



Tecnociencia 2016, Vol. 18, N° 1.

DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA ALTA DEL RÍO CHIRIQUÍ VIEJO, PROVINCIA DE CHIRIQUÍ, PANAMÁ

¹Enny E. Santamaría & ^{2*}Juan A. Bernal Vega

¹Licenciatura en Biología, Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí. ennystamaria@gmail.com

²Departamento de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí. Autor para correspondencia: juanbern@gmail.com

RESUMEN

Con el objetivo de determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua de la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, se realizaron dos muestreos al mes, de marzo a julio de 2013, en cuatro estaciones de muestreo. Se recolectaron las muestras utilizando una red triangular para las áreas de corriente y pinzas entomológicas para el muestreo manual. En total se identificaron 6 182 individuos pertenecientes a 110 géneros, 58 familias, 16 órdenes, nueve clases y cinco phyla de macroinvertebrados acuáticos. Se observó una gran diferencia en la calidad de agua, entre las estaciones dentro y fuera del área protegida. En el área protegida hay una mayor diversidad y por ende, mayor calidad de agua.

PALABRAS CLAVES

Macroinvertebrados acuáticos, bioindicador, calidad de agua, índices biológicos, parámetros físicos-químicos, diversidad, bosque de galería.

DIVERSITY OF AQUATICS MACROINVERTEBRATES' AND WATER QUALITY FROM HIGH WATERSHEDS OF CHIRIQUÍ VIEJO RIVER, IN PANAMA

ABSTRACT

With the main objective of determining the diversity of aquatic macroinvertebrates and water quality of the upper watershed of the Chiriqui Viejo River, two samples per month, from March to July 2013 were collected from four sampling stations. Samples were collected using triangular net of areas of watercourse and entomological tweezers for manual sampling. A total of 6,182 individuals belonging to 110 genera, 58 families, 16 orders, in nine classes, five phyla of aquatic macroinvertebrates were identified. The water quality between stations inside and outside the protected area is different. In the protected area there is a greater diversity and therefore higher quality of water.

KEYWORDS

Aquatics macroinvertebrates, bioindicator, water quality, biological index, physicochemical parameters, diversity.

INTRODUCCIÓN

La cuenca No. 102 está localizada en el sector occidental de la provincia de Chiriquí, entre las coordenadas 8°15'9" N y 82°15'83" O. El área de drenaje total de la cuenca es de 1 376 km² desde su nacimiento hasta la desembocadura y la longitud del río principal, el Chiriquí Viejo, es de 161 km. Dentro de la cuenca se encuentran tres tipos de climas: el tropical muy húmedo, el tropical húmedo y el tropical muy húmedo de altura. Las zonas de vida predominantes son las de bosque muy húmedo tropical y bosque húmedo tropical (ANAM Autoridad Nacional del Ambiente 2009). La cuenca alta del río Chiriquí Viejo se encuentra localizada entre los poblados de Buena Vista, Cuesta de Piedra, Hato de Volcán, Nueva California, Bambito, Cerro Punta y Guadalupe. Geomorfológicamente se trata de un área con una topografía elevada e irregular (Rodríguez *et al.*, 2009).

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo. A diferencia de los análisis físicos y químicos, los cuales representan la condición del agua en el

momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes. De igual manera, mediante el uso de indicadores biológicos es posible detectar eventos puntuales de toxicidad, los cuales a menudo no son detectados por las mediciones físicas y químicas estándares (Springer *et al.*, 2010). Se consideran dentro del grupo de los bioindicadores a los macroinvertebrados como los de mayor aceptación, ya que poseen la ventaja de tener un tiempo de vida largo y se observan a simple vista. Las algas, los protozoos y las bacterias le siguen en orden de aceptación a los macroinvertebrados, mientras que los virus, los hongos, las macrófitas y los peces sólo ocupan el 10 % de los organismos acuáticos (Roldán, 1999).

Los macroinvertebrados acuáticos se definen como aquellos organismos que se pueden ver a simple vista, o sea, todos aquellos organismos que tengan tamaños superiores a 0.5 mm de longitud (Roldán, 1988). El prefijo macro indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200-500 mm (Rosenberg & Resh, 1993) y además, superan en fase adulto o ultimo estado larvario los 2.5 mm (González *et al.*, 1995). Este grupo incluye taxones como: Mollusca, Crustacea, Turbellarios, Oligoquetos, Hirudineos y fundamentalmente insectos entre los cuales se encuentran los coleópteros, hemípteros, efemerópteros, plecópteros, odonatos, dípteros y tricópteros.

Los índices bióticos son ampliamente utilizados en la evaluación de la calidad biológica de las aguas, en especial de los ríos. Entre ellos, el índice “BMWP” (*Biological Monitoring Working Party*), el cual fue desarrollado inicialmente para Inglaterra y luego adaptado para España (cita). En los últimos años ha sido adaptado en varios países de Latinoamérica como Colombia (cita), Costa Rica (cita) y recientemente para Panamá (cita). Este índice se basa únicamente en la presencia de familias y sus valores de tolerancia asignados, totalmente independiente de la cantidad de géneros o individuos recolectados de cada familia, por lo que es de fácil aplicación (Springer *et al.*, 2010).

