

**EFFECTO DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA SOBRE LA ECOLOGÍA TRÓFICA  
DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA QUEBRADA LAS  
TIENDAS (CUENCA ALTA DEL RIO PASTO, NARIÑO)**

**DIEGO ESTEBAN MARTÍNEZ REVELO  
DAVID ALEXANDER CAICEDO JÁTIVA**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

**EFFECTO DE LA VEGETACIÓN RIBEREÑA SOBRE LA ECOLOGÍA TRÓFICA  
DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LA QUEBRADA LAS  
TIENDAS (CUENCA ALTA DEL RIO PASTO, NARIÑO)**

**DIEGO ESTEBAN MARTÍNEZ REVELO  
DAVID ALEXANDER CAICEDO JÁTIVA**

**Trabajo de Grado presentado como requisito parcial para obtener el título de  
Biólogo.**

**Director: Guillermo Castillo Belalcázar  
Especialista en Ecología.**

**UNIVERSIDAD DE NARIÑO  
FACULTAD DE CIENCIAS EXACTAS Y NATURALES  
PROGRAMA DE BIOLOGÍA  
SAN JUAN DE PASTO  
2011**

“Las Líneas y conclusiones aportadas son responsabilidad exclusivas de sus autores”

Artículo 1ro N° 324 de octubre 11 de 1966 emanado por el consejo directivo de la Universidad de Nariño.

**Nota de aceptación**

---

---

---

---

---

---

**Firma del Director**

---

**Firma del jurado**

---

**Firma del jurado**

**San Juan de Pasto, 29 de marzo de 2011**

**Este trabajo lo dedicamos a Dios, a nuestras madres, padres y familias por el esfuerzo que realizaron para brindarnos la oportunidad de estudiar y conocer el mundo de la biología.**

## AGRADECIMIENTOS

Los Autores expresan sus agradecimientos a Dios y a sus familias por su amor y apoyo incondicional en esta etapa de la vida.

A la Universidad de Nariño por permitirnos nuestro desarrollo profesional.

A nuestro director de trabajo de grado Guillermo Castillo Belalcazar por su guía, compromiso y apoyo en nuestro aprendizaje.

A nuestros jurados de tesis el Dr. Tito Bacca y el Biólogo Mauricio Rodríguez por su orientación y evaluación del proceso y ejecución del proyecto.

Al profesor Aquiles Gutiérrez y Rodrigo Prieto por su colaboración en la elaboración de la propuesta de trabajo.

Al Departamento de biología y su Directora Marta Sofía Gonzales y a cada uno de los profesores que nos acompañaron en nuestra formación como biólogos.

Al ingeniero acuícola Camilo Guerrero quien nos facilito los equipos necesarios para el desarrollo de nuestro trabajo en campo.

A cada uno de nuestros amigos Sandra Urbano y Jhoana Castillo que en parte aportaron en el desarrollo de esta investigación y por su amable colaboración.

## CONTENIDO

	Pág.
INTRODUCCIÓN.....	21
1. OBJETIVOS.....	23
1.1 OBJETIVO GENERAL.....	23
1.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS.....	23
2. MARCO TEÓRICO.....	24
2.1 ANTECEDENTES.....	24
2.2 ESCALAS ESPACIALES EN EL ESTUDIO DE LAS CORRIENTES DE AGUA .....	25
2.3 TEORÍA DEL RÍO CONTINUO.....	26
2.4 RECURSOS ALIMENTICIOS PARA LOS INVERTEBRADOS DE SISTEMAS LÓTICOS.....	27
2.4.1 Recursos autóctonos.....	27
2.4.2 Recursos alóctonos.....	27
2.5 UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS POR LOS MACROINVERTEBRADOS.....	28
2.5.1. Fragmentadores.....	28
2.5.2. Recolectores.....	28
2.5.3. Raspadores.....	28
2.5.4. Perforadores.....	28
2.5.5. Predadores.....	28
2.6 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA BRUTA Y RESPIRACIÓN ECOSISTÉMICA (TASA P/R).....	29
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	30

3.1	ÁREA DE ESTUDIO.....	30
3.1.1	Descripción del área de estudio.....	30
3.1.2	Escala temporal.....	31
3.1.3	Tramos de estudio.....	31
3.1.4	Características ambientales.....	34
3.2	DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PREDOMINANTE EN LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA ESTUDIADAS.....	34
3.2.1	Producción primaria y respiración ecosistémica.....	34
3.2.2	Entrada de materia orgánica alóctona .....	35
3.3	CARACTERIZACIÓN Y ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	36
3.3.1	Organización funcional.....	36
3.4	COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA.....	37
3.4	CLASIFICACIÓN DE LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA EN SISTEMAS HETEROTRÓFICOS O AUTOTRÓFICOS .....	37
3.5	ANÁLISIS ESTADÍSTICO.....	37
4.	RESULTADOS.....	39
4.1	DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PREDOMINANTE EN LAS AMPLITUDES E INFLUENCIA DE LA AMPLITUD DE LA FRANJA VEGETAL.....	41
4.2	CARACTERIZACIÓN Y ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA COMUNIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.....	42
4.2.1	Clasificación de los grupos tróficos.....	43
4.3	COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA.....	45
4.3.1	Riqueza y composición.....	45
4.3.2	Densidad y abundancia relativa.....	45
4.3.3	Biomasa.....	47
4.4	COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA TRÓFICA DE LA COMUNIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN LAS AMPLITUDES DE FRANJA ESTUDIADAS.....	49
4.4.1.	Riqueza y composición .....	49
4.4.2.	Densidad y abundancia relativa.....	50
4.4.3.	Biomasa .....	51
4.5.	INFLUENCIA DE LA AMPLITUD DE LA FRANJA VEGETAL EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA CORRIENTE .....	52
5.	DISCUSIÓN.....	54
6.	CONCLUSIONES.....	62
7.	RECOMENDACIONES.....	64
	BIBLIOGRAFÍA.....	65
	ANEXOS.....	69



## LISTA DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Promedios y límites de confianza de las características ambientales en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada la Tiendas.....	39
Tabla 2. Valores p de las comparaciones pareadas con la prueba de Kolmogorov – Smirnov para la distribución diaria de la iluminancia, temperatura y oxígeno disuelto entre las diferentes amplitudes.....	40
Tabla 3. Promedios y límites de confianza de la producción de materia autóctona y entrada de materia alóctona en las diferentes amplitudes de franja vegetal de la Quebrada las Tiendas.....	41
Tabla 4. Valores p de las comparaciones pareadas de la entrada de materia orgánica alóctona entre las diferentes amplitudes de franja utilizando la prueba de Mann – Withney.....	42
Tabla 5: Riqueza acumulada de los géneros observados en las diferentes amplitudes de franja de la vegetación ribereña en la Quebrada las Tiendas.....	45
Tabla 6. Densidad (número de individuos/m <sup>2</sup> ) por muestreo, promedio y límites de confianza en las diferentes amplitudes de franja en la Quebrada las Tiendas.....	45
Tabla 7. Biomasa (gramo/m <sup>2</sup> ) por muestreo, promedio y límites de confianza en las diferentes amplitudes de franja en la Quebrada las Tiendas.....	47
Tabla 8. Número de taxa por grupo trófico en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.....	50
Tabla 9. Densidad total (Número de individuos/m <sup>2</sup> ), promedio y límites de confianza de los grupos tróficos en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.....	50

Tabla 10. Biomasa (miligramos/m<sup>2</sup>) total, promedio y limites de confianza de los grupos tróficos en la diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas..... 52

Tabla 11: Tasa P/R diaria en las amplitudes de la franja estudiadas. P/R >1 autotrófica, P/R<1 = Heterotrofia..... 53

## LISTA DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Organización jerárquica de un sistema de corrientes de agua....	25
Figura 2. Grupos Funcionales de alimentación: A. Filtradores, B. raspadores y perforadores y C. Fragmentadores.....	29
Figura 3: Localización geográfica del área de estudio y puntos de muestreo.....	30
Figura 4: Variación de la precipitación media mensual en la Quebrada las Tiendas .....	31
Figura 5: Medición de la amplitud de la franja de vegetación ribereña en las dos márgenes de la Quebrada las Tiendas.....	32
Figura 6: Rangos de amplitud de la franja de vegetación ribereña para las dos orillas de la corriente y arreglo espacial de las estaciones de muestreo.....	33
Figura 7: Trampas horizontales y verticales para captura de la materia orgánica alóctona entrante al cauce.....	35
Figura 8. Disposición de las trampas horizontales y verticales para captura de la materia orgánica alóctona entrante en las dos márgenes del cauce.....	36
Figura 9: Distribución diaria de los promedios de iluminancia real, temperatura y oxígeno disuelto en la diferentes amplitudes de franja vegetal.....	40
Figura 10: Riqueza de géneros observada y estimada en las diferentes amplitudes de franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.....	42
Figura 11: Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados Bentónicos en las amplitudes de la franja estudiadas.....	44
Figura 12: Distribución de las abundancias de los géneros en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.....	44
Figura 13. Biomasa proporcional de las familias de macroinvertebrados bentónicos en las amplitudes de la franja estudiadas.....	44
Figura 14: Comparación de la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos mediante el análisis NMDS entre las amplitudes de la franja vegetal utilizando el Índice de similitud de Jaccard	47
Figura 15: Análisis de componentes principales y valores Eigen de las categorías alimenticias y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la quebrada las Tiendas.....	48
Figura 16: Análisis de conglomerados resultante de los contenidos estomacales de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada las Tiendas.....	49
Figura 17: Abundancia relativa de los grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes amplitudes de la franja	

vegetal en la Quebrada las Tiendas..... 51

Figura 18: Biomasa de los grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas..... 52

## LISTA DE ANEXOS

	Pág.
Anexo A: Densidad promedio, abundancia relativa y biomasa promedio de los macroinvertebrados bentónicos de la Quebrada las Tiendas por amplitud de estudio.....	69
Anexo B: Porcentaje de las categorías alimenticias encontradas en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la Quebrada las Tiendas. Material mineral (MM), Tejido animal (TA), tejido vegetal (TV), materia orgánica particulada fina (MOPF) y gruesa (MOPG).....	70
Anexo C: Asignación de los taxa a los grupos tróficos de la Quebrada las Tiendas.....	71
Anexo D: tejido vegetal en los contenidos estomacales de <i>Phylloicus sp</i> 40X.....	72
Anexo E: MOPG en los contenidos estomacales de <i>Anchytarsus sp</i> 40X..	73
Anexo F: MOPF en los contenidos estomacales de <i>Farrodes sp</i> 10X.....	73
Anexo G: Material mineral en los contenidos estomacales de <i>Baetodes sp</i> 10X.....	74
Anexo H: Hongos en los contenidos estomacales de <i>Andesiops sp</i> 40X...	74
Anexo I: Algas en los contenidos estomacales de <i>Simulim sp</i> 40X.....	75

## GLOSARIO

**ALÓCTONO:** recurso alimenticio producido fuera del sistema.

**AUTÓCTONO:** recurso alimenticio producido dentro del mismo sistema.

**DEPREDADOR:** grupo funcional o dietario en el que se clasifican a aquellos organismos que tienen la capacidad de cazar presas vivas.

**ESCARPADO:** paredes rocosas que han sido cortadas por la erosión y que van seguidas de otra pendiente más larga y suave que la anterior.

**FILTRADOR:** grupo funcional o dietario en el que se clasifican a aquellos organismos que están adaptados morfológicamente con cerdas para tomar su alimento directamente desde la columna de agua.

**GEOMORFOLOGÍA:** ciencia que se dedica al estudio del relieve terrestre.

**GRUPO TRÓFICO:** especies simpátricas que explotan el mismo recurso de manera similar.

**GRUPOS FUNCIONALES DE ALIMENTACIÓN:** especies polifiléticas que contribuyen a las características generales de una comunidad basadas en una evolución convergente de caracteres anatómicos, morfológicos, fisiológicos, comportamentales o tróficos.

**ILUMINANCIA:** cantidad de energía lumínica que llega a un lugar determinado.

**LUX:** unidad de medida de la energía lumínica.

**MATERIA ORGÁNICA DISUELTA:** corresponde al proceso final de degradación de la materia, en el cual está ya ha sufrido procesos de degradación, por lo tanto mide menos de 0,25  $\mu$ .

**MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA GRUESA:** es aquella materia autóctona que mide más de 1mm, generalmente consumida por organismos fragmentadores.

**MATERIA ORGÁNICA PARTICULADA FINA:** son residuos o fragmentos de la trituración o degradación de la materia orgánica particulada gruesa, por lo tanto es mayor de 0,25  $\mu$  pero menor a 1mm.

**PRODUCCIÓN PRIMARIA BRUTA:** es la cantidad total del carbono fijado.

**PRODUCCIÓN PRIMARIA NETA:** es la diferencia entre el carbono fijado por autótrofos y sus demandas metabólicas.

**RASPADOR:** grupo funcional o dietario en el que se clasifican a aquellos organismos que están adaptados para raspar sobre el sustrato, con el fin de consumir en mayor parte algas.

**RECOLECTOR:** grupo funcional o dietario en el que se clasifican a aquellos organismos que se han adaptado para recoger desde el fondo o desde los intersticios su alimento, generalmente basan su dieta en el consumo de materia orgánica particulada fina.

**RIBERENA:** zona que corresponde a la vegetación que se encuentra en las orillas de los cuerpos de agua.

TASA P/R: es un cociente que permite identificar la fuente de energía predominante en una sección de la corriente de agua, debido a que relaciona la tasa de producción primaria bruta con la respiración de la comunidad.

## ABREVIATURAS

Ana:	<i>Anacroneuria sp</i>
Anch:	<i>Anchytarsus sp</i>
And:	<i>Andesiops sp</i>
Ata:	<i>Atanatolica sp</i>
Atop:	<i>Atopsyche sp</i>
AusA:	<i>Austrolimnius sp (A)</i>
AusL:	<i>Austrolimnius sp (L)</i>
Ba:	<i>Baetodes sp</i>
Cam:	<i>Camelobaetidius sp</i>
Cera:	<i>Probezzia sp?</i>
CR <sub>24</sub> :	Respiración de la comunidad en 24 horas.
DOM:	Materia orgánica particulada disuelta.
Farr:	<i>Farrodes sp</i>
FFG:	Grupo funcional de alimentación.
GPP:	Producción primaria bruta.
grPSLC:	Gramos de peso seco libre de ceniza.
Hya:	<i>Hyaella sp</i>
HetA:	<i>Heterelmis sp (A)</i>
HetL:	<i>Heterelmis sp (L)</i>
Hex:	<i>Hexancorus sp</i>
Lph:	<i>Leptohyphes sp</i>
Mol:	<i>Molophilus sp</i>
MOPF:	Materia orgánica particulada fina.
MOPG:	Materia orgánica particulada gruesa.
Nect:	<i>Nectopsyche sp</i>
NeoA:	<i>Neoelmis sp (A)</i>
NeoL:	<i>Neoelmis sp (L)</i>
NMDS:	Método de escalamiento multidimensional no métrico.
Oli:	<i>Oligochaeta</i>
Orth:	<i>Orthoclaadiinae</i>
P/R:	Producción sobre respiración.
Pal:	<i>Paltostoma sp</i>
Phy:	<i>Phylloicus sp</i>
Prio:	<i>Prionocyphon sp</i>



Chir1: *Chironomidae Msp1*  
Chir2: *Chironmidae Msp2*  
Chir3: *Chironmidae Msp3*  
Chir4: *Chironomidae Msp4*  
Sim: *Simullium sp*  
Smi: *Smicridea sp*  
Tip: *Tipula sp*  
Tri: *Triplectides sp*  
Xiph: *Xiphocentron sp*

## RESUMEN

Se evaluó el efecto de la amplitud de la vegetación ribereña sobre las características ambientales, recursos alimenticios y la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos en tres tramos de la Microcuenca de la quebrada Las Tiendas, afluente del Río Pasto. Se determinó la materia orgánica predominante en la corriente y se recolectaron muestras de macroinvertebrados bentónicos con red de surber cubriendo  $1\text{m}^2$  de lecho, dos veces por mes entre Enero y Marzo de 2010, correspondientes a una época de baja precipitación. La disminución de la amplitud de vegetación, afectó directamente las características ambientales; la distribución diaria de luz, de oxígeno disuelto y temperatura en la corriente, variaron significativamente entre las amplitudes de la franja estudiadas. La entrada de materia orgánica alóctona dominó en la corriente aunque fue mucho menor en la franja angosta, mientras que la producción primaria no se vio afectada. Se encontraron variaciones en la estructura trófica de la comunidad de los macroinvertebrados al parecer en respuesta a la disminución de la vegetación ribereña apoyando en parte a la hipótesis planteada, donde la deforestación genera cambios en la dominancia relativa de algunos grupos tróficos. La comunidad de macroinvertebrados fue dominada por organismos detritívoros indicando la importancia de la materia orgánica alóctona como principal fuente de energía en la corriente y a su vez determinando un sistema de aprovechamiento de recursos de tipo heterotrófico. Debido a la similitud entre la amplitud de franja media y el tramo con bosque ribereño, se propone que amplitudes de vegetación ribereña mayores a 11 metros pueden ser un buen sistema amortiguador, manteniendo las interacciones entre el ecosistema acuático y terrestre. Se aporta evidencia de que no solamente conservando reductos de vegetación ribereña se asegura el funcionamiento de la corriente, por lo tanto es importante el establecimiento de corredores ribereños en las fuentes hídricas afluentes del Río Pasto.

Palabras clave: Vegetación ribereña, deforestación, estructura trófica, macroinvertebrados bentónicos, corredores ribereños, corrientes andinas.

## ABSTRACT

The effects of deforestation on environmental characteristics, food resources and the trophic structure of benthic macroinvertebrates were studied among three traces of Las Tiendas stream (which is a tributary stream of the Pasto river). Samples were collected from allochthonous incoming organic matter using leaf traps (diameter: 60cm) and benthic macroinvertebrates were sampled with Surber nets (1m<sup>2</sup>) twice a month between January and March 2010 during dry season. The change of dissolved oxygen *in situ* allowed us to estimate the primary production. The decrease in the width of the riparian vegetation had a direct influence on the environmental characteristics, the daily distribution of light, the dissolved oxygen and the temperature varied significantly among trace types. The allochthonous inputs of organic matter were the most important contribution in stream, although were much lower in the low protection trace, whereas the primary production was not affected. The variability in the trophic structure of the macroinvertebrate apparently in response to the decline width of the riparian vegetation in part to support the initial hypothesis, where the deforestation causes changes in the relative dominance on trophic groups of the macroinvertebrates. The results showed that a width greater than 11 meters can be a good buffer system to maintain the relationship between aquatic and terrestrial ecosystems. Finally provided evidence that not only preserved fragments of riparian vegetation ensures the functioning of the current, so it is important to establish riparian strips, taking into account their application and limitations.

Key words: Riparian vegetation, deforestation, trophic structure, benthic macroinvertebrates, riparian buffers strips, Andean stream.

## INTRODUCCIÓN

La zona ribereña ejerce una fuerte influencia sobre las corrientes de regiones boscosas, interviniendo en los procesos que ocurren entre el ecosistema terrestre y acuático como la modificación del clima, la retención de nutrientes, contribuciones de materia orgánica, entre otras, manteniendo el desarrollo de las comunidades acuáticas que dependen en gran manera de su presencia<sup>1, 2</sup>. Se considera que la vegetación en esta zona, determina la incorporación de energía al ecosistema lótico; en corrientes menores al tercer orden, la sombra generada por el dosel y la retención de nutrientes limita la productividad primaria, además la vegetación aporta grandes cantidades de materia orgánica que al entrar en la corriente de agua experimenta tres acontecimientos a menudo no excluyentes: ser transportada corriente-abajo, ser retenida por algún periodo de tiempo o también puede ser procesada directamente por las comunidades acuáticas<sup>3, 4</sup>.

Entre estas comunidades se encuentran los macroinvertebrados bentónicos que dependen del tipo de energía predominante en la corriente y se estructuran para hacer uso eficiente del recurso. Se conocen principalmente dos tipos de sistema de aprovechamiento: un sistema heterotrófico en el cual la comunidad depende de una entrada extra de materia proveniente de la vegetación ribereña (recurso conocido como alóctono) y un sistema autotrófico en donde el sustento de la comunidad es la productividad primaria dentro de la corriente (recurso conocido como autóctono).

El papel de estos organismos en el procesamiento de la materia orgánica alóctona es ampliamente conocido describiéndose ciertas afinidades con las categorías alimenticias generadas en el proceso de degradación del material. Por esta razón, los macroinvertebrados son considerados organismos sensibles a los cambios en la vegetación adyacente a la corriente de agua, principalmente en la transformación de bosques ribereños a aéreas agrícolas<sup>5, 6</sup>.

---

<sup>1</sup> VANNOTE, R.; MINSHALL, G.; CUMMINS, K.; SEDELL, J.; CUSHING, C. The river continuum concept. En: Can. J. Fish. Aquat. 1980. Vol: 37:130-137 p.

<sup>2</sup> GREGORY, S.; SWANSON, F.; MCKEE, W.; CUMMINS, K. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. En: BioScience. 1991. Vol: 41: 540-551 p.

<sup>3</sup> MINSHALL, G. Autotrophy in Stream Ecosystems. En: BioScience. 1978. Vol: 28: No. 12: 767-771 p.

