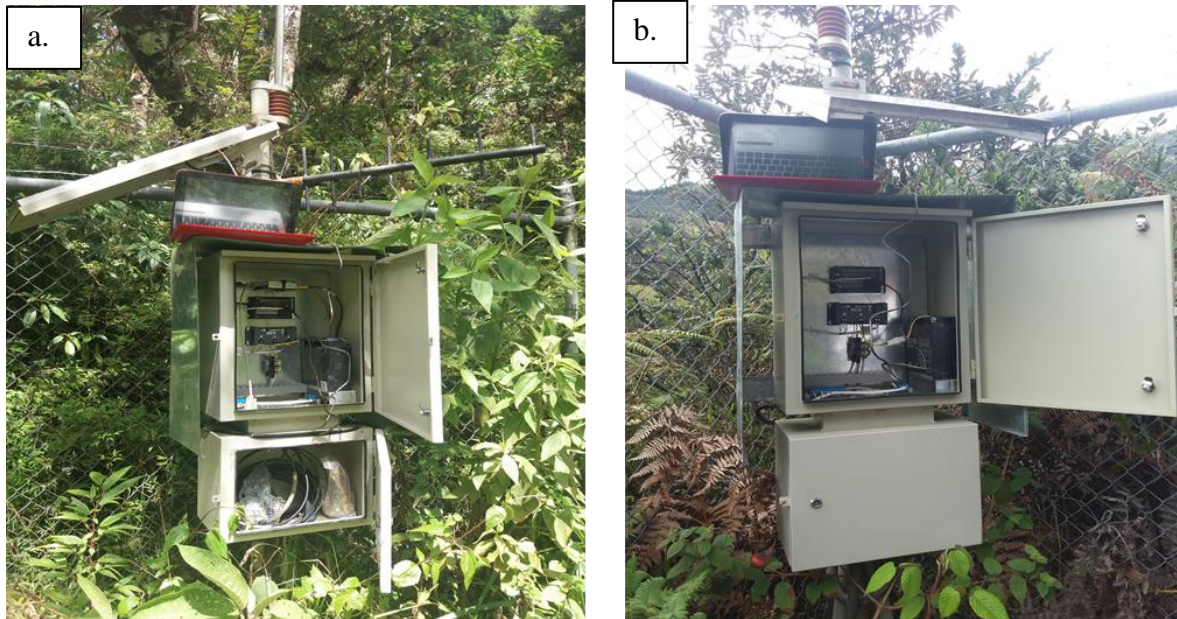


Figura 10. Descarga de datos de las estaciones pluviométricas de El Carmen (a) y Mónica (b).

3.3.3. Análisis de la dinámica de aportación de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.

Para dar cumplimiento a este objetivo se siguió la clasificación de Montgomery y Buffington (1997), en la se determina el tipo de morfología de cada segmento del cauce (Tabla 2)

Tabla 2. Parámetros descriptivos para caracterizar la morfología de los cauces de las zonas de estudio

Descripción	Nombre	Código
La descripción de los cauces en cascada se centra en las corrientes en las que la disipación de energía está dominada por el volteo continuo del flujo de chorros sobre surcos de agua alrededor de las grandes rocas clásticas individuales. Este tipo de morfología se encuentra generalmente en pronunciadas pendientes que están por un escaso margen delimitadas por las paredes del valle y también por un fondo de lecho irregular tanto lateralmente como longitudinal formado comúnmente por guijarros y rocas.	Caudales en Cascada	C
Los cauces que transitan por el lecho que pasan de escalón a poza se caracterizan por largos saltos formados por grandes rocas organizadas en acumulaciones independientes, dentro de las pozas a través de fluctuaciones en el lecho se separa el material fino que contienen. La morfología de los escalones se asocia con las pendientes pronunciadas, la baja relación entre el ancho y profundidad del cauce y por las paredes del valle que la delimitan.	Fase de remanso	FR
Los caudales de lecho plano carecen de resistencia al flujo debido a una baja relación entre el ancho y la profundidad del lecho. Este tipo cauce se encuentra en pendientes de grado moderado a alto, además los canales son comúnmente rectos y pueden como no estar confinados por las paredes de los valles. El sustrato puede estar compuesto por arena, gránulos de roca pero la grava y los cantos predominan en el lecho.	Caudales de Lecho Plano	LP
Los caudales de tipo remanso que pasan a fase rabión tienen una corriente fluctuante que se define en una secuencia que inicia con resistencia al flujo, el paso por pozas, el aumento de la velocidad y con la circulación turbulenta de la corriente. Este tipo de morfología se encuentra en pendientes de grado moderado a bajo, no se encuentran confinadas por las paredes de los valles y cuentan con áreas de inundación bien establecidas. El tamaño del sustrato en los arroyos de las corrientes varía de arena a guijarros, pero por lo general tiene tamaño de grava.	Caudales de remanso y rabión	RR
La característica principal de este tipo de morfología es el bajo gradiente en cauces con fondo de arena. La distribución de la forma del lecho de los canales de las dunas depende la profundidad de la corriente, la velocidad, el tamaño de la superficie del lecho y la velocidad del transporte de los sedimentos.	Caudales con dunas	CD
Los canales coluviales son pequeños arroyos de vertientes en las nacientes, cuentan con una red de canales que fluyen sobre un manto de valles coluviales, y estos presentan un transporte fluvial débil o efímero.	Caudales Coluviales	CC
Los cauces de roca firme carecen de una base aluvial continua. Algunos de los materiales aluviales pueden depositarse temporalmente en las cavidades de socavación o detrás de los obstáculos de la corriente. Este tipo de cauces se encuentran atrapados entre las paredes de los valles, además carecen de un lecho aluvial debido a los pronunciados gradientes del cauce y a las profundas corrientes.	Caudales de fondo rocoso	CFR

Son el resultado de eventos cambiantes dentro del cauce por ejemplo: Acumulación de sedimentos, desechos leñosos, erosión, la diferencia en el flujo de la corriente pueden generar lagunas, barreras y desniveles dentro de los cauces.	Morfologías Forzadas	MF
Este tipo de morfología se caracteriza por representar morfologías intermedias tales como: resistencia al rabión (de remanso o rabión a fondo liso); fase de rabión (de fondo liso a fase remanso) y fondo de cascada (fase de remanso a cascada).	Morfologías intermedias y otras morfologías	MI

Fuente: Montgomery y Buffington (1997).

Para estudiar la dinámica de aportación del material leñoso se hizo énfasis en el volumen incorporado y perdido, y a su vez en la longitud y diámetro del material leñoso, en las tres microcuencas en investigación. En última instancia, mediante una correlación de Pearson con un nivel de significancia del 0,05 %, en el programa Infostat se procedió a determinar si durante el periodo de monitoreo las características de material leñoso: volumen, longitud, diámetro y número de piezas (variables dependientes) tienen relación sobre la profundidad máxima y el cauce lleno máximo (variables independientes), y con base en estos datos establecer diferencias entre las tres microcuencas observadas.

4. RESULTADOS

Se exponen los resultados obtenidos durante el proceso de investigación y están enfocados con los objetivos planteados en la investigación

4.1. Volumen de material leñoso (> 5 cm de diámetro y > 1 m de largo) en los tramos seleccionados dentro de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.

Es importante indicar los parámetros tanto morfométricos como biofísicos obtenidos de las microcuencas, a base a cálculos estas características se presentan a continuación (Tabla 3).

Tabla 3. Características morfométricas y biofísica de la microcuencas de estudio.

Microcuenca	El Carmen	Mónica	Las Violetas
	Morfometría General		
Área (km ²)	11,34	9,24	4,043
Perímetro (km)	16,49	12,61	10,34
Coeficiente de Gravelius (forma)	1,38	1,17	1,45
	Oval-Redonda a oval Oblonga	Casi redonda a oval-redonda	Oval-Redonda a oval Oblonga
Pendiente media de la cuenca (%)	57,07	57,48	36,02
	Drenaje		
Longitud del cauce principal (km)	6,22	4,99	3,14
Pendiente media del cauce (%)	25,68	22,41	15,33
Pendiente del tramo 500 m del cauce (%)	14,135	12,45	11,73
Longitud del Valle (km)	5,54	4,67	3,6
Coeficiente de sinuosidad (km)	1,29	1,16	1,07
Número de orden	4	3	3
Tiempo de concentración (Kirpich)	0,56	0,42	0,322
Factor de forma (Horton)	1,16	0,55	0,41

	Rodeando el Desagüe	Rodeando el Desagüe	Ni alargada ni ensanchada
Aspectos Biofísicos/Climáticos			
Tipología del suelo	Inceptisoles Entisoles	Inceptisoles Entisoles	Inceptisol Entisol Vertisol
Tipo de ecosistema predominante	Bosque siempreverde montano alto oriental	Bosque siempreverde montano alto oriental	Bosque siempreverde montano alto oriental
Cobertura vegetal (%)			
Área poblada	0,16	0,05	2,45
Bosque nativo	63,17	65,98	11,45
Páramo	5,11	11,29	
Plantación forestal	1,09	1,09	5,22
Tierra agropecuaria	17,33	14,09	63,22
Vegetación arbustiva	1,29	2,31	7,56
Vegetación herbácea	11,85	5,19	10,1
Temperatura media Anual (°C)	12 a 14	10 a 14	15 a 16
Precipitación media anual (mm)	1250-2000	1000-1500	900

Durante la fase de monitoreo se realizaron las correspondientes mediciones y se obtuvieron los siguientes resultados del material leñoso en los tramos ya establecidos en las zonas de estudio.

El volumen de material leñoso (Figura 11) fue mayor en la microcuenca Mónica con un valor de 0,80 m³, mientras que para las microcuencas El Carmen y Las Violetas se obtuvieron valores de 0,21 m³ y 0,17 m³, respectivamente. El volumen que se representa es la acumulación durante el periodo de monitoreo.

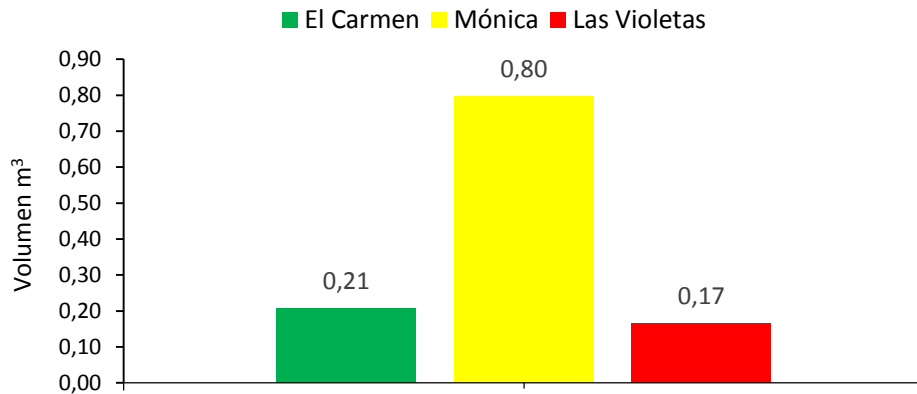


Figura 11. Volumen de material leñoso registrado en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.