Por otra parte el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) (Lenat, 1988) se basa en la premisa de que las fuentes de agua de alta

calidad por lo general tienen la mayor riqueza de especies (Watershed Science Institute s.f.). El SVAP (*Stream Visual Assessment Protocol*) es un índice utilizado para determinar la salud ambiental del río, el cual proporciona un nivel básico de evaluación de la salud del arroyo. El mismo brinda información basada principalmente en las condiciones físicas dentro del área de evaluación, sin detectar problemas que se presenten fuera del lugar que se está evaluando (United States Department of Agriculture, 1998). El objetivo de esta investigación fue determinar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, provincia de Chiriquí, Panamá.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El estudio se realizó en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, provincia de Chiriquí en cuatro estaciones de muestreo ubicadas en tres tributarios dentro del Parque Internacional La Amistad (PILA) (Quebrada la Mina, Quebrada Dos Océanos, Quebradas Tres Cascadas) y uno en el poblado de Cerro Punta. En el cuadro 1 se detallan las características y las coordenadas de las estaciones de muestreo. Entre marzo a julio de 2013, se realizaron 10 giras de campo.

Trabajo de campo y de laboratorio

Muestreo biológico

Para la recolecta de los macroinvertebrados acuáticos se realizaron tres tipos de muestreos en cada sitio de estudio: a) una red tipo D-net con la que se utilizó para realizar barridos tanto en la superficie como en la columna de agua; b) con pinzas entomológicas se tomaron las muestras sobre las piedras y troncos sumergidos; c) colecta manual de hojarasca del fondo y de las orillas, la cual fueron almacenadas y transportada al laboratorio del Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) de la Universidad Autónoma de Chiriquí. En cada estación de muestreo se realizó un esfuerzo de muestreo de 30 minutos. Las muestras fueron preservadas en alcohol al 70 % con unas gotas de glicerina.

Cuadro 1.- Localización geográfica de las estaciones de muestreo ubicadas en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo.

Ubicación	Qda. La Mina (E1)	Qda. Dos Océanos (E2)	Qda. Tres Cascadas (E3)	Río Chiriquí Viejo. La Garita (E4)
Coordenadas	8°52'20.7" N 82°32'51.3" O	8°52'30.4" N 82°32'57.3" O	8°52'35.2" N 82°33'05.1" O	8°51'51.5" N 82°35'41.0" O
Altitud (m s.n.m.)	2 279±5	2.193±2	2.145±5	1.815±1
Tipo de bosque	Bosque secundario	Bosque secundario	Bosque secundario	Pastizales y áreas de cultivos
Cobertura boscosa (%)	75	85	80	10
Velocidad de la corriente (m/s)	0.50	0.66	0.64	0.84
Ancho del río (m)	4.05	4.10	2.88	15.40
Tipo de sustrato	Grava-gravilla	Grava-gravilla	Grava-gravilla	Grava-gravilla

Los especímenes fueron identificados hasta el nivel de género en la mayoría de los casos utilizando las claves de McCafferty (1981), Roldán (1988), Machado & Rincón (1989), Merritt & Cummins (1996), y Springer *et al.* (2010).

En cada estación en el río se midieron parámetros abióticos como: el ancho (m), profundidad (m), velocidad (m/s), turbidez, erosión, cobertura boscosa, condición del canal, barreras para peces y presencia de refugios para macroinvertebrados. Adicionalmente, se tomaron mediciones *In situ* utilizando un multiparámetro HQ40d para pH, temperatura del agua (°C), oxígeno disuelto (OD) y conductividad, mientras que para fosfatos y nitratos se utilizaron pastillas químicas TesTabs®.

Análisis de los datos

Los datos se agruparon por estaciones, considerando el número de familias dentro de cada orden de insectos recolectados. Se determinó la diversidad de géneros para cada estación, con base en el índice de Shannon-Weaver (Margalef, 1998, Pérez & Sola, 1993a). Para comparar la estructura de la comunidad de insectos acuáticos entre las estaciones se aplicó el índice de Sorenson cuantitativo (Pérez & Sola, 1993b). Para determinar la calidad del agua se utilizaron los índices *Biological Monitoring Working Party/Panamá* (BMWP/Pan) (Cornejo 2010) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) (Lenat, 1988) y por último, para determinar la calidad ambiental del río se utilizó el índice ecológico *Stream Visual Assessment Protocol* (SVAP).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Diversidad de macroinvertebrados acuáticos