<sup>4</sup> WEBSTER, J.; BENFIELD, E.; EHRMAN, T.; SCHAEFFER, M.; TANK, J.; HUTCHENS, J. et al. What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. En: Freshwater biology. 1999. Vol: 41: 687-705 p.

<sup>5</sup> WALLACE, J.; WEBSTER, J. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. En: Annu. Rev. Entomol. 1996. Vol: 41: 115-39 p.

<sup>6</sup> CUMMINS, K.; MERRITT, R.; ANDRADE, P. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. En: Studies on Neotropical Fauna and Environmental. 2005. Vol: 40: 71 – 90 p.

El uso de esta comunidad de macroinvertebrados bentónicos como un método relativamente fácil y rápido para evaluar las interacciones entre los ecosistemas acuático y terrestre ha sido aplicado en regiones templadas y subtempladas, pocas veces en la región tropical y menos aún en alta montaña, siendo necesaria la validación de procedimientos aplicables a esta región para su estudio en aspectos funcionales.

Se conoce que alrededor del 70% de los bosques en la cordillera andina se han transformado en áreas abiertas, principalmente sobre la cota de 2500 metros<sup>7</sup>, donde se ubican los nacimientos de las cuencas hidrográficas, permitiendo el acceso directo al cauce o quedando reductos de vegetación ribereña en algunos casos. No obstante, existe poca información acerca de los efectos de la deforestación y la utilidad de esos reductos en la protección de las corrientes de agua andinas, la mayoría de trabajos se refieren a las regiones de la zona templada y en escalas espaciales amplias<sup>8</sup>. Teniendo en cuenta que las interacciones más fuertes entre el ecosistema terrestre y acuático se dan en partes altas de las cuencas, donde las corrientes presentan características vulnerables por su condición de bajo orden, la deforestación podría debilitar las relaciones entre los ecosistemas al transformar el ambiente y la entrada de energía al cuerpo de agua, modificando el ensamblaje de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos presentes en una sección de la corriente.

Por tal razón este trabajo aborda ¿Cuáles son los efectos que produce la amplitud de la franja de vegetación ribereña sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en una corriente andina?, ya que creemos que la deforestación puede reducir la entrada de materia orgánica alóctona, favoreciendo procesos autotróficos que se representan en la dominancia relativa de algunos grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos, simplificando la comunidad. Así se pretende, además de aportar conocimiento sobre la ecología de los macroinvertebrados andinos, identificar tramos con una adecuada amplitud de franja de vegetación ribereña útil para planes de restauración y protección de corrientes andinas intervenidas, dando principal importancia a aquellas ubicadas en los sectores altos de las cuencas.

---

<sup>7</sup> ETTER, A y WINGAARDEN, W. Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region. En: Royal Swedish Academy of Sciences. 2000. Vol. 29 No. 7:433p.

<sup>8</sup> HAWKINS, C.; MURPHY, M.; ANDERSON, N. Effects of Canopy, Substrate Composition, and Gradient on the Structure of Macroinvertebrate Communities in Cascade Range Streams of Oregon. En: Ecology. 1982. Vol: 63: 1840-1856 p.

# 1. OBJETIVOS

## 1.1 Objetivo general

- Evaluar el efecto de la amplitud de la vegetación ribereña sobre la ecología trófica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos en una corriente andina.

## 1.2 Objetivos específicos

- Establecer la influencia de la amplitud de la franja de vegetación ribereña en el tipo de materia orgánica predominante en la corriente.
- Caracterizar la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y establecer su organización trófica.
- Determinar la existencia de diferencias en la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados en relación con las diferentes amplitudes de la franja de vegetación ribereña.
- Analizar si la amplitud de la franja de vegetación ribereña influye en las características funcionales de la corriente.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1 ANTECEDENTES

El estudio de las relaciones entre el ecosistema acuático y terrestre es un aspecto importante en la ecología acuática, Lindeman (1942)<sup>9</sup>, dio el punto de partida hacia el entendimiento de la dinámica de los recursos energéticos en el sistema fluvial, haciendo énfasis en el papel de la vegetación ribereña en la transferencia energética, esta información sería complementada por Odum<sup>10</sup> proponiendo que la productividad primaria también es un recurso importante en las cadenas tróficas acuáticas. Luego Cummins y Klug<sup>11</sup> relacionarían el procesamiento de estos suministros energéticos por parte de los macroinvertebrados bentónicos, describiendo algunas afinidades de estos organismos por ciertos recursos. Toda esta información fue integrada en 1980 por Vannote<sup>12</sup> en la “*teoría del río continuo*”, donde se propone que la vegetación ribereña ejerce una profunda influencia en el funcionamiento de las corrientes de agua y que el desarrollo de las comunidades acuáticas de sistemas lóticos dependen casi en su totalidad de su presencia. Una década después Gregory<sup>13</sup>, describe la intervención de la vegetación ribereña en otros procesos ecosistémicos tales como la regulación de la producción primaria, regulación hídrica, entrada de nutrientes y sedimentación, entre otras.

A partir de esta base teórica, se aplicaron los conceptos en la problemática de la deforestación, sin embargo en la actualidad es muy escasa la información acerca su efecto en las corrientes de agua en la región tropical. Bojsen y Jacobsen en 2003<sup>14</sup>, describen algunos efectos negativos que produce la deforestación sobre la diversidad y estructura de las comunidades acuáticas en la amazonia ecuatoriana; Torres (2005)<sup>15</sup>, evalúa la importancia de las franjas amortiguadoras ribereñas en la protección de la calidad del agua, de la misma manera Lorion y Kennedy (2009)<sup>16</sup>, exponen la importancia de tales franjas en el sostenimiento de las interacciones entre los ecosistemas acuático y terrestre, iniciando así las investigaciones hacia

---

<sup>9</sup> LINDEMAN, R. The trophic-dynamic aspect of Ecology. En: Ecology. 1942. Vol: 23: 399-417 p.

<sup>10</sup> ODUM, H. Primary Production in Flowing Waters. En: Limnol. Oceanogr. 1956. 1: 102-117 p.

<sup>11</sup> CUMMINS, K. KLUG, M. Feeding ecology of stream invertebrates. En: Ann. Rev. Ecol. Syst. 1979. V 10: 147-72 p.

<sup>12</sup> Ibid VANNOTE, R. p. 132.

<sup>13</sup> Ibid GREGORY. p. 540.

<sup>14</sup> BOJSEN, B.; JACOBSEN, D. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. En: Ach. Hydrobiol. 2003. Vol: 158:317-342 p.

<sup>15</sup> ARCOS, I. 2005. Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sensesmiles, Copán, Honduras. [Tesis de Maestría]. Turrialba, En: Costa Rica: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza.

<sup>16</sup> Lorion C, Kennedy B. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in Neotropical headwater streams. En: Freshwater Biology. 2009. Vol: 54; 165–180 p.

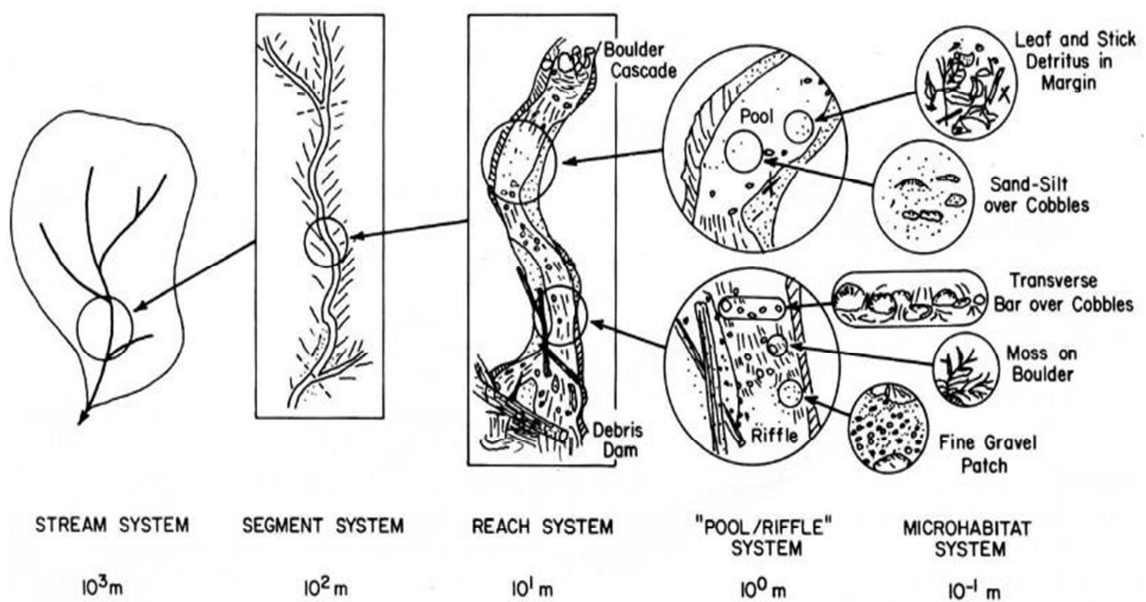
la búsqueda de un buen manejo de los bosques ribereños y por ende de las corrientes de agua tropicales.

## 2.2 ESCALAS ESPACIALES EN EL ESTUDIO DE LAS AGUAS CORRIENTES

Frissell *et al* en 1986<sup>17</sup> presentan una clasificación jerárquica de las corrientes y sus hábitats basados en las variaciones espaciales y temporales entre y dentro de los sistemas, definiendo su capacidad de evolución a corto y largo plazo. Clasificaron los hábitats de acuerdo a muchas variables espaciotemporales, definidas por la geomorfología y eventos de la cuenca hidrográfica.

Cada nivel en la jerarquía puede desarrollarse o persistir en una escala espacio-temporal específica. Los eventos geológicos de baja frecuencia y alta magnitud, causan cambios evolutivos fundamentales en el sistema de corriente y segmento, mientras que eventos geomorfológicos frecuentes y de baja magnitud, pueden producir cambios en tramos, sistemas poza/rifle y micro-hábitats causando evolución en estas pequeñas escalas.

Figura 1. Organización jerárquica de un sistema de corrientes de agua. Escala aproximadamente lineal, apropiada para una corriente de montaña de 2º a 3º orden.



Fuente: Frissell C. *et al* (1986)<sup>17</sup>.

<sup>17</sup> FRISSELL, C., W. J. LISS, C. E. WARREN & M. D. HURLEY. A Hierarchical framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed context. *En: Environmental Management*. 1986. Vol: 10: 199-214 p.



Una escala importante en el cual se basan muchos estudios regionales, es el sistema de tramo (reach system) que toma una determinada longitud de la corriente para representar un conjunto uniforme de condiciones físicas, químicas y biológicas. Se define como la longitud del cauce que se extiende entre dos puntos que presentan cambios notables, tales como en la pendiente del canal, avalanchas locales, el estado de la vegetación ribereña y materiales de acumulación en el lecho (arena, grava o guijarros). Esta longitud puede ser desde unos pocos metros hasta decenas de metros en corrientes pequeñas y empinadas, o de más de cientos de metros en corrientes muy grandes. Las características que identifican cada tramo pueden permanecer invariables por decenas o cientos de años.

### 2.3 TEORÍA DEL RÍO CONTINUO

Vannote R. *et al* en 1980<sup>18</sup>, toman las corrientes de agua como un modelo predictivo que integra las características geomorfológicas con la composición y variación espacio-temporal de las comunidades biológicas en las cuencas hidrográficas. En su trayectoria, la corriente es un continuo cambio de factores ambientales como la profundidad, régimen de flujo, temperatura y ganancia de entropía que se presentan en un equilibrio dinámico. Bajo esta situación, los organismos consumidores se estructuran para aprovechar los recursos alimenticios dependiendo de su estado de descomposición y tamaño de las partículas, produciendo así, un continuo reemplazo de especies a lo largo de la cuenca como respuesta a la disponibilidad de alimento y al equilibrio dinámico.

En esta teoría se propone un agrupamiento de las comunidades loticas, relacionando su estructura y función con el tamaño de la corriente en: comunidades de cabecera (corrientes de 1º a 3º orden), de tamaño medio (4º a 6º orden), y de grandes ríos (>6º orden). La vegetación ribereña influye en muchas comunidades de cabecera, limitando la producción autotrófica y contribuyendo con grandes cantidades de detritos alóctonos. A medida que el tamaño de la corriente aumenta disminuye la influencia de la vegetación ribereña, coincidiendo con un aumento significativo en la producción primaria del río y el transporte de material orgánico proveniente de aguas arriba. La transición de las comunidades dependerá entonces de la entrada de materia orgánica alóctona y el desarrollo de algas o plantas vasculares. Generalmente, el cambio puede verse reflejado en la relación de la tasa de producción primaria bruta vs. la respiración de la comunidad (P/R). Se conoce que para corrientes de bosques deciduos y algunos de coníferas, la transición se da probablemente en corrientes de tercer orden, aunque se ha encontrado que en regiones xerofíticas, el cambio puede darse en corrientes de primer orden<sup>19</sup>.

---

<sup>18</sup> VANNOTE, R.; MINSHALL, G.; CUMMINS, K.; SEDELL, J.; CUSHING, C. Op. cit., p.130-137 p.

<sup>19</sup> MINSHALL, G. Op. cit., p. 768

## 2.4 RECURSOS ALIMENTICIOS PARA LOS INVERTEBRADOS DE SISTEMAS LÓTICOS

Los recursos de carbono orgánico pueden ser clasificados en dos categorías: materia orgánica autóctona producida dentro de la corriente por organismos fotosintéticos y materia orgánica alóctona proveniente de los ecosistemas terrestres circundantes<sup>20</sup>.

2.4.1 Recursos autóctonos. La actividad fotosintética es realizada por algas bentónicas, macrófitos y fitoplancton, proporcionando un recurso que puede mantener una amplia y productiva comunidad animal. La cantidad total del nuevo carbono fijado, determina la producción primaria bruta (P) y la diferencia entre el carbono fijado por autótrofos y sus demandas metabólicas, es la producción primaria neta. Las demandas metabólicas de los autótrofos y heterótrofos se conocen como respiración de la comunidad o respiración ecosistémica (CR)<sup>21</sup>.

La composición y la estructura vertical y horizontal de la vegetación ribereña ejerce una fuerte influencia en la producción primaria limitando la cantidad de luz incidente, la cual es absorbida selectivamente y reflejada al pasar a través del dosel, por lo tanto, si este es denso y bajo se reduce la intensidad de la luz en la superficie del agua, pero si es alto y relativamente abierto, permite el ingreso de grandes cantidades de luz a la corriente<sup>22</sup>.

2.4.2 Recursos alóctonos. La vegetación ribereña aporta grandes cantidades de materia orgánica a las corrientes de áreas boscosas y a escala temporal puede experimentar tres situaciones; puede permanecer en el lecho por algún período de tiempo, ser transportada aguas abajo o ser consumida por bacterias, hongos e insectos<sup>23</sup>. La materia orgánica alóctona está compuesta por tejidos de plantas vasculares la cuál es colonizada por hongos y bacterias y posteriormente es fragmentada en partículas de diferente tamaño. Se reconocen dos categorías bien definidas, materia orgánica particulada gruesa (MOPG), cuyo tamaño supera 1mm y materia orgánica particulada fina (MOPF) menor a 1mm.

Generalmente el proceso de transformación de la hojarasca inicia al contacto con el agua lixiviando componentes solubles en pocos días, acompañado de un periodo de colonización y crecimiento microbiano que causa numerosos cambios en la condición de la materia. La actividad mecánica del agua o de los invertebrados fragmenta la materia gruesa, posteriormente sigue un periodo de suavización de tejidos por enzimas microbianas que las reduce a partículas muy

---

<sup>20</sup> *Ibíd.*, p. 769.

<sup>21</sup> ALLAN, J.; Y CASTILLO, M. *Stream Ecology: Structure and function of running waters*. Second edition. The Netherlands. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht; 2007.

<sup>22</sup> GREGORY, S.; SWANSON, F.; MCKEE, W.; CUMMINS, K. *Op. cit.*, p. 545.

<sup>23</sup> WEBSTER, J.; BENFIELD, E.; EHRMAN, T.; SCHAEFFER, M.; TANK, J.; HUTCHENS, J. et al. *Op. cit.*, p. 687.

finas. Aunque el modelo general sugiere estados secuenciales, la descomposición es un proceso complejo y algunos eventos pueden ocurrir de forma simultánea<sup>24</sup>.

## 2.5 UTILIZACIÓN DE LOS RECURSOS POR LOS MACROINVERTEBRADOS

Considerando que los macroinvertebrados acuáticos son generalistas, es posible estudiar la utilización de los recursos energéticos por las adaptaciones morfo-comportamentales desarrolladas para la obtención del alimento. La importancia de estos rasgos biológicos no radica en cómo lo consumen sino en cómo lo adquieren<sup>25</sup>. Esto permite la agrupación de los organismos en cinco clases: fragmentadores, recolectores, raspadores, perforadores y predadores.

2.5.1. Fragmentadores. Se alimentan de materia orgánica particulada gruesa, generalmente aquella que ha sido colonizada por hongos o bacterias, permitiendo que los macroinvertebrados asimilen en corto tiempo los nutrientes con respecto al recurso no colonizado (Fig. 2C). Durante el proceso de degradación de la materia, las colonias de bacterias y hongos polimerizan la celulosa y la lignina para que puedan ser asimiladas y metabolizadas por los fragmentadores. Este tipo de predigestión es importante porque ayuda a la hidrólisis parcial del tejido vegetal, por lo tanto los fragmentadores dependen exclusivamente de esta simbiosis.

2.5.2. Recolectores. Según como obtienen el recurso alimenticio, se pueden dividir en colectores filtradores y colectores recolectores. Los primeros, son aquellos que usando redes de cerdas remueven la MOPF que pasa a través de la columna de agua, mientras que los segundos, adquieren la MOPF de los intersticios del sedimento en el fondo (Fig. 2A). Según Cummins y Klug<sup>26</sup>, esta separación es imperfecta, ya que la MOPF puede depositarse en el fondo y en cualquier momento ser removida y continuar su curso en la columna de agua.

2.5.3. Raspadores. Este grupo se alimenta de perifiton, raspando las superficies de rocas y vegetación sumergida; típicamente presentan mandíbulas en forma de pala con bordes cortantes (Trichoptera), además de estructuras que les permite mantener su posición sobre la superficie del sustrato en corrientes fuertes y al mismo tiempo alimentarse (fig. 2B).

2.5.4. Perforadores. Basan su alimentación en la obtención de macrófitas, con adaptaciones morfológicas muy similares a los raspadores (Fig. 2B).

2.5.5. Predadores. Este grupo incluye los macroinvertebrados que están adaptados específicamente para capturar presas vivas. Su abundancia en sistemas estables siempre es baja y tienen preferencia por aquellas presas que

---

<sup>24</sup>. CUMMINS, K. KLUG, M. Op. cit., p. 148

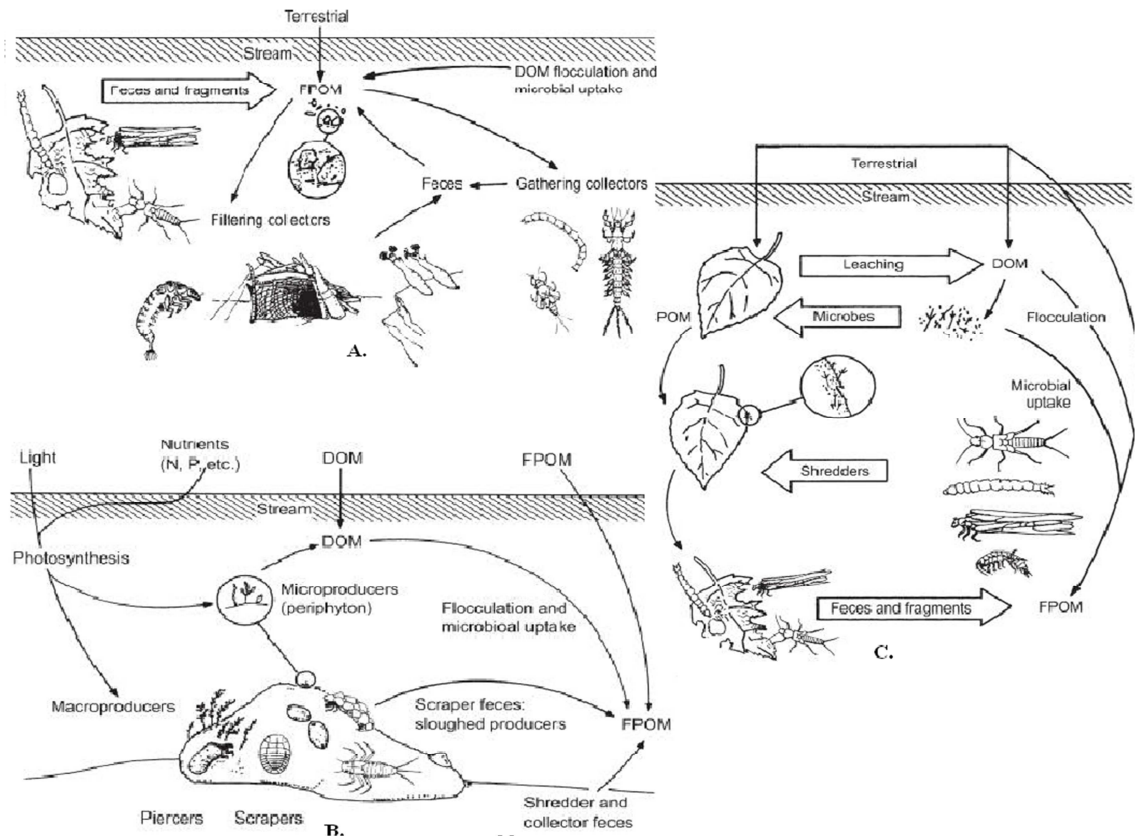
<sup>25</sup>. Ibid., p. 149.