En el monitoreo del material leñoso de los cauces El Carmen, Mónica y Las Violetas, es evidente una variación del comportamiento de volumen de LDW en cada uno de los tramos, en donde la acumulación se concentra en ciertos puntos de cada sección mientras que en otros es casi o ninguna la presencia de los leños (Figura 12).

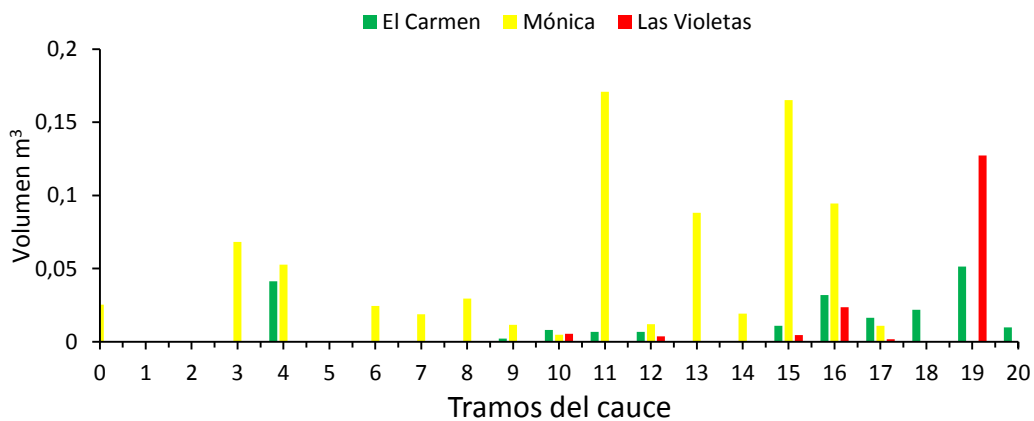


Figura 12. Volumen total registrado por tramos de material leñoso en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas

En la microcuenca Mónica las piezas de material leñoso tienen una longitud de 4 m, destacándose el 51,95 % de las piezas entre 2-3 m y el diámetro se destaca con el 85,71 % de piezas entre los 20 a 30 cm como los valores más representativos, en cambio para El Carmen el 48,78 % de las piezas se encuentran entre los 2-3 m y el 85,37 % de piezas tienen un

diámetro entre 10-20 cm. En la microcuenca Las Violetas el 22,22% de piezas es similar en los rangos de 2-3 m y de 3-4 m de longitud, sin embargo entre 1-2 m de longitud las piezas tienen un valor de 33,33 % y el diámetro de 0-10 cm contiene un 44,44 % de las piezas totales (Figura 13).

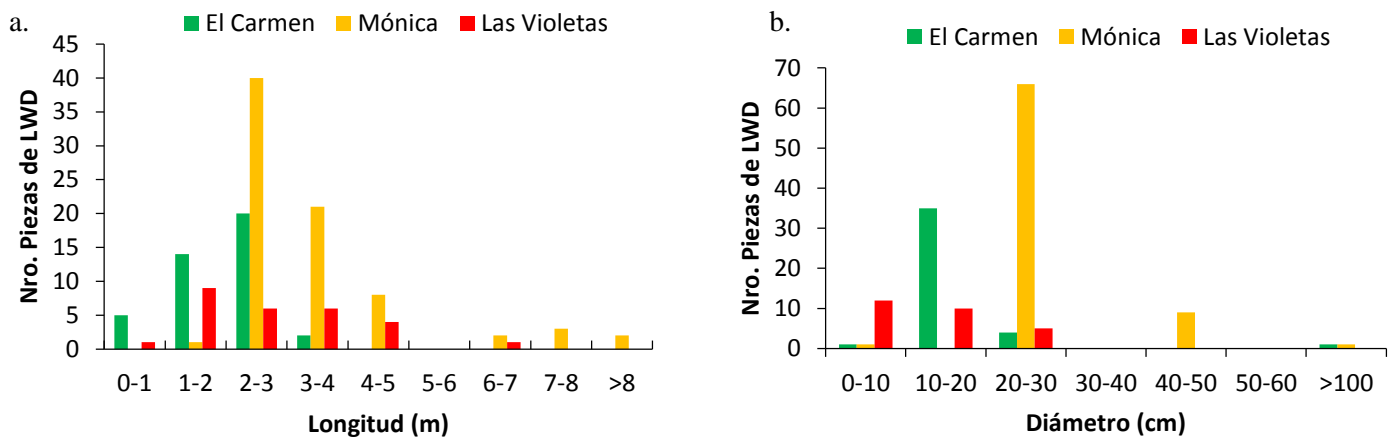


Figura 13. Distribución de frecuencias de la longitud (a) y el diámetro de las piezas (b) de LWD en cada microcuenca.

En la Figura 14 se muestra el porcentaje del estado de degradación del material leñoso, así como el tipo de especie predominante de cada una de las microcuenca bajo estudio. En la microcuenca El Carmen los estados de degradación que más se presentan son el estado viejo con un 49 % y 47 % para el estado medio, en cambio en Mónica prevalece el estado medio con un 73 % y para Las Violetas los estados de degradación que sobresalen son el estado medio con un 54 % y 47 % para viejo. Las tres microcuenca comparten el 100 % de latifoliada como la especie dominante presente en cada uno de los cauces.

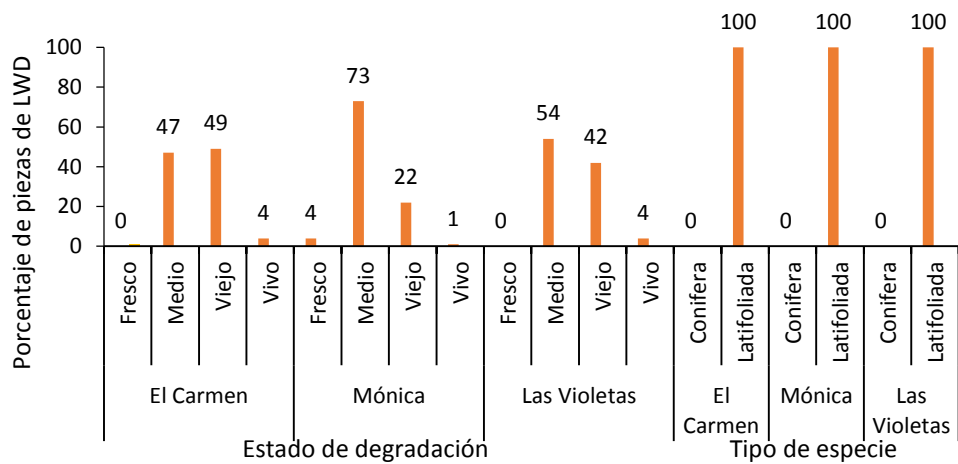


Figura 14. Estado de degradación y tipo de especie del material leñoso de las microcuencas en estudio.

Dentro de los resultados de LWD, la microcuenca El Carmen en la Figura (15a) presento una orientación de los leños en forma paralela en 37 %, oblicuo 34 % y perpendicular 29 %. Los resultados según el origen se destacan por transporte en un 62 % y natural en un 31 %, en cambio por la posición de los leños en el cauce se destaca margen en un 54 % y en un 19 % están dentro del cauce. En la microcuenca Mónica en la Figura (15b) indica que la orientación de los leños se destaca de modo perpendicular en un 44 %, paralelo 34 % y oblicuo 23 %. Mientras que por su origen los leños se destacan por transporte en un 64 % y natural en un 34 %, por otra parte la posición de los leños en el cauce resalta en un 54 % en el margen y en un 27 % en escalón. Por último la microcuenca Las Violetas en la Figura (15c) señala una similitud de valores con respecto a la orientación de los leños en un 46 % tanto en perpendicular como oblicuo y en un 8 % están en paralelo. Por otro lado el origen de los leños se destaca residual en un 68 % y derrumbe en un 20 %, finalmente por la posición de los leños resalta en un 60 % en el margen y a nivel del cauce en un 24 %.