Se recolectaron un total de 6 182 individuos, pertenecientes a 110 géneros, 58 familias, 16 órdenes, nueve clases (Entognatha, Insecta, Malacostraca, Arachnida, Gastropoda, Hirudinea, Oligochaeta, Turbellaria y Gordiida) y cinco phyla (Arthropoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes y Nematomorpha). La clase Insecta fue el grupo más abundante con 67.6 % del total de individuos y el más diverso con 99 géneros (32 sin determinar), 48 familias (dos sin determinar) y ocho órdenes (Cuadro 2). Este estudio presentó una mayor diversidad y abundancia en comparación con el estudio realizado por Tapia & Bernal (2014), donde recolectaron un total de 2 232 individuos, agrupados en 50 géneros y 34 familias en cuatro estaciones de muestreo en la parte alta y baja del río Chiriquí Viejo. Según Blinn & Kilgore (2001), el bosque ripario tiene un papel importante al proteger los cuerpos de agua. Ramírez & Pringle (1998) manifiestan que los sitios con algún grado de alteración ecológica tienden a albergar comunidades de macroinvertebrados muy diferentes a las de sitios no perturbados como bosques primarios.

Pino & Bernal (2009) recolectaron 5 535 individuos, agrupados en 91 géneros y 58 familias, en la cuenca alta y media del río David. Guinard *et al.* (2013) recolectaron 4 964 individuos, pertenecientes a 50 géneros y 30 familias, en la cuenca alta y baja del río Gariché.

Cuadro 2. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la parte alta del río Chiriquí Viejo, marzo a julio de 2013.

Orden	Familia	Género	E1	E2	E3	E4	Total	%
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	163	30	240	115	548	8.9
		<i>Baetodes</i>	11	17	127	12	167	2.7
		<i>Camelobaetidius</i>	3	2	47	139	191	3.1
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	93	42	40	0	175	2.8
		<i>Traverella</i>	3	0	0	0	3	0.0
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	24	42	50	0	116	1.9
		<i>Tricorythodes</i>	51	29	26	0	106	1.7
Heptageniidae	<i>Epeorus</i>	3	0	8	0	11	0.2	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	39	17	113	0	169	2.7
Odonata	Calopterigidae	<i>Hetaerina</i>	0	0	3	0	3	0.0
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	0	1	0	0	1	0.0
	Cordulegastridae	<i>Cordulegaster</i>	1	2	0	0	3	0.0
Hemiptera	Gerridae	<i>Aquarius</i>	0	0	6	0	6	0.1
		<i>Brachymetra</i>	1	0	0	0	1	0.0
		<i>Eurygerris</i>	0	0	1	0	1	0.0
	Saldidae	<i>Salda</i>	1	0	0	0	1	0.0
		Sin determinar	0	0	6	0	6	0.1
	Veliidae	<i>Microvelia</i>	0	2	0	0	2	0.0
Sin determinar		0	1	0	0	1	0.0	
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	2	1	0	0	3	0.0
		Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0
	Cossidae	Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0
	Noctuidae	Sin determinar	0	0	2	1	3	0.0
Coleoptera	Cantharidae	Sin determinar	0	1	1	0	2	0.0
	Carabidae	Sin determinar 1	3	0	1	0	4	0.1
		Sin determinar 2	0	0	1	0	1	0.0
	Chrysomelidae	Sin determinar	0	0	1	0	1	0.0
	Curculionidae	Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0
	Dytiscidae	<i>Laccophilus</i>	1	0	0	0	1	0.0
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	1	0	0	0	1	0.0
		<i>Macrelmis</i>	0	1	2	0	3	0.0
<i>Macronychus</i>		0	2	0	0	2	0.0	

		<i>Microcylloepus</i>	0	0	2	0	2	0.0
		<i>Optioservus</i>	0	0	1	0	1	0.0
		<i>Phanocerus</i>	2	3	1	0	6	0.1
		<i>Pseudodisersus</i>	0	0	2	0	2	0.0
	Hydrophilidae	<i>Berosus</i>	0	0	1	0	1	0.0
		Sin determinar	4	2	2	2	10	0.2
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	3	8	7	1	19	0.3
	Ptilodactylidae	<i>Anchyteis</i>	1	0	0	0	1	0.0
		<i>Ptylodactila</i>	0	1	0	0	1	0.0
		<i>Tetraglosa</i>	77	22	64	0	163	2.6
		Sin determinar	0	0	1	0	1	0.0
	Scirtidae	<i>Elodes</i>	3	0	0	0	3	0.0
		<i>Prionocyphon</i>	0	0	1	0	1	0.0
		<i>Scirtes</i>	13	5	24	0	42	0.7
	Staphylinidae	<i>Bledius</i>	2	0	0	0	2	0.0
		<i>Stenus</i>	20	8	21	0	49	0.8
		<i>Thinopinus</i>	1	0	0	0	1	0.0
	Sin determinar	Sin determinar	0	1	0	0	1	0.0
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	5	45	28	0	78	1.3
		Sin determinar	3	2	4	0	9	0.1
	Glossosomatidae	<i>Culoptila</i>	1	0	1	54	56	0.9
		<i>Mortoniella</i>	0	0	0	9	9	0.1
		<i>Protoptila</i>	0	0	0	1	1	0.0
		Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	46	0	7	0	53	0.9
		Sin determinar	24	0	0	0	24	0.4
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	33	51	38	0	122	2.0
		Sin determinar	0	2	0	0	2	0.0
	Hydroptilidae	<i>Brysopteryx</i>	0	0	0	1	1	0.0
		<i>Hydroptila</i>	0	0	0	58	58	0.9
		<i>c.f. Neotrichia</i>	0	0	0	1	1	0.0
		<i>Ochrotrichia</i>	0	0	0	2	2	0.0
		Sin determinar	0	0	0	5	5	0.1
	Hydropsychidae	<i>Calosopsyche</i>	126	23	50	0	199	3.2
		<i>Leptonema</i>	54	14	36	0	104	1.7
		<i>Smicridea</i>	6	0	14	0	20	0.3
		Sin determinar	3	3	13	0	19	0.3
	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	0	1	3	0	4	0.1

