

CONTRIBUCIÓN DEL 3<sup>ER</sup> CONGRESO LATINOAMERICANO DE MACROINVERTEBRADOS DE AGUA DULCE:  
BIODIVERSIDAD Y ECOLOGÍA FUNCIONAL EN EL NEOTRÓPICOMACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DE LA QUEBRADA LOS ALISOS,  
FIRAVITOBA - BOYACÁAQUATIC MACROINVERTEBRATES OF LOS ALISOS CREEK,  
FIRAVITOBA - BOYACA*Néstor Ned Torres-Zambrano y David Rolando Torres-Zambrano*

## RESUMEN

Se presenta la composición y algunas implicaciones funcionales de los macroinvertebrados acuáticos existentes en la cabecera de la quebrada Los Alisos, ubicada al occidente del municipio de Firavitoba en el departamento de Boyacá. Se realizaron dos muestreos durante los meses de agosto y septiembre de 2016. Se determinaron los grupos funcionales alimenticios y algunos rasgos biológicos a partir de información bibliográfica, se encontraron siete mecanismos de alimentación y 19 rasgos biológicos. Se recolectaron 2688 individuos pertenecientes a tres filos, seis clases, 11 órdenes 21 familias y 14 géneros, en donde la mayor abundancia relativa correspondió al género *Hyalella* (Amphipoda, 20,3 %). El grupo trófico de los detritívoros-colectores o consumidores de depósito (C2), fue el más frecuente en el sistema (68,2 %), el cual sugiere que predomina la materia orgánica particulada fina (MOPF). La respiración branquial es la forma de más frecuente ya que se presenta en 12 de los 22 grupos taxonómicos con el 54,5 %. La mayoría de los organismos (54,5 %) presentan ganchos tarsales (GT), que pueden ser usados eventualmente como una forma de resistencia al contraflujo. Casi todos los organismos estudiados caminan o se arrastran (AR, 68,2 %), utilizando variedad de hábitats como sustratos. La flexibilidad de las historias de vida y movilidad que muestran las características de los grupos taxonómicos encontrados en la quebrada Los Alisos pueden influenciar la forma como obtienen su alimento.

**PALABRAS CLAVE:** estructura y función, rasgos biológicos, macroinvertebrados acuáticos, Firavitoba - Boyacá

## ABSTRACT

Composition and some functional implications in aquatic macroinvertebrates at the head creek Los Alisos placed in west of Firavitoba town -Boyacá department is presented. During August and September 2016, we taken two samples. Functional feeding groups and biological traits from bibliographic information were determinate, finding 7 feeding mechanisms and 19 biological traits. 2688 individuals were recollected of which are 3 phylum, 6 class, 11 orders, 21 families and 14 genera where the highest relative abundance are *Hyalella* genus (Amphipoda) (20.3 %). The trophic group detritivores-collectors or deposit consumers (C2) is the most common in the system (68.2 %), which suggests that dominate by fine particulate organic material (FPOM). The gill respiration is the most frequent because it occurs in 12 of the 22 taxonomic groups with 54.5 %. Tarsal hooks (GA) have the most organisms (54.5 %) that can be eventually used counter flow strength. Almost all organisms studied walk or crawl (AR, 68.2 %) using a variety of habitats as substrates. The life stories flexibility and mobility that show the characteristics of taxonomic groups found in the Los Alisos creek can influence how they get their food.

**KEY WORDS:** structure and function, biologicals traits, aquatic macroinvertebrates, Firavitoba Boyacá

## Dirección de los autores:

Grupo de Investigación en Limnología Amazónica, Universidad Nacional de Colombia. Sede Amazonía. Carrera 48 n° 165 - 30 apto 203 - Bogotá D.C., Colombia, celular 3105679907; e-mail: nestorned@gmail.com (N.N.T.Z.). Carrera 48 n° 165 - 30 apto 203 - Bogotá D.C., Colombia, celular 3112040580; e-mail: davidrolando89@hotmail.com (D.R.T.Z.)



## INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados acuáticos se agrupan en artrópodos, algunos poríferos, hidrozooos, turbelarios, oligoquetos, hirudíneos y constituyen una de las mayores proporciones de animales del mundo acuático; asimismo, son de gran importancia para el ciclado de nutrientes. Estos animales contribuyen de diversos modos al complejo procesamiento de la materia orgánica, con su participación en los procesos tróficos de los mismos sistemas, dependiendo de su grupo funcional y de las características físicas y químicas del microhábitat al cual están asociados (Cole, 1988; Roldán, 1992; Rupert y Barnes, 1996; Fernández y Domínguez, 2001; Thorp y Covich, 2001; Beltrán-Tolosa, 2003; Tomanova et al., 2006). De igual manera poseen ciertos atributos que son específicamente adaptados a un tipo particular o segmento de un hábitat (microhábitat), algunas de estas adaptaciones están directamente relacionadas con el espacio físico (hábitat) que ocupan y pueden ser clasificados convenientemente sobre la base de su hábitat físico y los medios en los que se mueven o mantienen. Los miembros de cada una de estas categorías pueden tener ciertos rasgos adaptativos comúnmente diferentes de sus relaciones taxonómicas.