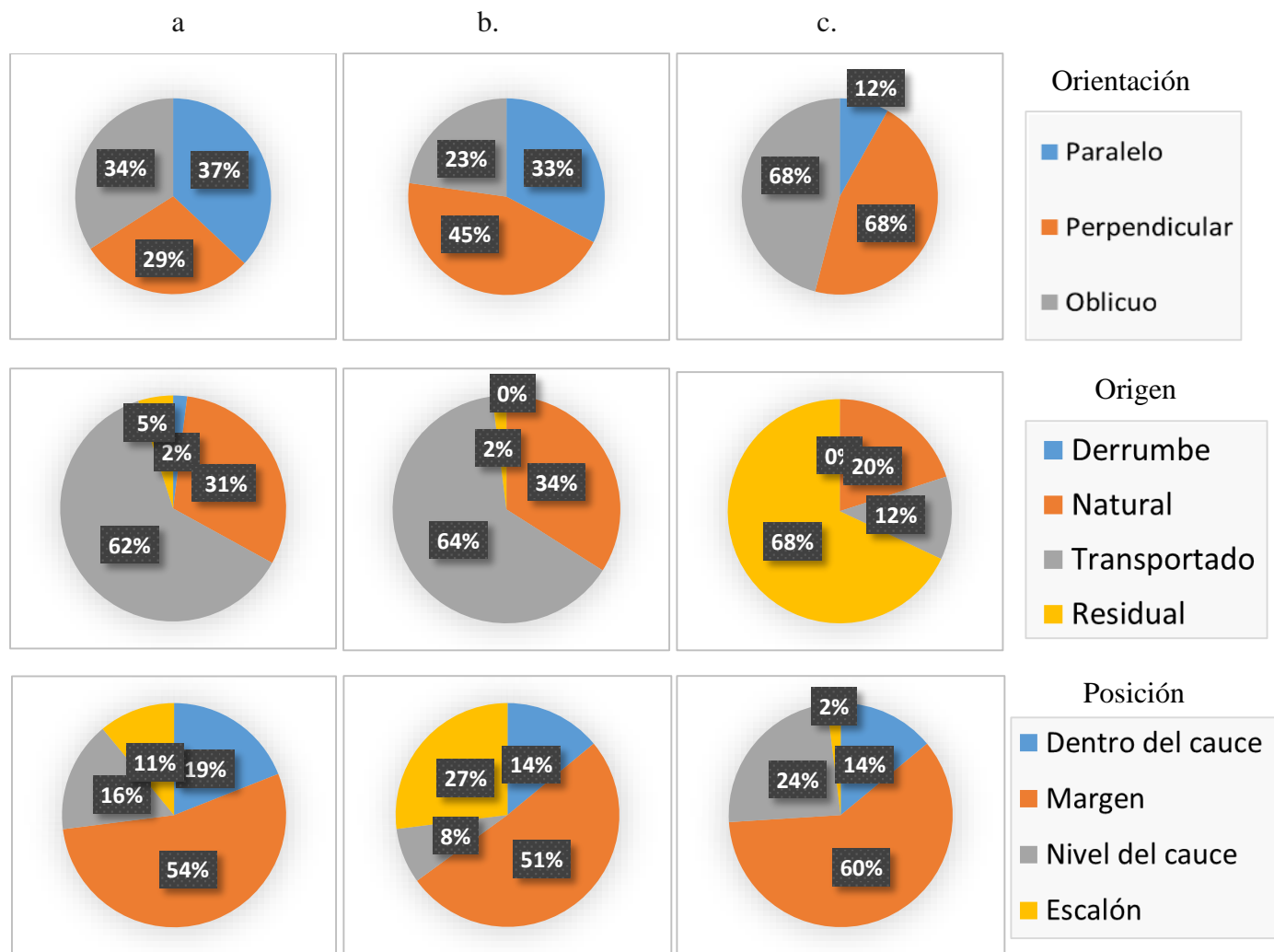


Figura 15. Proporción de LDW monitoreado en función de la orientación con respecto al flujo (arriba), origen (al medio) y posición en el canal (abajo) de cada pieza de material leñoso en las microcuencas El Carmen (a), Mónica (b) y Las Violetas (c).

4.2. Relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.

En la Figura 16 se representan los caudales promedios representativos durante la etapa de aforos en las zonas de estudio. En lo que respecta a la microcuenca El Carmen presenta valores altos de caudales en la salida 4 con 557,40 l/s y en el caudal de la salida 3 con 550,02 l/s; Mónica presenta caudales altos de 505 y 471,57 l/s entre las salidas 3 y 5 respectivamente, finalmente en Las Violetas los caudales altos se encuentran entre los 33,83 y 18,28 l/s que corresponden a las salidas 3 y 1 respectivamente.

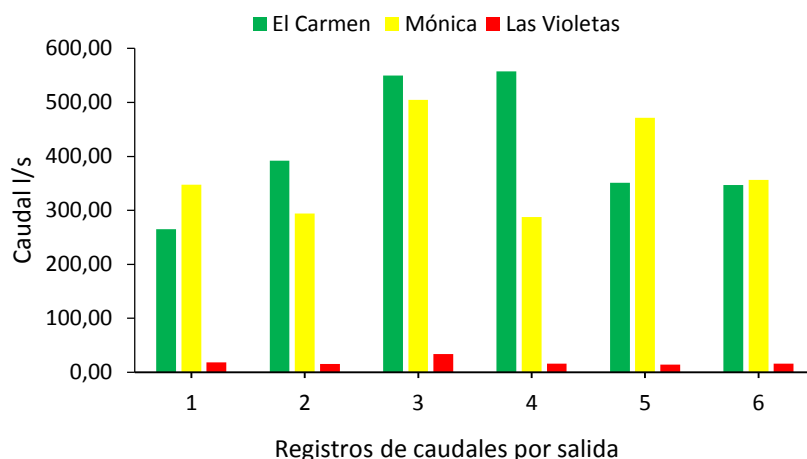


Figura 16. Valores promedios de los caudales de cada microcuenca durante el periodo de monitoreo.

Una vez obtenidos los valores de caudal promedio por salida, se procedió a establecer su relación con las características del material leñoso considerando la longitud, diámetro y el número de piezas en cada una de las microcuenca bajo estudio, para esto se realizó una correlación de Pearson con 0,05 % de significancia tal como lo indica (Tabla 4).

Tabla 4. Análisis estadístico relacionado con la comparación entre el caudal y las características de LWD.

Microcuenca	Factores	Longitud media (cm)	Diámetro medio (cm)	No. Piezas
EL Carmen	R^2	0,27	0,27	0,27
	P	-0,54	-0,53	0,54
Mónica	R^2	0,20	0,24	0,55
	P	0,61	0,56	0,31
Las Violetas	R^2	0,29	0,29	0,29
	P	-0,52	0,52	-0,52

En la Tabla 4 los resultados indican que no existe una relación entre el volumen del caudal con respecto a las características del material leñoso en ninguna de las tres microcuenca analizadas.

Se realizó una comparativa entre la precipitación diaria registrada en las estaciones pluviométricas durante el periodo de monitoreo y el caudal obtenido por cada salida en cada

una de las microcuencas, y los resultados se presentan en la Figura 17 respectivamente para cada una de las microcuencas.

Las precipitaciones totales registradas durante el periodo de monitoreo (febrero – mayo 2018) y caudales totales promedio (marzo – mayo) son: 573 mm en la estación pluviométrica El Carmen y con un caudal promedio de 410 l/s un caudal mínimo de 265 l/s caudal máximo de 557 l/s de aforo cada 15 días. La estación pluviométrica de la microcuenca Mónica registro 468 mm de precipitación con un caudal promedio de 377 l/s, un mínimo 287 l/s y un máximo de 505 l/s respectivamente. Para la microcuenca Las Violetas se hizo uso de la estación pluviométrica de la Argelia la misma que registro una precipitación de 250,2 mm con 19 l/s de caudal promedio y con 15 l/s de caudal mínimo y máximo con 34 l/s. La gráfica presenta leves relaciones entre la precipitación y caudal debido a elementos como uso de suelos, nivel de conservación, pendiente, tamaño y posición geográfica de la cuenca ejercen dominio en la producción de la esorrentía (Klaus y McDonnell, 2013) siendo esta determinante sobre el incremento o disminución de los cursos fluviales de cada microcuenca en estudio.

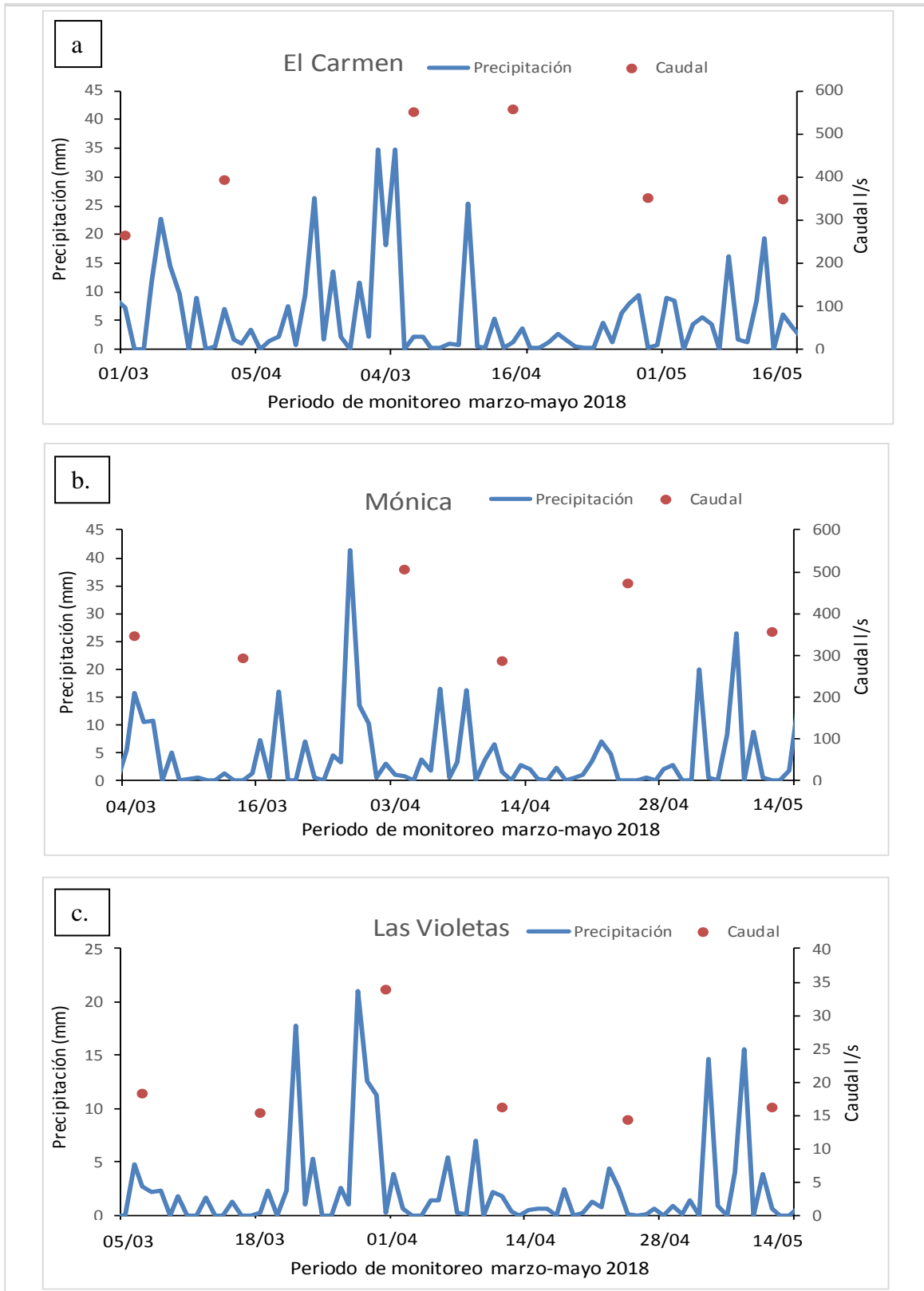


Figura 17. Distribución de las precipitaciones y su incidencia en los niveles de caudal en las microcuencas a. El Carmen, b. Mónica y c. Las Violetas.

4.3. Dinámica de aportación de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.

Las características morfológicas de los cauces de El Carmen, Mónica y Las Violetas, en los 20 tramos de monitoreo presentaron los resultados morfológicos como se indica la Figura 16.

