

# DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN UN NACIMIENTO DE RÍO EN EL PÁRAMO DE SANTURBÁN, NORTE DE SANTANDER

Por

Pablo Manuel Castellanos<sup>1</sup> & Clemencia Serrato<sup>2</sup>

## Resumen

**Castellanos, P. M. & C. Serrato:** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. Rev. Acad. Colomb. Cienc. **32**(122): 79-86, 2008. ISSN 0370-3908.

Entre septiembre del 2005 y febrero del 2006, se realizó un estudio para determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río ubicado en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander. La comunidad de macroinvertebrados encontrada estuvo conformada por 63 taxones, pertenecientes a 30 familias y 12 órdenes, siendo el Orden Diptera el más diverso. La estación 3 presentó la mayor riqueza y abundancia de organismos. Los taxones colectados más abundantes fueron el microcrustaceo *Hyaella* sp. y el Ephemeroptera *Prebaetodes* sp. En general, el nacimiento presentó una diversidad biológica moderada y una dominancia baja. Adicionalmente, los valores de similitud indicaron una alta variabilidad en la composición de especies entre estaciones.

**Palabras clave:** macroinvertebrados acuáticos, diversidad, nacimientos y cabeceras de río.

## Abstract

From September 2005 to February 2006, we carried out a study to determine the diversity of aquatic macroinvertebrates in a headwater stream in the Moorland of Santurbán, Norte de Santander. Macroinvertebrate community consisted of 63 taxa, 30 families and 12 orders, being the order Diptera the most diverse. The station 3 presented the biggest richness and abundance. The most abundant taxa were the Amphipoda *Hyaella* sp. and the Ephemeroptera *Prebaetodes* sp. In general, the stream showed a moderate diversity and a low dominance. Additionally, the range of similarity values suggests a high variability in species composition between stations.

**Key words:** aquatic macroinvertebrates, diversity, headwater streams and springs.

<sup>1</sup> Universidad Industrial de Santander. Bucaramanga Colombia. pablouis@gmail.com

<sup>2</sup> Universidad de la Amazonía, Programa de Biología. Florencia, Caquetá.

## Introducción

El páramo es un ecosistema que se caracteriza por su gran capacidad para captar y almacenar agua, aportando al país buena parte del agua potable, debido a que muchos de los ríos tienen sus cabeceras y nacimientos en ellos (Rangel, 2000). Estos nacimientos son importantes para el funcionamiento de los sistemas de rivera y presentan la mayoría de las propiedades estructurales y funcionales de los sistemas lóticos de mayor orden (Grubaugh *et al.*, 1997). Sin embargo, han sido considerados menos complejos y han sido poco estudiados, lo que genera que reciban poca protección especialmente de las actividades de manejo y uso de tierra (Benda *et al.*, 2005).

En la región del Nudo de Santurbán, se localizan numerosos nacimientos de agua que posteriormente surten a los principales ríos del Norte de Santander como el Zulia, Pamplonita y Sardinata; en esta región la reducción de cobertura vegetal original se ha acelerado por la intervención antrópica, lo cual puede afectar en alto grado los cuerpos de agua que nacen allí, perturbando las comunidades que en ellos se desarrollan.

Entre las comunidades que habitan estos sistemas se encuentran los macroinvertebrados acuáticos, que comprenden una gran parte de la diversidad biológica, siendo con frecuencia el principal componente animal de los sistemas lóticos (Esteves, 1988). Estos organismos juegan un papel importante en la red trófica de sistemas dulceacuícolas controlando la cantidad y distribución de sus presas y constituyendo una fuente alimenticia para consumidores terrestres y acuáticos (Wade *et al.*, 1989), e igualmente, al acelerar la descomposición de detritos (Wallace & Webster, 1996) y contribuir al reciclaje de nutrientes (Wallace *et al.*, 1997). El conocimiento de la actividad biológica de estos organismos permite entender la dinámica del sistema que habitan y los estudios basados en su taxonomía y distribución, proveen información importante para comprender la ecología y el papel que desempeñan en el medio. Pero a pesar de su importancia, la información disponible de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el país es aun insuficiente (Roldan, 2001) siendo aun mas escasa la información publicada respecto a su dinámica en cabeceras y nacimientos de ríos. La mayoría de estudios se han desarrollado en sistemas de mayor orden en los departamentos del Antioquia (Posada *et al.*, 2000) y Valle del Cauca (Zúñiga *et al.*, 1994; Caicedo & Palacios, 1998), y en la Sabana de Bogotá (Riss *et al.*, 2002) y Gutiérrez *et al.*, 2002; 2006).