Los sustratos en donde los macroinvertebrados acuáticos pueden estar asociados, no incluyen únicamente superficies del fondo, sino también objetos firmes o flotantes orgánicos como tallos de plantas acuáticas, residuos vegetales o sustratos inorgánicos de tipo rocoso como cantos rodados, sustratos pedregosos, además

de otros sustratos tales como empalizadas, residuos leñosos y vegetales, parches de vegetación, aglomerados de raíces, plantas emergentes, partes sumergidas, macrófitas sumergidas, arena y sedimentos finos (Mc. Cafferty, 1981; 1998; Roldán, 1992; Domínguez y Fernández, 2009). Esta comunidad bentónica es una de las más ricas y con seguridad la más diversificada en el agua, especialmente en los sistemas lóticos. Está representada principalmente por organismos de hábitos alimenticios fijos al sustrato como perifiton, algunos filtradores de materia orgánica o también se encuentran allí individuos depredadores de los anteriores, los cuales mantienen el flujo de energía en el sistema (Esteves, 1988; Fernández y Domínguez, 2001).

Con las comunidades de macroinvertebrados, por una parte, se determina la clasificación basada en el alimento consumido, que permite la estimación del grado en el cual los macroinvertebrados dependen de un recurso nutricional particular (Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014) y por otro lado, la clasificación de grupos funcionales basada en mecanismos morfo-comportamentales de adquisición de alimento, que son definidos como ensamblajes de especies (permanentes o temporales), que desempeñan un mismo proceso ecosistémico. Dentro de los principales procesos se conocen: trituradores o fragmentadores, colectores de depósito, colectores filtradores, raspadores, minadores y predadores (Tabla 1, Cummins, 1973; Mc.Cafferty, 1981; Merritt y Cummins, 1996; Thorp y Covich, 2001; Currea-Dereser y Torres-Zambrano, 2008; Torres-Zambrano et al., 2010).

Tabla 1. Grupos funcionales basados en mecanismos morfo-comportamentales de adquisición de alimento según Cummins (1973); Mc.Cafferty (1981); Merritt y Cummins (1996); Thorp y Covich (2001); Currea-Dereser y Torres-Zambrano (2008) y Torres-Zambrano et al. (2010).

GRUPO FUNCIONAL	ALIMENTO DOMINANTE	MECANISMO DE ALIMENTACION	SIGLA
Trituradores	Tejidos vivos de plantas hidrófitas vasculares	Herbívoros - masticadores y minadores de macrófitos vivos	(T1)
	Tejidos gruesos de plantas vasculares y materia orgánica particulada en descomposición (CPOM)	Detritívoros - masticadores de CPOM	(T2)
Colectores	Materia orgánica particulada fina en descomposición (FPOM)	Detritívoros - filtradores o consumidores de material en suspensión	(C1)
		Detritívoros - colectores o consumidores de depósito	(C2)
Raspadores	Perifiton - algas adheridas y material asociado	Herbívoros - pastoreadores raspadores de minerales y superficies orgánicas	(R)
Predadores	Tejidos de animales vivos	Devoradores - carnívoros, atacan la presa e ingieren el animal completo o parte de él	(P1)
		Minadores - carnívoros, atacan la presa, minan los tejidos y las células, y succionan fluidos	(P2)

No obstante, estas estrategias alimenticias reflejan adaptaciones de los organismos a las condiciones ambientales y sus funciones pueden ser descritas por diferentes rasgos biológicos como la forma de respiración, la forma del cuerpo, la adaptación a contracorriente, la movilidad y la adhesión al sustrato (Tabla 2); asimismo, son un recurso alimenticio importante para otros organismos como peces y aves acuáticas (Mc.Cafferty, 1981; Cole, 1988; Cummins et al., 1989; Junk et al., 1989; Roldán, 1992; Rupert y Barnes, 1996; Thorp y Covich, 2001; Fernández y Domínguez, 2001; Tomanova y Usseglio-Polaterra, 2007; Currea-Dereser y Torres-Zambrano, 2008; Domínguez y Fernández, 2009).