	Lepidostomatidae	<i>Lepidostoma</i>	71	121	67	5	264	4.3	
		Sin determinar	3	0	4	2	9	0.1	
	Limnephilidae	Sin determinar	0	1	0	0	1	0.0	
	Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	4	1	2	0	7	0.1	
		Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0	
	Polycentropodidae	<i>Polycentropus</i>	37	9	0	0	46	0.7	
Sin determinar		3	0	1	0	4	0.0		
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Alluaudomyia</i>	1	0	1	0	2	0.0	
		<i>Atrichopogon</i>	0	1	0	0	1	0.0	
		<i>Stilobezzia</i>	3	1	1	0	5	0.1	
	Chironomidae	Sin determinar	223	178	320	141	862	13.9	
	Dixidae	<i>Dixella</i>	1	2	5	0	8	0.1	
	Empididae	<i>Chelifera</i>	2	1	0	0	3	0.0	
		<i>Hemerodromia</i>	0	1	2	0	3	0.0	
		Sin determinar	1	1	0	0	2	0.0	
	Ephydriidae	Sin determinar	2	0	1	0	3	0.0	
	Muscidae	Sin determinar	1	0	0	0	1	0.0	
	Psychodidae	<i>Maruina</i>	0	0	0	32	32	0.5	
		<i>Maruina (Aculcina)</i>	0	0	0	1	1	0.0	
		Sin determinar	0	0	0	2	2	0.0	
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	75	80	135	766	1056	17.1	
		Sin determinar	5	0	0	7	12	0.2	
	Tabanidae	Sin determinar	1	0	0	1	2	0.0	
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	1	0	0	0	1	0.0	
		<i>Limonia</i>	1	2	1	0	4	0.1	
		<i>Molophilus</i>	9	4	8	0	21	0.3	
		<i>Tipula</i>	0	7	6	3	16	0.3	
		Sin determinar	2	1	1	0	4	0.1	
	Tricladida	Planariidae	<i>Dugesia</i>	66	89	0	72	227	3.7
	Amphipoda	Hyalellidae	<i>Hyalella</i>	91	354	42	0	487	7.9
Collembola	Entomobryidae	Sin determinar	20	36	15	0	71	1.1	
	Sminthuridae	Sin determinar	0	1	3	0	4	0.1	
Acarina	Hidrachnidae	Sin determinar 1	3	1	1	27	32	0.5	
		Sin determinar 2	0	0	0	1	1	0.0	
Pulmonata	Ancylidae	<i>Ferissia</i>	0	0	0	1	1	0.0	
	Physidae	<i>Physa</i>	0	0	0	327	327	5.3	
	Planorbidae	<i>Helisoma</i>	0	0	0	3	3	0.0	

Haplotaxida	Tubificidae	Sin determinar	0	1	1	41	43	0.7
Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	Sin determinar	1	0	1	0	2	0.0
Gordioidea	Chordodidae	<i>Neochordodes</i>	0	0	0	2	2	0.0
Total	58	110	1.459	1.274	1.614	1.835	6.182	100.0

La estación de muestreo con mayor abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue La Garita (E4) con 1.835 individuos (29.7 %), seguido se encuentran las estaciones Tres Cascadas (E3) con 1.614 (26.1 %) individuos, La Mina (E1) con 1.459 individuos (23.6 %) y por último Dos Océanos (E2) con 1.274 individuos (20.6 %). Como se puede observar, la abundancia fue mayor en la parte del río en donde se presentan los asentamientos humanos, específicamente en la Garita (E4). Esto podría ser consecuencia de la vegetación riparia y la cobertura boscosa, debido a que dichas zonas presentaban deforestación provocando mayores aberturas de la vegetación que permitieron un aumento de pastizales y mayores entradas del sol, lo cual podría conllevar a un alto crecimiento del perifiton, que sirve como alimento para los macroinvertebrados acuáticos. Las altas temperaturas del agua favorecen la actividad microbiana para el crecimiento del perifiton, lo cual contribuye a la rápida descomposición de los materiales trayendo como consecuencia mayores abundancias de individuos (Sánchez-Argüello *et al.*, 2010).

