

Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá

Diversity and abundance of aquatics macroinvertebrates and water quality from high and low watersheds of Gariché river, Chiriquí province, Republic of Panama

Recibido para evaluación: 27 de julio de 2012
Aceptación: 16 de abril de 2013
Recibido versión final: 4 de junio de 2013

Johana Del C. Guinard¹
Tomás Ríos²
Juan A. Bernal Vega³

RESUMEN

Se determinaron la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, así como la calidad del agua, en cuatro estaciones de muestreo ubicadas en las subcuencas alta y baja del río Gariché, durante la época seca (enero a abril) y lluviosa (julio a octubre) de 2010, utilizando los métodos descritos por Pino & Bernal (2009). Se identificaron un total de 4 964 individuos, pertenecientes a 50 géneros, 30 familias y nueve órdenes de la clase Insecta. El índice de diversidad de Shannon-Weaver en promedio para la época seca fue de 2.36 y en época lluviosa de 1.95, es decir, una diversidad media en este ecosistema. En época seca, la abundancia de individuos fue mayor en el orden Hemiptera, familia Veliidae y el género *Rhagovelia*, seguido del orden Trichoptera, familia Hydroptilidae y el género *Atanotolica*. En época lluviosa, los órdenes más representativos fueron Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae y el género *Thraulodes*, seguido de Hemiptera, familia Veliidae y el género *Rhagovelia*. El índice de Jaccard indicó que las estaciones con mayor similitud fueron la 1 y 2, con un 65.2 % (época seca) y 76.9 % (época lluviosa), mientras que la similitud fue baja en las estaciones 1 y 3, con un 33.3 % (época seca) y un 41.7 % (época lluviosa). El índice biótico BMWP'/PAN para la época seca y lluviosa, mostró para las estaciones 1 y 2 aguas de calidad regular, pero en las estaciones 3 y 4 las aguas son de calidad aceptable. Las variables físicas y químicas mostraron valores dentro de los límites aceptables durante la época seca, mientras que en la época lluviosa los niveles fueron bajos, de acuerdo con los valores establecidos por las normas primarias de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo, influyendo en la heterogeneidad de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en cada estación de muestreo.

Palabras clave: Abundancia, bioindicadores, calidad del agua, distribución, diversidad, insectos acuáticos, río Gariché, Panamá.

ABSTRACT

Diversity and abundance of aquatic macroinvertebrate and quality of water in four sampling stations located in Gariche river high and low watersheds, during the dry season (January to April) and the rainy season (July to October) of 2010, were determined using methods described by Pino & Bernal (2009). A total of 4 964 individuals, belonging to 50 genera, 30 families and nine orders of class Insecta were identified. The average of the Shannon-Weaver Diversity Index in the dry season was 2.36 and 1.95 in rainy season, representing a middle diversity in this ecosystem. In dry season, the abundance of individuals was higher in the order Hemiptera, family Veliidae, and genus *Rhagovelia*, followed by Trichoptera, family Hydroptilidae, and genus *Atanotolica*. In rainy season, the most representative orders were Ephemeroptera, family Leptophlebiidae and genus *Thraulodes*, followed by Hemiptera, family Veliidae and genus *Rhagovelia*. The Jaccard Index indicated that the stations with the greatest similarity were 1 and 2, with a 65.2 % (dry season) and 76.9 % (rainy season), while the similarity was low between stations 1 and 3, with 33.3 % (dry season) and 41.7 % (rainy season). The Biotic Index BMWP'/PAN for the dry and rainy seasons, indicated a regular water quality for stations 1 and 2, but with acceptable quality at stations 3 and 4. The physic and chemical variables showed values within acceptable limits during the dry season, while in the rainy season the levels were low, according to the values established by the primary environmental quality standards and quality levels for freshwater recreational use without direct contact, influencing in the heterogeneity of aquatic macroinvertebrates in each sampling station.

Keywords: Abundance, biomarkers, water quality, distribution, diversity, aquatic insects, Gariche river, Panama.

1. Licenciada en Biología, La Concepción, Bugaba, Chiriquí.

2. Biólogo del Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados (MUPADI). Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí.