A pesar de todos los avances en Colombia, hasta el momento no existen reportes sobre la biota acuática pre-

sente en la zona del Páramo de Santurbán. El propósito de esta investigación fue determinar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río, en el Páramo de Santurbán, y sentar bases para futuros estudios en taxonomía, ecología dinámica poblacional y control de la calidad del agua en la zona de estudio.

## Materiales y Métodos

### Área de estudio

El nacimiento objeto de estudio, que se denominará en adelante "El Mortiño", es afluente de la Quebrada la Plata y se localiza en la Vereda el Aventino, perteneciente al Municipio de Mutiscua, en la región del Nudo de Santurbán, Departamento del Norte de Santander. Presenta una longitud aproximada de 850 m desde su nacimiento hasta la desembocadura en la quebrada. El nacimiento El Mortiño se encuentra en la franja de subpáramo o páramo bajo, atmosféricamente húmedo. Su parte alta se ubica a los 7°15'42" N y 72°46'29" O a 3306 m.s.n.m. y desemboca en la Quebrada La Plata a los 7°16'00" N y 72°46'37" O a una altitud de 3120 m.s.n.m. La región del Nudo de Santurbán presenta un ciclo hidrológico unimodal, con una precipitación media anual de 1290.7 mms, con un periodo de baja precipitación que comprende los meses de diciembre a marzo, y un periodo de alta precipitación comprendido entre abril y noviembre (Rangel, 2000). El uso del suelo en el sector es principalmente agrícola y presenta una escasa superficie forestal.

### Muestreo y análisis

Se realizaron cinco salidas de campo, entre septiembre del 2005 y febrero del 2006, teniendo en cuenta que los muestreos comprendiesen parte de la temporada de alta y baja precipitación. Basados en el gradiente altitudinal, se ubicaron tres estaciones distribuidas a lo largo del cuerpo de agua, en la parte alta, media y en la desembocadura. Con el fin de describir el hábitat, en cada estación se registraron *in situ* los parámetros de temperatura, pH, y conductividad, empleando una sonda multiparámetro portátil marca Eijkelkamp, y el oxígeno disuelto se registró mediante un oxímetro marca YSI.

En cada estación se marcó un transecto de 10 metros en donde se colectaron 9 muestras de macroinvertebrados tomadas al azar, empleando una red Surber de 30 x 30 cm; abarcando 1m<sup>2</sup> por estación. Los individuos colectados fueron depositados en frascos plásticos debidamente rotulados, con alcohol al 70% para su preservación.

Los macroinvertebrados fueron transportados al Laboratorio de Limnología de la Universidad Industrial de Santander, UIS, donde se separaron empleando un microscopio estereoscópico marca Zeiss y se identificaron hasta el mínimo nivel taxonómico con la ayuda de las claves de **McCafferty**, (1981); **Roldán**, (1988); **Machado**, (1989); **Pennak**, (1989); **Merritt & Cummins** (1996); **Muñoz-Quesada** (1997); **Domínguez & Fernández**, (2001); y **Posada & Roldán**, (2003). Para la identificación de los quironómidos se siguió la metodología descrita por **Epler** (2001).

Para describir la comunidad en los diferentes puntos de muestreo se emplearon los parámetros biológicos de riqueza de especies, diversidad biológica de Shannon – Wiener ( $H'$ ) y dominancia de Simpsom (D). Finalmente, con el objetivo de comparar el grado de similitud entre las estaciones se empleó el coeficiente de Jaccard (J) y se realizó un dendrograma de disimilitud como método de representación gráfica, empleando el algoritmo UPGMA.