El orden con mayor abundancia durante todo el estudio fue Diptera con un total de 2 041 individuos (33.0 %) representados en 11 familias y 21 géneros (ocho sin determinar). Seguido por los órdenes Ephemeroptera con 1 317 individuos (21.3 %), Trichoptera con 1 100 individuos (17.8 %), Amphipoda con 487 individuos (7.9 %), Pulmonata con 331 individuos (5.4 %) y Coleoptera con 322 individuos (5.2 %). Con menos del 5.0 % de individuos recolectados se reportaron los órdenes Tricladida, Plecoptera, Collembola, Haplotaxida, Acarina, Hemiptera, Lepidoptera, Odonata, Glossiphoniiformes y Gordioidea (Fig. 1). Resultados similares fueron documentados por Tapia & Bernal (2014) en el río Chiriquí Viejo (1 431 individuos o 64.4 %) y Aguirre & Bernal (2014), en el río Caldera (1 490 individuos o 25 %), respectivamente.

Diptera es uno de los órdenes más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, en el que algunas familias como Chironomidae y

Tipulidae están adaptadas a vivir en zonas con fuertes corrientes y elevadas concentraciones de oxígeno, mientras que otras son familias oportunistas, como la Psychodidae, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma (Ladrera, 2012).

La familia con mayor abundancia durante todo el estudio fue Simuliidae con 1 068 individuos (17.3 %) y dos géneros (*Simulium* y uno sin determinar), seguido encontramos la familia Baetidae con 906 individuos (14.7 %) y tres géneros (*Baetis*, *Baetodes* y *Camelobaetidius*) y la familia Chironomidae con 862 individuos (13.9 %) correspondientes a un género sin determinar (Cuadro 2).

El género con mayor abundancia y distribución espacial (en las cuatro estaciones) a lo largo del estudio fue *Simulium* con un total de 1 056 individuos (17.1 %), seguido del género sin determinar de la familia Chironomidae con 862 individuos (13.9 %) y el género *Baetis* con 548 individuos (8.9 %) (Cuadro 2). Según Paggi (1999), *Chironomus*, el género más común de la familia Chironomidae, es uno de los géneros que toleran mayor grado de contaminación orgánica en diferentes latitudes.

El orden con mayor abundancia de familias durante todo el estudio realizado en las cuatro estaciones fue el orden Coleoptera con un total de 12 familias (una sin determinar) y 27 géneros (ocho sin determinar). Le siguieron los órdenes Trichoptera con 11 familias y 28 géneros (10 sin determinar) y Diptera con 11 familias y 22 géneros (nueve sin determinar) (Cuadro 2). Pino & Bernal (2009) registraron para el río David que el orden Coleoptera obtuvo la mayor diversidad de familias con 11 (una sin determinar) y 33 géneros (tres sin determinar) seguido del orden Trichoptera con nueve familias y 13 géneros (uno sin determinar).

La familia con mayor diversidad genérica fue Elmidae (Coleoptera) con un total de siete géneros, seguida por las familias Hydroptilidae y Tipulidae cada una con cinco géneros y las familias Ptilodactylidae,

Glossosomatidae e Hydropsychidae con cuatro géneros cada una (Cuadro 2). El estudio realizado en el río Caldera por Aguirre & Bernal (2014), documentaron la familia Elmidae como la más diversa con 10 géneros. La familia Elmidae incluye coleópteros de distribución mundial. Son habitantes comunes en ambientes lóticos, con elevada velocidad de corriente y buena disponibilidad de oxígeno, donde son importantes constituyentes de la comunidad bentónica. A nivel mundial se reconocen 1 330 especies en 149 géneros (Manzo, 2013).

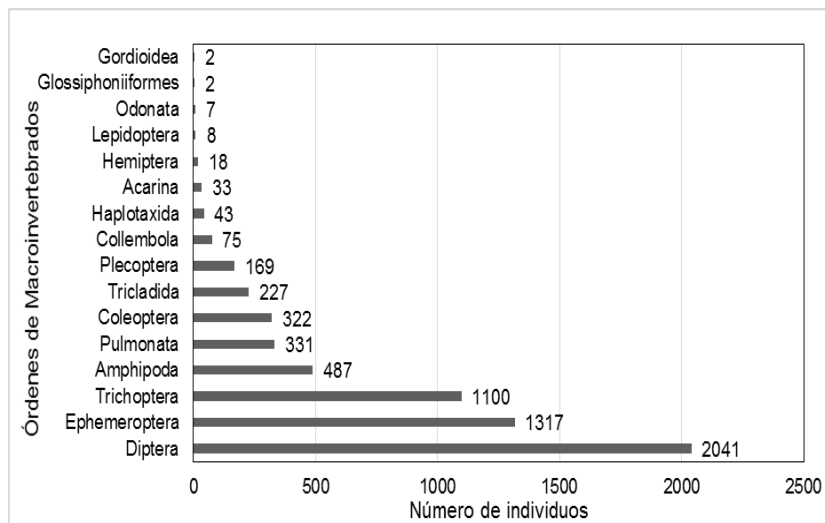


Fig. 1. Abundancia de individuos por órdenes de macroinvertebrados acuáticos recolectados en la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, marzo a julio de 2013.