La morfología que se presentó en los 500 m de los cauces de las microcuencas, indican que en El Carmen el 35 % de las secciones son una fase de remanso y rabión, 25 % tienen una fase de remanso y un 15 % es un lecho plano Figura (18a). En Mónica de acuerdo al tipo de morfología en los cauces, el 50 % es un lecho plano, el 25 % es una transición de fase remanso a fase rabión y un 10 % es una transición de fase de remanso a lecho plano Figura (18b) y Las Violetas solo presentó dos tipologías de morfología en todo el tramo, con el 85 % es un lecho plano y el 15% es una fase de remanso Figura (18c).

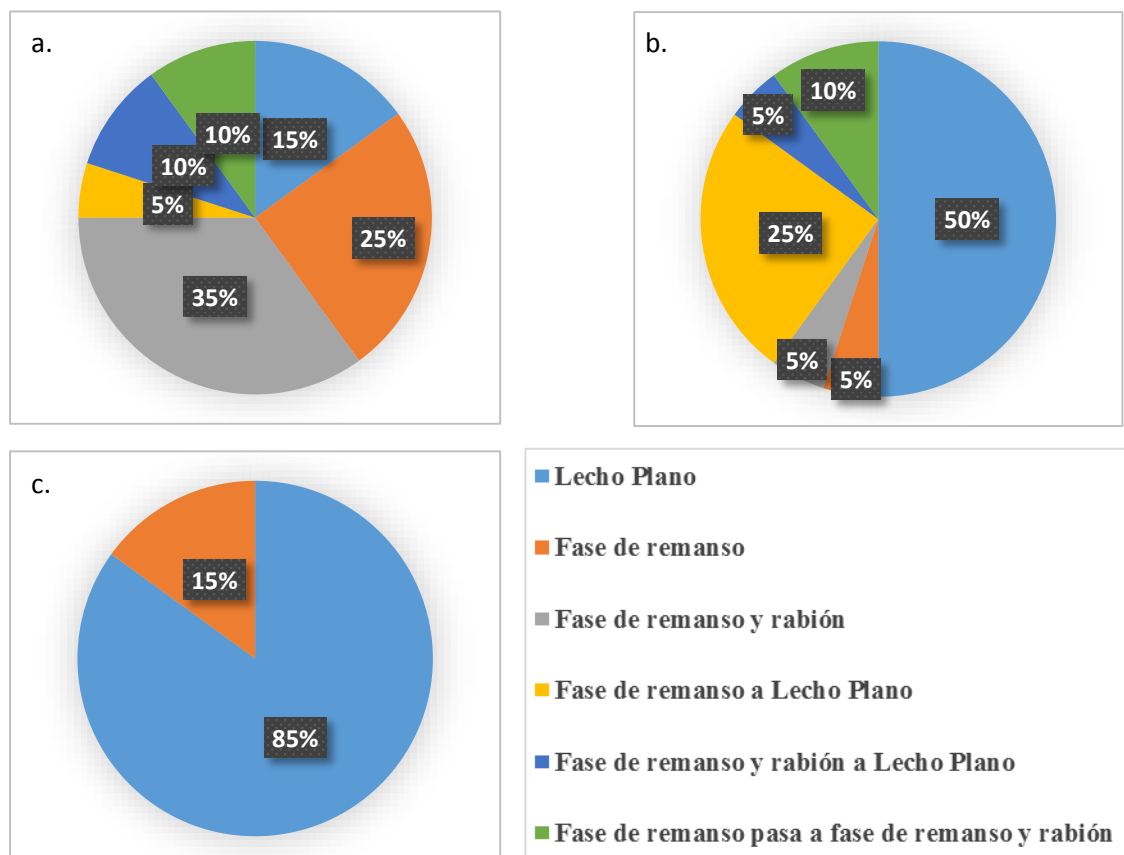


Figura 18. Clasificación morfológica del cauce de las microcuencas El Carmen (a), Mónica (b) y Las Violetas (c).

El aporte total registrado de material leñoso en cada una de las microcuencas fue mínimo durante el periodo de monitoreo (Figura 19). La microcuenca El Carmen tuvo un incremento de 0,04 m³ de volumen equivalente a 8 piezas de leño que corresponden al equivalente a un 19,04 % de 42 piezas de leño totales, la microcuenca Mónica pese a tener la mayor cantidad de volumen total tuvo un aporte de 0,02 m³ equivalente a 5 piezas de leño correspondiendo a un 6,02 % de 83 piezas de leño totales y Las Violetas registra el aporte más bajo de todos con un 0,002 m³ de una pieza de leño equivalente a un 3,84 % de las 26 piezas totales registradas en campo. Con respecto a la pérdida de material leñoso la microcuenca El Carmen es la única que registró pérdida durante el periodo de monitoreo con un volumen de 0,03 m³ de 11 piezas de leño correspondiendo a un 26,19 % de 42 piezas de leño totales registradas sin embargo esta leve pérdida no influye en el total del volumen de material leñoso alcanzado en la fase de monitoreo en El Carmen.

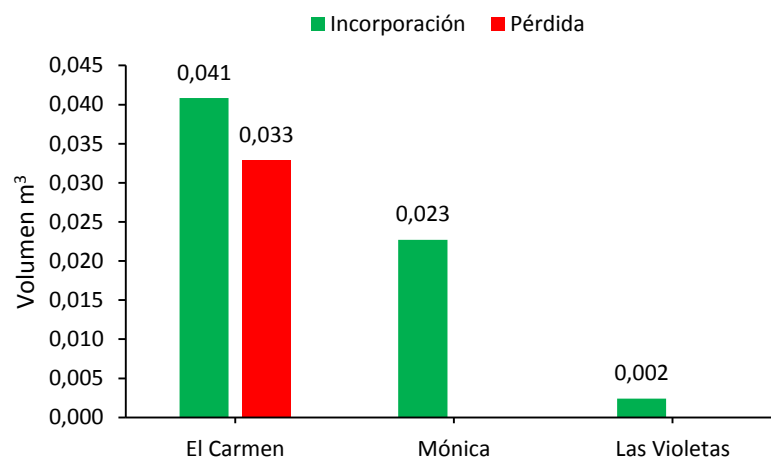


Figura 19. Aporte total de Material leñoso registrado en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas durante el periodo de marzo-mayo del 2018.

Tabla 5. Estadísticos entre características del cauce y características del LWD de las microcuencas en investigación.

Microcuencas	Características del cauce		Material leñoso			
			Volumen (cm ³ /m ²)	Longitud media (cm)	Diámetro medio (cm)	No. Piezas
EL Carmen	Ancho	R ²	0,15	0,09	0,06	0,29
	Máximo	<i>P</i>	0,63	0,77	0,85	0,33
	Profundidad	R ²	-0,33	-0,08	0,08	-0,23
	Máxima	<i>P</i>	0,28	0,8	0,79	0,45
Mónica	Ancho	R ²	-0,14	-0,02	0,22	-0,3
	Máximo	<i>P</i>	0,62	0,96	0,43	0,28
	Profundidad	R ²	0,19	0,02	0,01	0,17
	Máxima	<i>P</i>	0,5	0,95	0,98	0,53
Las Violetas	Ancho	R ²	0,13	0,01	-0,34	-0,05
	Máximo	<i>P</i>	0,8	0,99	0,51	0,93
	Profundidad	R ²	-0,62	-0,71	-0,33	-0,54
	Máxima	<i>P</i>	0,19	0,11	0,52	0,26

Los resultados estadísticos presentados en la Tabla 5 señalan que no existen ninguna correlación del ancho máximo y la profundidad máxima con respecto a las características del material leñoso, los valores presentados superan el 0,05 % como valor de significancia, lo que indica que durante el periodo de monitoreo la dinámica de aportación no ha incidido sobre la morfología del cauce en ninguna de las tres microcuencas bajo estudio.

5. DISCUSIÓN

5.1. Volumen de material leñoso de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas

El volumen de material leñoso aportado a los cauces de alta montaña de las microcuencas en estudio tiende a una variación de la cantidad que se logra registrar durante el periodo de monitoreo considerando las diferencias existentes relacionadas a elementos como: estado de conservación, nivel de la cota máxima del cauce que se desborda a la planicie, la biodiversidad cercana a la zona ribereña y las actividades antropológicas que ocasionan cambios y alteraciones en los ecosistemas. El tramo de 500 m de muestreo arrojó que las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas obtuvieron volúmenes inferiores a $0,80 \text{ m}^3$ al contrastar los valores obtenidos con previos estudios estos datos difieren con autores como Mao *et al.*, (2008) que registro un volumen de $121 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$ en el cauce de Buena Esperanza (Argentina) que posee un clima templado frío húmedo, Ulloa *et al.*, (2011) con su estudio en las cuencas de tercer orden de Vuelta de Zorra ($109,4 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) y Pichún ($55,5 \text{ m}^3 \text{ ha}^{-1}$) aplicando este método sobre cinco parcelas de 500 m^2 de promedio en distintas franjas altitudinales para ambas zonas, Andreoli *et al.*, (2007) en su investigación en el sector Los Tres Arroyos determino un volumen de $1,198 \text{ m}^3/\text{km}$ de LWD en un área de $1,530 \text{ m}^3/\text{h}$ de cauce lleno, el valor es alto debido a varias características partiendo de la estimación fue realizada en la parte alta de la cuenca que posee gran cantidad de bosques primarios, al ser un cauce de segundo orden y alto nivel de precipitación con presencia de fuertes nevadas. En estudios realizados en el Ecuador se destaca el realizado por Jiménez (2017) tiene las valoraciones de los volúmenes registrados en las microcuencas El Carmen con $19,48 \text{ m}^3$ y Mónica $12,41 \text{ m}^3$ esta diferencia de los datos radica en el periodo de monitoreo fue más extenso, se tomó las muestras en las franjas altitudinales medias de cada microcuenca y considera los cauces de Carmen 1 y Espumos (EC) y los cauces Mónica y Santa Urco (MO) obteniendo un mayor volumen al unificar todos los resultados, a diferencia de esta investigación los tramos están direccionados hacia las partes medias y bajas de las cuencas considerando únicamente el cauce principal en cada una de ellas; sin embargo de la misma manera los datos obtenidos en el presente estudio son comparables con dos casos en particular, el primer caso en Esmeraldas en los cauces de los ríos Atacames y Súa donde se encontraron volúmenes de $0,91 \text{ m}^3$ y $0,233 \text{ m}^3$ de LWD respectivamente (Cuenca, 2018) y el segundo caso se realiza en las cuencas Vuelta de Zorra con $0,4 \text{ m}^3$ y Pichún con $0,2 \text{ m}^3$ de

volumen de LWD (Iroumé et al., 2011), a diferencia del anterior estudio este se lo realiza en segmentos de los cauce principales y cuentan con estaciones Fluviométricas.