Tabla 2. Rasgos biológicos y sus modalidades. Tomado de Tomanova y Usseglio-Polaterra (2007)

RASGOS	MODALIDAD	SIGLA
Respiración	Cutánea	(RC)
	Branquias	(BRQ)
	Plastrón	(PL)
	Estigmas	(EST)
Forma del cuerpo	Hidrodinámico	(HD)
	Aplanado	(AP)
	Cilíndrico	(CIL)
	Esférico	(ESF)
Adaptación al contraflujo	Ventosas	(VEN)
	Glándula de seda	(GS)
	Envoltura en material mineral	(MM)
	Ganchos anales	(GA)
Movilidad y adhesión al sustrato	Ganchos tarsales	(GT)
	Volador	(VOL)
	Nadador de superficie	(NS)
	Nadador general	(NG)
	Caminan o se arrastran	(AR)
	Excavador sobre el bentos	(EsB)
Excavador dentro del bentos	(EdB)	
Temporalmente adherido	(TA)	

La ecología de macroinvertebrados acuáticos y su dinámica ha sido poco estudiada en cabeceras y nacimientos de los sistemas fluviales colombianos, a pesar de constituir una pieza importante en los recursos hídricos del país (Castellanos y Serrato, 2008; Morales,

2012). Debido a que la información acerca de la biología y ecología de los invertebrados en el neotrópico es escasa y dispersa (Tomanova y Usseglio-Polaterra, 2007; Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014), en el presente trabajo se caracteriza la estructura y función de los macroinvertebrados que viven en la quebrada Los Alisos, basado en la descripción de los rasgos biológicos y de alimentación propuestos por diferentes autores.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Área de estudio

La quebrada Los Alisos se encuentra ubicada al occidente del municipio de Firavitoba, en el departamento de Boyacá, entre los 5° 40' 36,775" N y 73° 0' 33,513" O, a una altura de 2570 m, en el sector de la vereda Mombita Llano. Esta quebrada es de primer orden y hace parte de la cuenca del río Chiquito, formado por los ríos Tota y Pesca, que a su vez conforman las aguas que desembocan al río Chicamocha (Ochoa et al., 2006).

La zona de estudio se encuentra ubicada en la parte alta de la quebrada a 50 m aguas abajo del nacimiento. El cauce presenta 2 m de ancho, con poca circulación de agua, presencia de remansos y 50 cm de profundidad promedio. La ribera presenta una densa vegetación que cubre cerca del 90 % del cuerpo de agua. El sustrato en su mayoría es rocoso, con presencia de material alóctono (hojarasca), macrófitas emergentes y raíces en los bordes.

### Muestreo

Se efectuaron dos jornadas de recolectas durante los meses de agosto y septiembre de 2016, en forma sistemática se cubrieron todos los hábitats disponibles (pozas, rápidos, bordes y sustratos presentes como piedras, palizadas, residuos leñosos y vegetales, parches de vegetación, aglomerados de raíces, plantas emergentes, partes sumergidas, macrófitas sumergidas, arena y sedimentos finos), en una longitud aproximada de 50 m aguas abajo del nacimiento. Se hicieron cinco arrastres por hábitat y sustrato con una red-D con 250  $\mu$ m de ojo de malla. El material más pequeño se pasó por un juego de tamices de 500 y 250  $\mu$ m y se complementó el muestreo con búsqueda directa en troncos, hojas y piedras. Todo el material recolectado se preservó en etanol al 96 %.

## Laboratorio

El material se determinó hasta el menor nivel taxonómico posible con ayuda del estereomicroscopio ADVANCED JSZ-6B y las claves disponibles para cada grupo (Mc. Cafferty, 1981; Hubbard, 1982; Merritt y Cummins, 1996; Mc.Cafferty, 1998; Ospina et al., 1999; Thorp y Covich, 2001; Fernández y Domínguez, 2001; Aristizábal, 2002; Silva et al., 2007; Domínguez y Fernández, 2009).

## Análisis de datos

Para evaluar la diversidad de los macroinvertebrados de la quebrada Los Alisos, se utilizaron los índices de diversidad de Shannon - Weaver ( $H'$ ), dominancia de Simpson ( $\lambda$ ) y equitatividad de Pielou ( $J'$ ), calculados según Ludwig y Reynolds (1988) y Moreno (2001). Así mismo, se estimó la abundancia relativa de los grupos encontrados. La determinación de los grupos alimenticios funcionales y rasgos biológicos de los macroinvertebrados encontrados en la quebrada Los Alisos, se basó en información secundaria de varios autores que describen la forma como los organismos obtienen su alimento durante el desarrollo (Tabla 1), teniendo en cuenta la manera de utilizar mecanismos morfológicos y de comportamiento para la obtención y procesamiento del alimento disponible en el medio (Cummins, 1973; Mc.Cafferty, 1981; Merritt y Wallace, 1995; Merritt y Cummins, 1996; Thorp y Covich, 2001; Tomanova et al., 2006; Tomanova y Usseglio-Polattera, 2007; Currea-Dereser y Torres-Zambrano, 2008; Torres-Zambrano et al., 2010; Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014; Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014).