Índice de diversidad Shannon-Weaver (H')

En general, para todo el estudio realizado en la parte alta del río Chiriquí Viejo la diversidad total de Shannon-Weaver para los macroinvertebrados acuáticos fue alta ($H=3.11$, considerando que los valores $H>2.70$ representan diversidad alta y H entre valores de 1.50 y 2.70 representan diversidad media). El índice de Shannon-Weaver, calculado por estación, mostró alta diversidad para las estaciones E1 y E3, mientras que para las estaciones E2 y E4 la diversidad fue media.

Esta diferencia en los índices de diversidad probablemente se deba a que el bosque ripario o bosque de galería se encuentre en mejor estado de conservación en las estaciones E1 y E3 con respecto a las estaciones E2 y E4. Según Blinn & Kilgore (2001), el bosque ripario tiene un

papel importante al retardar y reducir la escorrentía superficial, utilizar el exceso de nutrientes, atrapar los sedimentos y los contaminantes que se desprenden de los suelos descubiertos o suelos de cultivos, y de esta manera proteger los cuerpos de agua. Alonso (2006) menciona que la ausencia de vegetación riparia empobrece la composición de macroinvertebrados bentónicos.

Índice de Similitud (Sorenson cuantitativo)

Según el índice de Sorenson cuantitativo, la mayor similitud (65 %) en la estructura de macroinvertebrados acuáticos de la parte alta del río Chiriquí Viejo se encontró entre las estaciones E1 y E3, mientras que la menor similitud (22 %) la presentaron las estaciones E2 y E4 (Cuadro 3).

Las estaciones más cercanas entre sí, presentaron índices de similitud más altos, mientras que como se observa en la estación E4, ubicada más distante de las estaciones E1, E2 y E3, fue la que presentó los índices de similitud más bajos. Esto puede deberse a que las estaciones E1, E2 y E3 se encontraban relativamente cercanas entre sí, por lo tanto, sus características eran similares, por lo que el tipo de macroinvertebrados que se encontraban en la estación E1 podían encontrarse en las estaciones E2 y E3 y viceversa. Mientras que la estación E4 al encontrarse apartada del resto de las estaciones, posee características diferentes, y por lo tanto, estuvo habitada por macroinvertebrados diferentes (Cuadro 3).

Cuadro 3.- Índice de Sorenson cuantitativo para la cuenca alta del río Chiriquí Viejo, marzo a julio de 2013.

Estaciones	Especies comunes	Índice Sorenson cuantitativo (%)
E1-E4	14	26
E1-E3	41	65
E1-E2	36	59
E2-E4	12	22
E2-E3	38	51
E3-E4	14	27

Calidad de agua: BMWP/Pan y EPT BMWP/Pan

Para determinar la calidad de agua se utilizaron dos índices: el BMWP/Pan y EPT. Los valores del índice BMWP/Pan obtenidos para este estudio en la parte alta del río Chiriquí Viejo fueron 195, 170, 184 y 81 para las estaciones E1, E2, E3 y E4, respectivamente (Cuadro 4). Esto indica que las aguas en las estaciones E1, E2 y E3 son de calidad limpia, mientras que, para la estación E4 la calidad del agua es ligeramente contaminada. Las estaciones E1, E2 y E3 se encuentran localizadas dentro de un área protegida, el Parque Nacional Volcán Barú, el cual a su vez se encuentra dentro del Parque Internacional La Amistad. Esto hace que estas estaciones estén ubicadas en senderos que se encuentran protegidos, no se realizan vertidos de ningún tipo de desechos en estos cuerpos de agua, ni hay contaminación humana, ni de ningún tipo que pueda ocasionar un deterioro en la calidad de agua. Mientras que la estación E4 se encuentra localizada en una parte del poblado de Cerro Punta, comunidad que está muy impactada por las actividades agrícolas. Aquí se realizan vertidos de desechos, pesticidas, fungicidas y fertilizantes en el agua, lo cual se puede observar que ha influido de manera considerable en la calidad del agua de este sitio. Ramírez & Pringle (1998) manifiestan que los sitios con algún grado de alteración ecológica tienden a albergar comunidades de macroinvertebrados muy diferentes a las de sitios no perturbados como bosques primarios. Esto se reflejó en la composición taxonómica del presente estudio, dado que los taxones presentes en las estaciones localizadas dentro del Parque Internacional La Amistad fueron diferentes a los de la estación localizada fuera del mismo.

EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)

El resultado del índice EPT para las estaciones E1 (55 %) y E3 (57 %) indicó una buena calidad de agua. Para la estación E2 (36 %) indicó una calidad de agua regular y para la estación E4 (22 %) indicó una mala calidad de agua (Cuadro 4). En la estación E1 se recolectaron ocho géneros del orden Ephemeroptera, un género del orden Plecoptera y 18 géneros del orden Trichoptera. En la estación E3 se recolectaron siete géneros del orden Ephemeroptera, un género del orden Plecoptera y 18 géneros del orden Trichoptera. En la estación E2

Cuadro 4.- Índices BMWP/Pan y EPT para calidad de agua e índice SVAP para calidad ambiental de la parte alta del río Chiriquí Viejo, 2013.