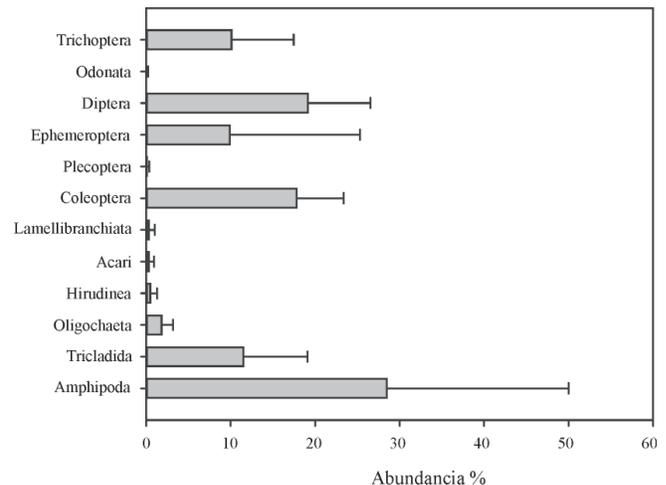
## Resultados

Los rangos de las variables fisicoquímicas se presentan en la Tabla 1. El valor mínimo de temperatura del agua fue 10.6°C y ocurrió durante de febrero del 2006 en la estación 1, mientras el valor máximo registrado, 17.8°C, se presentó durante el mes de noviembre en la estación 3. La concentración de oxígeno disuelto mínima, 4.0 mg/l, fue registrada para la estación 1 en el mes de septiembre del 2005 y la concentración máxima de oxígeno disuelto, 7.1 mg/l, se presentó en la estación 3 durante de enero del 2006. El pH varió de 6.1 unidades en la estación 1 en octubre del 2005 a 7.7 en la estación 2 en febrero del 2006. La conductividad varió de 14.2  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la estación 3 en noviembre del 2005 a 45.7  $\mu\text{S}/\text{cm}$  en la estación 2 en febrero del 2006.

El listado general de taxones registrado en toda el área de estudio se presenta en la Tabla 2. Un total de 4845 individuos de macroinvertebrados acuáticos fueron colectados, pertenecientes a 63 taxones de 30 familias y 12 órdenes.

El orden más diverso fue Díptera con 32 morfoespecies, alcanzando una representatividad del 50.8% de los taxones. En la Figura 1, se muestra la contribución porcentual de cada orden. El Orden Amphipoda presentó la mayor abundancia con 1068 individuos, y entre los artrópodos el Orden Diptera fue el más abundante con 990 individuos. Los valores de los parámetros de diversidad alfa son presentados en la Tabla 3. El promedio de la riqueza de especies en cada estación durante los cinco muestreos varió de 11 en la estación 3 en Octubre del 2005 a 30 en la estación 3 en enero del 2006. En general, el número de taxones fue menor en la estación uno, presentando poca diferencia con relación a la estación 2, y fue considerablemente mayor en la estación 3. La variabilidad de la riqueza específica en la cuenca, muestra que los valores más altos se encuentran en el sector ubicado en la desembocadura. En las estaciones de la parte alta y media estos valores son menores, variando de 11 a 20 especies (Tabla 3).

El promedio de individuos de los cinco muestreos en cada estación varió de 174 en la estación 2 en septiembre del 2005 a 627 en la estación 3 en febrero del 2006. La estación que presentó mayor abundancia de individuos



**Figura 1.** Abundancia porcentual de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos hallados durante todo el estudio.

**Tabla 1.** Rangos de las variables fisicoquímicas.

Parámetro	Septiembre	Octubre	Noviembre	Enero	Febrero
Temperatura del agua (°C)	12.0 - 12.5	15.2 - 16.7	15.7 - 18.3	11.2 - 13.1	10.6 - 16.5
Oxígeno disuelto (mg/l)	4.0 - 7.0	4.9 - 7.0	5.1 - 7.0	5.8 - 7.1	5.1 - 6.6
pH (unidades)	6.5 - 6.7	6.1 - 6.6	6.6 - 7.9	6.2 - 6.9	7.1 - 7.7
Conductividad ( $\mu\text{S}/\text{cm}$ )	21.8 - 39.3	19.5 - 43.6	14.2 - 41.9	24.0 - 32.2	26.5 - 45.7