La presencia de LDW en los cauces se debe a las características que presenten las cuencas, El Carmen tiene un mayor nivel de conservación con un bosque 64,26 %, páramo 5,11 %, tierra agropecuaria 17,35 % y vegetación arbustiva y herbácea 13,29 % la cantidad del volumen de LWD expresada con anterioridad se estableció con los datos obtenidos en las partes bajas de la microcuenca a 100 m de la planta de captación de agua, en esa zona existe una leve acción de actividades agropecuarias y la presencia de árboles en las zonas riparias en ciertos tramos es mínima en comparación a pastizales que se ubican a un costado de las orillas esto se debe a pequeños asentamientos previos, en la actualidad con los programas implementados de conservación y reforestación por el Municipio de Loja las actividades antrópicas han disminuido beneficiando la conectividad de los cauces con la vegetación de las riberas (Vanegas, 2016), por lo cual los leños que se depositan en el lecho son producto de la movilización de aguas arriba; en caso de la microcuenca Mónica sus áreas verdes se reparten en bosque 67,07 %, páramo 11,29 %, tierra agropecuaria 14,09 % y vegetación arbustiva y herbácea 7,5 %, los leños que se depositan en el lecho son residuos de árboles caídos producto de las ventiscas, la desestabilización del terreno en la riberas del río o por los constantes deslaves que ocurren en la zona y/o el desprendimiento de roca material; la actividad antrópica ha llegado a las partes medias de la cuenca siendo visible una reducción de bosques reemplazados por pastizales, construcciones de casas o improvisados puentes y la invasión de ganado cada vez se expande a zonas más altas generando niveles de degradación que se acentúan en los márgenes se alza con la erosión de los suelos (Vanegas, 2016). En toda la parte baja de la microcuenca Las Violetas la presencia de LWD es mínima a causa de elementos como pastizales herbáceos, escasa presencia arbórea nativa e introducción de otro tipo de especies, actividades agropecuarias son latentes (Cueva y Chalán, 2010) e incluso las aguas presentan un alto nivel de contaminación con un bajo nivel de caudal que transita por el lecho haciendo dificultosa la movilización de leños, con los datos obtenidos de porcentajes bosque 16,67 %, vegetación arbustiva 17,66 % y tierras agropecuarias 63,22 % difieren de la distribución de cobertura de las anteriores microcuencas indicando una tendencia a un riesgo de degradación alto que se va incrementando paulatinamente.

5.1.1. Estado de degradación y tipo de material leñoso en las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas.

El uso del suelo en cada microcuenca maneja un importa papel en relación al estado de degradación de cada pieza forestal tal como lo señala Ulloa, (2010) las especies forestales presentes en cada cuenca responden principalmente a la ubicación geográfica y la distribución de la vegetación se debe al grado de modificación o transformación y al acelerado ritmo que se aprovecha al uso de suelo en cada unidad de terreno, esto se enlaza con la particularidad que se genera en las tres microcuencas relacionadas con las piezas de leño depositadas en el lecho del cauce o cerca de las zonas riparias, es el estado de preservación con predominio entre una fase media y vieja; y como especie dominante en su totalidad fue latifoliada debido a que en las zonas se destacan arboles como aliso, roble y nogal (Cueva y Chalán, 2010).

La disposición, origen u orientación de las piezas de leño en el cauce se debe causas alejadas al flujo de corriente, sino por complejos procesos en laderas o riberas y esto deriva en el desprendimiento de los arboles al cauce, el traslado de los leños por los canales, la alimentación de leños provenientes de corrientes unitarias al cauce principal (Andreoli *et al.*, 2008). La distribución de los leños a lo largo de los cauces tuvo distintas posturas, El Carmen la orientación de los leños tuvo un mayor valor en paralelo con 37 % pero menor en perpendicular con 29 % es comparable con los estudios realizados en Pichún y Vuelta de Zorra en paralelo con 41 % fueron en ambos casos (Ulloa *et al.*, 2011), adicionalmente se compara al estudio realizados por Baillie *et al.* (2008) en el río Whirinaki en Nueva Zelandia con 33 % en orientación paralela. En cambio Mónica y las Violetas poseen una mayor orientación en perpendicular con 44 % y 46 % mutuamente, sin embargo esta última también registra el mismo valor para la orientación oblicua estos datos son comparables con el estudio en río del Toro y Tres arroyos (Andreoli, *et al.*, 2008) que registro el 51 % para el primer caso y 70 % para el segundo caso, son indicadores de una baja probabilidad de transporte o movilización en el cauce de las piezas de leño (Bilby y Ward, 1989).

Las diferencias de conservación de las microcuencas y el mismo uso del suelo son factores que influyen en el origen del material leñoso en el cauce, El Carmen y Mónica tienen un origen en común mayormente porque los leños han sido transportados en un 62 – 68 % respectivamente por la corriente se localizaron aguas abajo y a su vez en menor valor se

registra el origen de piezas de leño producto de residuos son entre 2 – 5 %, las causas pueden ser una disminución de la intervención antrópica, aumento de la conservación o abundancia de las especies esto es comparable con el estudio el río Whirinaki en Nueva Zelandia con un transporte de 41 % de LWD (Baillie *et al.*, 2008), valores similares son comparables con Andreoli *et al.*, (2007) en su estudio registro un 88 % de LWD en el sector de los Tres Arroyos en Chile y Mao *et al.*, (2008) un 75 % en la zona del arroyo de Buena Esperanza en Argentina.

Un proceso inverso sucede en la microcuenca Las Violetas con el origen del material leñoso es mayoritariamente producto de residuos de árboles caídos, desprendimientos de ramas y raíces o el desprendimiento de pendientes y márgenes inestables que arrasan con fracciones de vegetación provocando un 68 % de residuo. Según Ulloa *et al.*, (2011) la pendiente y ancho del canal afectan el depósito de LWD en el cauce provocando que las clasificaciones establecidas para determinar la posición del leño difieran entre una cuenca y otra, tal es el caso que tanto el Carmen, Mónica y las Violetas los leños se agrupan mayormente al margen del cauce con porcentajes entre 51 – 60 %, sin embargo existen variaciones relacionadas al tamaño y longitud de los leños, considerando estos elementos El Carmen 19 % de los leños están dentro del cauce, 27 % de los leños de Mónica están en escalón y en Las Violetas los leños están a nivel del cauce con el 24 %, este tipo de variación se presenta de forma distinta en cada una de las microcuencas se debe a la morfología y la disposición de los curvas de los cauces que forma la red hídrica.

5.2. Relación entre caudal líquido y las características de material leñoso en las microcuencas seleccionadas.

5.2.1. Relación del caudal con las características de las piezas de leño

La aplicación del método de los trazadores químicos (sal) se lo tuvo que realizar por factores como la morfología del canal, cauces con variación en su extensión, con alto régimen torrencial, cauces poco profundos o inestables, dificultad para movilidad en ciertos tramos y es complicado usar flotadores, molinetes o flotadores siendo recomendable aplicar en zonas altas andinas. En las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas se pudo obtener los valores de los caudales durante el periodo de monitoreo de marzo a mayo del 2018. Estudios similares con trazadores químicos se registran en las microcuencas El Carmen

y Mónica en el 2016 para determinar la producción de sedimentos en suspensión (Loayza, 2017) y en la cuenca del río Zhurucay en la provincia del Azuay con el tema Efecto de la incertidumbre de las observaciones hidrometeorológicas en estudios hidrológicos en los sectores de Zhurucay, Soldados y Mazar (Gualpa, 2013). El método de dilución de sal tiene una precisión de hasta el 5 % en buenas condiciones y se aplica para caudales medios y altos (Moore, 2004). Los resultados de los caudales tuvo su variación debido a la cantidad de sal que se utilizó por la velocidad, capacidad de flujo y turbulencia, conductividad inicial en el agua del canal, la pendiente de la zona, pozas o piscinas de agua y por las distintas características del terreno.

Con respecto al caudal estimado durante el periodo de monitoreo los resultados indican que no se encontró ninguna relación estadísticamente significativa entre el nivel de agua del cauce y la longitud, diámetro y número de piezas de leño en cada una de las microcuencas expuestas en la investigación, sin embargo existen estudios que indican que el tamaño de los leños obedece a su transporte es decir si poseen mayor tamaño existe una resistencia al desplazamiento contrario con piezas de leño pequeñas que se transportan con facilidad por el canal por arrastre del caudal (Lienkaemper y Swanson, 1987). Durante el periodo de monitoreo no hubo evidencia de eventos relacionados a crecidas que hayan desplazado los leños aguas abajo, muchos de los leños pequeños se quedan atrapados en acumulaciones de troncos más grandes e incluso la granulometría del canal produce fricción lo que impide que el nivel del caudal desplace los restos de leño (Iroumé *et al.*, 2011). En estudios en Sudamérica este resultado es comparable con Mao *et al.*, (2008) que reporto una alta dispersión de los valores sin una correlación estadísticamente significativa en el torrente de Buena Esperanza en Argentina, en cambio en el torrente de Tres Arroyos en Chile hubo una correlación negativa entre la distancia de transporte y la longitud del tronco no dimensional (Andreoli *et al.*, 2007). Para que exista una relación más directa entre el nivel del caudal con las características de los leños se debe extender el periodo de monitoreo y a su vez debe contemplar los tipos de estacionalidades climáticas que se dan en la región con la época de precipitación y seca de esta forma se podrá lograr una estrecha relación que destaque la influencia de una variable sobre otra y el efecto que se produzca tenga un resultado de alto grado significancia, sin embargo cabe indicar que los leños dependen mucho de los procesos que se realizan en los sistemas fluviales de cada cuenca esto marcara un punto de inflexión en los posteriores estudios.

5.2.2. Precipitación y caudal de las microcuencas El Carmen, Mónica y las Violetas

El presente apartado hace énfasis en la relación entre la precipitación alcanzada de las estaciones pluviométricas en febrero – junio con el caudal medido en los periodos de monitoreo de marzo a mayo del 2018. Para este trabajo se hizo construyo una base de datos de precipitación con los intervalos de tiempo de 5 min porque contenía pocos datos faltantes y se los pudo completar a través de métodos estadísticos, al final estos valores se agruparon en datos diarios de precipitación con el fin de tener una base más directa de las estaciones pluviométricas de El Carmen, Mónica y La Argelia y con los resultados de los caudales por aforo en base a esta información se determinó que los en los meses de marzo y abril los caudales medidos presentaron los valores promedios más altos en ese orden son de 391,84 y 557,40 l/s en el Carmen, Mónica 505,00 y 471,57 l/s y en Las Violetas 18,275 y 33,83 l/s.