Estación	*BMWP/Pan	**EPT	***SVAP
E1	195	55	9.4
E2	170	36	8.9
E3	184	57	8.2
E4	81	22	6.0

*BMWP/Pan: 101-120, >120= excelente, 61-100= aceptable, 36-60= regular, 16-35= mala, <15= pésima.

**EPT (%): 75-100= muy buena, 50-74= buena, 25-49= regular, 0-24= mala

***SVAP: 9.6-10: excelente, 7.7-8.5: bueno, 6.0-7.0: regular, 3.1-5.3: pobre, 1.0-2.0: muy pobre.

se recolectaron seis géneros del orden Ephemeroptera, un género del orden Plecoptera y 12 géneros del orden Trichoptera. En la estación E4 se recolectaron tres géneros del orden Ephemeroptera y 10 géneros del orden Trichoptera, el orden Plecoptera no tuvo ningún representante (Cuadro 2).

La calificación alta del índice BMWP/Pan para las estaciones E1, E2 y E3, probablemente se deba a que tal índice de calidad de agua se calcula por la presencia o ausencia de familias de macroinvertebrados acuáticos, lo que puede producir una imprecisión en las calificaciones. A diferencia, el índice EPT calcula la calidad del agua con base en la riqueza de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, lo que hace que este índice sea útil en la detección de perturbaciones más sutiles. Sin embargo, en Panamá hay controversias en el uso de estos índices bióticos.

Índice de calidad ambiental (SVAP)

La estación E1 presentó un índice SVAP de 9.4 lo cual indicó que es un hábitat con condiciones entre buenas a excelentes es decir una quebrada sana que casi no ha sido intervenida por el hombre y que cuenta con un bosque de galería sano. La estación E2 presentó un índice SVAP de 8.9, lo cual la sitúa en la misma posición que la estación E1: un hábitat con condiciones entre buenas a excelentes. La

estación E3 presentó un índice SVAP de 8.2, es decir, es un hábitat en buenas condiciones, pero que quizás tenga un poco de daño causado por la erosión y otros factores, el cual es fácilmente recuperable. La estación E4 fue el hábitat más perturbado, con un índice SVAP de 6.0, que representa un hábitat en condiciones regulares, donde se notan los daños causados por el hombre, pero aun así, es manejable la recuperación, hay mayor cantidad de sedimento y las orillas presentan menos cantidad de árboles y mayores signos de erosión. En general, la cuenca alta del río Chiriquí Viejo está en buenas condiciones ambientales, presentando un índice SVAP promedio de 8.1 (Asociación ANAI, 2006).

CONCLUSIONES

En la parte alta del río Chiriquí Viejo se encontró una alta diversidad de macroinvertebrados acuáticos, agrupados en 110 géneros, 58 familias, 16 órdenes y nueve clases, siendo la clase Insecta la más abundante. La similitud de especies de macroinvertebrados acuáticos osciló entre 26 y 65 % en las estaciones estudiadas. Con el BMWP/Pan se encontraron aguas de muy limpias (E1, E2 y E3) a aguas ligeramente contaminadas (E4), y con el índice SVAP, aguas con condiciones de buenas a excelentes (E1, E2 y E3) y condiciones regulares (E4).

AGRADECIMIENTOS

Gracias a Ecology Project International, especialmente a Adriane Cromer directora de EPI para Panamá y al personal del Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI) en la Universidad Autónoma de Chiriquí.

REFERENCIAS

Aguirre, Y. & J.A. Bernal Vega. 2014. Distribución y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta media y baja del río Caldera, Chiriquí, Panamá. *Scientia* 24(2): 37-55.

Alba-Tercedor, J. & A. Sánchez, 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnética* 4: 51-56.

Alonso, A. 2006. Valoración del efecto de la degradación ambiental sobre los macroinvertebrados bentónicos en la cabecera del río Henares. *Ecosistemas* 15(2): 1-5.

Asociación ANAI. 2006. Biomonitorio de ríos en las cuencas Estrella, Sixaola y cuencas costeras en el caribe sur de Costa Rica/Panamá. Informe Preliminar 2001-2006. Consultado el 13 de abril de 2014. Disponible en:
<http://www.anaicr.org/wp-content/uploads/2014/02/informe-anual-2006.pdf>

Autoridad Nacional del Ambiente, Panamá (ANAM). 2009. Tercer Informe de monitoreo de la calidad del agua, Años 2006- 2007. 349 p. Consultado el 13 de abril de 2013. Disponible en:
<http://v1.panamacompra.gob.pa/documentosconvertidos/2009-1-08-0-08-LP-008343-AN-01.Pdf>

Blinn, R. & A. Kilgore. 2001. Riparian Management Practices. *J. of Forest.* 8: 11-17.