## RESULTADOS

En las muestras analizadas en laboratorio se reconocieron tres filos de invertebrados: Annelida, Arthropoda y Mollusca, en los que se encuentran distribuidas seis clases (Clitellata, Arachnida, Insecta, Malacostraca, Ostracoda y Bivalvia), 11 órdenes, 21 familias, tres subfamilias y 14 géneros distribuidos en 2688 individuos

en los dos muestreos (Tabla 3). La abundancia relativa de los macroinvertebrados mostró que el 20,3 % correspondió al género *Hyalella* (Amphipoda), seguida de las subfamilias Tanypodinae y Chironominae con el 19,6 % y 15,5 % respectivamente (Tabla 3). La menor proporción estuvo representada por los organismos del género *Tipula* y la familia Muscidae con el 0,04 %, seguida por el género *Oxyethira*, la familia Lumbriculidae y el orden Acari con 0,07 %.

Se encontró una mayor riqueza (S) en el segundo muestreo (27 taxones), siete taxones más con respecto a la primera jornada de muestreos. Este patrón se presentó también para la abundancia, la cual fue casi tres veces mayor en el segundo muestreo con relación al primero. El índice de Shannon - Wiener ( $H'$ ) presentó el mayor valor en el primer muestreo en donde se muestra la mayor diversidad, así como el de mayor valor de dominancia según el índice de Simpson ( $\lambda$ ). Según el análisis de equitatividad ( $J'$ ), los datos muestran valores similares en ambos muestreos, lo cual indica que la riqueza de los taxones se distribuyeron de manera similar en los dos muestreos (Tabla 4).

En los organismos de la quebrada Los Alisos se encontraron siete mecanismos de alimentación y 19 rasgos biológicos (Tabla 5), todos propios de los macroinvertebrados de este tipo de sistemas. En el primer caso, el 68,2 % de los grupos corresponde a detritívoros-colectores o consumidores de depósito (C2), seguido del 40,9 % correspondiente a detritívoros-filtradores o consumidores de material en suspensión (C1) y herbívoros-pastoreadores raspadores de superficies orgánicas y minerales (R) respectivamente. En el segundo caso, el 68,2 % de los rasgos biológicos corresponde a caminar o arrastrarse (AR), seguido del 63,6 % a la forma cilíndrica del cuerpo (CIL) y el 54,5 % corresponde a la respiración branquial (BRQ). Los rasgos menos frecuentes se evidenciaron con el 4,5 % para organismos con envoltura en material mineral (MM) y el 9,1 % para la respiración mediante plastrón (PL) y la forma aplanada (AP).

Tabla 3. Clasificación taxonómica, abundancia total y relativa (%) de los macroinvertebrados encontrados en la quebrada Los Alisos (M1: primer muestreo M2: segundo muestreo).

PHYLLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	SUBFAMILIA	GENERO	M1	M2	TOTAL	%		
Annelida	Clitellata	Haplotaxida			<i>Limnodrilus</i>	58	23	81	3,01		
		Lumbriculida					2	2	0,07		
	Arachnida	Acari	Elmidae			<i>Heterelmis</i>		3	3	0,11	
			Coleoptera		Gyrinidae		<i>Gyrinus</i>	39	42	81	3,01
				Scirtidae		<i>Scirtes</i>	1	28	29	1,08	
				Ceratopogonidae			5	38	43	1,60	
					Chironominae			159	259	418	15,55
				Chironomidae	Orthoclaadiinae			2	68	70	2,60
					Tanypodinae			147	380	527	19,61
				Diptera	Culicidae			14	23	37	1,38
Arthropoda	Insecta			Dixidae		<i>Dixella</i>	9	285	294	10,94	
				Muscidae				1	1	0,04	
				Tipulidae		<i>Tipula</i>		1	1	0,04	
						<i>Limonia</i>		9	9	0,33	
		Ephemeroptera		Baetidae			11	33	44	1,64	
				Corixidae			6	6	12	0,45	
		Hemiptera		Gerridae		<i>Eurygerris</i>	10	91	101	3,76	
				Aeshnidae			15	24	39	1,45	
		Odonata		Coenagrionidae			27	29	56	2,08	
				Libellulidae			41	2	43	1,60	
				Helicopsychidae		<i>Helicopsyche</i>	8	2	10	0,37	
		Trichoptera		Hydroptilidae		<i>Oxyethira</i>		2	2	0,07	
			Polycentropodidae		<i>Polycentropus</i>	4	25	29	1,08		
	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae		<i>Hyalella</i>	73	474	547	20,35		
	Ostracoda					37	67	104	3,87		
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Pisidiidae		<i>Pisidium</i>	23	80	103	3,83		
<b>TOTAL</b>						<b>689</b>	<b>1999</b>	<b>2688</b>			



Tabla 4. Índices ecológicos estimados para los macroinvertebrados encontrados en la quebrada Los Alisos: riqueza (taxa - S), diversidad (Simpson -  $\lambda$ ), dominancia (Shannon-Weiner -  $H'$ ), equitatividad de Pielou -  $J'$  y número de individuos (n); (M1: primer muestreo M2: segundo muestreo).