3. Dr. Recursos Naturales. Profesor de la Escuela de Biología, Director del MUPADI, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí.
juanbern@gmail.com

1. INTRODUCCIÓN

Los macroinvertebrados acuáticos comprenden una gran parte de la diversidad acuática, por lo que con frecuencia son el principal componente animal de los ecosistemas lóticos. Estos organismos juegan un papel importante en la red trófica de los sistemas dulceacuícolas controlando la cantidad y distribución de sus presas y constituyendo una fuente alimenticia para consumidores terrestres y acuáticos, al acelerar la descomposición de detritos y contribuir al reciclaje de nutrientes (Nieves et al., 2010).

Los llamados indicadores biológicos informan de la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestras, es decir, es como tener información del presente y pasado de lo que está sucediendo en las aguas (Alba-Tercedor & Sánchez, 1988). Los macroinvertebrados acuáticos a menudo son recomendados en evaluaciones de la calidad del agua (Hellawell 1986, Roldan 1988). Entre todos los grupos de organismos acuáticos, los macroinvertebrados constituyen el grupo de bioindicadores más utilizados a nivel mundial. Ellos proporcionan excelentes señales sobre la calidad ambiental del agua de los ríos, porque algunos requieren de una muy buena calidad para desarrollarse y sobrevivir, mientras que otros, por el contrario, crecen y abundan en aguas muy contaminadas. Esto se debe a que las diferentes especies tienen diferentes grados de sensibilidad a la contaminación de las aguas de los ríos (Hellawell, 1986).

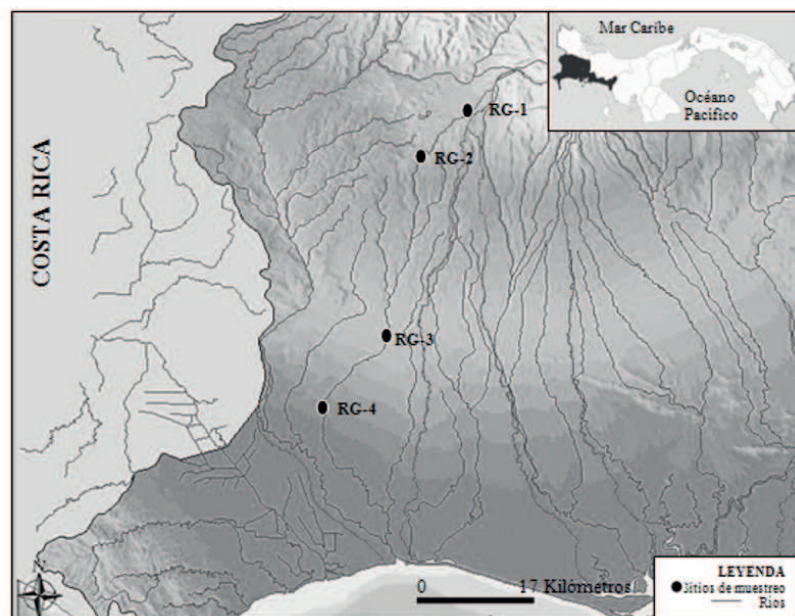
La subcuenca del río Gariché, en el occidente de Chiriquí, constituye una fuente de riqueza y abastece de agua a varias comunidades del distrito de Bugaba, como lo son: San Andrés, Gómez, Aserrió de Gariché, Altos de Gariché, Divalá, Santa Marta, La Estrella Santa Rosa, Santo Domingo y Volcán. Por ello, es de gran importancia su estudio y conservación. En los alrededores de esta subcuenca se desarrollan actividades ganaderas, agrícolas, industriales y turísticas. Este estudio se realizó con el objetivo de determinar la diversidad, la abundancia de los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua de la subcuenca alta y baja del río Gariché en época seca y lluviosa.

2. MATERIALES Y MÉTODOS

2.1. Área de estudio

Las estaciones de muestreo se ubicaron en la subcuenca alta (E1 y E2) y baja (E3 y E4) del río Gariché, en la vertiente del Pacífico al occidente de la República de Panamá, provincia de Chiriquí (Fig. 1). Las características por estación de muestreo, las coordenadas y la altitud se describen en la Tabla 1.

Figura 1. Estaciones de muestreo de insectos acuáticos en el río Gariché (RG 1-4) en 2010, Chiriquí, Panamá.