Cornejo R., A. 2010. Macroinvertebrados acuáticos bioindicadores de la calidad del agua en Panamá: Propuesta de Índice BMWP/PAN. Reunión especial: Macroinvertebrados dulceacuícolas en Mesoamérica (MADMESO), 15-19 de junio, 2010, Villahermosa, Tabasco, México.

González, S., Y. Ramírez, A. Meza & L. Días. 1995. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del Municipio de Manizales. *bol.cient.mus.hist.nat.* 16(2): 135-148.

Guinard, J., T. Ríos, & J.A. Bernal Vega. 2013. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Revista Gestión y Ambiente* 16(2): 61-70.

Ladrera, R. 2012. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de información ambiental 39: 24-29.

Lenat, D. 1988. Water quality assessment using a qualitative collection method for benthic macroinvertebrates. J.N. Am. Benthol. Soc. 7: 222-223.

Machado, T. & J. Rincón. 1989. Distribución ecológica e identificación de los coleópteros acuáticos en diferentes pisos altitudinales del departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia, Facultad de Ciencias Exactas y Naturales, Departamento de Biología, Medellín, 228 p.

Manzo, V. 2013. Los élmidos de la region Neotropical (Coleoptera: Byrrhoidea: Elmidae): diversidad y distribución. Revista de la Sociedad Entomológica Argentina 72(3-4): 199-212.

Margalef, R. 1998. Ecología. Editorial Omega. 968 p.

McCafferty, W. 1981. Aquatic Entomology. Nort America. Jones and Bartlett Publishers. 448 p.

Merritt, R. & K. Cummins. 1996. An Introduction to the Aquatic insects of North America. (Tercera edición). Estados Unidos. Kendall/Hunt Publishing Company. 862 p.

Paggi, A. 1999. Los Chironomidae como indicadores de calidad de ambientes dulceacuícolas. *Revista de la Sociedad Entomológica Argentina*, 58 (1-2): 202-207.

Pérez-López, F.J. & F.M. Sola-Fernández. 1993a. DIVERS. Programa para el cálculo de los índices de similitud. [Programa informático en línea]. Consultado el 25 de mayo de 2013. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>.

Pérez-López, F.J. & F.M. Sola-Fernández. 1993b. SIMIL. Programa para el cálculo de los índices de similitud. [Programa informático en

línea]. Consultado el 25 de mayo de 2013. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>.

Pino, R. & J. Bernal. 2009. Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta y media del río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Gestión y Ambiente* 12(3): pp. 73-84.

Ramírez, A. & C. Pringle. 1998. Use of both and drift sampling techniques to assess tropical stream invertebrate communities along an altitudinal gradient, Costa Rica. *Freshwater Biol.* 39: 359-373.

Rodríguez, P., M. Silva, O. Saldaña, M. Lacayo, E. Luna, J. Navas, S. Hernández, H. Silva, J. Robleto & S. Treminio. 2009. Apoyo al desarrollo de iniciativas de generación energética con fuentes renovables. 96 p. Consultado el 18 de julio de 2013. Disponible en: <https://cdm.unfccc.int/filestorage/1/U/P/1UPSLHXTP182DLQDCSI/EBMBGND1YX/Comment%20submitted%20by%20Asociacion%20Ambientalista%20de%20Chiriqui%20ASAMCHI.pdf?t=Y318bXJreWN0fDCcTYqaTcFJkhpATc2D9gAL>

Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia. Fondo FEN- Bogotá. Colombia. 217 p.

Roldán, G. 1999. Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. 13 p. Consultado el 3 de julio de 2013. Disponible en: http://www.accefyn.org.co/revista/Vol_23/88/375-387.pdf

Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Colombia. Editorial Universidad de Antioquia. 170 p.

Rosenberg, D. & V. Resh. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York London. Chapman and Hall. pp.488p.

Sánchez-Argüello, R., Cornejo, A., Pearson, R. & I. Boyero. 2010. Spatial and temporal variation of stream communities in a human-affected tropical watershed. *Ann. Limnol. - Int. J. Lim.* 46 (2010) 149–156.

Springer, M., A. Ramirez & P. Hanson. 2010. Macroinvertebrados de Agua dulce de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 58 (Suppl. 4) 240 p.

Tapia, M. & J. A. Bernal Vega. 2013. Diversidad y estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Chiriquí Viejo, Chiriquí, Panamá. *Scientia* 24(2): 93-106.

United States Department of Agriculture. 1998. National Water and Climate Center, Technical Note 99-1. Stream Visual Assessment Protocol. Estados Unidos. 42 p. Watershed Science Institute. s.f. Stream Visual Assessment Protocol. National Water and Climate Center Technical Note 99-1. Consultado el 4 de abril de 2014. Disponible en:

<ftp://ftp.wcc.nrcs.usda.gov/wntsc/strmRest/wshedCondition/EPTIndex.pdf>.

Recibido junio de 2015, aceptado febrero de 2016.