Índice	M1	M2
Taxa (S)	20	27
Individuos (n)	689	1999
Simpson ( $\lambda$ )	0,8688	0,8625
Shannon ( $H'$ )	2,374	2,347
Equitatividad ( $J'$ )	0,7924	0,7122

Tabla 5. Aspectos funcionales de los macroinvertebrados encontrados en la quebrada Los Alisos (mecanismo de alimentación y rasgos biológicos).

GRUPO TAXONÓMICO	MECANISMO DE ALIMENTACIÓN (Ref. tabla 1)	RASGOS BIOLÓGICOS (Ref. tabla 2)
Haplotoxida	C1,C2	RC, CIL, EdB
Lumbriculidae	C2	RC, CIL, EsB
Acari	P1,P2	RC, EST, ESF
Elmidae	T2,C2,R	BRQ, PL, HD, CIL, GT, AR
Gyrinidae	P1,P2	BRQ, PL, HD, ESF, GA, GT, VOL, NS, NG, AR
Scirtidae	T1,T2,C1,C2,R	BRQ, HD, ESF, GA, GT, NS, NG, AR
Ceratopogonidae	C2,P1,P2	BRQ, CIL, NA, AR, EsB
Chironomidae	P1,P2,C1,C2,R	BRQ, CIL, GS, GT, NA, NG, AR, EsB, EdB, TA
Culicidae	C1	BRQ, CIL, NA, NG
Dixidae	C2	EST, CIL, NA, NS, NG, AR, TA
Muscidae	P2	CIL, GS, GA, NA, AR, TA
Tipulidae	C2	RC, BRQ, EST, CIL, NA, AR, EsB

Continuación Tabla 5.

GRUPO TAXONÓMICO	MECANISMO DE ALIMENTACIÓN (Ref. tabla 1)	RASGOS BIOLÓGICOS (Ref. tabla 2)
Baetidae	C2,R	BRQ, HD, CIL, GT, NG, AR
Corixidae	C2,T1,T2,R,P1	PL, EST, CIL, ESF, GT, VOL, NG
Gerridae	P2	PL, HD, CIL, GT, VOL, NS,
Odonata	P1	BRQ, AP, CIL, GT, AR, EsB
Helicopsychidae	R	ESF, GS, MM, GA, GT, AR, EsB
Hydroptilidae	T1,C2,R	BRQ, AP, CIL, GA, GT, AR, TA
Polycentropodidae	C1, C2	RC, CIL, GS, GA, GT, AR, TA
Hyaellidae	C1,C2,P1	BRQ, HD, GA, GT, AR
Ostracoda	C1,C2,R	BRQ, HD, ESF, NA, AR, EsB, EdB
Pisidiidae	C1,C2,R	BRQ, HD, ESF, NA, AR, EsB, EdB

## DISCUSIÓN

Los resultados mostraron que la composición de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada Los Alisos, corresponde a organismos propios de sistemas de corrientes andinos colombianos, ya que sus características generales son de bajo orden, posee corredores ribereños de bosque secundario y no son afectadas por problemas de contaminación directa (Posada et al., 2000; Castellanos y Serrato, 2008; Chará-Serna et al., 2010). El grupo más abundante pertenece al orden Amphipoda, coincidiendo con lo registrado por Castellano y Serrato (2008), para ecosistemas de cabeceras y nacimientos de ríos y quebradas andinas, el cual está asociado a zonas donde se acumula material vegetal.



Tabla 6. Frecuencia (%) de los mecanismos de alimentación y rasgos biológicos propios de los macroinvertebrados presentes en la quebrada Los Alisos.

MECANISMO DE ALIMENTACIÓN (Ref. tabla 1)		
Ítem	CANTIDAD	%
C1	9	40,9
C2	15	68,2
P1	7	31,8
P2	6	27,3
T1	3	13,6
T2	3	13,6
R	9	40,9

  

RASGOS BIOLÓGICOS (Ref. tabla 2)		
Ítem	CANTIDAD	%
RC	4	18,2
CIL	14	63,6
EdB	3	13,6
EsB	7	31,8
EST	4	18,2
ESF	7	31,8
BRQ	12	54,5
PL	2	9,1
HD	8	36,4
GT	12	54,5
AR	15	68,2
GA	7	31,8
VOL	3	13,6
NS	3	13,6
NG	4	18,2
TA	5	22,7
AP	2	9,1
GS	4	18,2
MM	1	4,5