Estaciones de muestreo	Características del sitio	Coordenadas		Altitud (m.s.n.m.)
		N	W	
E1. Balneario La Fuente (Volcán)	Corriente rápida, sustrato arenoso, poca hojarasca y vegetación marginal, con vertido de aguas residuales.	8°46'10.80"	82°38'49.62"	1,374
E2. Finca del Sr. Q. Martínez (Volcán)	Corriente rápida, sustrato areno-rocoso con acumulación de hojarasca, una sección con mucha vegetación y otra con escasa vegetación, con vertidos de desechos de materia orgánica.	8°39'04.24"	82°38'46.41"	1,320
E3. Balneario Laberinto de Pasiones (Alto de Gariché)	Corriente lenta, sustrato arenoso. En una sección hay grandes árboles y lianas y en la otra poca vegetación marginal. Sitio alterado por actividades antropogénicas (turismo, ganadería y actividades agrícolas).	8°32'05.28"	82°43'12.30"	213
E4. Aserrío de Gariché	Corriente lenta, sustrato areno-rocoso, con abundante hojarasca y vegetación marginal. Sitio alterado por la extracción de piedra y arena, y el depósito de basura, particularmente en época seca.	8°32'03.00"	82°43'09.12"	68

Tabla 1. Coordenadas geográficas de las cuatro estaciones de muestreo estudiadas en la subcuenca alta y baja del río Gariché, Chiriquí, Panamá.

La época seca comprende de diciembre a abril y la lluviosa de mayo hasta alrededor de finales de noviembre (Tossi, 1971). El clima es lluvioso con una temperatura promedio anual en la subcuenca alta de 22.0 °C y en la subcuenca baja de 28.1 °C. La subcuenca alta y baja del río Gariché en época lluviosa llega a tener un caudal máximo estimado en 578.5 m³/s y en época seca de 3.1 m³/s [Autoridad Nacional del Ambiente (ANAM), 2009a]. Según Holdridge & Jiménez (1982), en la subcuenca alta y baja se distribuyen las zonas de vida: Bosque Húmedo Tropical y Bosque Montano Bajo, respectivamente.

2.2. Trabajo de campo y laboratorio

Se realizaron recolectas cualitativas dos veces por mes de enero a abril (ES, época seca) y de julio a octubre (EL, época lluviosa) de 2010. En cada estación se realizó un esfuerzo de muestreo de 45 minutos. Para ello se utilizó una red tipo triangular, donde se realizaron barridos en el fondo y márgenes del río, para la captura de los macroinvertebrados acuáticos adheridos a tallos, hojas y raíces de las plantas, y pinzas entomológicas para capturar los organismos adheridos a rocas y troncos (Pino & Bernal, 2009). Los especímenes recolectados se colocaron en frascos plásticos debidamente rotulados, con alcohol al 70 % y una o dos gotas de glicerina para evitar el endurecimiento de las estructuras (Roldán 1988). También se recolectó hojarasca sumergida en bolsas plásticas, la cual se revisó posteriormente en el laboratorio. Las muestras se identificaron hasta género en la mayoría de los casos, con las claves publicadas por McCafferty (1981), Roldán (1988, 2000), Merritt & Cummins (1996), y Springer (2006).

2.3. Variables físicas y químicas

Durante la recolecta de los macroinvertebrados acuáticos en cada una de las estaciones de muestreo se hicieron mediciones de pH, conductividad y oxígeno disuelto, usando un multiparámetro modelo HQ40d.

2.4. Análisis de la información

Los datos de los organismos identificados fueron agrupados por época (seca y lluviosa), por lo que se obtuvo un número de familias, géneros e individuos para cada estación de muestreo. Se calculó la diversidad con el Índice de Shannon-Weaver (Pérez & Sola, 1993a; Margalef, 1998) y la similitud entre las estaciones de muestreo con el Índice de Jaccard (Pérez & Sola, 1993b). Se determinó

la calidad del agua en las cuatro estaciones de muestreo, mediante el uso del Índice BMWP'/PAN (*Biological Monitoring Working Party/Panamá*) (Cornejo, 2010).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Abundancia y diversidad de insectos acuáticos

La entomofauna acuática total capturada en el río Gariché durante ocho meses de muestreo en cuatro estaciones fue de 4,964 individuos, de los cuales 3,351 corresponden a la época seca y 1,613 a la época lluviosa (Tabla 2). La abundancia de los insectos se observa principalmente cuando la precipitación pluvial es baja y disminuye cuando ésta se incrementa (Araúz et al., 2000). Se identificaron 50 géneros (ocho sin determinar), agrupados en 30 familias pertenecientes a nueve órdenes de la clase Insecta, distribuidos de la siguiente manera: Trichoptera, que presentó la mayor variedad de géneros (14) y 8 familias, seguido de Coleoptera, con 9 géneros y 6 familias, Hemiptera con 8 géneros y 4 familias, Ephemeroptera registro 7 géneros agrupados en tres familias, Diptera y Odonata con 4 géneros y 3 familias cada uno, Lepidoptera con 2 géneros y una familia y Neuroptera y Plecoptera con un género y una familia cada uno (Tabla 2).