**Tabla 2.** Macroinvertebrados acuáticos encontrados en el Nacimiento el Mortiño durante todo el estudio.

Orden	Familia	Género	
Tricladida	Planariidae	Planariidae	
Oligochaeta	Haplotaxidae	Haplotaxidae	
Hirudinea	Glossiphoniidae	Glossiphoniidae	
Lamellibranchiata	Sphaeridae	Sphaeridae	
Acari	Hydrachnidia	Hydrachnidia	
Amphipoda	Hyalidae	<i>Hyalella</i> sp.	
Coleoptera	Scirtidae	<i>Prionocyphon</i> sp.	
	Elmidae	<i>Heterelmis</i> sp. (l)	
		<i>Heterelmis</i> sp. (a)	
		<i>Stenelmis</i> sp.	
		<i>Microcylloepus</i> sp.	
		<i>Pseudodisersus</i> sp.	
	Lutrochidae	<i>Lutrochus</i> sp.	
Ptylodactilidae	<i>Anchytarsus</i> sp.		
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i> sp.	
Ephemeroptera	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i> sp.	
		<i>Tricorythodes</i> sp.	
	Baetidae	<i>Prebaetodes</i> sp.	
		<i>Baetodes</i> sp.	
		<i>Andesiops</i> sp.	
Diptera	Tipulidae	<i>Tipula</i> sp.1	
		<i>Tipula</i> sp.2	
		<i>Limonia</i> sp.	
		<i>Molophilus</i> sp.	
		<i>Hexatoma</i> sp.	
	Psychodidae	<i>Maruina</i> sp.	
		<i>Pericoma</i> sp.	
	Simulidae	<i>Simulium</i> sp.	
	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i> sp.1	
		<i>Atrichopogon</i> sp.2	
		<i>Alluaudomya</i> sp.	
	Tabanidae	<i>Haematopota</i> sp.	
	Empididae	<i>Chelifera</i> sp.	
	Chironomidae	Sbf. Chironominae	<i>Polypeditum</i> sp.
			<i>Endochironomus</i> sp.
Tanytarsini		Gen 1 pc	
		<i>Tanytarsus</i> s.p	
Sbf. Orthoclaadiinae	<i>Thienemanniella</i> s.p		

Continuación tabla 2.

	Chironomidae		<i>Lopescladius</i> s.p
			<i>Orthocladius</i> sp.1
			<i>Orthocladius</i> s.p.2
			<i>Orthocladius</i> s.p.3
			<i>Orthocladius</i> s.p.4
			<i>Orthocladius</i> s.p.5
			<i>Parametrioecnemus</i> s.p
			<i>Nanocladius</i> s.p p.c
			<i>Apsecrotanypus</i> s.p
		Sbf. Tanypodinae	<i>Apsecrotanypus</i> s.p
			<i>Krenopelopia</i> s.p
		Sbf. Podonominae	<i>Boreochlus</i> s.p p.c
			<i>Paraboreochlus</i> s.p p.c
	Blephariceridae	<i>Paltostoma</i> sp.	
Odonata	Aeshnidae	<i>Aeshna</i> sp.	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i> sp.	
	Odontoceridae	<i>Marilia</i> sp.	
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i> sp.	
	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i> sp.	
	Hydroptilidae	<i>Hydroptila</i> sp.	
	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i> sp.1	
		<i>Nectopsyche</i> sp.2	
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i> sp.	
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i> sp.	
<i>Cymellus</i> sp.			

fue la estación ubicada en la desembocadura. En las estaciones 1 y 2 abundaron los organismos tipo desmenuzador, mientras que en la estación 3 abundaron los colectores. Los taxones más abundantes fueron el Amphipoda *Hyaella* sp. en las estaciones 1 y 2, y el efemeróptero *Prebaetodes* sp. en la estación 3 (Figura 2). Otros taxones comunes incluyen *Pryonociphon* sp., Plannaridae, en las estaciones 1 y 2; y el élmido *Heterelmis* sp. en la estación 3.