Según PDOTL, (2014) la ciudad de Loja se caracteriza por tener una temporada de precipitación inicia en el periodo de septiembre, en el mes de marzo es el pico máximo y termina en el mes de mayo. La temperatura del cantón de Loja es de 15°C de media anual, en cambio el valor registrado de temperatura más alto es de 23°C, sin embargo la temperatura más baja fue de 9°C; estos resultados difieren de (Loaiza, 2017) con caudales superiores a los presentados con anterioridad con valores de 658,54 l/s en marzo y 1164,18 l/s en abril en la microcuenca el Carmen y en Mónica presento un caudal de 1041,1 l/s en abril pero el caudal de marzo es inferior con 398,49 l/s, si bien es cierto que existe una notable variación cabe indicar que los datos se diferencian por un periodo de tiempo de dos años entre el 2016 y 2018, sin embargo coinciden en que son caudales tomados en periodos de tiempo que oscila entre 15 y 30 días, además de ser tomados en momentos de precipitaciones máximas y que también son la acumulación de varias etapas de lluvia, otro factor importante es que no se cuenta con equipo que registre los caudales diarios en cada zona de monitoreo que este funcionado óptimamente o en algunos casos no se cuenta disponible en caso de Las Violetas que se hizo uso estación pluviométrica de La Argelia por eso el resultado cuenta como una estimación indirecta del resultado comparativo además no fue posible realizar una comparación del caudal porque no existen estudios previos relacionados a la hidrometría de la microcuenca y los pocos estudios están relacionados a sistemas productivos que se han desarrollado en la zona.

5.3. Aporte de material leñoso y sus efectos morfológicos en cauces de alta montaña.

Las características morfológicas de cada uno de los tramos presentaron distintas variaciones con respecto a las superficies de los anchos de los canales, los niveles de pendiente y las profundidades de los cauces, uno de los principales factores que se analizó fueron los tipos de estructura morfológicas presentes en las secciones de medición, El Carmen presento tramos de fase de remanso a rabión con el 35 % debido a la presencia de piscinas con baja depresión topográfica, Mónica tuvo una conducción del cauce más estable al tener una estructura de lecho plano con el 50 % por tener tramos con anchos de 4 a 5 m de extensión lateral y profundidades menores a 1 m y por estar constituidos en su mayoría por cauces con grava así mismo Las Violetas tuvo un 85 % de lecho plano por tratarse de un conjunto de tramos que se encontraban en su mayoría en las partes bajas de la microcuenca con el cauce ancho menor a los 2 m de promedio y menor 0,5 m de profundidad promedio con un contenido de arena en el cauce. Esta diferencia morfológica radica en factores como la pendiente que disminuye más rápido conforme más se acerca aguas abajo, niveles de profundidad disminuyen paulatinamente, las turbulencias son escasas o están distribuidas en ciertos tramos y la energía generada se disipa o se mantiene constante durante el trayecto del fluido por la estabilización del cauce (Montgomery y Buffington, 1997).

Con respecto a la incorporación y pérdida de material leñoso El Carmen registra un incremento de volumen de LWD de $0,04 \text{ m}^3$ y una disminución de $0,03 \text{ m}^3$ de un total de $0,21 \text{ m}^3$ de volumen en cambio para las microcuencas Mónica y Las Violetas solo se registra incrementos de LDW con $0,02 \text{ m}^3$ de un total de $0,80 \text{ m}^3$ y $0,002 \text{ m}^3$ de un total de $0,17 \text{ m}^3$ tomados en ese orden. La movilidad registrada en promedio de El Carmen es de 22,62 % en cambio para Mónica y las Violetas es de 6,02 % y 3,84 % en ese orden, factores como clima, niveles de caudal, disposición de los leños en el cauce, vegetación ribereña y material pedregoso en los afluentes que retiene a las piezas, pendiente y topografía son elementos que condicionaron la movilización de leños en las tres microcuencas en estudio, pese a los resultados estos valores son comparables con (Wolh y Goode, 2008) con leños movilizados de 21-26 % en 2006 en los arroyos de las montañas rocosas de Colorado en EE.UU a causa del derretimiento de nieve produciendo un pico alto sobre el nivel de la corriente, según Ulloa *et al.*, (2011) el 12 % de LWD se movilaron en Vuelta de Zorra en Chile, (Mao *et al.*, 2013) menciona que el 90 % de la piezas de leño $< 3 \text{ m}$ se movilaron en el torrente de Buena Esperanza en Argentina y en un caso registrado recientemente en las microcuencas EL

Carmen y Mónica según Jiménez, (2017) menciona que los canales EL Carmen 1 y Espumos correspondientes a la microcuenca El Carmen tuvieron el 70,8 % y el 5,6 % de volumen de LWD además en el cauce de Mónica obtuvo un 57,1 % de LWD movilizado en la microcuenca Mónica, sin embargo estos porcentajes se dan en las franjas medias de altitud y con 100 m como espacio de monitoreo siendo más probable que las piezas abandonen el trayecto establecido por la investigación y en Las Violetas no existen antecedentes en este tipo de investigación por tal motivo no se tiene datos. Sin embargo los valores presentados difieren de Gurnell *et al.*, (2002) en el canal de Mack Creek, Oregón (EE. UU) los leños se movieron menos del 1 % atribuyendo a que la mayoría probablemente fuera por inundaciones, un valor mínimo similar según Andreoli *et al.*, (2008) menos del 4 % de los leños se movilizaron en el sector de Tres Arroyos en Chile.

En cuanto a la relación estadística de la morfología del cauce con las características del material leñoso de las microcuencas El Carmen, Mónica y Las Violetas establece que no existe un efecto en la morfología a causa del material leñoso los valores obtenidos son despreciables y no se acercan al valor de significancia del 0,05 % establecido para Pearson las posibles causas de los resultados se deben al corto periodo de monitoreo no fuese el suficiente para determinar una dinámica temporal, el tamaño y número de piezas localizadas en cada tramo no tenían influencia en los cauces para modificar su estructura o alterar los flujos de los caudales, las depresiones y pendientes van disminuyendo conforme se acerque a las partes bajas de la microcuenca es comparable con Andreoli *et al.*, (2008) que presento cambios morfológicos casi insignificantes en el río del Toro en Chile para Comiti *et al.*, (2006) el tamaño de la piezas son determinantes para provocar una alteración en los flujos y la superficie del cauce cambiando de alguna forma la morfología de los canales, estudio realizado en los Alpes Italianos en cinco ríos de montaña; Iroumé *et al.*, (2011) no encontró ninguna relación estadística entre el LWD y los parámetros del cauce en Pichún y Vuelta de Zorra en Chile, sin embargo difiere de Baillie *et al.*, (2008) quien demostró que 35 y 48 % de piezas de leño influyeron en más de un aspecto en la morfología del canal en Nueva Zelanda.

El material leñoso no se distribuye uniformemente en los tramos de cualquier canal bajo estudio como tampoco es similar la abundancia de biomasa, la frecuencia e intensidad con que se presentan las lluvias y el tiempo en que la madera se deposita en cada sector (Andreoli, 2011; Baillie *et al.*, 2008 y Wohl *et al.*, 2017). Si bien es cierto que este tipo de investigación es de carácter pionero en la región se tiene que añadir que aún existe realizar un

estudio con mayor profundidad y que abarque más extensión territorial como temporal para obtener resultados más precisos y sirvan de soporte para otro tipo de investigaciones en las que el aporte de material leñoso influya sobre la conservación o restauración de hábitats, el uso del suelo en distintas zonas así como los riesgos que pueda provocar a infraestructuras o zonas pobladas.

6. CONCLUSIONES

- En las microcuencas se comprobó una variabilidad del volumen de material leñoso siendo en Mónica donde se estableció mayor volumen, en cambio El Carmen el aporte fue bajo pese a su estado de conservación y, Las Violetas por su estado de degradación los resultados son bajos, esta diferencia de disponibilidad de LWD en los cauces está sujeta a las dimensiones, abundancia, características y grados de conservación de la vegetación en las zonas riparias y principalmente están a los niveles de alteración e intensidad del uso del suelo que se han visto expuestas las cuencas.
- El nivel de caudal que transita por el canal no es un factor que por sí solo afecte el transporte de material leñoso, la presencia de material granulométrico, el grado de erosión del suelo, la pendiente, la topografía, deslizamientos de suelo y la cantidad de sedimentos presentes en los canales son elementos que contribuyen al desplazamiento de los leños.
- La base de datos de precipitación registrados de las estaciones pluviométricas no tuvo el contraste esperado con relación al caudal medido durante el periodo de monitoreo a razón que el caudal no depende solo de los niveles de precipitación sino también de elementos como evapotranspiración, escurrimiento superficial, eventos máximos y la falta de equipos para medir el caudal diario hacen que los resultados solo reflejen una aproximación a la realidad y sea más complicado involucrar al caudal como factor que intervenga de forma directa en el desplazamiento del material leñoso en los cauces.
- La morfología del cauce en las tres microcuencas no es modificada por la presencia de material leñoso manteniéndose similar al inicio como el final, esto indica que las partes bajas de las cuencas no son afectadas por las características de los leños, debido a que las grandes masas de volumen de LWD se quedan situadas o inmovilizadas en tramos superiores y pequeños fragmentos son los que se depositan o movilizan con facilidad y pueden llegar a las inmediaciones inferiores de las cuencas. Sin embargo la investigación solo se enfocó en zonas específicas y con corto tiempo de monitoreo por ende los resultados no reflejan la verdadera dinámica de aportación que se da en toda la extensión de una cuenca.

7. RECOMENDACIONES

- Establecer un periodo de monitoreo más amplio con el fin de obtener mayores resultados con respecto a la dinámica de aportación de LWD y su influencia sobre la morfología del cauce.
- Tomar datos de precipitación de las estaciones pluviométricas por al menos un año y así mismo medir el caudal de las microcuencas a investigar de forma más continua durante el mismo periodo que se realice el monitoreo de material leñoso.
- Para una amplia investigación se debe evaluar el comportamiento de material leñoso en distintas franjas altitudinales en cada microcuenca; y, además se deben considerar otro tipo de afectaciones que genere el material leñoso como: inundaciones, transporte y retención de sedimentos.
- Para este tipo de investigación se debe considerar realizar levantamientos topográficos con mayor resolución espacial, precisión y exactitud, con un extenso estudio del uso suelo.