El orden con mayor abundancia de individuos durante toda la investigación fue Hemiptera (37.9 %, 1,881 individuos), con las familias: Veliidae (27.8 %) con el género *Rhagovelia* y Gerridae (10.1 %), con el género *Metrobates* (7.5 %) (Tabla 2). Estos resultados coinciden con los resultados documentados por Bernal & Castillo (2012) en el río Mula, Pino & Bernal (2009) en el río David, provincia de Chiriquí, y Wittgreen & Villanero (1998), en el río La Villa, en la provincia de Los Santos, Panamá.

El segundo con mayor abundancia de insectos fue el orden Trichoptera (35.2 %, con 1,745 individuos), con las familias Leptoceridae (14.3 %), y el género *Atanotolica* (14.0 %) e Hydropsichidae (11.9 %), y el género *Smicridea* (11.8 %) (Tabla 2). Araúz et al. (2000), en el río Chico, provincia de Chiriquí, documentaron que las familias más abundantes fueron Leptoceridae e Hydropsichidae. Bernal & Castillo (2012) y Pino & Bernal (2009), registraron menor abundancia de individuos en la familia Leptoceridae. Este orden fue el más comúnmente encontrado en ambas épocas del año, durante el muestreo en todas las estaciones, donde las familias más representativas fueron: Hydropsichidae, Leptoceridae, Glossosomatidae y Philopotamidae.

Tabla 2. Diversidad y abundancia total de insectos acuáticos encontrados en la parte alta y baja del río Gariché, en época seca (ES) y lluviosa (EL) (enero a octubre de 2010).

Orden	Familia	Género	ES	EL	E1		E2		E3		E4		Total (%) ES	Total (%) EL	Total (%) ES+EL
					ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL			
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	•		2	0	1	0	4	0	3	0	10 (0.3)	0	10 (0.2)
		<i>Baetodes</i>	•	•	8	1	2	0	0	0	1	0	11 (0.3)	1 (0.1)	12 (0.2)
		<i>Camelobaetidius</i>	•	•	0	0	0	0	1	3	0	2	1 (0.1)	5 (0.3)	6 (0.1)
	Leptohiphidae	<i>Leptohyphes</i>	•	•	0	16	35	39	2	33	1	12	38 (1.1)	100 (6.2)	138 (2.8)
		<i>Tricorythodes</i>	•		2	0	5	0	0	0	0	0	7 (0.2)	0	7 (0.1)
	Leptophlebiidae	<i>Thraulodes</i>	•	•	4	10	11	27	182	96	134	90	331 (9.9)	223 (13.8)	554 (11.2)
<i>Traverella</i>		•		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	1 (0.1)	
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	•	•	0	0	0	0	4	1	2	0	6 (0.2)	1 (0.1)	7 (0.1)
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	•	•	5	0	2	0	25	4	22	2	54 (1.6)	6 (0.4)	60 (1.2)
		<i>Ischnura</i>	•		0	0	0	0	10	0	11	0	21 (0.6)	0	21 (0.4)
	Libellulidae	Sin determinar	•		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	1 (0.1)
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	•	•	0	0	0	0	4	1	0	0	4 (0.1)	1 (0.1)	5 (0.1)
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	•	•	0	0	2	0	8	1	5	0	15 (0.4)	1 (0.1)	16 (0.3)