<sup>26</sup>. Ibid., p. 156.

<sup>27</sup>. CUMMINS, K. KLUG, M. Op. cit., p. 158

sean muy abundantes o con dificultad de locomoción<sup>27</sup>.

Figura 2. Grupos Funcionales de alimentación: A. Filtradores, B. raspadores y perforadores y C. Fragmentadores.



Fuente: Allan J. y Castillo M. (2007)<sup>28</sup>.

## 2.6 RELACIÓN DE LA PRODUCCIÓN PRIMARIA BRUTA Y RESPIRACIÓN ECOSISTÉMICA (TASA P/R)

La tasa P/R es un cociente que permite identificar la fuente de energía predominante en una sección de la corriente de agua. Según algunas interpretaciones cuando la producción primaria bruta sobrepasa la respiración ecosistémica, el ecosistema es soportado principalmente por la producción autóctona y cuando la respiración excede a la producción, la corriente depende del ingreso de material alóctono<sup>29</sup>. Aunque los conceptos generales son válidos, la interpretación de la tasa P/R es más complicada, puesto que no siempre al hablar de una  $P/R > 1$  se referirá a un sistema autótrofo y de una  $P/R < 1$  a un sistema heterótrofo.

<sup>28</sup> ALLAN, J.; Y CASTILLO, M. Op. Cit., 167p.

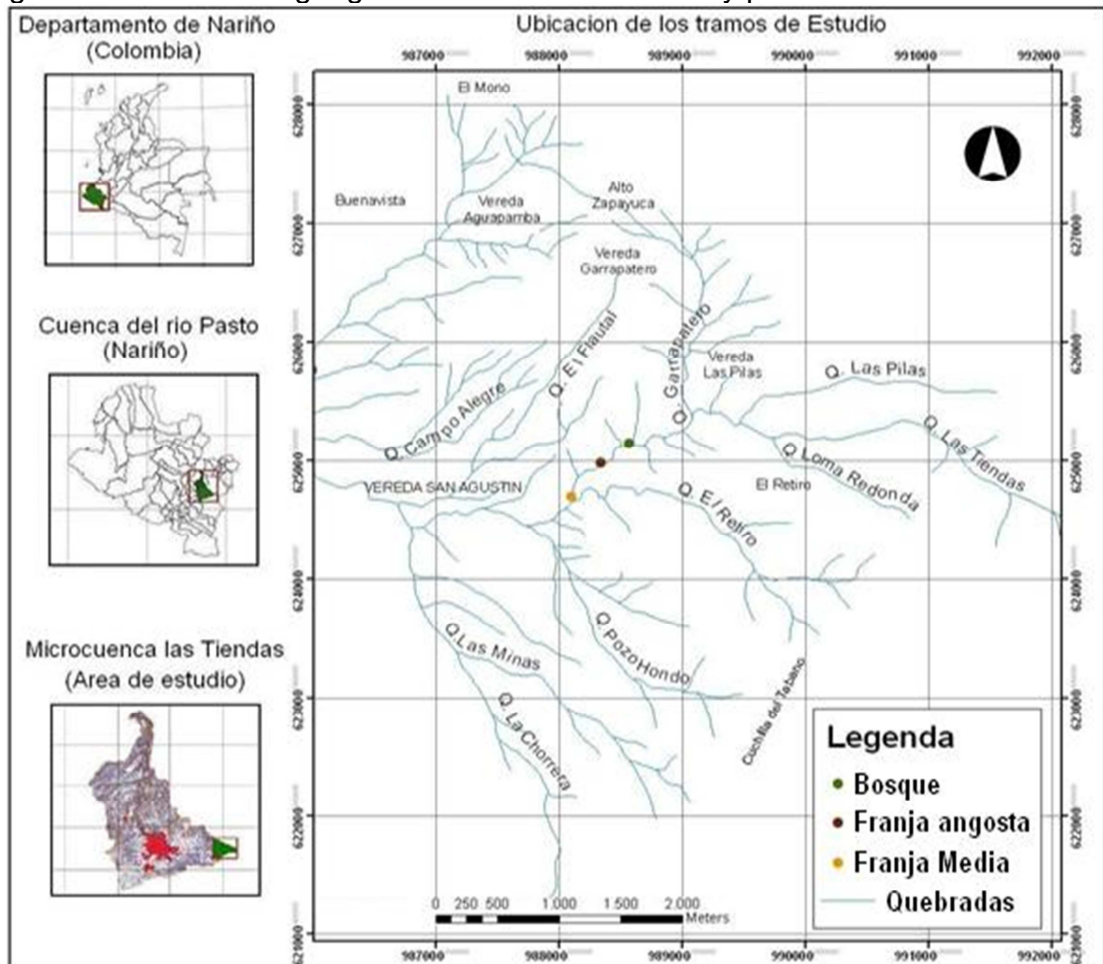
<sup>29</sup> Fisher S. Likens G. Energy Flow In Bear Brook, New Hampshire: An Integrative Approach To Stream Ecosystem Metabolism. En: Ecological Monographs. 1973. Vol: 43: 3 p.

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 ÁREA DE ESTUDIO

3.1.1 Descripción Del Área De Estudio. La Microcuenca de la quebrada Las Tiendas se ubica en el flanco izquierdo de la cordillera oriental de los andes al suroriente del departamento de Nariño, como afluente del río Pasto (Figura 3). Tiene una longitud de 9,4 km y un caudal medio de 264,5 l/seg. Presenta una altura máxima de 3800m y mínima de 2500m con patrón de drenaje subparalelo<sup>30</sup>.

Figura 3: Localización geográfica del área de estudio y puntos de muestreo.

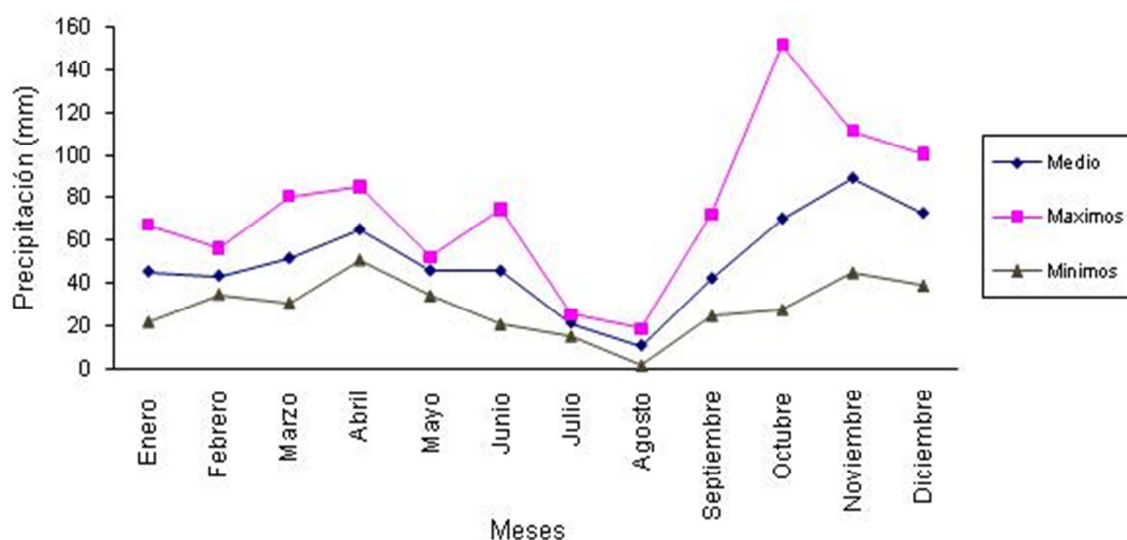


Fuente: Basado en plancha 429II. Instituto geográfico Agustín Codazzi (IGAC)

<sup>30</sup>. CORPONARIÑO. Actualización plan de manejo de ordenamiento de la cuenca del Río Pasto. San Juan de Pasto Octubre. 1999. 18p.

3.1.2. Escala Temporal. El muestreo se realizó entre los meses de Enero y Marzo de 2010 correspondientes a una época de baja precipitación<sup>31</sup>, por sus características de mayor estabilidad del caudal. En la figura 4 se presentan los promedios de precipitación por mes de acuerdo a los datos de la estación Wilquipamba ubicada al sur oriente del municipio de Pasto a 2850 metros de elevación. Los meses de Enero, Febrero y Marzo corresponden a bajas precipitaciones en promedio de 45.4, 43.3, y 51.6 mm., mientras que los meses más lluviosos son Julio y Noviembre con 128.8 y 132.5 mm respectivamente.

Figura 4: Variación de la precipitación media mensual en la Quebrada las Tiendas



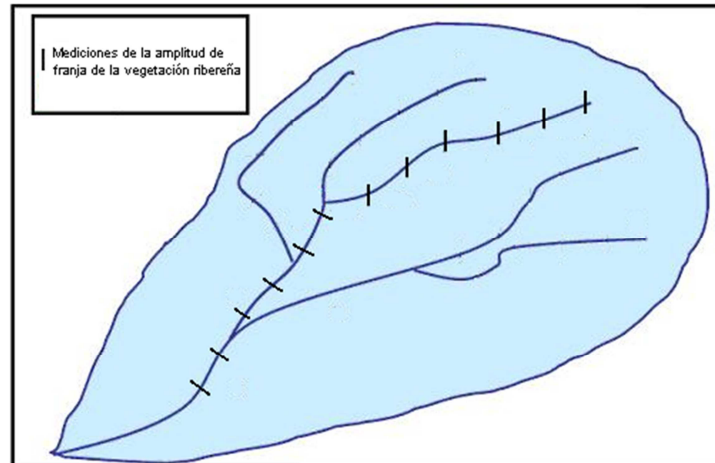
Fuente: De Esta Investigación.

3.1.3. Tramos de estudio. Se seleccionó la Quebrada las Tiendas por presentar un bosque ribereño fragmentado, observándose accesos directos al cauce y reductos de vegetación en forma de franja a las orillas de la corriente. La franja de vegetación muestra diferencias en su amplitud y para determinar entre que rangos se encuentra, se realizaron mediciones perpendicularmente al cauce cada diez metros en las dos márgenes de la corriente completando 1,1 kilómetros de longitud como se muestra en la Figura 5<sup>32</sup>. Se establecieron tres tramos, cada uno de 100 metros de longitud que presentan una franja vegetal con diferente rango de amplitud (Figura 6), el muestreo se realizó en una misma corriente de agua con el fin de evitar la variabilidad espacial y ambiental entre quebradas de diferente origen, esperando que las diferencias que se puedan encontrar se deban en lo posible a la amplitud de la franja vegetal, además el seguimiento en el tiempo permitió evitar sesgos en los métodos de muestreo, obteniendo datos más robustos con varias repeticiones dentro de la época que comprendió el estudio.

<sup>31</sup>. CORPONARIÑO. Op. Cit. 6p.

<sup>32</sup>. ARCOS, I. Op. cit., p. 35.

Figura 5: Medición de la amplitud de la franja de vegetación ribereña en las dos márgenes de la Quebrada las Tiendas.



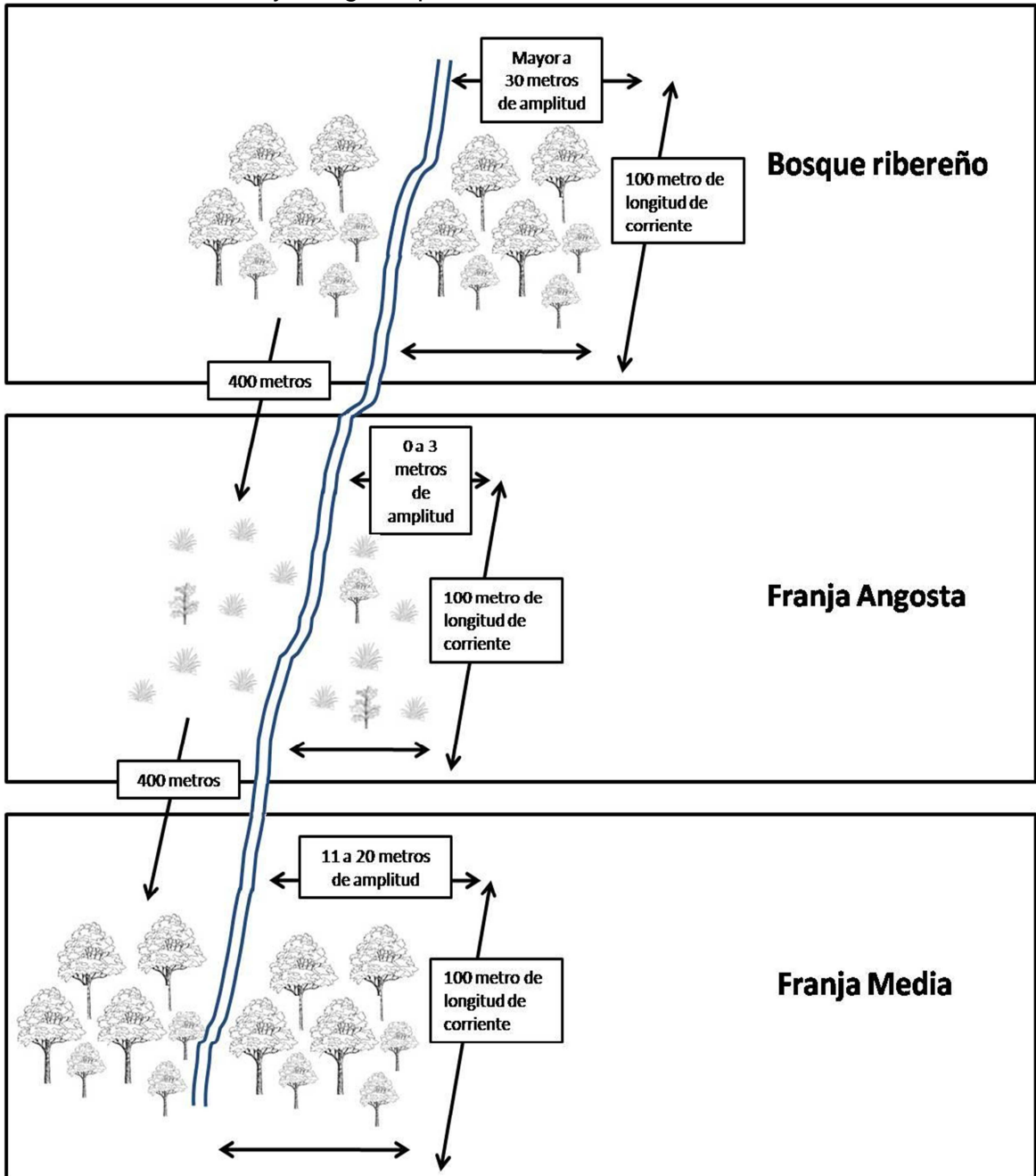
Fuente: Basado en Arcos, I. 2005<sup>32</sup>

Los tramos se caracterizan por las siguientes razones:

- Franja de bosque ribereño: con un rango de vegetación mayor a 30 metros de amplitud ubicado a los 2985 metros de elevación con coordenadas 1° 12' 22,7"N y 77° 10' 49,1"W. presentó vegetación ribereña en tres estratos verticales, con abundantes árboles de *Clethra fagifolia* y *Miconia sp*, arbustos de *Bocconia frutescens*, epifitas de *Epidendrum sp* y herbáceas de *Notopleura marginata*. Las orillas son fuertemente escarpadas sin acceso directo al cauce.
- Franja de vegetación ribereña angosta: presenta un rango de amplitud de 0 a 3 metros, la amplitud promedio para el margen izquierdo es de 2,12 metros y para el lado derecho es 0,7 metros. El tramo se ubica a los 2954 metros de elevación en las coordenadas 1° 12' 17,3"N y 77° 10' 56,6"W. En este punto la vegetación ribereña fue reemplazada por pastos, quedando reductos de algunos helechos y herbáceas como *Digitalis purpurea*, *Notopleura marginata* y *Chusquea sp*. En menor proporción arbustos de *Tibouchina mollis* y algunos árboles de *Eucaliptus sp*. Parte de la vegetación ha sido extraída para crear accesos al cauce y utilizar el agua para la ganadería. En este tramo se presenta la velocidad de corriente más alta.
- Franja de vegetación ribereña media: con un rango de amplitud de franja entre 11 a 20 metros, con una amplitud promedio para el lado izquierdo de 14,1 metros y para el lado derecho de 18,8 metros. Se ubica a los 2933 metros de elevación en las coordenadas 1° 12' 08,0"N y 77° 11' 04,4"W. La vegetación ribereña presentó todos los estratos verticales de la franja angosta; árboles de *Miconia sp*, arbustos de *Tibouchina mollis* y *Myrteola nummularia* y herbáceas de *Tagetes zipaquirensis*, además de epifitas de *Anturium oxibellium*. La

vegetación no es muy densa con varios caminos hacia el cauce, principalmente utilizados para la pesca.

Figura 6: Rangos de amplitud de la franja de vegetación ribereña para las dos orillas de la corriente y arreglo espacial de las estaciones de muestreo.



Fuente: De esta investigación.



3.1.4 Características ambientales. Las características ambientales se incluyen en este trabajo por ser consideradas un factor importante en la estructuración de las comunidades acuáticas, su medición se realizó con el fin de describir en lo posible la homogeneidad entre las amplitudes de la franja estudiadas. Se tomaron datos con una frecuencia de quince días completando seis muestreos en el periodo de estudio ( $n = 6$ ). El ancho, la profundidad, velocidad, el caudal y la cobertura de dosel se midieron siguiendo los procedimientos clásicos para ecosistemas loticos. Además, con el fin de calcular la productividad primaria y obtener los promedios diarios de oxígeno disuelto y temperatura en el agua se realizaron curvas diarias con un oxímetro marca YSI 550A y perfiles de iluminancia con un luxómetro digital DLM2. Los datos de oxígeno disuelto y temperatura en el agua se tomaron en la línea más profunda del tramo (thalweg), cada 15 minutos por 24 horas ( $n = 96$  datos por día) y para la iluminancia real en la línea media del cauce cada 15 minutos entre las 5:45am y 6:45pm ( $n = 54$  datos por día).

## 3.2 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PREDOMINANTE EN LAS AMPLITUDES DE LAS FRANJAS ESTUDIADAS

Se analizaron las principales fuentes de materia para los macroinvertebrados bentónicos en la corriente. Los recursos autóctonos representados por la productividad primaria ecosistémica y los recursos alóctonos determinados por la materia orgánica entrante al cauce producto de la vegetación ribereña de las orillas:

3.2.1 Producción Primaria Y Respiración Ecosistémica. Se calculó en seis oportunidades la producción primaria y la respiración de la comunidad ( $n = 6$ ), mediante el método de la curva diaria de oxígeno, basado en el cambio de la concentración de oxígeno disuelto en el agua durante un período de 24 horas<sup>33</sup>. Dos medidas son directamente apreciables por el cambio de gas; el cambio de oxígeno neto en el día (balance de fotosíntesis y respiración) y la respiración en la noche. Las medidas de respiración incluyen el metabolismo de heterótrofos y autótrofos (respiración de la comunidad). Como la respiración de la comunidad puede ser determinada solo en la oscuridad, el promedio de la tasa de respiración en la noche fue extrapolada a través de las horas del día para generar estimaciones de respiración diaria total ( $CR_{24}$ ). El metabolismo diario neto (NDM) se determinó por la diferencia entre producción primaria bruta (GPP) y la  $CR_{24}$ :

$$NDM = GPP - CR_{24}$$

La reaireación se calculó igualmente en seis oportunidades por medio de las características geomorfológicas de la corriente, utilizando la ecuación empírica de

---

<sup>33</sup>. ODUM H. Op. cit., p. 110.

Owens -Edwards – Wibbs sugerida para corrientes de agua con velocidad de 0,3 - 0,5m/s y profundidad de 0,25-0,5m:

$$K_{2,20^0} = \frac{5,33 \times U^{0,67}}{Z^{0,85}}$$

$K_{2(20^0C)}$  = Coeficiente de reaireación a 20°C, U = Velocidad (m/s) y Z = Profundidad (m). Luego se corrigió el coeficiente de reaireación a la temperatura promedio del agua de la siguiente manera:

$$K_{2(t^0C)} = K_{2(20^0C)} \times 1,024^{(t-20)}$$

$K_{2(t^0C)}$  = Coeficiente de re aireación a t°C

Los gramos de oxigeno fueron transformados a gramos de carbono multiplicándose por el coeficiente 0,286 y luego se transformaron a calorías mediante la relación 11,4cal/miligramo de carbono<sup>34</sup>.