8. BIBLIOGRAFÍA

- Abbe, T., y Montgomery, D. (2003). Patters and Processes of wood debris accumulation in the Queets river basin. *Geomorphology*. doi: 10.4067/S0717-92002011000300005
- Allan, J., Castillo, M. (2007). *Stream Ecology: Structure and function of runnig waters*. USA. doi: 10.1007/978-1-4020-5583-6
- Andreoli, A., Carlig, J., Comiti, F., Iroumé, A. (2007). Residuos leñosos de gran tamaño en un torrente de la Cordillera de Los Andes, Chile: su funcionalidad e importancia. *Bosque*. doi: 10.4067/S0717-92002007000200001
- Andreoli, A., Comiti, F., Mao, L., Iroumé, A., Lenzi, M. (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.
- Andreoli, A. (2011). Papel del material leñoso (large Wood, LW) en la retención de sedimentos en el cauce. Brea y Balocchi (ED), *Procesos de erosión – sedimentación en cauces y cuencas* (pp. 20-24). Talca, Chile.
- Ardiles, M. (2013). Movilidad de material leñoso (LW) en cauces de montaña. (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.
- Arteaga, J., Ayala, G., Briseño, J., González, J., Granda, A., Luzuriaga, R., Vasquéz, C. (2014). *Microcuencas Abastecedoras de agua de la ciudad de Loja*. 12.
- Baillie, B., Cummins, L., Kimberley, M. (1999). Measuring woody debris in the small strams of New Zealands pine plantations. *New Zealand Journal Marine And Freshwater Reosources*. doi: 10.1080/00288330.1999.9516859
- Baillie, B., Garrett, L, Evanson, A. (2008). Spatial distribution and influence of large woody debris in an old-growth forest river system, New Zealand. *Forest Ecology and Managment, ELSEVIER*. doi: 10.1016/j.foreco.2008.01.051
- Benda, Lee, Miller, L., Dunne, D., Reeves, T., Pess, G., Pollock, G. (2004). *The Network Dynamics Hypothesis: How Channel Networks Structure Riverine*

- Bilby, R., Ward, J. (1989). Changes in characteristics and function of woody debris with . Trans. Am. Fish. Soc.
- Binda, A., Quiñonez, F. (2011). Acumulações de detritos lenhosos e mudanças na morfologia do canal fluvial no rio Guabiroba, Guarapuava. Geografia. Doi: 10.5433/2447-1747.2011v20n1p31
- Campos, E. (2010). Estudio de Factibilidad para el aprovechamiento energético mediante sistemas de micro generación hidroeléctrica en el acueducto metropolitano. (tesis de maestría). Instituto Tecnológico de Costa Rica, San José, Costa Rica.
- Castillo, L., Marín, J. (2011). Jornadas sobre Modelación Hidrológica en Zonas Semiáridas. Caracterización hidrológica e hidráulica y evaluación del transporte de sedimentos en regiones semiáridas.
- Ceccon, E. (2003). Los bosques ribereños, y la restauración y conservación de las cuencas hidrográficas. Centro Regional de Investigaciones Multidisciplinarias, Universidad Nacional Autónoma de México. (U. N. México, Ed.) Centro regional de investigaciones multidisciplinarias.
- Comiti, F., Andreoli, A., Lenzi, M., Mao, L. (2006). Spatial density and characteristics of woody debris in five mountain rivers of the Dolomites (Italian Alps). Geomorphology. doi: 10.1016/j.geomorph.2006.01.021
- Conesa, C., Pérez, P., García, R., Martínez, A. (2012). Cambios históricos recientes de cauces y llanuras aluviales inducidos por la acción del hombre. Universidad de Murcia, España.
- Coronel, T. (2016). Diseño e Implementación de un sistema de producción agroecológica en la Microcuenca Las Violetas, en la hoya de Loja. (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Cotler, H., Galindo, A., González, I. (2013). Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión. Secretaría de medio Ambiente y

Recursos Naturales. Coyoacán, México.

- Cuenca, C. (2018). Comparación de la acumulación de detritos leñosos en la cuenca de los ríos Atacames y Súa: influencia del uso de cambio de Suelo (tesis de pregrado). Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas, Esmeraldas, Ecuador.
- Cueva, J., Chalán, L. (2010). Cobertura Vegetal y Uso Actual del Suelo de la Provincia de Loja. GEO Loja.
- Diez, J., Burbano, L. (2006). Técnicas avanzadas para la evaluación de caudales ecológicos en el ordenamiento sostenible de cuencas hidrográficas. Revista Ingeniería e Investigación. vol. 26, núm. pp. 58-68. Universidad Nacional de Colombia Bogotá, Colombia
- Duvall, A., Kirby, E., Burbank, D. (2004). Tectonic and Lithologic controls on bedrock channel profiles and processes in coastal California. Journal of Geophysical Research. doi: 10.1029/200JF00086
- Elosegi, A., Sabater, S. (2009). Conceptos y técnicas en ecología fluvial (Vol. 1). Bilbao, España: Editorial Rubes
- Faustino, J., Jiménez, F. (2000). Centro Agronómico tropical de Investigación. Turrialba, Costa Rica.
- Figueredo, A. (2015). Dinámica fluvial y geomorfología. Clasificación de las Geoformas. Bogotá, Colombia.
- Galecio, J. (2007). Métodos de Aforo para la estimación de la Recarga de Acuíferos. (tesis de pregrado). Universidad de Chile, Santiago de Chile, Chile.
- Garrido, A., Pérez, D., Enríquez, C. (2010). Las Cuencas Hidrográficas de México Diagnóstico y Priorización. Coyoacán, México.
- González, A., Camacho, M., Sangerman, D. (2011). Incorporación de cuentas ecológicas y servicios ambientales. Revista Mexicana de Ciencias Agrícolas. vol.2 Núm.5, pp. 715-731
- Gualpa, M. (2013). Efecto de la incertidumbre de las observaciones

- hidrometeorológicas en estudios hidrológicos. Zhurucay, Soldados y mazar (tesis de pregrado). Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador.
- Gurnell, A., Piegay, H., Gregory, S., & Swamson, F. (2002). Large wood and fluvial processes. School of Geography and Environmental Sciences, University of Birmingham, Birmingham, U.K.
- Gurnell, A. (2012). Wood and river landscapes. *Fluvial Geomorphology* (A. Newton, Ed.) *Nature Geoscience*. pp. 93-94. doi: 10.1038/ngeo1382
- Gutiérrez, E. (2008). *Geomorfología Fluvial I. Geomorfología*, Madrid: Prencite-Hall, pp. 920
- Hansen, B., Reich, P., Lake, P y Cavagnaro, T. (2010). Minimum width requirements for riparian zones to protect flowing waters and to conserve biodiversity: a review and recommendations With application to the State of Victoria. School of Biological Sciences, Monash University, Australia. pp. 151
- Hauer, F., Lamberti, G. (2007). *Macroinvertebrates. Methods in stream ecology*. California, USA: Editorial Elsevier. pp. 895.
- Hoffmann, O., Salmerón, f. (2006). El concepto de Cuencas Hidrográficas y Planificación del Desarrollo Territorial, Nueve estudios sobre el espacio, representación y formas de apropiación. México: Tlalpan: Bulmaro Sánchez. pp.194
- Horacio, J., Ollero, A. (2011). Clasificación geomorfológica de cursos fluviales a partir de sistemas geográficos (S.I.G). *Boletín de la Asociación de Geógrafos Españoles*, Madrid, España. pp. 373-396
- Instituto de Estudios Peruanos. (2010). *Servicios Ambientales Hidrológicos en la Región Andina. Estado del conocimiento, la acción y la política para asegurar su provisión mediante esquemas de pago por servicios ambientales*. (Quintero, Ed.) Lima, Perú. pp. 277
- Iroumé, A., Ulloa, H., Lenzi, M., Andreoli, A., Gallo, C. (2011). Movilidad y reclutamiento de material leñoso de gran tamaño en dos cauces de la Cordillera de la Costa de Chile. *Bosque*. 32(3): pp. 247-254.

- Izquierdo, M., Mandroñero, S. (2014). Régimen de caudal ecológico, herramienta de gestión para conservar la biota acuática. Biota acuática, caudal ecológico, curvas de idoneidad de hábitat, regímenes de caudales ecológicos, gestión del recurso hídrico. vol: 23-2. Pp. 77-94
- Jiménez, C., (2017). Dinámica espacio temporal de material leñoso en descomposición a nivel de cuencas prioritarias del cantón Loja (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- Jokela, W., y Casler, M. (2011). Transport of phosphorus and nitrogen in surface runoff in a corn silage system: Paired watershed methodology and calibration period results. Canadian Journal of Soil Science. doi: 10.4141/CJSS09095
- Kaimowitz, D. (2001). Pago por servicios Ambientales: retos y oportunidades. Montelimar, Nicaragua. pp. 56-80
- Klaus, J., y McDonnell., J. (2013). Hydrograph separation using stable isotopes: Review and evaluation. Journal of Hydrology, pp. 47–64. doi: doi:10.1016/j.jhydrol.2013.09.006
- Lamberti, G., Gregory, S. (2007). CPOM transport, retention, and measurement. Methods in stream ecology. USA: Elsevier.
- Liemkaemper, G., y Swanson, F. (1987). Dynamics of large woody debris in streams in old. Canadian Journal of Forest Research. pp. 150-156
- Loayza, A. (2017). Variabilidad temporal de la producción de sedimentos en suspensión en microcuencas prioritarias de la provincia de Loja (tesis de pregrado). Universidad Nacional de Loja. Loja, Ecuador.
- López, R. (2006). Resistencia al flujo de ríos de montaña, Desarrollo de ecuaciones de predicción. Lérida. (tesis doctoral), Universitat de Lleida, Lérida, España
- Lorenzo, E., Bellón, D., López, G. (2010). Curso de Hidrología e Hidráulica Aplicadas. Flujo Uniforme. pp. 23
- Maas, J. (2003). Los ecosistemas: la complejidad gota por gota. Revista de Divulgación de la Ciencia, pp. 13-16.