Con la composición de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada Los Alisos, se detectaron en forma preliminar las características ecológicas que puede tener el sistema ya que el mecanismo de alimentación y los rasgos biológicos advierten la presencia de diversos sustratos en el medio acuático. Tal es el caso de los organismos agrupados como colectores siendo los más frecuentes en esta quebrada coincidiendo con Meza-S et al. (2012) que reportan el grupo colector como el dominante en sistemas tropicales; asimismo, la presencia de los colectores sugiere que en el sistema predomina la materia orgánica particulada fina, condición documentada en otros estudios como el ítem

alimentario más frecuente (Beltrán-Tolosa, 2003; Currea-Dereser, 2006; Rueda-Delgado et al., 2006; Tomanova et al., 2006; Chará-Serna et al., 2010; Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014). No obstante, el grupo de los raspadores tiene gran importancia en la composición de los macroinvertebrados ya que representa el 40,9 %, resultado que está relacionado con la presencia significativa de perifiton en la quebrada. De igual manera, el grupo predador con frecuencias entre 31,8 % y 18,2 %, establece una trama trófica compleja en la quebrada.

Según la bibliografía consultada la mayoría de los grupos taxonómicos presentarían más de una forma de alimentación, condición registrada como formas de adaptación a las condiciones del medio y oferta de alimento como en el caso de las familias Scirtidae, Chironomidae y Corixidae con cinco posibles mecanismos de alimentación. Asimismo, las partes bucales y estructuras accesorias en las patas son utilizadas por los organismos para capturar, manipular y consumir los recursos alimenticios (Cummins, 1995; Beltrán-Tolosa, 2003; Currea-Dereser, 2006; Rueda-Delgado et al., 2006; Tomanova et al., 2006; Currea-Dereser y Torres-Zambrano, 2008; Torres-Zambrano et al., 2010; Chará-Serna et al., 2010; Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014; Ramírez y Gutiérrez-Fonseca, 2014).

Por otro lado, los macroinvertebrados acuáticos encontrados en la quebrada Los Alisos, mostraron rasgos biológicos adaptados a las condiciones del hábitat como es el caso de su respiración branquial (54,5 %), que se presenta en 12 de los 22 grupos taxonómicos registrados. La mayoría de los taxones (54,5 %) presentaron ganchos tarsales (GT), que pueden ser usados eventualmente como una forma de resistencia al contraflujo para evitar ser arrastrados aguas abajo e incluso para trepar o aferrarse a las parejas en la cópula (Domínguez y Fernández, 2009). La mayoría de los organismos (68,2 %), caminan o se arrastran (AR) en la variedad de sustratos presentes en la quebrada como piedras, residuos leñosos y vegetales (hojarasca), parches de vegetación, aglomerados de raíces, plantas emergentes, partes sumergidas, macrófitas, entre otros, en donde 15 de los 22 grupos taxonómicos presentan esta condición.

Los grupos taxonómicos encontrados en la quebrada Los Alisos mostraron hasta 10 rasgos biológicos, como es el caso de la familia Gyridae. Estos rasgos les permiten adaptarse a diversas condiciones que presenta el medio, ofreciendo la posibilidad de refugiarse y desarrollarse

con facilidad. Sin embargo, los organismos de los órdenes Haplotaxida, Lumbriculida, Acari y la familia Culicidae, mostraron tres rasgos biológicos, lo cual los limita a condiciones específicas de hábitat, como por ejemplo excavar dentro del bentos.

La riqueza de macroinvertebrados en la quebrada Los Alisos es relativamente alta de acuerdo con el índice (27 en total), datos comparables con lo registrado en cuerpos de agua ubicados a una altitud similar y con condiciones ambientales muy parecidas como sistemas corrientes de aguas frías y poco intervenidas (Meza-S et al., 2012). Los índices de diversidad y dominancia fueron levemente superiores en el primer muestreo, debido a la ponderación de la alta abundancia de la familia Chironomidae que es significativamente mayor a los otros grupos taxonómicos. Sin embargo, la riqueza presentó una situación contraria, donde en el segundo muestreo registró mayores valores que el primero. No obstante, la equitatividad evidencia que la abundancia de estos taxones estuvo distribuida de manera similar.

## CONCLUSIONES

En la quebrada Los Alisos se encontraron grupos como Amphipoda y Diptera siendo los más abundantes; Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemiptera y Trichoptera entre otros órdenes también registrados en sistemas andinos similares. Estos grupos taxonómicos presentan diferentes mecanismos de alimentación como detritívoros - colectores o consumidores de depósito (C2), detritívoros-filtradores o consumidores de material en suspensión (C1) y herbívoros-pastoreadores raspadores de superficies orgánicas y minerales (R) entre los más frecuentes.