3.2.2 Entrada De Materia Orgánica Alóctona. Para la entrada de materia orgánica alóctona lateral se utilizaron dos trampas rectangulares de 30cm de longitud y 1mm de ojo de malla elaboradas con tul y un soporte de madera. Para capturar la entrada de materia orgánica vertical se utilizaron dos trampas cónicas de 60cm de diámetro con aro de alambre sujetas por cuerda a los arboles (Figura 7), cada trampa se ubico aleatoriamente al margen izquierdo y derecho del cauce como muestra la Figura 8, siendo revisadas con una frecuencia de quince días, el contenido de materia orgánica expresado en peso seco libre de ceniza (PSLC) de las dos trampas fue promediado obteniendo un total de seis muestras<sup>35</sup> (n = 6).

Figura 7: Trampas horizontales y verticales para captura de la materia orgánica alóctona entrante al cauce.



Fuente: De Esta Investigación.

<sup>34</sup>. Platt T, e Irwin B. Caloric content of phytoplankton. En: Limnology and oceanography. 1973. 309p.

<sup>35</sup>. RODRIGUEZ, J., OSPINA, R. y GUTIERREZ, J. Entradas y transporte de materia orgánica en una quebrada tropical de montaña. Bogotá, Colombia. En: Caldasia. 2008. Vol. 30. No. 2: 425 p

Figura 8: Disposición de las trampas horizontales y verticales para captura de la materia orgánica alóctona entrante en las dos márgenes del cauce.



Fuente: De Esta Investigación

### 3.3 CARACTERIZACIÓN Y ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Se realizaron seis salidas de recolección de macroinvertebrados bentónicos con una frecuencia de quince días. Para su captura se utilizó una red de Surber modificada ( $0,09\text{m}^2$ ), se tomaron muestras compuestas con diez repeticiones hasta cubrir un metro cuadrado de lecho, abarcando la mayor heterogeneidad ambiental posible (bloques, guijarros, grava, acumulación de desechos orgánicos, paquetes de hojas y residuos leñosos). Los individuos se preservaron en alcohol al 70% y fueron trasladados al laboratorio de Entomología de la Universidad de Nariño para su posterior conteo y determinación a nivel de género (excepto Chironomidae y Oligochaeta) bajo un esteroscopio marca Nikon SMZ 645, con claves de Merritt y Cummins (1996)<sup>36</sup>, Posada y Roldan (2003)<sup>37</sup> y Fernández y Domínguez (2006)<sup>38</sup>. La representatividad del muestreo se evaluó mediante los estimadores no paramétricos de riqueza ACE, Chao 1, Jackknife de primer orden y Bootstrap.

3.3.1 Organización funcional. Para la asignación de grupos tróficos se utilizó el método descrito por Tomanova *et al* (2006)<sup>39</sup>. Se analizó los contenidos estomacales de diez individuos por género, los cuales fueron extraídos y homogeneizados. Las categorías alimenticias se establecieron a partir de su composición, la frecuencia y el área relativa que ocupaban en un portaobjetos se calcularon con la ayuda de una rejilla ocular ( $10\text{mm}^2$ ) y un microscopio con magnificación de 100x o 400x de acuerdo a la abundancia.

<sup>36</sup>. CUMMINS, K.; MERRITT, R.; ANDRADE, P. Op. Cit., p. 82-89

<sup>37</sup>. POSADA, Jose y ROLDÁN, Gabriel. clave ilustrada y diversidad de las larvas de trichoptera en el Noroccidente de Colombia. *En*: Cladasia. 2003. Vol 25 No 1: 169-192p.

<sup>38</sup>. FERNÁNDEZ, Hugo y DOMÍNGUEZ, Eduardo. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Primera edición. Instituto M. Lillo. Editorial universitaria de Tucumán.

### 3.4 COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA

Para determinar si existen diferencias en la estructura de la comunidad entre las amplitudes de la franja estudiadas se comparó la riqueza, densidad, distribución de las abundancias de los individuos y biomasa por taxa y gremios tróficos. Las seis salidas corresponden al número de muestra (n= 6). La biomasa fue estimada en el laboratorio midiendo el tamaño de los individuos usando relaciones de longitud – tamaño desarrolladas por Benke et al 1999<sup>39</sup>.

### 3.5 CLASIFICACIÓN DE LAS AMPLITUDES DE LA FRANJA EN SISTEMAS HETEROTRÓFICOS O AUTOTRÓFICOS

Se utilizó la proporción productividad primaria bruta/respiración ecosistémica (PPB/CR<sub>24</sub>) como descriptor de las características funcionales de la corriente, para evaluar si la amplitud de la vegetación presenta una influencia. Se calculó en seis oportunidades y expresa el balance de los procesos metabólicos en términos relativos, interpretándose como: si GPP excede a la CR<sub>24</sub> en un periodo de 24 horas hay una adición de energía al sistema, el NDM es un numero positivo y la tasa GPP/CR<sub>24</sub> es >1. Si hay una pérdida de energía del sistema, el NDM es un numero negativo y la tasa GPP/CR<sub>24</sub> <1. Este índice puede ser sustituido por los grupos tróficos de los macroinvertebrados bentónicos de la siguiente manera: biomasa o abundancia de los grupos tróficos Raspadores/ trituradores + total colectores. El nivel crítico para condiciones autotróficas es mayor a 0,75<sup>40</sup>.

### 3.6 ANÁLISIS ESTADÍSTICO

La prueba de Kruskal – Wallis (K – W) se utilizó con el objetivo de comprobar si existen diferencias significativas entre los promedios de las características ambientales, la entrada de materia orgánica alóctona, la densidad y biomasa total de los macroinvertebrados bentónicos comparando las variables entre las amplitudes de la franja en estudio, con un nivel de significancia del 95%. El análisis se complementó con una comparación posterior por pares de Mann-Whitney para precisar entre que amplitudes existían las diferencias.

La prueba de Kolmogorov – Smirnov (K – S) fue utilizada para determinar diferencias en la distribución diaria de la concentración de oxígeno disuelto, temperatura, iluminancia y distribución de las abundancias de la comunidad entre las amplitudes con un 95% de confianza.

El análisis de componentes principales se realizó con el fin de clasificar los taxa de macroinvertebrados en grupos tróficos, obteniendo una representación grafica de

<sup>39</sup>TOMANOVA, S., GOITIA, E. y HELESIC, J. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. . En: Hidrobiologia. 2006. Vol. 556: 251-264 p.

<sup>40</sup>BENKE, A., HURYN, A., SMOCK, L. y WALLACE. J. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. En: J.N. Am Benthol soc. 1999. Vol. 18, No 3: 308-343 p.

la relación entre los taxa y el tipo de alimento consumido, complementándose con un análisis de conglomerados que permitió la agrupación de los taxa de acuerdo a la similitud en sus hábitos alimenticios.

El método de escalamiento multidimensional no métrico (NMDS), se utilizó para comparar la estructura de la comunidad. Este análisis resume en dos o tres dimensiones la configuración espacial de las entidades comparadas (en este caso las diferentes amplitudes) en un espacio multidimensional basado en el orden de cercanía entre las entidades por lo cual se calcula el índice de similitud de Jaccard. El resultado es una gráfica donde se observa si se forman o no agrupaciones entre las amplitudes. El análisis de similitud (ANOSIM) complementa la información obtenida a partir de la representación grafica del NMDS aportando un valor de prueba estadístico (R) que define si las posibles diferencias entre las amplitudes son significativas. El análisis y tratamiento de los datos se realizó mediante el programa PAST versión 2.01.

## 4. RESULTADOS

Las características ambientales de los tramos definidos en este estudio, presentaron homogeneidad en los promedios de ancho mojado, profundidad y caudal en las amplitudes de la franja estudiadas. Sin embargo, se encontraron diferencias en algunas características relacionadas con la amplitud de la vegetación, que se deben tener en cuenta para el desarrollo de los objetivos propuestos. La prueba de kruskal – Wallis encontró diferencias significativas en la velocidad entre la amplitud de la franja angosta y las demás amplitudes ( $H_c=6,33$ ,  $p=0,04$ ), en la cobertura de dosel ( $H_c=23,3$ ,  $p=8,3E^{-6}$ ) y la iluminancia real ( $H_c=9,5$ ,  $p=0,008$ ) entre las diferentes amplitudes de la franja, y la temperatura ( $H_c=8,6$ ,  $p=0,01$ ) en la amplitud de bosque ribereño con respecto a la amplitud de la franja angosta y media.

Como se indica en la tabla 1, la cobertura de dosel en la franja angosta es menor, presenta una mayor velocidad del agua e iluminancia que la diferencia del bosque ribereño y la franja media, en las cuales las características son semejantes excepto por la temperatura y la cobertura de dosel. El bosque ribereño se diferencia de las otras amplitudes, debido a que la temperatura del agua es más fría y la cobertura de dosel es mayor. En la franja angosta la temperatura aumenta y se mantiene con la misma magnitud en la franja media.

Tabla 1: Promedios y límites de confianza de las características ambientales en las diferentes amplitudes de franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.

Características	Bosque Ribereño	Franja media	Franja angosta
Ancho de la quebrada (m)	4,76±0,46	4,27±0,4	4,09±0,32
Profundidad (m)	0,125±0,02	0,151±0,01	0,153±0,02
Velocidad (m/s)	0,344±0,07	0,303±0,03	0,385±0,05
Caudal (m <sup>3</sup> /s)	0,22±0,08	0,21±0,05	0,26±0,08
Cobertura de dosel (%)	94,1±2,4	67,4±15,3	3,7±2
Iluminancia (Lux)	2255±890	2292±1216	32075±7002
Temperatura (°C)	9,37±0,013	10,1±0,26	10,24±0,17
Oxígeno disuelto (%)	74,8±0,11	77,2±0,29	75,5±0,26

Fuente: De Esta Investigación.

La amplitud de la franja también ejerció un notable efecto en la distribución diaria de la temperatura, iluminancia y la concentración de oxígeno disuelto en el agua. En la tabla 2 se muestran los p valores de la prueba de Kolmogorov – Smirnov que encontró diferencias significativas en la distribución de estas características entre

las tres amplitudes, excepto en la iluminancia de la amplitud de franja con bosque ribereño y franja media donde es similar.

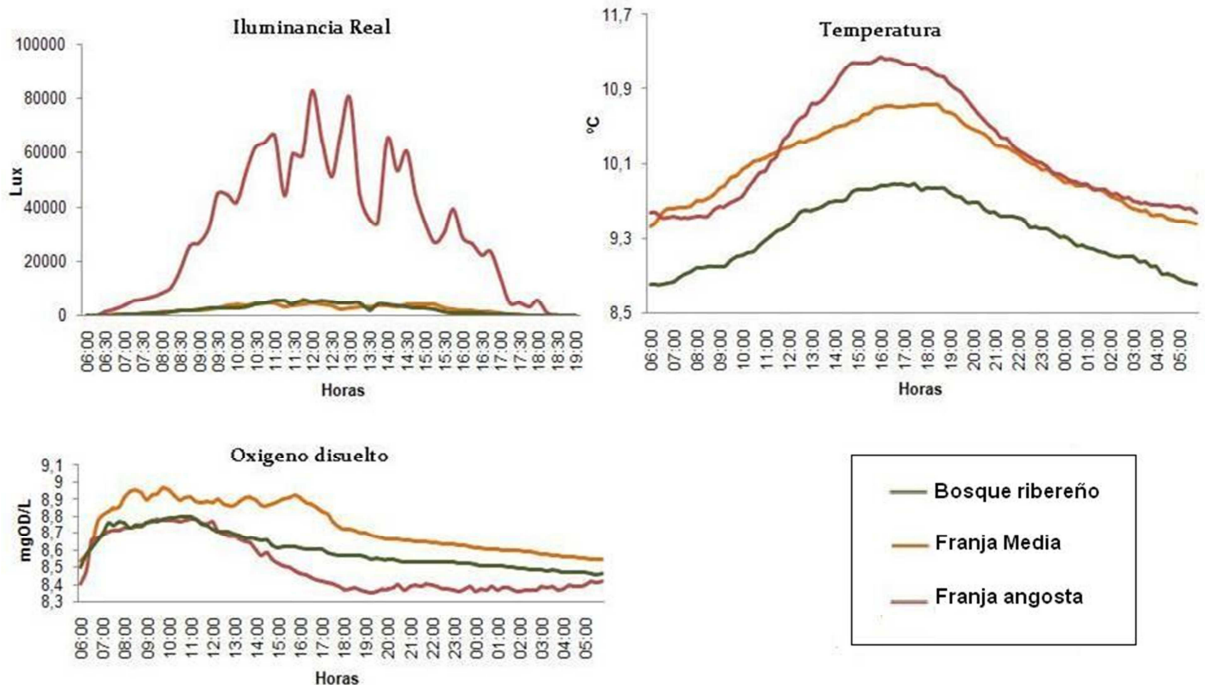
Tabla 2: Valores p de las comparaciones pareadas con la prueba de Kolmogorov – Smirnov para la distribución diaria de la iluminancia, temperatura y oxígeno disuelto entre las diferentes amplitudes ( $p < 0,05$  presentan diferencias significativas).

Comparación	Iluminancia	Temperatura	Oxígeno
Bosque ribereño y franja angosta	$1,3921E^{-13}$	$1,0488E^{-15}$	$1,1863E^{-14}$
Bosque ribereño y franja media	0,27219	$2,3438E^{-17}$	$1,0111E^{-08}$
Franja angosta y franja media	$1,1005E^{-15}$	0,00041097	$1,6686E^{-18}$

Fuente: De Esta Investigación.

En la figura 9, se observa que las diferencias se deben a que en la franja angosta se registran temperaturas e iluminancia mas altas al medio día, además el oxígeno disuelto junto con la temperatura disminuyen fuertemente en la noche. En contraste, en el bosque ribereño y la franja media la concentración de oxígeno disuelto y la temperatura desciende de una manera más uniforme en la noche y la cantidad de iluminancia en las horas del día se distribuye de manera similar.

Figura 9: Distribución diaria de los promedios de iluminancia real, temperatura y oxígeno disuelto en la diferentes amplitudes de franja vegetal.



Fuente: De Esta Investigación.

#### 4.1 DETERMINACIÓN DE LA MATERIA ORGÁNICA PREDOMINANTE EN LA CORRIENTE E INFLUENCIA DE LA AMPLITUD DE LA FRANJA VEGETAL

Los resultados indican que la producción autóctona, representada por la producción primaria ecosistémica en la corriente es limitada, el valor más alto se obtuvo en la franja con bosque ribereño y a pesar de presentarse una mayor iluminancia en la franja angosta, la producción sigue siendo baja. Según la prueba de Kruskal – Wallis no hay diferencias significativas en los componentes de la productividad primaria ecosistémica: en la respiración ( $H_c=5,04$ ,  $p=0,08$ ), producción primaria bruta ( $H_c=4,88$ ,  $p=0,08$ ) y el metabolismo neto diario ( $H_c=4,5$ ,  $p=0,1$ ) entre las amplitudes de franja estudiadas.

Aunque las unidades de medida de la producción de materia autóctona y la entrada de materia alóctona no permiten una comparación estadística, se puede observar en la tabla 3 que una gran cantidad de materia orgánica alóctona en términos de biomasa entra diariamente al cauce. Si bien en la franja angosta la entrada es menor, los gramos de materia orgánica alóctona aportarían más calorías que las que se producen dentro de la corriente, dominando el aporte de materia en las diferentes amplitudes de la franja estudiadas.

Tabla 3: Promedios y límites de confianza de la producción de materia autóctona y entrada de materia alóctona en las diferentes amplitudes de franja vegetal de la Quebrada las Tiendas. (grPSLC = gramos de peso seco libre de cenizas)

Producción de materia autóctona	Energía (cal/m <sup>2</sup> /día)		
	Bosque Ribereño	Franja media	Franja angosta
Respiración	0,0126±0,002	0,0160±0,009	0,0029±0,002
Producción primaria bruta	0,0163±0,001	0,0177±0,001	0,0049±0,002
Metabolismo neto diario	0,0037±0,002	0,0017±0,001	0,0020±0,001

Entrada de materia alóctona	Biomasa entrante (grPSLC/m <sup>2</sup> /día)		
	Bosque Ribereño	Franja media	Franja angosta
Vertical	1,469±0,525	1,538±0,418	0,567±0,212
Lateral	1,227±0,525	1,116±0,41	0,362±0,281

Fuente: De Esta Investigación.

La entrada de materia orgánica alóctona es afectada por la amplitud de la franja de vegetación, la prueba de Kruskal – Wallis encontró diferencias significativas en los promedios de entrada de materia orgánica vertical ( $H_c=12,39$ ,  $p=0,002$ ) y horizontal ( $H_c=7$ ,  $p=0,003$ ) entre las amplitudes de franja estudiadas. La prueba pareada de Mann – Withney determinó que las diferencias se debían a que en la amplitud de franja angosta tanto la entrada de materia orgánica vertical como horizontal disminuye a menos de la mitad en comparación con las demás amplitudes, la franja media y el bosque ribereño no presentan diferencias significativas entre sí (Tabla 4).



Tabla 4: Valores p de las comparaciones pareadas de la entrada de materia orgánica alóctona entre las diferentes amplitudes de franja utilizando la prueba de Mann – Withney ( $p < 0,05$  presentan diferencias significativas).

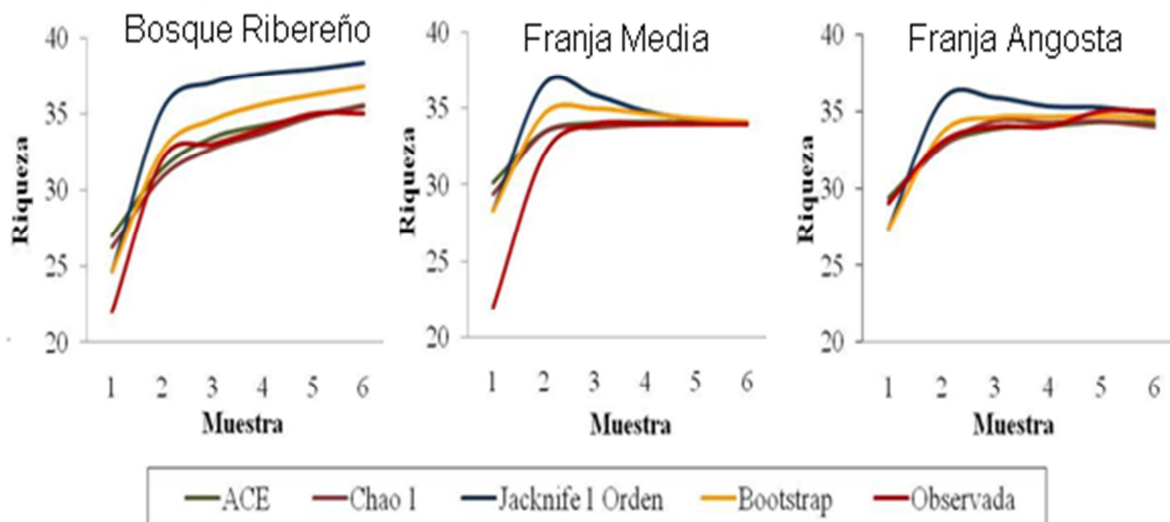
	Entrada vertical	Entrada horizontal
Bosque ribereño y franja angosta	0,003	0,02
Bosque ribereño y franja media	0,7	0,06
Franja angosta y franja media	0,009	0,002

Fuente: De Esta Investigación

#### 4.2 CARACTERIZACIÓN Y ORGANIZACIÓN FUNCIONAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS

Se recolectaron un total de 7919 individuos, en promedio 264 individuos/m<sup>2</sup>, con una biomasa total de 222,5 gramos en promedio 74,1 gramos/m<sup>2</sup> por amplitud de la franja. Se logró identificar 33 taxa distribuidos en 8 órdenes, 20 familias y 27 géneros (Anexo A). El muestreo de géneros fue representativo, en la figura 10 se observa que la riqueza total reportada concuerda con la riqueza esperada por la mayoría de estimadores no paramétricos. El estimador Jackknife de primer orden indicó que en la amplitud de franja con bosque ribereño se esperaba una mayor variedad de géneros, aunque la riqueza observada sobrepasó el 92% del valor estimado.

Figura 10. Riqueza de géneros observada y estimada en las diferentes amplitudes de franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.



Fuente: De Esta Investigación.

Las familias Chironomidae y Simuliidae (*Simulium* sp) fueron los taxa más abundantes en las amplitudes de franja estudiadas, en general fueron el 28,6% y el 25,6% del total de ejemplares recolectados respectivamente. Ptilodactylidae (*Anchyarsus* sp), Hidropsychidae (*Smicridea* sp) e Hidrobiosidae (*Atopsyche* sp)

fueron los taxa con mayor biomasa siendo el 40,6%, 18,2% y 15,4% del total en la comunidad.