El índice de diversidad biológica de Shannon-Weiner ( $H'$ ) durante todo el estudio presentó un promedio de 2.14 bits/individuo con una desviación estándar de 0.51 y un coeficiente de variación (C.V) de 23.9%. El promedio de la diversidad de Shannon-Weiner ( $H'$ ) de las cinco replicas para cada estación vario de 1.50 bits/individuo en la estación 1 en septiembre del 2005, a 3.01 bits/individuo en la estación 3 en octubre del 2005 (Tabla 3). La dominancia varió de 0.07 bits/individuo en octubre del 2005 en la esta-

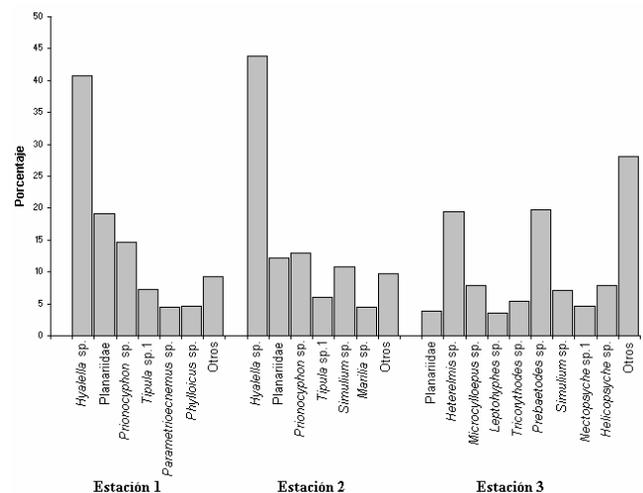


Figura 2. Abundancia relativa de los taxones de macroinvertebrados reportados para cada una de las estaciones de muestreo.

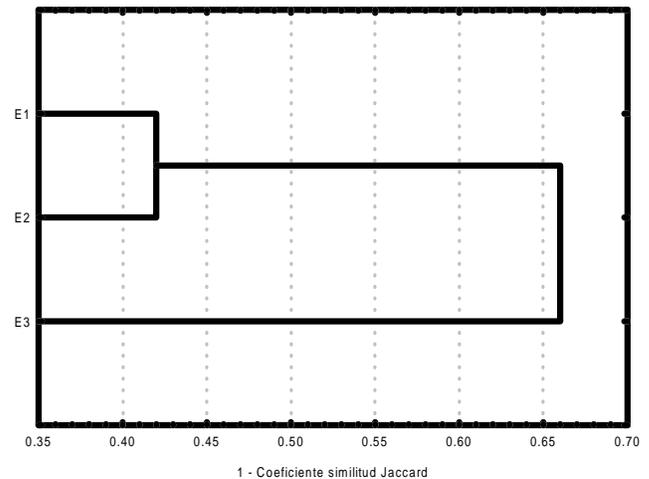
**Tabla 3.** Número de taxones (s), individuos (n), diversidad (H') y dominancia ( $\lambda$ ) de macroinvertebrados acuáticos.

Fecha	Variable	Estación		
		1	2	3
Sep-05	s	15	14	31
	n	276	174	322
	H'	1.50	1.73	2.63
	$\lambda$	0.37	0.32	0.13
Oct-06	s	16	11	32
	n	260	228	318
	H'	1.84	1.77	3.01
	$\lambda$	0.22	0.24	0.07
Nov-05	s	19	16	36
	n	315	290	559
	H'	1.99	1.80	2.81
	$\lambda$	0.19	0.25	0.08
Ene-06	s	13	14	36
	n	195	256	530
	H'	2.01	1.79	2.88
	$\lambda$	0.18	0.21	0.09
Feb-06	s	15	20	30
	n	227	267	627
	H'	1.73	1.89	2.74
	$\lambda$	0.26	0.26	0.09

ción 3, a 0.37 bits/individuo en la estación 1, en septiembre del 2005, y su promedio durante todo el estudio fue de 0.20 bits/individuo con una desviación estándar de 0.09 y un C.V de 45.9%. Los valores de similitud son mostrados en la Tabla 4. La mayor similitud se presentó entre las estaciones 1 y 2; y el menor valor fue entre las estaciones 1 y 3. En la Figura 3 se muestra el dendograma de disimilitud obtenido para las estaciones de muestreo.