Los organismos encontrados en la quebrada Los Alisos poseen rasgos biológicos como caminar ó arrastrarse en los sustratos, forma de respiración branquial, forma del cuerpo cilíndrica y adhesión al sustrato, definidas como las adaptaciones que presentan los macroinvertebrados para establecerse en el sistema. La flexibilidad de las historias de vida y movilidad que muestran las características de los grupos taxonómicos encontrados pueden influenciar la forma como obtienen su alimento (Tomanova et al., 2006; Tomanova y Usseglio-Polatera, 2007).

La quebrada Los Alisos presenta diferentes sustratos que permiten el establecimiento (refugio) y desarrollo (alimento) de macroinvertebrados acuáticos, que a su vez indican características propias de sistemas acuáticos

andinos como presencia de materia orgánica particulada fina (MOPF), que proviene de la materia orgánica particulada gruesa (MOPG) como la hojarasca (Allan y Castillo, 2007; Guzmán-Soto y Tamaris-Turizo, 2014).

## AGRADECIMIENTOS

A nuestra madre (Q.E.P.D.) que siempre nos incentivó la curiosidad, a nuestro padre por apoyar todos nuestros proyectos. A Cesar Tamaris por su continua colaboración en desarrollo de éste estudio. Al grupo de investigación en Limnología Amazónica de la Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia por su apoyo institucional; a los evaluadores del presente manuscrito por sus valiosos aportes.

## BIBLIOGRAFÍA

Allan, J.D. y Castillo, M.M. 2007. Detrital energy sources. En: Allan, J. y Castillo, M.M., Editores. *Stream ecology structure and function of running waters*. Springer Dordrecht, Netherlands.

Aristizábal, H. 2002. *Los hemípteros de la película superficial del agua en Colombia: Parte 1 - Familia Gerridae*. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales. No. 20. Bogotá, Colombia.

Beltrán-Tolosa, L.M. 2003. Estudio de la comunidad de macroinvertebrados y hongos asociados al proceso de descomposición acuática de hojas en igarapés amazónicos. Tesis de pregrado, Universidad de los Andes, Bogotá, Colombia.

Castellanos, P.M. y Serrato, C. 2008. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. *Revista de la Academia Colombiana de ciencias exactas, físicas y naturales* 32(122): 78–86.

Chará-Serna, A., Chará, J.D., Zúñiga M. del C., Pedraza, G. y Giraldo, L.P. 2010. Clasificación trófica de insectos acuáticos en ocho quebradas protegidas de la ecorregión cafetera colombiana. *Universitas Scientiarum* 15(1): 27–36.

Cole, G.A. 1988. *Manual de limnología*. Editorial Hemisferio Sur S.A., Buenos Aires, Argentina.

Cummins, K.M. 1973. Trophic relations of aquatic insects. *Annual Review of Entomology* 18: 183–203.