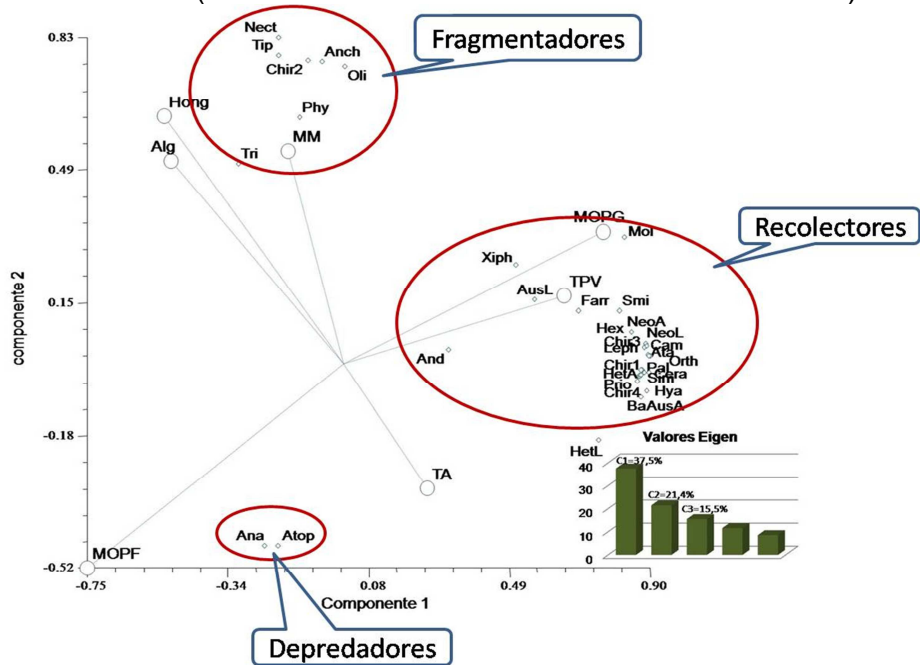
Debido a que existe poca información acerca de los grupos tróficos de los macroinvertebrados tropicales y las diferencias de sus hábitos alimenticios en comparación con los organismos de la zona templada, primero se realizó la clasificación trófica "a posteriori" mediante el análisis de contenidos estomacales de 31 taxa de los 33 reportados (los ejemplares de los géneros *Dugesia sp* y *Atriplectides sp* no presentaron contenido en su tracto intestinal). Una vez obtenido la clasificación trófica de cada taxa se estableció su agrupación y se realizó la comparación de la estructura de la comunidad en las diferentes amplitudes de la franja vegetal.

4.2.1. Clasificación de los grupos tróficos. La observación de los contenidos estomacales permitió la identificación de seis categorías alimenticias: materia orgánica particulada gruesa (MOPG), materia orgánica particulada fina (MOPF), tejidos vegetales (TV), tejidos animales (TA), algas (ALG) y hongos (HONG), también se identificó una cantidad de materia mineral (MM), que si bien no tiene importancia nutritiva puede favorecer los procesos digestivos. Con los porcentajes de cada categoría alimenticia por taxa (Anexo B) se realizó un análisis de componentes principales donde se observan tres grupos tróficos principales. En la figura 11 el componente 1 está determinado en mayor grado por la proporción de MOPG y MOPF, mientras que los TA y la MOPG definen el componente 2. La MOPG estableció un grupo de fragmentadores en la parte positiva del componente 2, los taxa depredadores se ubican en la parte negativa de los ejes con el TA y un gran grupo conformado por los demás taxa.

Con el fin de tener una definición más detallada de la agrupación de los taxa se realizó un análisis de conglomerados, en la figura 12 se observan seis grupos tróficos de los tres principales:

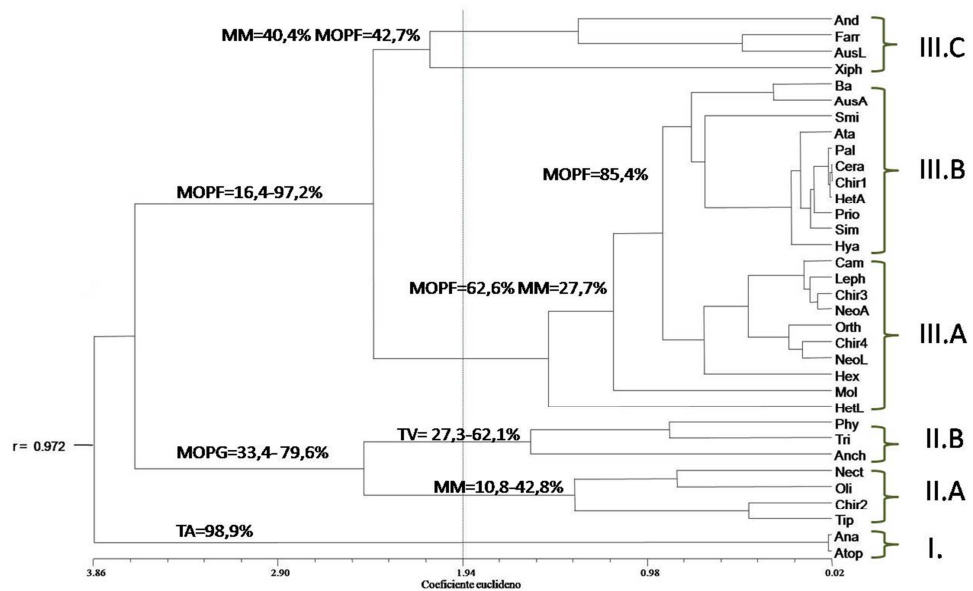
*Anacroneuria sp* y *Atopsyche sp* fueron agrupados como depredadores, debido a que el 98,9% de su contenido estomacal fueron tejidos animales de familias como Quironomidae, Simuliidae y Baetidae. El grupo II fue denominado como fragmentadores por tener gran cantidad de materia orgánica particulada gruesa (58,4%), el cual a su vez se dividió en dos subgrupos: en el subgrupo A los macroinvertebrados presentaron un mayor contenido de material mineral (24,7%) y el subgrupo B, fue determinado por la mayor afinidad al tejido vegetal (36,9%). El grupo III compuesto por los macroinvertebrados que recolectan materia orgánica particulada fina (61%), fue dividido en tres subgrupos, el primero (A) presenta un 66,2% de MOPF y MM 29,2%, el segundo (B), agrupa los taxa con mayor afinidad a la MOPF 85%, el tercer subgrupo (C) se caracterizó por la mayor cantidad de MM 54% y poca MOPF 16,4%. La asignación de los taxa a los grupos tróficos se presenta en el anexo C.

Figura 11: Análisis de componentes principales y valores Eigen relacionando las categorías alimenticias y los taxa de macroinvertebrados bentónicos de la quebrada las Tiendas (Para ver abreviaturas de los Taxa ver anexo B).



Fuente: De Esta Investigación.

Figura 12. Análisis de conglomerados agrupando los taxa de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada las Tiendas de acuerdo con la similitud en sus hábitos alimenticios. (Para ver abreviaturas de los Taxa ver el anexo B)



Fuente: De Esta Investigación.

#### 4.3 COMPARACIÓN DE LA ESTRUCTURA DE LA COMUNIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS EN LAS AMPLITUDES DE FRANJA ESTUDIADAS

Mediante las comparaciones realizadas, se encontraron diferencias en la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados bentónicos. A continuación se presentan los resultados describiendo las variaciones en los atributos comunitarios entre las amplitudes de franja estudiadas.

4.3.1 Riqueza y composición. La amplitud de franja no parece afectar la riqueza de géneros en la comunidad registrándose un total de 32 taxa por amplitud, excepto en la amplitud de franja con bosque ribereño donde se obtuvieron 31 taxa. La afinidad filogenética entre los géneros y sus diferencias en la abundancia no permite una comparación estadística de la riqueza, por lo tanto en la tabla 5 se indica la riqueza observada y acumulada en cada amplitud de la franja de vegetación ribereña. No obstante, la composición taxonómica sí varió entre las amplitudes: en la franja angosta no se encontraron representantes del género *Phylloicus sp* y solo se recolectó un individuo del género *Neotriplectides sp* en la última salida del muestreo. En la franja con bosque ribereño no se registraron individuos de *Xiphocentron sp*, solo se obtuvieron representantes de este género en la amplitud de franja angosta y media.

Tabla 5: Riqueza acumulada de los géneros observados en las diferentes amplitudes de franja de la vegetación ribereña en la Quebrada las Tiendas.

Muestreo	Bosque ribereño	Franja Media	Franja Angosta
1	23	23	27
2	30	30	33
3	31	22	23
4	30	23	29
5	30	27	25
6	31	23	25
Riqueza acumulada	31	32	32

Fuente: De Esta Investigación.

4.3.2 Densidad y abundancia relativa. La densidad de macroinvertebrados en la corriente no se vio afectada por la amplitud de la franja vegetal, como se observa en la tabla 6 se obtuvieron valores semejantes. Según la prueba de Kruskal – Wallis no existen diferencias significativas en el promedio de individuos por metro cuadrado entre las diferentes amplitudes de la franja de vegetación ribereña ( $H_c=0,71$ ,  $p=0,7$ ).

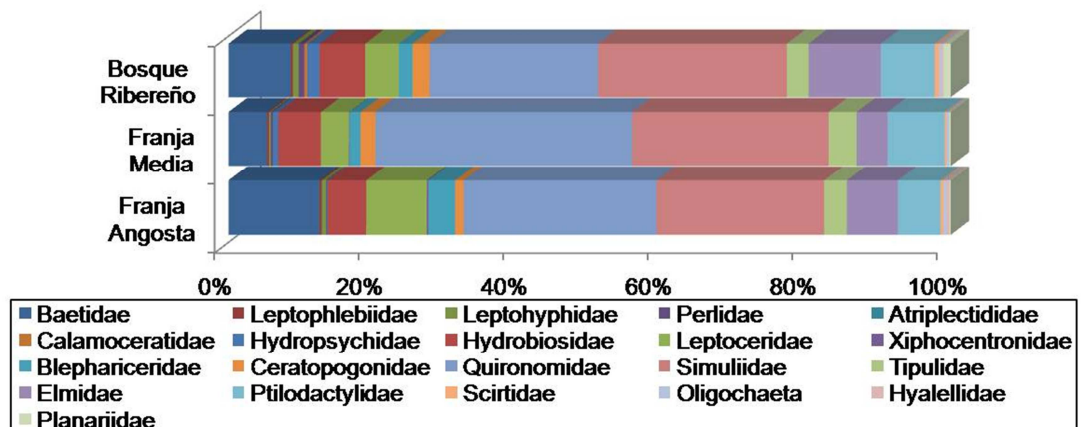
Tabla 6: Densidad (número de individuos/m<sup>2</sup>) por muestreo, promedio y límites de confianza en las diferentes amplitudes de franja en la Quebrada las Tiendas.

Muestreo	Bosque ribereño	Franja Media	Franja Angosta
1	707	873	801
2	760	1050	795
3	343	262	163
4	239	194	287
5	309	238	257
6	310	142	189
Total	2668	2759	2492
Promedio número ind/m <sup>2</sup>	445±187	460±325	415±247

Fuente: De Esta Investigación.

En la figura 13 se observa que en la amplitud de franja angosta los géneros *Andesiops sp* y *Baetodes sp* pertenecientes a la familia Baetidae aumentaron su abundancia mientras que Perlidae (*Anacroneuria sp*), Ptilodactylidae (*Anchytarsus sp*), Leptoceridae (*Triplectides sp*) y Tipuliadae (*Tipula sp*) disminuyeron en comparación a las amplitudes de franja media y con bosque ribereño. La abundancia relativa de las familias cambia desde el tercer nivel de importancia entre las diferentes amplitudes: Elmidae fue el tercer taxa más abundante en la amplitud de franja con bosque ribereño, Baetidae en la amplitud de franja angosta y Ptilodactylidae (*Anchytarsus sp*) en la amplitud de franja media.

Figura 13: Abundancia relativa de las familias de macroinvertebrados bentónicos en las amplitudes de franja estudiadas.

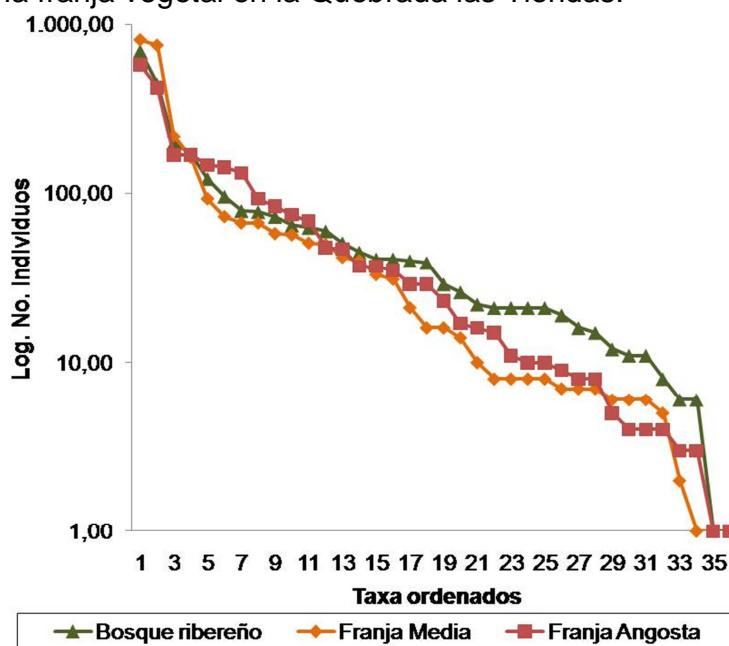


Fuente: De Esta Investigación.

La amplitud de la franja de vegetación ribereña no generó variaciones en la distribución de las abundancias de la comunidad, la prueba de Kolmogorov – Smirnov no detectó diferencias significativas entre la amplitud con bosque ribereño y la franja angosta ( $D=0,22$ ,  $p=0,29$ ), entre la franja angosta y franja media

( $D=0,19$ ,  $p=0,055$ ) y entre la franja media y bosque ribereño ( $D=0,3$ ,  $p=0,1$ ). Como se observa en la figura 14, la proporción de géneros abundantes, raros y con abundancias medias es semejante en las amplitudes.

Figura 14: Distribución de las abundancias de los géneros en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.



Fuente: De Esta Investigación.

4.3.3. Biomasa. De acuerdo con la prueba de Kruskal – Wallis, la amplitud de franja no afecta la biomasa total debido a que no se encontraron diferencias significativas en su promedio entre las diferentes amplitudes de franja ( $H_c=1,08$ ,  $p=0,58$ ), en la tabla 7 se indica la biomasa de los macroinvertebrados por muestreo en cada amplitud de franja.

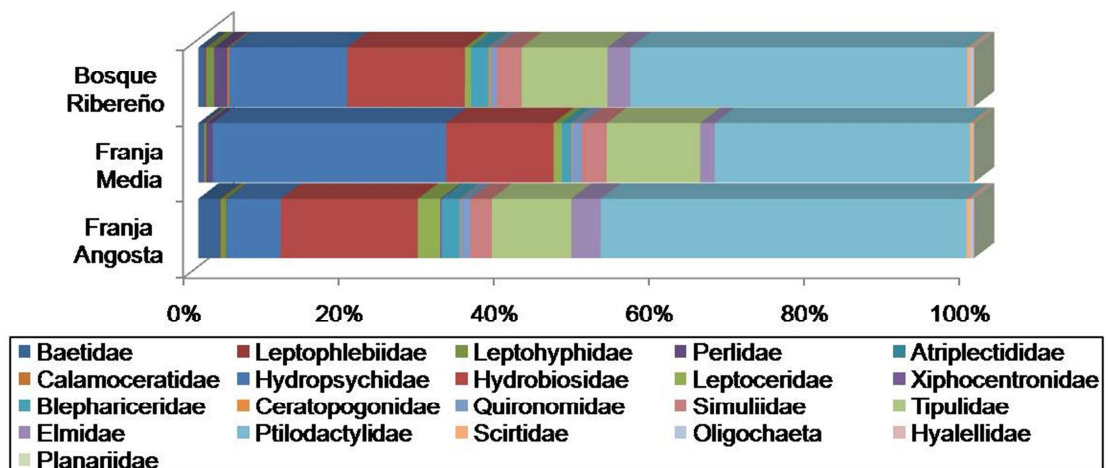
Tabla 7: Biomasa ( $\text{gramo}/\text{m}^2$ ) por muestreo, promedio y límites de confianza en las diferentes amplitudes de franja en la Quebrada las Tiendas.

Muestreo	Bosque ribereño	Franja Media	Franja Angosta
1	8,84	7,20	5,45
2	7,034	17,33	11,74
3	21,69	8,63	15,19
4	18,94	8,97	7,95
5	6,49	24,99	7,53
6	18,74	12,97	12,69
Total $\text{g}/\text{m}^2$	81,73	80,11	60,56
Promedio $\text{g}/\text{m}^2$	$13,62 \pm 5,67$	$13,35 \pm 5,59$	$10,09 \pm 3,04$

Fuente: De Esta Investigación

En la figura 15 se observa que en la franja angosta la biomasa de los géneros *Andesiops sp* y *Baetodes sp* (Baetidae), Ptilodactylidae (*Anchytarsus sp*) e Hydrobiosidae (*Atopsyche sp*) aumenta mientras que Perlidae (*Anacronueria sp*), Tipulidae (*Tipula sp*), Leptoceridae (*Triplectides sp*) e Hydropsychidae (*Smicridea sp*) disminuye en comparación con las otras franjas.

Figura 15: Biomasa proporcional de las familias de macroinvertebrados bentónicos en los tramos de estudio.



Fuente: De Esta Investigación.

La figura 16 es el resultado de la comparación de la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos mediante el análisis NMDS empleando el índice de Jaccard para el cálculo de la similitud entre las amplitudes de la franja vegetal, cada punto en la grafica representa un muestreo de macroinvertebrados por amplitud de la franja. Se observa que los puntos pertenecientes a la franja con bosque ribereño y la franja media son muy cercanos solapándose en la figura, mientras que los puntos de la franja angosta claramente se separan.

El análisis de similitud (ANOSIM) confirmó las agrupaciones realizadas por el NMDS, indicando que existen diferencias significativas en la composición de la comunidad entre las diferentes amplitudes de la franja ( $R=0,1518$ ,  $p=0,0069$ ). Las comparaciones pareadas que se muestran en la tabla 9 indican que la franja angosta se diferencia de las demás amplitudes, sin embargo, no se obtuvieron diferencias entre la amplitud con bosque ribereño y la franja media.





Tabla 8: Número de taxa por grupo trófico en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.

Grupo trófico	Bosque Ribereño	Franja Media	Franja Angosta
Depredadores	3	3	3
Fragmentadores A	4	4	4
Fragmentadores B	3	3	2
Recolectores A	10	10	10
Recolectores B	11	11	11
Recolectores C	3	4	4

Fuente: De Esta Investigación.

4.4.2. Densidad y abundancia relativa. En la tabla 9 se observa el número total y promedio de individuos por grupo trófico en las diferentes amplitudes de la franja. La prueba de Kruskal – Wallis no encontró diferencias significativas en los promedios del total de individuos depredadores ( $H_c=2,01$ ,  $p=0,36$ ), fragmentadores afines al material mineral ( $H_c=3,1$ ,  $p=0,21$ ), fragmentadores afines al tejido vegetal ( $H_c=4,75$ ,  $p=0,09$ ), recolectores afines a la materia orgánica particulada fina y material mineral ( $H_c=0,45$ ,  $p=0,79$ ), recolectores afines a la materia orgánica particulada fina ( $H_c=0,46$ ,  $p=0,79$ ), recolectores de material mineral ( $H_c=3,88$ ,  $p=0,14$ ) entre las diferentes amplitudes de la franja.

Tabla 9: Densidad total (Número de individuos/m<sup>2</sup>), promedio y límites de confianza de los grupos tróficos en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.

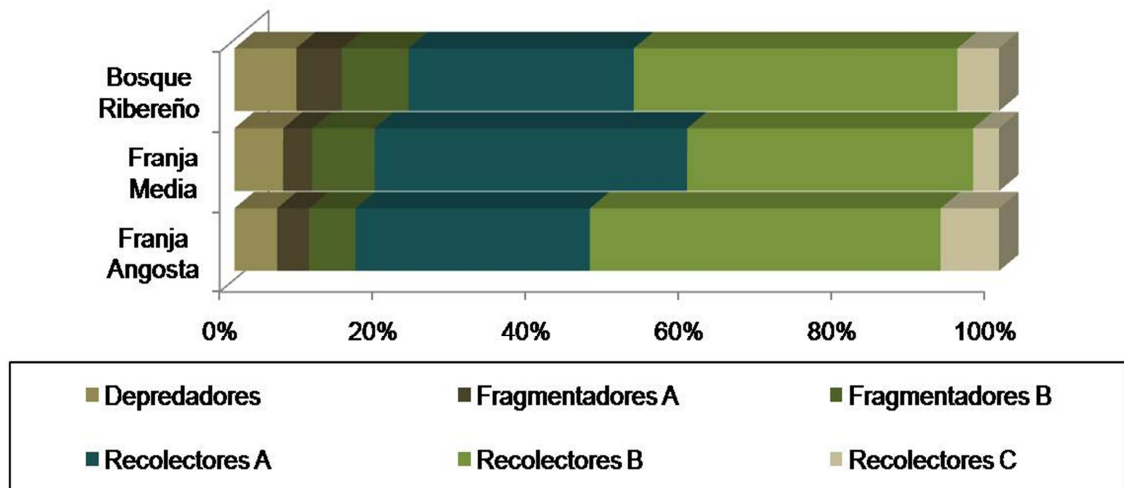
Numero de individuos		Bosque Ribereño	Franja Media	Franja Angosta
Depredadores	Total	216	176	139
	Promedio	36±9	29±16	23±14
Fragmentadores A	Total	159	105	104
	Promedio	27±10	18±7	17±12
Fragmentadores B	Total	232	225	151
	Promedio	39±8	38±10	25±9
Recolectores A	Total	787	1128	764
	Promedio	131±49	188±161	127±85
Recolectores B	Total	1129	1032	1143
	Promedio	188±137	172±136	191±126
Recolectores C	Total	145	93	190
	Promedio	24±13	16±17	32±26

Fuente: De Esta Investigación.