- Manson, R. (2004). Los servicios hidrológicos y la conservación de los Bosques de México. *Madera y Bosques*. pp. 18
- Mao, L., Burns, S., Comiti, F., Andreoli, A., Urciuolo, A., Gaviño, M., . . . Lenzi, M. (2008). Acumulaciones de detritos leñosos en un cauce de montaña de Tierra del Fuego. *Bosque*. doi: 10.4067/S0717-92002008000300003
- Mao, L., Andreoli, A., Iroumé, A., Comiti, F., Lenzi, M. (2013). Dynamics and management alternatives of in-channel large Wood in mountain basins of the southern Andes. *Bosque*. doi: 10.4067/S0717-92002013000300008
- Marchetti, M. (2000). *Geomorfología Fluviale*. Bologna: Pitagora. pp. 260
- Martínez, P., Martínez, P., Castaño, S. (2006). *Fundamentos de Hidrología. Aforos químicos*. Madrid, España: Editorial Mundi-Prensa. pp. 67-69
- Merz, J., Doppmann, G. (2006). *Measuring Mountain Stream Discharge*. International Centre for Integrated Mountain Development. PARDYP/ICIMOD and Hydrology Group, University of Bern, Switzerland. pp. 18
- Montgomery, D., Buffington, J. (1997). Channel-reach morphology in mountain drainage basins. Department of Geological Science. Department of Geological Sciences, University of Washington, Seattle, Washington, USA. pp. 16
- Montgomery, D., Piégay, H. (2003). Wood in rivers: interactions with channel Morphology and processes. *Geomorphology*. doi: 10.1016/S0169-555X(02)00322-7
- Moore, R. (2004). Introduction to salt dilution gauging for streamflow measurement: Part 1. *Treamline Watershed Management Bulletin*. University of British Columbia Vancouver, Canadá. pp. 20-23
- Nagaraja, B., Sunil, C y Somashekar, R. (2014). Protection of Riparian Habitats to Conserve Keystone Species with Reference to *Terminalia arjuna* – A Case Study from South India. *Biodiversity - The Dynamic Balance of the Planet*, pp. 95-109. doi: 10.5772/58355
- Orellana, L. (2008). *Análisis de regresión*. Universidad Industrial de Santander,

Bucaramanga, Colombia. pp. 49

Paredes, A., (2016). Acumulación y movilidad de material leñoso en un cauce afectado por erupciones volcánicas. El caso del Río Blanco Chaitén, Chile (tesis de pregrado). Universidad Austral de Chile, Valdivia, Chile.

Pérez, R. (1997). Fundamentos para las prácticas de laboratorio de hidráulica. Departamento de Ingeniería Civil. Universidad Nacional de Colombia, Medellín, Colombia. pp. 44

Rodríguez, H. (2010). Hidráulica fluvial. Fundamentos y aplicación Socavación. Morfología y Dinámica Fluvial. Escuela Colombiana de Ingeniería, Bogotá, Colombia. pp. 372

Rojas, O. (2006). Manual Básico para Medir Caudales. Quito, Ecuador: FONAG. pp. 29

Romero, I., Cozano, M., Gangas, R y Naulin, P. (2014). Zonas ribereñas: protección, restauración y contexto legal en Chile. Bosque (1), pp. 3-12. doi: 10.4067/S0717-92002014000100001

Rueda, O., Chitiva, M. (2016). Análisis comparativo de tres métodos para la medición de caudales en canales abiertos. (tesis de pregrado). Universidad Distrital Francisco José de Caldas, Bogotá, Colombia. pp. 130

Sánchez, A., García, R., Palma, A. (2003). La cuenca hidrográfica: unidad básica de planeación y manejo de recursos naturales. Tlalpan. México. pp. 49

Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Municipio de Loja. (2014). Fase I: DIAGNOSTICO, Precipitación y Temperatura. Loja, Ecuador. pp. 547

Programa conjunto de Agua y Saneamiento. (2010). Informe técnico preliminar para el Manejo y Gestión Integrada y Sustentable en la Microcuenca del Río Jagualá de la Cuenca del Río Chacté. Chiapas, Mexico. pp. 100

Segura, L. (2014). Conocimiento de la dinámica Fluvial como herramienta para la planificación territorial. Caso Río Volcán, Buenos Aires, Puntarenas, Costa Rica. Revista IV Encuentro de Investigación.

Smith, M., Groot, D., Bergkamp, G. (2006). Pay. Establishing payments for watershed

- services. Gland: Melanie Kandelaars. IUCN, Gland, Switzerland. pp. 112
- Toapaxi, J., Galiano, L., Castro, M., Hidalgo, M., Valencia, N. (2015). Análisis de la Socavación en Cauces Naturales. Revista Politécnica. Escuela Politécnica Nacional, Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental, Quito, Ecuador. pp. 12
- Ulloa, H. (2010). Material leñoso de gran tamaño en cauces de montaña (tesis magister en ciencias). Facultad de Ciencias Forestales y Recursos Naturales, Universidad Austral de Chile. Valdivia, Chile.
- Ulloa, H., Iroumé, A., Lenzi, M., Andreoli, A., Álvarez, C., y Barrera, V. (2011). Material leñoso de gran tamaño en dos cuencas de la Cordillera de la Costa de Chile con diferente historia de uso del suelo. doi: 10.4067/S0717-9200201
- Umaña, E. (2002). Manejo de cuencas hidrográficas y protección de fuentes de agua. Educación ambiental con enfoque en manejo cuencas y prevención de desastres. Facultad de Recursos Naturales y del Ambiente Departamento de Manejo Cuencas y Gestión Ambiental. Universidad Nacional Agraria La Molina, Perú. pp. 27
- PNUMA, IML, NCI. (2007). El Medio Biofísico de la Ciudad de Loja. Perspectivas del Medio Ambiente Urbano: GEO Loja, p. 192.
- Vanegas, M. (2016). Disponibilidad de materia orgánica bentónica y su potencial relación con la estructura física de cauces, en microcuencas prioritarias del cantón Loja. (Tesis de pregrado, Universidad Nacional de Loja). Loja, Ecuador.
- Vargas, G. (2012). Geología, Geomorfología y Dinámica Fluvial Aplicada a Hidráulica de ríos. Barranquilla, Colombia. pp. 12
- Whipple, K. (2001). Fluvial landscape response time: how plausible is steady-state denudation?. American Journal of Science. Department of Earth, Atmospheric, and Planetary Sciences, Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, Massachusetts. USA. pp. 313-325
- Wohl, E., Goode, J. (2008). Wood dynamics in headwater streams of the Colorado Rocky Mountains. Water resources research, Vol. 44. pp. 14. doi: 10.1029/2007WR006522

Wohl, E., Lininger, K., Fox, M., Baillie, B., Erskine, W. (2017). Instream large Wood loads across bioclimatic regions. *Forest Ecology and Management*. pp. 370-380. doi: 10.1016/j.foreco.2017.09.013

Zárate, C. (2011). Hacia un modelo de ordenación para los territorios de protección natural del área de influencia inmediata de la ciudad de Loja. Microcuenca el Carmen (tesis de pregrado, Universidad Estatal de Cuenca). Cuenca, Ecuador.

9. ANEXOS

Anexo 1. Valores de caudal obtenidos a partir de los aforos de marzo-mayo del 2018 en cada microcuenca en investigación.

El Carmen						
No.	Fecha	Caudal 1	Hora	Caudal 2	Hora	Promedio
1	01/03/2018	265,00	9:53	265,24	15:58	265,12
2	15/03/2018	387,29	8:55	396,39	10:28	391,84
3	05/04/2018	582,11	10:10	517,93	13:40	550,02
4	16/04/2018	564,90	8:55	549,89	9:53	557,40
5	01/05/2018	385,02	9:45	316,89	10:42	350,95
6	16/05/2018	361,84	10:25	332,04	11:17	346,94
Mónica						
No.	Fecha	Caudal 1	Hora	Caudal 2	Hora	Promedio
1	04/03/2018	383,50	14:18	311,59	15:12	347,55
2	16/03/2018	290,87	10:37	297,95	11:22	294,41
3	03/04/2018	529,33	9:44	480,66	12:50	505,00
4	14/04/2018	300,53	9:22	274,27	11:03	287,40
5	28/04/2018	517,72	13:17	425,43	15:03	471,57
6	14/05/2018	356,94	8:51	355,95	10:37	356,44
Las Violetas						
No.	Fecha	Caudal 1	Hora	Caudal 2	Hora	Promedio
1	05/03/2018	16,75	15:25	19,80	16:57	18,275
2	18/03/2018	13,47	10:35	17,2	11:54	15,34
3	01/04/2018	35,58	12:16	32,08	13:12	33,83
4	14/04/2018	17,36	12:44	14,85	13:44	16,11
5	28/04/2018	14,85	16:42	13,88	17:40	14,37
6	14/05/2018	16,55	12:22	15,63	13:07	16,09

Anexo 2. Matriz del balance final de LWD de marzo a mayo del 2018.

No. Sección	Volumen (cm3)			Diámetro medio (cm)			Longitud media (cm)			Abundancia (piezas/sección)		
	EC	MO	VL	EC	MO	VL	EC	MO	VL	EC	MO	VL
0	0	25443,1104		0	0	0	0	0	0	0	0	0
1	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0
2	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0
3	0	68212,60		0	19,24	0	0	179,25	0	0	4	0
4	41325,49	52748		11,53	0	0	167	0	0	10	0	0
5	0			0	0	0	0	0	0	0	0	0
6		24566,70		0	10,66	0	0	353,88	0	0	8	0
7	0	18713,80		0	12,15	0	0	232,88	0	0	8	0
8	0	29591,75		0	0	0	0	0	0	0	0	0
9	2153,5	11608,34		6,55	14,13	0	153	249,33	0	1	3	0
10	8005,2	4748,90	5352,33	7,06	19,68	18,5	326	191,5	160	2	2	1
11	6742,1	170898,71		6,93	9,87	0	148,33	203,57	0	3	7	0
12	6629,3	12012,40	3576,76	13,9	12,53	4,43	218	203	118,67	1	2	1
13	0	88144,31		0	15,75	0	0	134	0	0	1	0
14		19273,80		0	40,91	0	0	257,75	0	0	4	0
15	10905,1	165050,41	4596,26	22,9	8,05	11,58	202,7	316,5	107	3	2	3
16	31937,9	94547,93	23672,31	9,33	15,72	10,33	190	263,78	194,17	10	9	6
17	16446,7	10935,29	1763,76	17,95	10,13	6,95	384	142,17	116	1	6	1
18	21769,53333			9,7	13,2	0	181,7	377,25	0	6	12	0
19	51273,4		127239,54	35,18	14,56	11,07	272,5	221,85	334,57	2	13	14
20	9729,704242			6,6	12,75	0	212,33	169	0	3	2	0