- Cummins, K.W., Wilzbach, M.A., Gates, D.M. Perry, J.B. y Taliaferro, W.B. 1989. Shredders and riparian vegetation. Leaf litter that falls in to streams influences communities of streams invertebrates. *BioScience* 39(1): 24–30.
- Cummins, K.W. 1995. Invertebrates. En: Calow, P. y Petts, G.E., Editores. *The Rivers Handbook*. Blackwell Scientific, Oxford.
- Currea-Dereser, A. 2006. Degradación de hojarasca en un Igarapé (Leticia –Amazonas, Colombia): la acción de grupos funcionales de insectos acuáticos. Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia.
- Currea-Dereser, A. y Torres-Zambrano, N. 2008. Grupos funcionales de macroinvertebrados asociados a material vegetal en dos arroyos amazónicos. En: Buitrago, A.I. y Jiménez, E.M., Editores. *Gente, tierra y agua en la Amazonia. Imanimundo 3*. Universidad Nacional de Colombia – Sede Amazonia, Instituto Amazónico de Investigaciones, Leticia.
- Domínguez, E. y Fernández, H.R. 2009. *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina.
- Esteves, F. de A. 1988. *Fundamentos de limnología*. Interciencia - FINEP, Rio de Janeiro, Brasil.
- Fernández, H.R. y Domínguez, E. 2001. *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto Miguel Lillo, San Miguel de Tucumán, Tucumán, Argentina.
- Guzmán-Soto, C.J. y Tamaris-Turizo, C.E. 2014. Hábitos alimentarios de individuos inmaduros de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera en la parte media de un río tropical de montaña. *Revista de Biología Tropical* 62(2): 169–178.
- Hubbard, M.D. 1982. Catálogo abreviado de Ephemeroptera da América Do Sul. *Papéis Avulsos Zoologia* 34(24): 257–282.
- Junk, W.J., Bayley, P.B. y Sparks, R. 1989. The flood pulse concept in river-floodplain systems. En: Dodge, D.P., Editor. *Proceeding of the international large river symposium*. *Canadian Special Publication of Fisheries and Aquatic Sciences* 106: 110–127.
- Ludwig, J.A. y Reynolds, J.F. 1988. *Statistical Ecology. A primer on methods and computing*. John Wiley and Sons, New York.
- Mc.Cafferty, W.P. 1981. *Aquatic Entomology*. Science Books International, Boston, Massachusetts.
- Mc.Cafferty, W.P. 1998. *Aquatic Entomology: The Fishermen's and Ecologists' Illustrated Guide to Insects and Their Relatives*. Jones and Bartlett Publishers, Inc. Sudbury, Massachusetts.
- Merritt, R.W. y Cummins, K.W. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Third Edition. Editorial Kendall/Hunt publishing company, Iowa.
- Merritt, R.W. y Wallace, B. 1995. Insectos Filtradores. En: *Investigación y Ciencia –El Mundo de los Insectos*. Prensa Científica S. A. Barcelona, España.
- Meza-S., A.M., Rubio-M.J., Dias, L. y Walteros, J. 2012. Calidad de Agua y Composición de Macroinvertebrados Acuáticos en la Subcuenca Alta del Río Chinchiná. *Caldasia* 34(2): 443–456.
- Morales, S.J. 2012. Fertilización Controlada Sobre la Productividad Primaria del Biofilm y la Biomasa de un Herbívoro (Ephemeroptera) en un río de Alta Montaña (Río Tota, Boyacá-Colombia). Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Colombia Facultad de Ciencias, Departamento de Biología, Bogotá, Colombia.
- Moreno, C.E. 2001. *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T-Manuales y Tesis SEA, Zaragoza.
- Ochoa, A.E., Osorio, L.C. y Ramírez, F. 2006. Plan de ordenación y manejo ambiental de la cuenca alta del río Chicamocha. CORPOBOYACÁ, Universidad Nacional De Colombia – Sede Bogotá y Universidad Pedagógica y Tecnológica de Colombia, Tunja.
- Ospina, T.R., Riss, W. y Ruiz, J.L. 1999. Guía para la identificación genérica de larvas de quironómidos (Diptera: Chironomidae) de la Sabana de Bogotá. En: Amat, G.M., Andrade-C., G. y Fernández, F., Editores. *Insectos de Colombia*. Vol. II. Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, Bogotá.
- Posada, J.A., Roldán, G. y Ramírez, J.J. 2000. Caracterización físicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical* 48(1): 59–70.

- Ramírez, A. y Gutiérrez-Fonseca, P.E. 2014. Functional feeding groups of aquatic insect families in Latin America: a critical analysis and review of existing literature. *Revista de Biología Tropical* 62(Sup.2): 155-167.
- Roldán, G. 1992. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia.
- Rueda-Delgado, G., Wantzen, K.M. y Beltrán-Tolosa, M. 2006. Leaf-litter decomposition in an Amazonian floodplain stream: effects of seasonal hydrological changes. *Journal of North American Benthological Society* 25(1): 231-247.
- Rupert, E. y Barnes, R. 1996. *Zoología de los Invertebrados*. Sexta edición. McGraw - Hill Interamericana, México.
- Silva, M.I., Nessimian, J.L. y Ferreira-Junior, N. 2007. Chaves para identificação dos gêneros de Elmidae (Coleoptera) ocorrentes no Estado do Rio de Janeiro, Brasil. *Revista Brasileira de Entomologia* 51(1): 42-53.
- Tomanova, S., Goitia, E. y Helešic, J. 2006. Trophic levels and functional feeding groups of macroinvertebrates in neotropical streams. *Hydrobiologia* 556: 251-264.
- Tomanova, S. y Usseglio-Polatera, P. 2007. Patterns of benthic community traits in neotropical streams: relationship to mesoscale spatial variability. *Fundamental and Applied Limnology* 170(3): 243-255.
- Torres-Zambrano, N.N., Duque, S.R. y Domínguez, E. 2010. Macroinvertebrados y sus grupos alimentarios en la planta carnívora *Utricularia foliosa* -Lentibulariaceae (Quebrada Yahuaraca- Amazonia colombiana). En: Tobón, M.A. y Duque, S.R., Editores. *Remando a Varias Manos: Investigaciones desde la Amazonia. Imanimundo IV*. Universidad Nacional de Colombia - Sede Amazonia, Instituto Amazónico de Investigaciones, Leticia.
- Thorp, J. y Covich, A. 2001. *Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates*. Second edition, Academic Press, United States of América.

**Fecha de recepción:** 20/09/2016

**Fecha de aceptación:** 26/10/2016

**Para citar este artículo:** Torres-Zambrano, N.N. y Torres-Zambrano, D.R. 2016. Macroinvertebrados acuáticos de la quebrada Los Alisos, Firavitoba - Boyacá. *Revista Intropica* Vol. 11: 47 - 56