### Discusión

Los 63 taxones de macroinvertebrados acuáticos encontrados en el nacimiento El Mortiño, muestran que este pequeño cuerpo de agua presenta una alta riqueza. en cuerpos de agua ubicados a una altitud similar como la Quebrada El Salado, el Río Vetás, en la subcuenca del Río Suratá; y la microcuenca del Río Jordán, en el Páramo de Berlín, **Gavilán et al.**, (2000) reportaron riquezas de 20, 13 y



**Figura 3.** Dendrograma de disimilitud entre las estaciones de muestreo.

**Tabla 4.** Coeficiente de similitud (J) para las parejas de estaciones.

Estación	1	2	3
1	–	–	–
2	0.58	–	–
3	0.30	0.38	–

26 morfoespecies respectivamente. Los organismos colectados en el nacimiento El Mortiño son típicos de sistemas lóticos de aguas frías y poco intervenidos antrópicamente. Según **Roldán** (1992), en este tipo de ecosistemas es usual hallar representantes de los órdenes Trichoptera y Ephemeroptera. La presencia de los invertebrados encontrados denota buenas condiciones en la calidad del agua en las tres localidades.

Según **Roldán** (2001), los organismos del Orden Amphipoda están generalmente asociados a materia orgánica en descomposición, donde forman densas poblaciones, aunque también abundan con frecuencia en zonas donde se acumula material vegetal, como fue el caso para el presente estudio en las estaciones 1 y 2. De forma similar, **Posada et al.**, (2000) encontraron una abundancia significativa de estos microcrustáceos en la cuenca de la Quebrada Piedras Blancas, en aquellas estaciones donde se amontona hojarasca en cantidad. Respecto a la alta abundancia de ninfas de *Prebaetodes* sp. (Baetidae) en la estación 3, ésta puede estar influenciada por el mayor caudal y alta disponibilidad de oxígeno disuelto. La estación de la desembocadura ofrece una mayor cantidad y variedad de

hábitats para el desarrollo de macroinvertebrados acuáticos, lo cual probablemente haya favorecido la abundancia de especies y abundancia de organismos en comparación con las demás localidades evaluadas.

En las estaciones 1 y 2, el grupo funcional alimenticio más abundante fueron los desmenuzadores, los cuales se encargan de degradar la materia orgánica de partículas gruesas (> 1mm). Esto concuerda con **Gomi et al.**, (2002), quienes sugieren que en las cabeceras y nacimientos de ríos es común que abunden organismos desmenuzadores, debido a que estas zonas se encuentran altamente influenciadas por la vegetación riparia, que contribuye al aporte de material alóctono. En la estación de la desembocadura aumentó el porcentaje de colectores, lo cual se podría darse por el aumento de la materia orgánica de partículas finas que llegarían por arrastre.

Los valores del índice de diversidad de Shannon y del índice de dominancia registrados representan una diversidad media de acuerdo a los rangos propuestos por **Margalef** (1983), indicando que la comunidad no está siendo afectada por tensores ambientales diferentes a los de origen natural. La menor diversidad que se presentó en las estaciones de la zona alta y de la zona media puede deberse a que estas regiones presentan mayor cobertura vegetal y menor disponibilidad de luz que la estación de la desembocadura. Según **Vannote et al.**, (1980) estas características hacen que las comunidades que habitan los nacimientos de ríos presenten una diversidad relativamente baja al estar limitadas por un estrecho rango de temperatura.

La diferencia entre estas localidades con la estación desembocadura está dada además por una mayor diversidad de especies. **Bernal et al.**, (2006) encontraron en la Quebrada Paloblanco, un río de primer orden afluente del Otún, que la diversidad de macroinvertebrados aumentaba en el punto ubicado en la desembocadura. El incremento de la diversidad en la zona de la desembocadura estaría mediado por la mayor diversidad de hábitats que presenta esta zona, concordando con **Rice et al.**, (2001), quienes plantean que en las regiones de confluencia de los ríos la acumulación de sedimentos y material vegetal permite la formación de canales y pozos aumentando la diversidad de hábitats y de especies en estos sectores.