Los recolectores fueron el grupo dominante en la corriente siendo el 81% del total de organismos recolectados en las diferentes amplitudes de la franja. En la figura 17 se observa que en la amplitud de franja angosta el grupo de fragmentadores (B) y depredadores disminuyen su abundancia, mientras que los recolectores

afines al material mineral (C) aumentan. En la amplitud de la franja con bosque ribereño los depredadores y fragmentadores (A y B) exhiben la mayor abundancia a diferencia de la amplitud media donde los recolectores (A y B) dominan.

Figura 17: Abundancia relativa de los grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.



Fuente: De Esta Investigación.

4.4.3. Biomasa. En la tabla 10 se presenta la biomasa de los grupos tróficos en las diferentes amplitudes de la franja. La prueba de kruskal – Wallis no encontró diferencias significativas en los promedios de biomasa de depredadores ( $H_c=4,43$ ,  $p=0,1$ ), fragmentadores afines a la materia orgánica particulada gruesa y material mineral ( $H_c=0,78$   $p=0,67$ ), fragmentadores afines al tejido vegetal ( $H_c=5,24$ ,  $p=0,07$ ), recolectores afines a la materia orgánica particulada fina y material mineral ( $H_c=2,32$ ,  $p=0,31$ ) y recolectores afines a la materia orgánica particulada fina ( $H_c=4,64$ ,  $p=0,09$ ) entre las diferentes amplitudes de la franja. La biomasa de los recolectores afines al material mineral si presento diferencias significativas entre las amplitudes estudiadas ( $H_c=9,73$ ,  $p=0,007$ ), la prueba pareada de Mann – Whitney indica que la biomasa de los recolectores (C) es mayor en la amplitud de franja media que en la amplitud con bosque ribereño ( $p=0,02$ ) y franja angosta ( $p=0,024$ ).

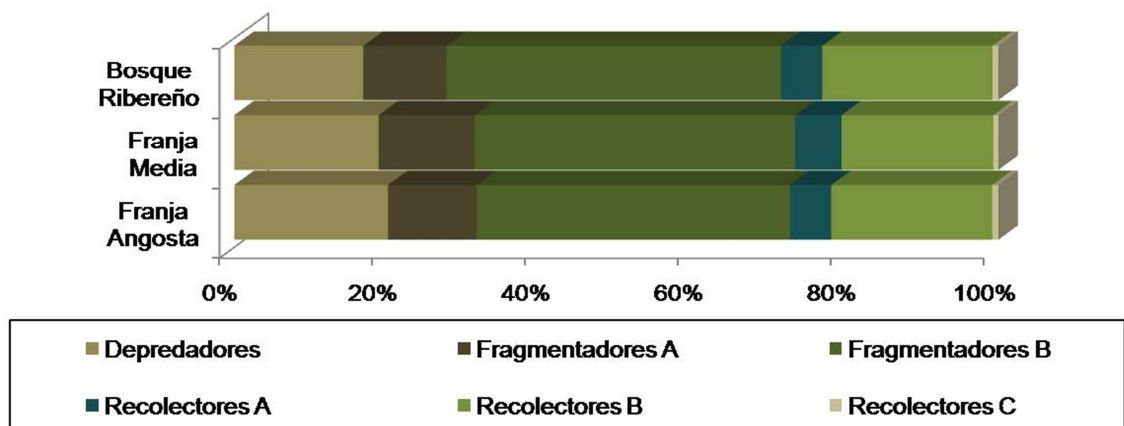
Tabla 10: Biomasa (miligramos/m<sup>2</sup>) total, promedio y limites de confianza de los grupos tróficos en la diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas.

Numero de individuos		Bosque Ribereño	Franja Media	Franja Angosta
Depredadores	Total	13806,5	11774,7	5447,01
	Promedio	2301,09±969,8	1962,44±1069,1	907,836±391,2
Fragmentadores A	Total	8903,94	9225,13	11742,5
	Promedio	1483,99±1332,5	1537,52±946,6	1957,09±1023,4
Fragmentadores B	Total	35754,4	26405,5	15192,5
	Promedio	5959,06±3261,1	4400,92±2145,9	2532,09±4577,2
Recolectores A	Total	4433,48	3318,84	7949,17
	Promedio	738,913±253,6	553,139±277,0	1324,86±708,9
Recolectores B	Total	18212,7	28797,7	7459,1
	Promedio	3035,46±1319,5	4799,62±4042,4	1243,18±1280,7
Recolectores C	Total	617,588	583,717	12699,7
	Promedio	102,931±34,2	97,2861±94,2	2116,62±2460,9

Fuente: De Esta Investigación.

Los fragmentadores fueron el grupo que mayor biomasa presenta en la comunidad siendo el 53,9% del total. En la figura 18 se observa que la biomasa de los depredadores y fragmentadores afines a la materia orgánica particulada gruesa aumenta en la franja angosta, así mismo los individuos recolectores de material mineral, mientras que la biomasa de los fragmentadores afines al tejido vegetal disminuye. En la franja angosta la biomasa de los recolectores de materia orgánica fina aumenta diferenciándose de las demás amplitudes como se mencionó anteriormente.

Figura 18: Biomasa de los grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos en las diferentes amplitudes de la franja vegetal en la Quebrada las Tiendas



Fuente: De Esta Investigación.

#### 4.5. INFLUENCIA DE LA AMPLITUD DE LA FRANJA VEGETAL EN LAS CARACTERÍSTICAS FUNCIONALES DE LA CORRIENTE

La proporción productividad primaria bruta vs respiración de la comunidad (P/R) indica que en las diferentes amplitudes de la corriente se consume menos materia orgánica de lo que se produce, definiendo sistemas de tipo autótrofo. Sin embargo la amplitud de la franja parece influenciar las características funcionales de la corriente, principalmente en la amplitud de la franja angosta. La prueba de Kruskal – Wallis encontró diferencias significativas en el promedio de la tasa P/R entre las amplitudes de la franja ( $H_c=6,64$ ,  $p=0,03$ ). La prueba pareada de Mann – Withney determinó que las diferencias se encuentran entre la franja angosta y bosque ribereño ( $p=0,03$ ), y en la franja angosta y franja media ( $p=0,03$ ). Como se observa en la tabla 11 en la amplitud de la franja angosta la tasa P/R es alta, mientras que en la amplitud con bosque ribereño y franja media la tasa es cercana a 1 y en algunos días es menor marcando una tendencia a la heterotrofia.

Tabla 11: Tasa P/R diaria en las amplitudes de la franja estudiadas. P/R >1 autótrófica, P/R<1 = Heterotrofia.

Tasa P/R diaria	Bosque Ribereño	Franja Media	Franja Angosta
1	1,55	0,86	2,68
2	1,05	1,10	1,1
3	0,99	1,78	2
4	1,20	1,28	1,96
5	0,69	1,04	2,29
6	0,76	0,96	1,2
Promedio	1,04±0,26	1,17±0,27	1,87±0,5

Fuente: De Esta Investigación.

Aunque no se encontraron taxa de tipo raspador, el sustituto de la tasa P/R utilizando la abundancia de organismos fragmentadores y recolectores, nos indica que en la corriente la característica funcional del aprovechamiento de la materia es de tipo heterotrófico en las amplitudes de la franja estudiadas. Todos los grupos tróficos determinados en este trabajo utilizan la materia orgánica autóctona en su alimentación, dependiendo de la entrada de este recurso a la corriente. Por lo tanto, así la amplitud de la franja angosta presente una tasa P/R alta indicando procesos autótróficos, la comunidad de los macroinvertebrados no lo reflejan.

## 5. DISCUSIÓN

Teniendo en cuenta que no se observaron fuentes residuales ni producción agrícola evidente cercana al área de estudio, los resultados sugieren que la amplitud de la vegetación ribereña puede afectar las características ambientales, la entrada de materia orgánica alóctona y la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. De la misma manera la discusión está dirigida a demostrar los cambios generados por la franja angosta considerada vulnerable a los efectos de la deforestación debido a la reducción de la cobertura vegetal, comparada con tramos que exhiben mayor vegetación ribereña arbórea y arbustiva en la franja media y bosque ribereño.

Aunque las características ambientales no fueron contempladas en los objetivos propuestos en este trabajo, es importante tener en cuenta que la disminución en la amplitud de la vegetación ribereña influye en algunas variables que hacen que la franja angosta se diferencie claramente de la franja media y el bosque ribereño. Algunos trabajos demuestran que en corrientes con baja cobertura vegetal, la erosión de las orillas produce altas tasas de sedimentación lo que reduce la rugosidad del lecho y por ende la resistencia, explicando el aumento de la velocidad del agua en la franja angosta<sup>41</sup>. De la misma manera, la disminución en la amplitud de la franja generó una menor cobertura de dosel, lo que permite la entrada directa de radiación solar aumentando la iluminancia y la temperatura en la misma franja. Este incremento influyó en la distribución del oxígeno disuelto y la temperatura del agua, proporcionando un amplio rango de variación en la franja angosta dentro de un ciclo diario. En las amplitudes de franja media y bosque ribereño las características ambientales se presentan de forma diferente debido a que son reguladas por la sombra que genera el dosel, obteniéndose promedios y distribuciones diarias semejantes. Esta función atribuida a la presencia de la vegetación ribereña arbórea y arbustiva proporciona una mayor estabilidad ambiental en la corriente<sup>42,43</sup>.

La alteración del ambiente tiene una fuerte influencia en la estructura de las comunidades acuáticas, generalmente gradientes asociados al tamaño de la corriente, pendiente del canal y la temperatura en el agua son los principales determinantes de la estructura en las comunidades bióticas<sup>44</sup>. Se conoce que la variación a largo plazo de las características ambientales estudiadas puede tener

---

<sup>41</sup>. IWATA T, NAKANO S, INOUE M. Impacts of past riparian deforestation on stream communities in a tropical rain forest in Borneo. En: *Ecological Applications*. 2003. Vol 13: p468.

<sup>42</sup>. GREGORY, S.; SWANSON, F.; MCKEE, W.; CUMMINS, K. Op. cit., p. 540.

<sup>43</sup>. FULLER R, LAFAVE C, ANASTASI M, MOLINA J, SALCEDO H, WARD S. The role of canopy cover on the recovery of periphyton and macroinvertebrate communities after a month-long flood. En: *Hydrobiologia*. 2008. Vol: 598 p 47–57

<sup>44</sup>. VANNOTE, R.; MINSHALL, G.; CUMMINS, K.; SEDELL, J.; CUSHING, C. Op. cit., p.130-137

graves implicaciones en las comunidades acuáticas; Couceiro y Hamanda *et al*<sup>45</sup> describen que el aumento prolongado de la temperatura en el agua puede deteriorar la “integridad ecológica” de la corriente debido a la pérdida de macroinvertebrados con estrecha tolerancia térmica.

La semejanza del promedio de la temperatura entre la franja angosta y media sugiere que las variaciones ambientales que ocurren en la franja angosta pueden mantenerse aguas-abajo. Se encontró que el calentamiento del agua en el la franja angosta puede mantenerse 400 metros hacia la amplitud media, que si bien cuenta con vegetación ribereña, presenta una temperatura elevada. La *teoría del río continuo* describe que naturalmente toda perturbación realizada en tramos altos modifica los procesos corriente-abajo de la corriente.

En cuanto a los recursos alimenticios para la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, la materia orgánica autóctona sigue siendo el recurso predominante en la corriente. En el tramo con franja de vegetación angosta se esperaba un considerable aumento en la producción primaria ecosistémica debido a la cantidad de iluminancia incidente en comparación con las demás amplitudes, sin embargo esta no parece ser afectada. Los resultados pueden deberse principalmente a dos razones:

- En algunos casos la luz no puede ser considerada como un factor promotor o limitante de la productividad, sino que se debe tener en cuenta muchos más factores ambientales. Finlay<sup>46</sup>, Hill y Rayon<sup>47</sup> consideran que algunas algas pueden adaptarse a altas o bajas concentraciones de luz sin variar su producción dramáticamente, siempre y cuando la velocidad de la corriente les permita el tiempo suficiente para la fijación al sustrato. Como se mencionó anteriormente en la franja angosta se presentó la velocidad más alta lo que puede estar limitando el crecimiento de productores primarios a pesar de la elevada iluminancia.
- El método de medida de la productividad depende de las medidas de desviación de la concentración del oxígeno, frente al nivel de saturación de oxígeno en el agua, entonces las variaciones que no son explicadas por factores físicos son atribuidas a los procesos biológicos. Por lo tanto, los errores que puedan ocurrir en la medición de alguna variable como el oxígeno disuelto, la temperatura o la tasa de reaireación contribuirán a estimaciones erróneas de la producción y respiración ecosistémica. Además, las corrientes

---

<sup>45</sup>. COUCEIRO S, HAMANDA N, LUZ S, FORSBERG B, PIMENTEL T. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. En: Hydrobiologia. 2007. Vol.: 575 p 281.

<sup>46</sup>. FINLAY J, POWER M, CABANA G. Effects of water velocity on algal carbon isotope ratios: implications for river food web studies. En: Limnol. Oceanogr. 1999 Vol 44:1198-1203

<sup>47</sup>. HILL W, RYON M, SCHILLING E. Light limitation in a stream ecosystem: responses by primary producers and consumers. En: Ecology. 1995. Vol 76:1297-1309

de montaña tienen concentraciones de saturación elevadas gracias a la topografía con pendientes pronunciadas, reaeración alta que puede ocultar el valor real de la variación en el oxígeno disuelto por productividad primaria.

La influencia de la amplitud vegetal se observó más en la incorporación de materia orgánica alóctona tanto vertical como horizontal de la franja angosta, la entrada se redujo a menos de la mitad que en las demás amplitudes. Los resultados indican que la vegetación principalmente herbácea presente en la franja angosta no aporta la misma cantidad de material vegetal que los árboles y arbustos de la franja media y el bosque ribereño. Teniendo en cuenta que este material es considerado como la principal fuente de energía para las comunidades bentónicas en corrientes de bajo orden, la amplitud de franja angosta puede generar modificaciones en la estructura del hábitat dentro de la corriente disminuyendo lugares de refugio y alimento, funciones que cumple la materia orgánica alóctona en la corriente.

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos indicó varios aspectos que pueden relacionarse con la amplitud de la vegetación ribereña. Se ha descrito que en franjas angostas o sin vegetación se presenta una menor riqueza de macroinvertebrados bentónicos<sup>48, 49</sup>, sin embargo en este trabajo no encontramos tales diferencias, se cree que la proximidad de los sitios de muestreo y su similitud en las características geomorfológicas y el tamaño de la corriente pueden ostentar una misma riqueza, resultados similares se encontraron en la cuenca media del río La Vieja en la región cafetera de Colombia<sup>50</sup> donde el número total de taxa entre quebradas con y sin vegetación ribereña es semejante. Cabe la posibilidad que la riqueza pueda ser afectada por taxa poco abundantes, como el género *Neotriplectides sp* representado por un solo individuo que se recolectó al final del muestreo en la franja angosta, elevando la variedad de géneros en este punto.

El efecto de la vegetación ribereña en la densidad total de individuos no es clara, de acuerdo a los resultados obtenidos en este trabajo y en otras corrientes tropicales<sup>51, 52</sup>, la densidad y biomasa total de macroinvertebrados por metro cuadrado no se diferencia entre tramos con diferentes amplitudes de la franja, esperando que las variaciones se presenten entre tipos de hábitat. Algunos autores indican que se puede encontrar mayor densidad de macroinvertebrados en tramos con bosque ribereño, debido a que presentan más hábitats bentónicos que en tramos sin vegetación<sup>53</sup>, no obstante otros autores expresan que es en

---

<sup>48</sup>. ARCOS, I. Op. cit., p. 73.

<sup>49</sup>. BENSTEAD J, DOUGLAS M, PRINGLE C. Relationships of Stream Invertebrate Communities to Deforestation in Eastern Madagascar. En: Ecological Applications. 2003. Vol 13; 1479.

<sup>50</sup>. CHARÁ J, PEDRAZA G, GIRALDO L, HINCAPIÉ D. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. En: Agroforestería en las Américas. 2007. Nº 45. 77p

<sup>51</sup>. BENSTEAD J, DOUGLAS M, PRINGLE C. Op. cit., p. 1476.

<sup>52</sup>. LORION C, KENNEDY B. Op. cit. p. 171.

áreas deforestadas donde la densidad total de los individuos puede verse favorecida por el incremento de la productividad primaria<sup>54, 55</sup>.

Se ha descrito que la dominancia es mayor en tramos con poca vegetación que en tramos con vegetación nativa tanto en regiones templadas<sup>56</sup> como tropicales de la amazonia ecuatoriana<sup>57</sup>. Sin embargo no se encontraron diferencias en la distribución de las abundancias en las diferentes amplitudes de la franja, pocos taxa fueron dominantes y raros, una mayor distribución de taxa con abundancias intermedias puede ser el patrón general en la corriente, aunque se observa que en la franja media y angosta hay una mayor dominancia que en la franja con bosque ribereño.

Al parecer la amplitud de la franja influye en mayor grado sobre la abundancia relativa y la biomasa de algunos taxa específicos. En la franja angosta se encontró una cantidad menor de individuos con hábitos alimenticios fragmentadores como *Tipula sp*, *Triplectides sp*, *Phylloicus sp* y *Anchytarsus sp* exhibiendo patrones de distribución parecidos a los reportados en corrientes templadas, donde hay una estrecha relación entre las poblaciones de macroinvertebrados fragmentadores y la abundancia de hojarasca entrante proveniente de la vegetación a las orillas del cauce<sup>51</sup>. Así mismo los géneros *Smicridea sp* y *Anacroneuria sp* también disminuyeron en abundancia, esta relación se ha descrito principalmente en los ordenes Trichoptera, Ephemeroptera y Plecoptera considerados organismos sensibles a la deforestación en corrientes tropicales, en las cuales sus poblaciones disminuyen o desaparecen en secciones de la corriente que no presentan vegetación ribereña<sup>58, 59</sup>. Si bien la abundancia de *Anchytarsus sp* parece responder a la amplitud de la vegetación, la biomasa de este género incrementa en la franja angosta indicando un grado de tolerancia a la disminución de la amplitud de la franja vegetal, acorde con lo encontrado en cabeceras de corrientes de agua neotropicales de Costa Rica, donde *Anchytarsus sp* no refleja los patrones de abundancia de material alóctono entre tramos adyacentes a pastos y bosques<sup>60</sup>, aunque este resultado puede estar enmascarado por la entrada de recursos alóctonos corriente-arriba del tramo afectado.

La disminución de la amplitud de la franja en cambio parece favorecer otros taxa en la franja angosta. Como se mencionó anteriormente, algunos trabajos reportan que la abundancia del orden Ephemeroptera es menor en tramos sin vegetación

---

<sup>53</sup>. SWEENEY B, BOTT, T, JACKSON J, KAPLAN L, NEWBOLD J, STANDLEY L. et al. Op. cit. p 14136.

<sup>54</sup>. BOJSEN, B.; JACOBSEN, D. Op. cit. p 340.

<sup>55</sup>. CHARÁ J, PEDRAZA G, GIRALDO L, HINCAPIÉ D. Op.cit. p 76

<sup>56</sup> DEATH R, COLLIER K. Measuring stream macroinvertebrate responses to gradients of vegetation cover: when is enough enough?. En: Freshwater biology. 2009. Vol 55: 1447-1464

<sup>57</sup> BOJSEN, B.; JACOBSEN, D. Op. cit. p 340.

<sup>58</sup>. BENSTEAD J, DOUGLAS M, PRINGLE C. Relationships of Stream Invertebrate Communities to Deforestation in Eastern Madagascar. En: Ecological Applications. 2003. Vol 13; 1473-1490.

<sup>59</sup>. LORION C, KENNEDY B. Op. cit. p. 171.

<sup>60</sup>. Ibid., p. 171



riberaña<sup>61, 62</sup>. Sin embargo, se observó un aumento en la abundancia y biomasa de los géneros *Baetodes sp* y *Andesiops sp*, lo que puede estar relacionado con sus hábitos alimenticios de tipo filtrador, al incluir materia orgánica particulada fina y algas en su dieta (Anexo B). Hay que tener en cuenta que no todos los organismos que componen este orden presentan la misma dieta, esperando que la abundancia aumente solo en algunos géneros que aprovechan una mayor oferta de recursos como las algas, las cuales han sido positivamente correlacionadas con áreas de la corriente de dosel abierto<sup>63</sup>.

Los grupos tróficos mostraron cambios relacionados con la amplitud de la franja vegetal. En la franja media y el bosque ribereño los grupos depredadores y fragmentadores dominaron con los grupos recolectores, en contraste, en la franja angosta los grupos fragmentadores y depredadores disminuyeron junto con la entrada de materia orgánica alóctona dominando en mayor grado los grupos recolectores. Los mecanismos que dirigen estos cambios pueden ser atribuidos a diferencias en los recursos alimenticios. Se ha reportado que la abundancia de grupos fragmentadores está relacionada con un mayor almacenamiento de la materia orgánica alóctona en tramos boscosos, así mismo la alta productividad primaria gruesa del biofilm en tramos sin vegetación ribereña está directamente relacionada con el aumento en la abundancia de grupos recolectores<sup>64</sup>.