Los valores del coeficiente de similitud de Jaccard indican una alta variabilidad en la composición de especies entre las estaciones. **Downes et al.**, (2000) encontraron que los sitios de un mismo río pueden presentar una composición taxonómica de macroinvertebrados muy diferentes. Igualmente, **Heino et al.**, (2004) sugieren que la composición de macroinvertebrados en diferentes locaciones son

más variables en las pequeñas cabeceras de ríos que en los ríos de mayor orden. El mayor valor en el coeficiente de similitud que se presentó entre las estaciones 1 y 2 puede obedecer a la similitud de sustrato y cobertura de bosque, los cuales son factores importantes para los macroinvertebrados acuáticos como lo plantea **Hawkins et al.**, (1982). Las estaciones 1 y 3 presentaron el menor valor de similitud, lo cual puede deberse a que estas locaciones se encuentran bastante apartadas entre sí, y sus características físicas son diferentes.

Con base en los resultados hallados es posible asumir que el nacimiento El Mortiño es un sistema que ha sido poco alterado por las actividades antrópicas.

### Agradecimientos

Numerosas personas han colaborado para el desarrollo de esta investigación. Agradecemos al Laboratorio de Limnología de la UIS, por permitir llevar a cabo este estudio. A Solimary García, Fernán Lizandro Sanabria, Ricardo Prada y Néstor Cepeda, por su asistencia en el trabajo de campo. Adicionalmente, gracias a Faiber Caupaz y Libia Carolina González por su colaboración con la identificación de los organismos; e igualmente a Rodulfo Ospina por su atención prestada y el espacio dispuesto.

### Literatura citada

- Benda, L., Hassan, A., Church, M. & May, C.L.** 2005. Geomorphology of Steepland Headwaters: The Transition from Hillslopes to Channels. *J. Am. Water Resour. Assoc.* **41**(4): 837-851.
- Bernal, E., García, G., Novoa, M.A. & Pinzón, A.** 2006. Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados de la quebrada Paloblanco de la cuenca del río Otún (Risaralda, Colombia). *Acta Biol Colomb.* **11**(2): 45-59.
- Caicedo, O. & Palacios, J.** 1998. Los Macroinvertebrados Bénticos y la Contaminación Orgánica en la Quebrada La Mosca (Guarne, Antioquia, Colombia). *Actual Biol.* **20**(69): 61-73.
- Domínguez, E. & Fernández, H.** 2001. Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos Sudamericanos. Universidad Nacional de Tucumán. Facultad de Ciencias Naturales. Instituto M. Lillo. Tucumán, Argentina. 282 pp.
- Downes B.J., Hindell J.S. & Bond N.R.** 2000. What's in a site? Variation in lotic macroinvertebrate density and diversity in a spatially replicated experiment. *Austral Ecology*, **25** (2): 128-139.
- Epler, J.H.** 2001. Identification Manual for the Larval Chironomidae (Diptera) of North and South Carolina. A guide to the taxonomy of the midges of the southeastern United States, including Florida. Special Publication SJ2001-SP13. North Carolina Department of Environment and Natural Resources, Raleigh, NC, and St. Johns River Water Management District, Palatka, FL. 526 pp.

- Esteves, F.A.** 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencias. FINEP. Rio de Janeiro, Brasil. 578 pp.
- Gavilán, R.A., Donato, J.C., Serrato, C., Cáceres, M.Y., Plata, Y. & Navarro G.** 2000. Las comunidades bentónicas y perifíticas como base para la evaluación de los sistemas hídricos lóticos del área de jurisdicción de la CDMB. 89 pp.
- Gomi, T., Sidle, R.C. & Richardson, J.S.** 2002. Understanding processes and downstream linkages of headwater systems. *BioScience*, **52** (10): 905-916.
- Grubaugh, J.W., Wallace, V. & Houston, E.S.** 1997. Production of benthic macroinvertebrate communities along a Southern Appalachian River continuum. *Freshw Biol.* **37**(3): 581-596.
- Gutiérrez, J. D., Riss, W. & Ospina, R.** 2002. Bioindicación de la calidad del agua con lógica difusa Sugeno y macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Acta Biol Colomb.* **7**(2): 37-51.
- Gutiérrez, J. D., Riss, W. & Ospina, R.** 2006. Bioindicación de la calidad del agua en la sabana de Bogota – Colombia, mediante la utilización de la lógica difusa neuroadaptativa como herramienta. *Caldasia*, **28**(1): 45-56.
- Hawkins, C. P., Murphy M. L., & Anderson, N. H.** 1982. Effects of canopy, substrate composition, and gradient on the structure of macroinvertebrate communities in Cascade Range streams of Oregon. *Ecology*, **63**(6): 1840-1856.
- Heino, J., Louhi, P. & Muotka, T.** 2004. Identifying the scales of variability in stream macroinvertebrate abundance, functional composition and assemblage structure. *Freshw Biol.* **49**(9): 1230-1239.
- Machado, T.A.** 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Tesis de grado. Universidad de Antioquia. Medellín. 324 pp.
- Margalef, R.** 1983. *Limnología*. Omega, Barcelona. 1010 pp.
- McCafferty, W.P.** 1981. *Aquatic Entomology*. Science Books International. Boston. 448 pp.
- Merritt, R.W., & Cummins, K.W.** 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third edition. Kendall/Hunt Publishing Company. Iowa. 862 pp.
- Muñoz-Quesada, F.** 1997. Manual de Trichoptera Neotropical: anotaciones y claves de las familias y géneros conocidos del Orden Trichoptera para Colombia. Departamento de Procesos Químicos y Biológicos. Universidad del Valle. Cali. 75 pp.
- Pennak, R.W.** 1989. *Freshwater invertebrates of United States*. Third edition. Wiley-Interscience, New York. 628 pp.
- Posada, J. & Roldán, G.** 2003. Clave ilustrada y diversidad de las larvas de Trichoptera en el noroccidente de Colombia. *Caldasia*, **21**(1): 169-192.
- Posada, J. A., Roldán G. & Ramírez, J. J.** 2000. Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas de la cuenca de la quebrada Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Rev. Biol. Trop.* **48** (1): 59-70.
- Rangel, O.** 2000. Clima en Colombia. Colombia Diversidad Biótica III La región de vida paramuna. Instituto de Ciencias Naturales, Universidad Nacional de Colombia- Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. Bogotá. 902 pp.
- Rice, S.P., Greenwood, M.T. & Joyce, C.B.** 2001. Tributaries, sediment sources, and the longitudinal organisation of macroinvertebrate fauna along river systems. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **58**(4): 824-840.
- Riss, W., Ospina, R. & Gutiérrez, J. D.** 2002. Establecimiento de valores de bioindicación para los macroinvertebrados acuáticos de la Sabana de Bogotá. *Caldasia*, **24**(1): 135-156.
- Roldán, G.** 1988. Guía para el Estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Fondo FEN Colombia. COLCIENCIAS. Universidad de Antioquia. Medellín. 217 pp.
- \_\_\_\_\_. 1992. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Medellín: Universidad de Antioquia. Medellín. 529 pp.
- \_\_\_\_\_. 2001. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Propuesta para el uso del método BMWP/Col. Ciencia y Tecnología. Universidad de Antioquia. Medellín. 182 pp.
- Vannote, R.L., Minshall, G.W., Cummins, K. W., Sedell, J.R. & Cushing, J.** 1980. The river continuum concept. *Can. J. Fish. Aquat. Sci.* **37**: 130-137.
- Wade, K.R., Ormerod, J.J., & Gee, A.S.** 1989. Classification and ordination of macroinvertebrate assemblages to predict stream acidity in upland Wales. *Hydrobiologia*, **171**(1): 59-78.
- Wallace, J.B. & Webster, J.R.** 1996. The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. *Annu. Rev. Entomol.* **41**: 115-139.
- Wallace, J.B., Eggerton, S.L., Meyer, J.L. & Webster, J.R.** 1997. Multiple trophic levels of a forest stream linked to terrestrial litter inputs. *Science*, **277**: 102-104.
- Zúñiga, M. de C., Rojas, M. A. & Serrato, C.** 1994. Interrelación de indicadores ambientales de calidad en cuerpos de aguas superficiales del Valle del Cauca. *Rev. Col. Ent.* **20**(2): 124-130.

Recibido: noviembre 10 de 2006

Aceptado para su publicación: marzo 7 de 2008