Cabe anotar que la biomasa de fragmentadores y depredadores se incrementa en la franja angosta. La estimación de la biomasa por la relación longitud-biomasa de los individuos puede estar siendo afectada por varios factores, entre ellos su ciclo de vida. La distribución de las clases de tamaños puede depender en gran manera de los picos de emergencia, por lo cual náyades pre emergentes de insectos presentarían mayor talla corporal. Un factor importante a tener en cuenta son los hábitos generalistas para evitar la competencia inter-específica que se presenta en los macroinvertebrados<sup>65</sup>, al existir un efecto externo como la deforestación que disminuye la abundancia de algunos grupos, como se expuso anteriormente, es posible que los organismos tolerantes puedan exhibir una mayor talla corporal al aumentar la disponibilidad y calidad de los recursos alimenticios.

De acuerdo a los aspectos funcionales de la corriente, la forma de aprovechamiento de los recursos alimenticios en las diferentes amplitudes se considera como un sistema de tipo autotrófico, este resultado se debe interpretar con cuidado. El método para calcular la respiración y obtener la tasa P/R puede estar sujeto a errores: al asumir que la tasa respiratoria diurna es igual a la

---

<sup>61</sup>. CHARÁ J, PEDRAZA G, GIRALDO L, HINCAPIÉ D. Op. cit. p. 77p.

<sup>62</sup>. LORION C, KENNEDY B. Op. cit. p. 172.

<sup>63</sup>. FULLER R, LAFAVE C, ANASTASI M, MOLINA J, SALCEDO H, WARD S. Op. Cit. p 50.

<sup>64</sup>. BENSTEAD J, DOUGLAS M, PRINGLE C. Op. cit., p. 1486.

<sup>65</sup>. MIHUC T. The functional trophic role of lotic primary consumers: generalist versus specialist strategies. En: Freshwater biology. 1997. Vol 37.445p

nocturna se puede subestimar la primera, debido a que en las horas del día aumento de temperatura puede favorecer el incremento en la actividad metabólica de los organismos y por lo tanto su respiración. Así mismo, la franja angosta no cuenta con las características físicas adecuadas para permitir el asentamiento de un sistema autotrófico; en primer lugar la velocidad del agua y la reducción del canal no permiten la formación de pozas, ni acumulación de nutrientes que son los principales limitantes para el asentamiento de algas en ecosistemas loticos<sup>66</sup>.

De manera diferente la comunidad de macroinvertebrados bentónicos indica que las características funcionales de la corriente corresponden a un sistema heterotrófico: aunque la abundancia de fragmentadores parece ser pequeña con respecto al total de individuos y algunos reportes exponen que en comparación con las corrientes de regiones templadas, en los trópicos los fragmentadores no son tan importantes en el procesamiento de hojarasca<sup>67</sup>, en este trabajo se encontró que solo los macroinvertebrados fragmentadores comprenden entre el 10% y 13% de la abundancia junto con el 44% al 50% de la biomasa total, cantidad importante teniendo en cuenta los demás grupos tróficos, lo que indica que la comunidad de macroinvertebrados está siendo sustentada en gran parte por la entrada de materia orgánica proveniente de la vegetación ribereña. Además los hábitos alimenticios de la mayoría de taxa de macroinvertebrados bentónicos analizados se basó principalmente en diferentes formas de material alóctono y solo algunos géneros incluyeron algas en su dieta. Resultados similares se encontraron en corrientes tropicales australianas donde se reporta la importancia de los fragmentadores en la comunidad bentónica<sup>68</sup>.

Se describieron algunos patrones que apoyan la hipótesis planteada en este trabajo. La disminución de la amplitud de la vegetación ribereña modificó algunas características ambientales y la entrada de recursos alóctonos que se reflejaron en la estructura de los macroinvertebrados bentónicos, aunque no al punto de cambiar las características funcionales de la corriente a un sistema de aprovechamiento autotrófico. El establecimiento de un sistema heterotrófico en la franja angosta implica una entrada de materia orgánica alóctona proveniente de zonas altas lo que permite ostentar una comunidad de macroinvertebrados similar a los tramos con bosque ribereño, teniendo en cuenta la cercanía de los tramos. Webster *et al*<sup>69</sup> describe que en corrientes de agua de la región templada, pueden movilizarse grandes cantidades de material alóctono o ser retenido en una longitud de 1,3 a 34,5 metros. En corrientes tropicales de montaña este fenómeno de movilización se da episódicamente por tormentas y aumento de caudal aunque no

---

<sup>66</sup>. SCHINDLER D, CARPENTER S, COLE J, KITCHELL J, PACE M. Influence of food web structure on carbon exchange between lakes and the atmosphere. *En: Science*. 1997. Vol 277: 248-251p.

<sup>67</sup>. TANK J, ROSI-MARSHALL E, GRIFFITHS N, ENTREKIN S, STEPHEN M. A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams. *En: J.N. Benthol. Soc*. 2010. vol 29:118-146p.

<sup>68</sup>. CHESHIERE K, BOYERO L, PEARSON R. Food webs in tropical australian streams: shredders are not scare. *En: Freshwater biology*. 2005. Vol 50: 748-769p.

<sup>69</sup>. WEBSTER, J.; BENFIELD, E.; EHRMAN, T.; SCHAEFFER, M.; TANK, J.; HUTCHENS, J. et al. Op. cit., p. 699.

se conoce la capacidad de longitud de arrastre<sup>70</sup>.

No obstante de mantenerse los cambios ambientales y de recursos alimenticios en la franja angosta podría tener graves consecuencias en la corriente, como se menciona en otros trabajos en el trópico: una disminución significativa en el número de taxa, variación en la composición y distribución de las abundancias que resulta en una simplificación de la comunidad como respuesta a la deforestación<sup>71</sup> o el cambio en las vías tróficas de algunas especies<sup>72</sup>, lo que apoyaría en gran manera a la hipótesis inicial.

Considerando que la franja media presenta características similares al bosque ribereño, esta amplitud puede ser útil como amortiguador de los efectos negativos que ejerce la deforestación sobre la corriente. Varios estudios realizados en la región tropical recomiendan conservar tramos con vegetación ribereña mayor a 15 metros, los cuales generalmente exhiben similar diversidad y estructura comunitaria de macroinvertebrados que tramos con bosque conservado. Sin embargo, otras fuentes como Arcos<sup>73</sup> considera que para corrientes tropicales que se caracterizan por presentar alta pluviosidad y fuertes pendientes se debe mantener una amplitud mayor, alrededor de 250 metros, tamaño que si bien puede ser mas efectivo no aplica en el contexto andino donde los minifundios son la característica predominante.

Debido a la relativa efectividad de la franja de vegetación, se han reportado limitaciones en su utilidad reflejando contaminación por fuentes no puntuales aun cuando en el tramo se presente un amplio bosque protector<sup>74</sup>. Por lo cual es importante tener cuenta que la recuperación de corrientes de agua tropicales alteradas por la deforestación es lenta, se conoce que en estudios realizados nueve años después de reforestar la zona ribereña se siguen reportando efectos negativos en el hábitat y las comunidades bentónicas. Aunque se cree que estas corrientes se recuperan tendiendo hacia un estado de re-ensamblaje comunitario y un desarrollo de bosques secundarios ribereños<sup>75</sup>. Sweeney *et al*<sup>76</sup>, sostienen que el primer resultado que permite evaluar el éxito de las franjas protectoras es la estabilización de las características físicas y ambientales, con el fin de permitir en segunda instancia que las comunidades bióticas existentes se acoplen a las condiciones de un medio similar al natural. Por lo tanto y en vista de los resultados obtenidos, en la microcuenca de estudio se necesita el establecimiento de

---

<sup>70</sup>. RODRIGUEZ, J., OSPINA, R. y GUTIERREZ, J. Op. Cit. p 435.

<sup>71</sup>. COUCEIRO S, HAMANDA N, LUZ S, FORSBERG B, PIMENTEL T. Op. Cit. p 279.

<sup>72</sup>. DOI H, TAKEMON Y, OHTA T, ISHIDA Y, KIKUCHI E. Effects of reach-scale canopy cover on trophic pathways of caddisfly larvae in a Japanese mountain stream. En: Marine and Freshwater Research. 2007. Vol 58; 811–817.

<sup>73</sup>. ARCOS, I. Op. cit., p. 35.

<sup>74</sup>. LORION C, KENNEDY B. Op. cit. p. 176-177

<sup>75</sup>. IWATA T, NAKANO S, INOUE M. Impacts of past riparian deforestation on stream communities in a tropical rain forest in Borneo. En: Ecological Applications. 2003. Vol 13: p468.

<sup>76</sup>. SWEENEY B, BOTT, T, JACKSON J, KAPLAN L, NEWBOLD J, STANDLEY L. et al. Op. cit. p4136.

corredores de vegetación ribereña que puedan dar estabilidad, proteger el cuerpo de agua y permitir actividades agropecuarias en suelos adyacentes.

## 6. CONCLUSIONES

Las amplitudes de la franja entre 11 y 20 metros ofrecen mayor estabilidad ambiental que franjas angostas, sin embargo el mantenimiento de reductos de vegetación ribereña en tramos bajos no asegura la integridad de la corriente. Se observaron disturbios en las características ambientales corriente-abajo de la franja angosta, aun cuando haya cobertura vegetal, lo que resulta en la transformación de hábitat en la corriente a largo plazo.

A pesar de que algunas características ambientales ofrecen las condiciones para el desarrollo de algas, se mantiene el efecto de limitación en la productividad primaria ecosistémica, la materia orgánica alóctona domina el aporte de materia a la corriente. La amplitud de la franja no favorece la productividad primaria pero si puede influir en la cantidad del aporte de material alóctono, siendo mayor en franjas amplias de vegetación que en franjas angostas.

El grado de intervención por deforestación en la zona ribereña puede estar influyendo en la clasificación de los grupos tróficos de la macroinvertebrados bentónicos debido a su capacidad de adaptación a la oferta alimenticia a nivel local o regional, esto conlleva a discrepancias en la asignación de algunos taxa respecto a lo reportado en la literatura, confirmando a su vez el carácter generalista aprovechando más de una categoría alimenticia.

Las variaciones en la estructura de la comunidad de los macroinvertebrados parece responder a la disminución de la vegetación ribereña apoyando en parte a la hipótesis planteada, en donde la deforestación genera cambios en la dominancia relativa de algunos grupos tróficos de macroinvertebrados bentónicos. Se presentaron efectos negativos en las poblaciones fragmentadores y depredadores que disminuyen en tramos con baja presencia vegetal y puede favorecer el aumento de poblaciones recolectoras. La capacidad de transporte que presentan las quebradas andinas y la deriva de los recursos alimenticios juegan un papel importante en el sostenimiento de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos, aportando en parte los suministros de materia orgánica a tramos afectados por la deforestación, lo que demuestra la importancia de la conservación de franjas amplias en las zonas altas.

La amplitud de la franja puede influenciar las características funcionales de la corriente favoreciendo procesos autotróficos, sin embargo, la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos está dominada por organismos recolectores y fragmentadores indicando que el sistema de aprovechamiento de la

materia es de tipo heterotrófico lo que revela la importancia del aporte de materia orgánica proveniente de la vegetación ribereña en las corrientes andinas.

Esta investigación indica que los tramos con vegetación ribereña de amplitud mayor a 11 metros pueden mantener las interacciones entre el ecosistema acuático y terrestre en el flujo de energía representado en la semejanza del ensamblaje comunitario de los macroinvertebrados, la abundancia y la biomasa de organismos detritívoros. Se encontró evidencia de que no solamente conservando fragmentos de vegetación ribereña se asegura el funcionamiento de la corriente, por lo tanto es importante tener en cuenta el establecimiento de corredores ribereños.

## 7. RECOMENDACIONES

Evaluar la importancia de la productividad primaria en corrientes andinas por medio de otros métodos de estimación como el contenido de clorofila-a, biomasa de perifiton o cambio de la concentración de oxígeno disuelto en cámaras aisladas.

Utilizar el análisis de contenidos estomacales para estudios de carácter funcional en los cuerpos de agua, así mismo para seguir aportando información que permita determinar de una manera más precisa los grupos tróficos a los cuales pertenecen los macroinvertebrados andinos.

Tener en cuenta el fenómeno de transporte y deriva como factor modelador del ensamblaje de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos.

Dirigir investigaciones enfocadas a la comprensión de la dinámica de las comunidades vegetales ribereñas con el propósito de identificar especies útiles para reforestación y que presenten un uso económico para las personas asentadas cerca a las fuentes hídricas.

Diseñar un sistema de corredores ribereños con una amplitud mínima de 10 metros que permita la restauración de las corrientes tributarias del Río Pasto, así como también que sea un punto de partida para la mitigación de los efectos de los asentamientos humanos y el uso agrícola del suelo. Este sistema es una alternativa desarrollada principalmente en corrientes de regiones templadas, planteando entre otros beneficios la retención de nutrientes y sedimentos, estableciendo un corredor biológico para vertebrados que utilizan la ribera, como anfibios, aves y mamíferos, evitando la erosión, proporcionando materia orgánica a la corriente entre otras y permitiendo el establecimiento de áreas agrícolas cerca al sistema fluvial.

Establecer un monitoreo permanente con base en macroinvertebrados acuáticos y vertebrados residentes que confirme la efectividad del corredor ribereño propuesto sobre el estado de conservación en la parte alta de la cuenca del Río Pasto.

## BIBLIOGRAFÍA

ALLAN, J.; Y CASTILLO, M. Stream Ecology: Structure and function of running waters. Second edition. The Netherlands. Published by Springer, P.O. Box 17, 3300 AA Dordrecht; 2007.

ARCOS, I. 2005. Efecto del ancho de los ecosistemas riparios en la conservación de la calidad del agua y la biodiversidad en la microcuenca del río Sensesmiles, Copán, Honduras. [Tesis de Maestría]. Turrialba, En: Costa Rica: Programa de Educación para el Desarrollo y la Conservación del Centro Agronómico Tropical de Investigación y Enseñanza. 78 p.

BENKE, A., HURYN, A., SMOCK, L. y WALLACE. J. Length-mass relationships for freshwater macroinvertebrates in North America with particular reference to the southeastern United States. En: J.N. Am Benthol soc. 1999. Vol. 18, No 3: 308-343 p.

BENSTEAD J, DOUGLAS M, PRINGLE C. Relationships of Stream Invertebrate Communities to Deforestation in Eastern Madagascar. En: Ecological Applications. 2003. Vol 13; 1473-1490.

BOJSEN, B.; JACOBSEN, D. Effects of deforestation on macroinvertebrate diversity and assemblage structure in Ecuadorian Amazon streams. En: Ach. Hydrobiol. 2003. Vol: 158:317-342 p.

Corporación Autónoma Regional De Nariño-CORPONARIÑO, Álvaro Castañeda Torres, consultor ambiental. Actualización del plan de ordenamiento de la cuenca alta del río Pasto, Pasto, octubre de 1999.

COUCEIRO S, HAMANDA N, LUZ S, FORSBERG B, PIMENTEL T. Deforestation and sewage effects on aquatic macroinvertebrates in urban streams in Manaus, Amazonas, Brazil. En: Hydrobiologia. 2007. Vol.: 575 p 281.

CUMMINS, K.; MERRITT, R.; ANDRADE, P. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in southeast Brazil. En: Studies on Neotropical Fauna and Environmental. 2005. Vol: 40: 71 – 90 p.

CUMMINS, K. KLUG, M. Feeding ecology of stream invertebrates. En: Ann. Rev. Ecol. Syst. 1979. V 10: 147-72 p.



CUMMINS K, WILZBACH M, GATES D PERRY J, TALIAFERRO B. Shredders and riparian vegetation. En: BioScience. 1989. Vol 39: 24-30

CHARÁ J, PEDRAZA G, GIRALDO L, HINCAPIÉ D. Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río La Vieja, Colombia. En: Agroforestería en las Américas. 2007. N° 45. 77p.

CHESHIERE K, BOYERO L, PEARSON R. Food webs in tropical Australian streams: shredders are not scarce. En: Freshwater biology. 2005. Vol 50: 748-769p.  
SCHINDLER D, CARPENTER S, COLE J, KITCHELL J, PACE M. Influence of food web structure on carbon exchange between lakes and the atmosphere. En: Science. 1997. Vol 277: 248-251p.

DEATH R, COLLIER K. Measuring stream macroinvertebrate responses to gradients of vegetation cover: when is enough enough?. En: Freshwater biology. 2009. Vol 55: 1447-1464

DOI H, TAKEMON Y, OHTA T, ISHIDA Y, KIKUCHI E. Effects of reach-scale canopy cover on trophic pathways of caddisfly larvae in a Japanese mountain stream. En: Marine and Freshwater Research. 2007. Vol 58; 811–817.

ETTER, Andres y WINGAARDEN, Willem. Patterns of Landscape Transformation in Colombia, with Emphasis in the Andean Region. En: Royal Swedish Academy of Sciences. 2000. Vol. 29 No. 7:433p.

FERNÁNDEZ, Hugo y DOMÍNGUEZ, Eduardo. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos. Primera edición. Instituto M. Lillo. Editorial universitaria de Tucumán.

FINLAY J, POWER M, CABANA G. Effects of water velocity on algal carbon isotope ratios: implications for river food web studies. En: Limnol. Oceanogr. 1999 Vol 44:1198-1203

FRISSELL, C., W. J. LISS, C. E. WARREN & M. D. HURLEY. A Hierarchical framework for Stream Habitat Classification: Viewing Streams in a Watershed context. En: Environmental Management. 1986. Vol: 10: 199-214 p.

FISHER S. LIKENS G. Energy Flow In Bear Brook, New Hampshire: An Integrative Approach To Stream Ecosystem Metabolism. En: Ecological Monographs. 1973. Vol: 43: 3 p.

- FULLER R, LAFAVE C, ANASTASI M, MOLINA J, SALCEDO H, WARD S. The role of canopy cover on the recovery of periphyton and macroinvertebrate communities after a month-long flood. En: Hydrobiologia. 2008. Vol: 598 p 47–57
- GREGORY, S.; SWANSON, F.; MCKEE, W.; CUMMINS, K. An Ecosystem Perspective of Riparian Zones. En: BioScience. 1991. Vol: 41: 540-551 p.
- HAWKINS, C.; MURPHY, M.; ANDERSON, N. Effects of Canopy, Substrate Composition, and Gradient on the Structure of Macroinvertebrate Communities in Cascade Range Streams of Oregon. En: Ecology. 1982. Vol: 63: 1840-1856 p.
- HILL W, RYON M, SCHILLING E. Light limitation in a stream ecosystem: responses by primary producers and consumers. En: Ecology. 1995. Vol 76:1297-1309
- IWATA T, NAKANO S, INOUE M. Impacts of past riparian deforestation on stream communities in a tropical rain forest in Borneo. En: Ecological Applications. 2003. Vol 13: p468.
- LINDEMAN, R. The trophic-dynamic aspect of Ecology. En: Ecology. 1942. Vol: 23: 399-417 p.
- LORION C, KENNEDY B. Relationships between deforestation, riparian forest buffers and benthic macroinvertebrates in Neotropical headwater streams. En: Freshwater Biology. 2009. Vol: 54; 165–180 p.
- MINSHALL, G. Autotrophy in Stream Ecosystems. En: BioScience. 1978. Vol: 28: No. 12: 767-771 p.
- ODUM, H. Primary Production in Flowing Waters. En: Limnol. Oceanogr. 1956. 1: 102-117 p.
- PLATT T., y IRWIN B. Caloric content of phytoplankton. Limnology and Oceanography 18 (1973): 306-310
- POSADA, Jose y ROLDÁN, Gabriel. clave ilustrada y diversidad de las lasvas de trichoptera en el Nor-occidente de Colombia. En: Cladasia. 2003. Vol 25 No 1: 169-192p.
- RODRIGUEZ, J., OSPINA, R. y GUTIERREZ, J. Entradas y transporte de materia orgánica en una quebrada tropical de montaña. Bogotá, Colombia. En: Caldasia. 2008. Vol. 30. No. 2: 425 p.

SWEENEY B, BOTT, T, JACKSON J, KAPLAN L, NEWBOLD J, STANDLEY L. *et al*/ Deforestation, stream narrowing, and loss of stream ecosystem services. En: National academy of sciences.2009.Vol. 101 No .39: 14132-14237

TANK J, ROSI-MARSHALL E, GRIFFITHS N, ENTREKIN S, STEPHEN M. A review of allochthonous organic matter dynamics and metabolism in streams. En: J.N. Benthol. Soc. 2010. vol 29:118-146p.

TOMANOVA, S., GOITIA, E. y HELESIC, J. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. . En: Hidrobiologia. 2006. Vol. 556: 251-264 p.

VANNOTE, R.; MINSHALL, G.; CUMMINS, K.; SEDELL, J.; CUSHING, C. The river continuum concept. En: Can. J. Fish. Aquat. 1980. Vol: 37:130-137 p.

WALLACE, J.; WEBSTER, J. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. En: Annu. Rev. Entomol. 1996. Vol: 41: 115-39 p.

WEBSTER, J.; BENFIELD, E.; EHRMAN, T.; SCHAEFFER, M.; TANK, J.; HUTCHENS, J. *et al*. What happens to allochthonous material that falls into streams? A synthesis of new and published information from Coweeta. En: Freshwater biology. 1999. Vol: 41: 687-705 p.

## ANEXOS

Anexo A: Densidad promedio, abundancia relativa y biomasa promedio de los macroinvertebrados bentónicos de la Microcuenca las Tiendas por tramo de estudio.

Taxa	Densidad Promedio Individuos/m <sup>2</sup>			Abundancia relativa %individuos/Total			Biomasa promedio miligramo/m <sup>2</sup>		
	Tramo I	Tramo II	Tramo III	Tramo I	Tramo II	Tramo III	Tramo I	Tramo II	Tramo III
<b>Baetidae:</b>	38,33	52,33	24,50	7,379	9,949	4,518	0,159	0,375	0,120
<i>Andesiops sp</i>	16,00	23,67	11,17	3,278	4,290	1,898	0,068	0,222	0,087
<i>Baetodes sp</i>	20,33	28,00	12,17	3,741	5,576	2,499	0,087	0,152	0,031
<i>Camelobaetidius sp</i>	2,00	0,67	1,17	0,360	0,083	0,121	0,004	0,001	0,001
<b>Leptophlebiidae:</b> <i>Farrodes sp</i>	1,33	1,33	1,33	0,342	0,276	0,378	0,039	0,025	0,023
<b>Leptohyphidae:</b> <i>Leptohyphes sp</i>	3,50	2,50	1,00	0,877	0,458	0,156	0,090	0,048	0,021
<b>Perlidae:</b> <i>Anacroneuria sp</i>	3,50	0,50	1,33	0,918	0,172	0,448	0,303	0,009	0,151
<b>Atriplectididae:</b> <i>Neotriplectides sp</i>	0	0,17	0	0	0,064	0	0	0,017	0
<b>Calamoceratidae:</b> <i>Phylloicus sp</i>	1,83	0	0,17	0,607	0	0,086	0,048	0	0,001
<b>Hydropsichyidae:</b> <i>Smicridea sp</i>	7,50	0,50	3,50	1,532	0,136	1,243	2,453	1,275	4,756
<b>Hydrobiocidae:</b> <i>Atopsyche sp</i>	28,17	22,00	27,17	7,358	5,094	7,142	2,992	2,603	2,676
<b>Leptoceridae:</b>	17,67	37,83	17,83	5,358	11,100	5,205	0,516	0,179	0,085
<i>Atanatolica sp</i>	4,83	28,00	8,50	1,423	8,338	2,445	0,469	0,121	0,057
<i>Nectopsyche sp</i>	12,17	6,17	8,33	3,735	1,772	2,361	0,044	0,043	0,025
<i>Triplectides sp</i>	0,67	3,67	1,00	0,200	0,989	0,400	0,003	0,015	0,003
<b>Xiphocentronidae:</b> <i>Xiphocentron sp</i>	0	0,83	0,33	0	0,226	0,128	0	0,030	0,004
<b>Blephariceridae:</b> <i>Paltostoma sp</i>	8,50	15,50	7,00	1,919	3,884	2,056	0,159	0,121	0,084
<b>Ceratopogonidae:</b> <i>Probezzia sp?</i>	10,50	4,83	9,50	2,122	1,600	2,585	0,099	0,042	0,059
<b>Chironomidae:</b>	103,67	110,83	163,33	24,391	23,288	28,793	0,267	0,300	0,384
Chironomidae Msp1	3,17	6,17	2,67	0,749	1,233	0,611	0,003	0,010	0,004
Chironomidae Msp2	10,00	7,83	5,17	3,139	1,785	2,134	0,032	0,033	0,020
Chironomidae Msp3	3,50	14,00	11,17	0,890	1,908	2,924	0,009	0,034	0,022
Orthocladiinae	74,00	70,33	134,67	15,896	14,799	20,055	0,176	0,179	0,310
Chironomidae Msp4	13,00	12,50	9,67	3,717	3,563	3,070	0,047	0,043	0,029

<b>Simuliidae:</b> <i>Simulium sp</i>	116,33	96,50	125,17	20,926	18,992	22,846	0,430	0,275	0,419
<b>Tipulidae:</b>	13,33	13,00	17,83	3,332	3,725	4,843	3,128	2,166	3,348
<i>Tipula sp</i>	10,83	11,50	15,50	2,422	3,262	3,998	0,305	0,220	0,297
<i>Molophilus sp</i>	2,50	1,50	2,33	0,909	0,463	0,844	2,823	1,947	3,051
<b>Elmidae:</b>	44,50	29,33	19,67	10,956	8,965	5,688	0,044	0,065	0,023
<i>Austrolimnius sp (L)</i>	6,83	5,83	2,67	1,642	1,523	1,093	0,492	0,444	0,308
<i>Austrolimnius sp (A)</i>	6,50	4,83	1,00	1,426	1,184	0,095	0,005	0,003	0,001
<i>Heterelmis sp (L)</i>	13,17	8,00	6,67	3,622	2,779	2,007	0,277	0,254	0,165
<i>Heterelmis sp (A)</i>	6,83	2,83	1,17	1,619	0,929	0,372	0,020	0,014	0,007
<i>Hexancorus sp</i>	1,00	1,33	1,33	0,267	0,356	0,376	0,012	0,012	0,016
<i>Neelmis sp (L)</i>	6,67	3,83	5,50	1,561	1,164	1,509	0,171	0,158	0,115
<i>Neelmis sp (A)</i>	3,50	2,67	1,33	0,818	1,031	0,236	0,007	0,003	0,004
<b>Ptilodactylidae:</b> <i>Anchytarsus sp</i>	33,17	24,50	36,33	9,078	9,355	12,819	4,689	3,804	3,486
<b>Scirtidae:</b> <i>Prionocyphon sp</i>	2,67	1,67	1,17	0,796	0,765	0,529	0,061	0,057	0,064
<b>Oligochaeta</b>	1,83	1,83	1,67	0,491	0,798	0,459	0,579	0,502	0,203
<b>Hyalellidae:</b> <i>Hyalella sp</i>	1,00	1,67	0,17	0,266	0,599	0,070	0,020	0,011	0,002
<b>Planariidae:</b> <i>Dugesia sp</i>	4,33	0,67	0,83	1,353	0,279	0,282	0,047	0,005	0,008

Fuente: De Esta Investigación.

Anexo B: Porcentaje de las categorías alimenticias encontradas en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la Microcuenca de Las Tiendas. Material mineral (MM), Tejido animal (TA), tejido vegetal (TV), materia orgánica particulada fina (MOPF) y gruesa (MOPG).

Familia	Genero	Abreviatura	n	MOPG	MOPF	TPV	TA	Algas	Hongos	MM
Baetidae	<i>Andesiops sp</i>	And	10	0,0	16,4	0,0	0,0	18,1	11,4	54,1
	<i>Baetodes sp</i>	Ba	10	0,0	61,5	0,0	0,0	18,6	2,8	17,2
	<i>Camelobaetidius sp</i>	Cam	10	0,0	66,4	0,0	0,0	3,9	1,4	28,3
Leptophlebiidae	<i>Farrodes sp</i>	Farr	12	0,0	44,0	0,0	0,0	0,6	1,0	54,4
Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp</i>	Lph	10	0,0	64,4	0,0	0,0	2,0	1,6	32,0
Perlidae	<i>Anacroneuria sp</i>	Ana	10	0,0	0,0	0,0	99,6	0,0	0,0	0,4
Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp</i>	Phy	10	38,9	13,4	46,4	0,0	1,3	0,0	0,0
Hydropsychidae	<i>Smicridea sp</i>	Smi	10	19,3	74,2	0,0	0,0	1,2	5,1	0,3
Hydrobiocidae	<i>Atopsyche sp</i>	Atop	10	0,0	1,5	0,0	98,1	0,0	0,0	0,4
Leptoceridae	<i>Atanatolica sp</i>	Ata	10	0,0	85,9	4,9	0,0	0,2	1,0	7,9
	<i>Nectopsyche sp</i>	Nect	10	0,0	58,2	0,0	0,0	0,5	1,0	40,2
	<i>Triplectides sp</i>	Tri	10	33,4	62,1	0,0	0,0	0,0	0,4	4,0
Xiphocentronidae	<i>Xiphocentron sp</i>	Xiph	10	2,4	30,7	33,1	0,0	0,0	0,0	33,7
Blephariceridae	<i>Paltostoma sp</i>	Pal	10	0,0	97,1	0,0	0,0	0,0	0,0	2,9
Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp?</i>	Cera	10	0,0	96,3	0,0	0,0	0,0	0,0	3,7
Chironomidae	<i>Chironomidae Msp1</i>	Quir1	10	0,0	95,0	0,7	0,0	0,1	0,0	4,1

	<i>Chironmidae Msp2</i>	Quir2	10	79,4	9,5	0,0	0,0	0,2	0,0	10,9
	<i>Chironmidae Msp3</i>	Quir3	10	0,0	68,1	0,0	0,0	0,1	0,0	31,8
	<i>Orthoclaadiinae</i>	Orth	10	0,0	70,9	0,0	0,0	3,3	6,6	19,1
	<i>ChironomidaeMsp 4</i>	Quir4	10	0,0	75,1	0,0	0,0	0,4	1,0	23,5
Simuliidae	<i>Simullium sp</i>	Sim	10	2,8	84,8	1,7	0,0	4,6	0,4	5,8
Tipulidae	<i>Molophilus sp</i>	Mol	10	17,7	50,8	2,7	0,0	0,9	0,0	27,9
	<i>Tipula sp</i>	Tip	10	79,7	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	20,3
Elmidae	<i>Austrolimnius sp (L)</i>	AusL	10	0,0	35,9	0,0	0,0	0,0	0,0	64,1
	<i>Austrolimnius sp (A)</i>	AusA	10	0,0	67,5	0,0	0,0	12,7	4,7	15,0
	<i>Heterelmis sp (L)</i>	HetL	10	0,0	59,7	0,0	0,0	34,2	2,5	3,7
	<i>Heterelmis sp (A)</i>	HetA	10	0,0	95,3	0,0	0,0	0,0	0,0	4,7
	<i>Hexancorus sp</i>	Hex	9	0,0	58,6	0,0	0,0	1,3	0,1	40,0
	<i>Neoelmis sp (L)</i>	NeoL	12	0,9	79,6	0,0	0,0	0,0	0,0	19,5
	<i>Neoelmis sp (A)</i>	NeoA	13	0,0	70,1	0,0	0,0	0,0	0,0	29,9
Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus sp</i>	Anch	10	55,5	16,8	27,3	0,0	0,0	0,4	0,0
Scirtidae	<i>Prionocyphon sp</i>	Prio	10	0,0	97,2	0,0	0,0	2,3	0,0	0,5
	<i>Oligochaeta</i>	Oli	10	49,9	7,3	0,0	0,0	0,0	0,0	42,8
Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	Hya	10	0,5	84,9	0,0	0,0	0,2	4,0	10,4

Fuente: De Esta Investigación.

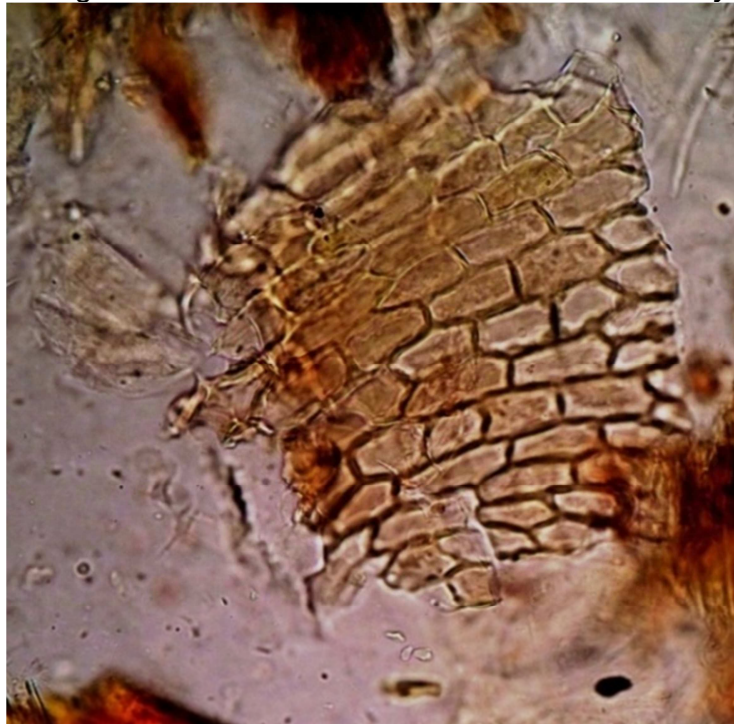
Anexo C: Asignación de los taxa a los grupos dietarios de la quebrada las Tiendas.  
Adulto = (A), larva = (L).

Orden	Familia	Genero	Grupo trófico
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Andesiops sp</i>	Recolector
		<i>Baetodes sp</i>	Recolector
		<i>Camelobaetidius sp</i>	Recolector
	Leptophlebiidae	<i>Farrodes sp</i>	Recolector
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes sp</i>	Recolector
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria sp</i>	Depredador
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus sp</i>	Fragmentador
	Hydropsychidae	<i>Smicridea sp</i>	Recolector
	Hydrobiocidae	<i>Atopsyche sp</i>	Depredador
	Leptoceridae	<i>Atanatolica sp</i>	Recolector
		<i>Nectopsyche sp</i>	Fragmentador
		<i>Triplectides sp</i>	Fragmentador
	Xiphocentronidae	<i>Xiphocentronsp</i>	Recolector
Diptera	Blephariceridae	<i>Paltostoma sp</i>	Recolector
	Ceratopogonidae	<i>Probezzia sp?</i>	Recolector
	Chironomidae	<i>Chironomidae Msp1</i>	Recolector
		<i>Chironmidae Msp2</i>	Fragmentador
		<i>Chironmidae Msp3</i>	Recolector
		<i>Orthoclaadiinae</i>	Recolector
		<i>Chironomidae Msp4</i>	Recolector
	Simuliidae	<i>Simullium sp</i>	Recolector

	Tipulidae	<i>Molophilus sp</i>	Recolector
		<i>Tipula sp</i>	Fragmentador
Coleoptera	Elmidae	<i>Austrolimnius sp (L)</i>	Recolector
		<i>Austrolimnius sp (A)</i>	Recolector
		<i>Heterelmis sp (L)</i>	Recolector
		<i>Heterelmis sp (A)</i>	Recolector
		<i>Hexancorus sp</i>	Recolector
		<i>Neoelmis sp (L)</i>	Recolector
		<i>Neoelmis sp (A)</i>	Recolector
	Ptilodactylidae	<i>Anchytarsus sp</i>	Fragmentador
	Scirtidae	<i>Prionocyphon sp</i>	Recolector
		<i>Oligochaeta</i>	Fragmentador
Amphipoda	Hyaellidae	<i>Hyaella sp</i>	Recolector

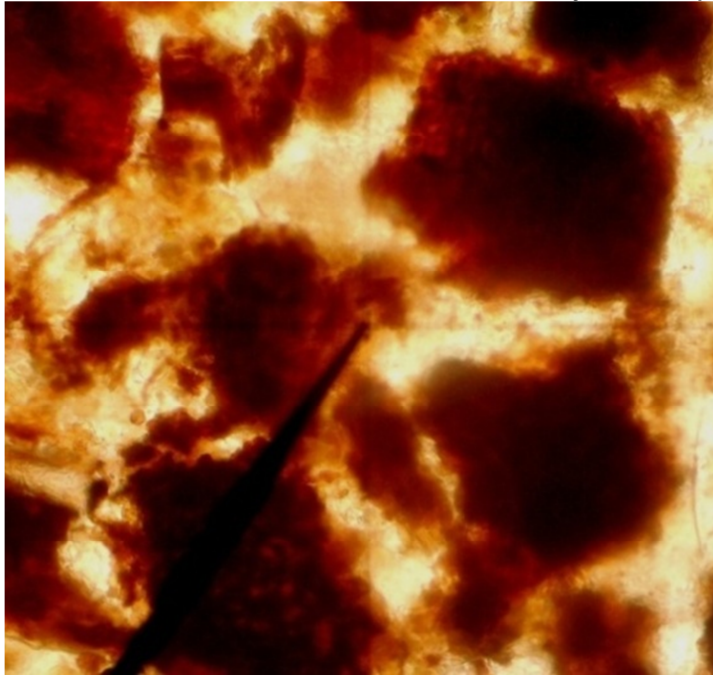
Fuente: De Esta Investigación.

Anexo D: tejido vegetal en los contenidos estomacales de *Phylloicus sp* 40X.



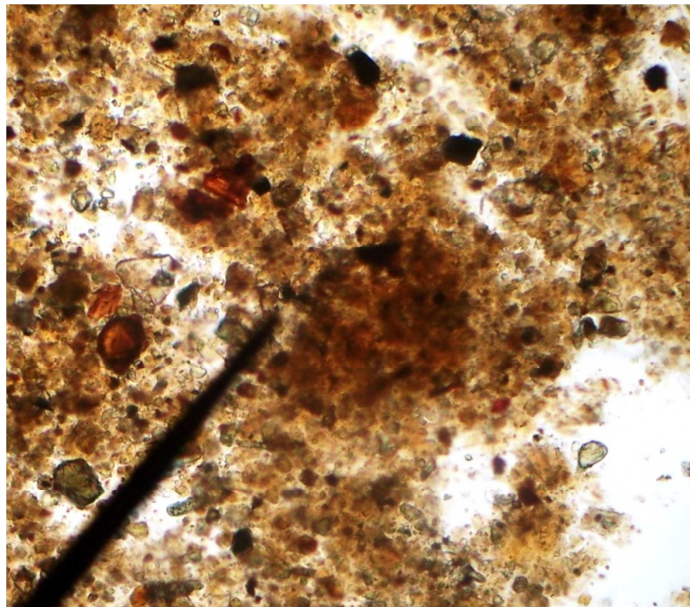
Fuente: De Esta Investigación.

Anexo E: MOPG en los contenidos estomacales de *Anchytarsus* sp 40X.



Fuente: De Esta Investigación.

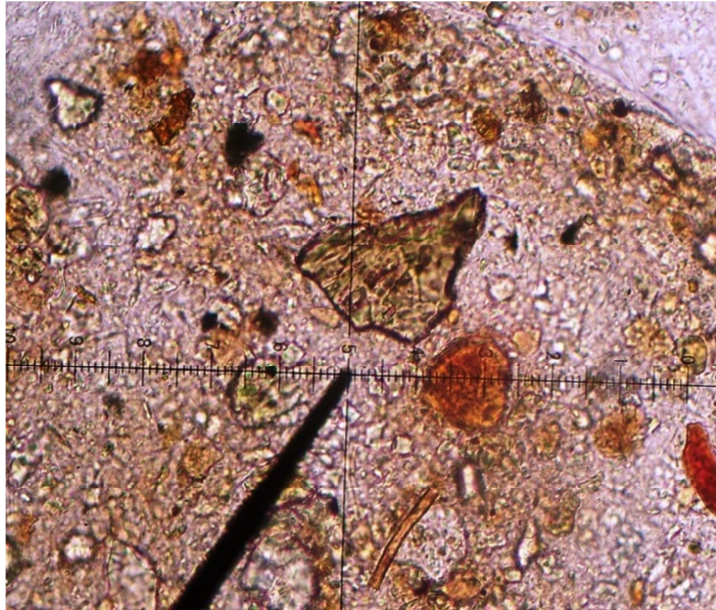
Anexo F: MOPF en los contenidos estomacales de *Farrodes* sp 10X.



Fuente: De Esta Investigación.

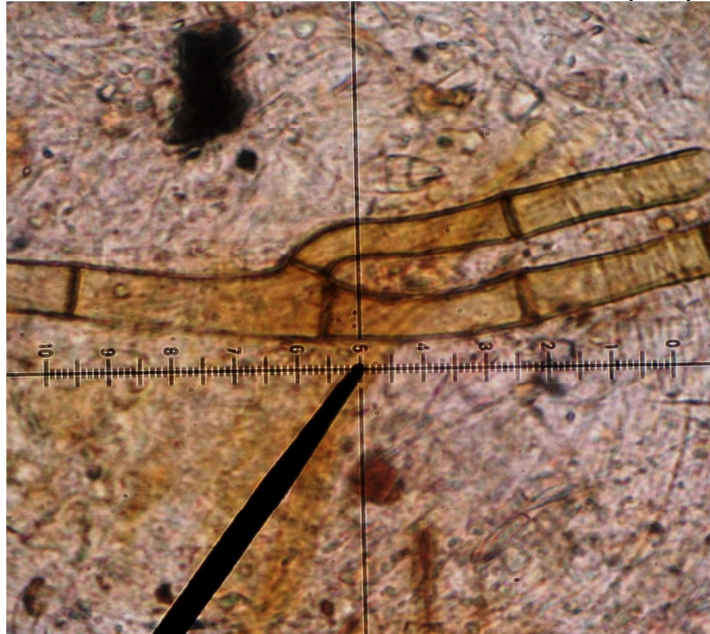


Anexo G: Material mineral en los contenidos estomacales de *Baetodes sp* 10X.



Fuente: De Esta Investigación.

Anexo H: Hongos en los contenidos estomacales de *Andesiops sp* 40X.



Fuente: De Esta Investigación.

Anexo I: Algas en los contenidos estomacales de *Simulim sp* 40X.



Fuente: De Esta Investigación.