Orden	Familia	Género	ES	EL	E1		E2		E3		E4		Total (%) ES	Total (%) EL	Total (%) ES+EL
					ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL			
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	•		0	0	0	0	0	2	0	0	0	2 (0.1)	2 (0.1)
		<i>Aquarius</i>	•		0	0	0	0	0	2	0	1	0	3 (0.2)	3 (0.1)
		<i>Brachymetra</i>	•		0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
	Gerridae	<i>Metrobates</i>	•	•	61	23	10	21	64	29	95	70	230 (6.9)	143 (8.9)	373 (7.5)
		<i>Trepobates</i>	•		0	0	0	0	45	0	72	0	117 (3.5)	0	117 (2.4)
	Naucoridae	<i>Ambrysus</i>	•		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	1 (0.1)
		<i>Pelocoris</i>	•		0	0	0	0	0	2	0	0	0	2 (0.1)	2 (0.1)
	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	•	•	1	64	3	74	296	239	351	354	651 (19.4)	731 (45.3)	1,382 (27.8)
Coleoptera	Dryopidae	<i>Dryops</i>	•	•	0	0	0	0	2	3	6	5	8 (0.2)	8 (0.5)	16 (0.3)
		<i>Heterelmis</i>	•		0	0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	1 (0.1)
	Elmidae	<i>Macrelmis</i>	•		0	0	0	0	2	0	0	0	2 (0.1)	0	2 (0.1)
		<i>Phanocerus</i>	•		0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
	Hydrophilidae	<i>Paracymus</i>	•		0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
	Lampyridae	Sin determinar	•		0	0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	1 (0.1)
	Psephenidae	<i>Psephenus</i>	•	•	2	1	3	3	106	14	241	27	352 (10.5)	45 (2.8)	397 (8.0)
Staphylinidae	<i>Stenus</i>	•		0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phyllocicus</i>	•		4	0	0	0	2	0	1	0	7 (0.2)	0	7 (0.1)
		<i>Helicopsyche</i>	•		32	0	77	0	0	0	8	0	117 (3.5)	0	117 (2.4)
	Helicopsychidae	Sin determinar	•		0	1	0	0	0	0	0	0	0	1 (0.1)	1 (0.1)
		<i>Diplectrona</i>	•		0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	0	1 (0.0)
		<i>Leptonema</i>	•		6	0	2	0	0	0	0	0	8 (0.2)	0	8 (0.1)
	Hydropsychidae	<i>Smicridea</i>	•	•	62	36	359	52	35	12	18	8	474 (14.1)	108 (6.7)	582 (11.8)
		Sin determinar	•		0	0	0	0	0	0	0	3	0	3 (0.2)	3 (0.1)
Hydroptilidae	<i>Atanotolica</i>	•	•	278	21	324	16	45	1	10	1	657 (19.6)	39 (2.4)	696 (14.0)	
	Leptoceridae	<i>Nectopsyche</i>	•		0	0	1	0	0	0	0	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
		<i>Oecetis</i>	•		1	0	1	0	0	0	1	0	3 (0.1)	0	3 (0.1)
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i>	•	•	31	0	109	1	3	0	2	0	145 (4.3)	1 (0.1)	146 (2.9)
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	•	•	0	4	1	7	35	26	6	8	42 (1.3)	45 (2.8)	87 (1.8)	
	Sin determinar	•		0	4	0	3	0	41	0	21	0	69 (4.3)	69 (1.4)	
	Sin determinar	•		0	0	0	0	0	17	0	7	0	24 (1.5)	24 (0.5)	
Diptera	Chironomidae	Sin determinar	•		0	0	8	0	0	0	0	0	8 (0.2)	0	8 (0.2)
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	•	•	6	24	4	16	3	3	1	2	14 (0.4)	45 (2.8)	59 (1.2)
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	•		0	0	0	0	0	0	1	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
		<i>Tipula</i>	•		2	0	0	0	0	0	0	0	2 (0.1)	0	2 (0.1)
Lepidoptera	Crambidae	<i>Petrophila</i>	•	•	0	0	5	0	2	0	1	1	8 (0.2)	1 (0.1)	9 (0.2)
		Sin determinar	•		0	0	0	0	1	0	0	0	1 (0.1)	0	1 (0.1)
Total	30 familias	50 géneros	38	30	507	205	965	259	884	532	995	617	3,351 (100.0)	1,613 (100.0)	4,964 (100.0)

El orden Ephemeroptera (14.7 %, con 728 individuos), estuvo representado por la familia Leptophlebiidae (11.3 %), y el género *Thraulodes* (11.2 %) (Tabla 2). La familia con mayor variedad de géneros fue Baetidae con *Baetis*, *Baetodes* y *Camelobaetidius*. También se encontró la familia

Leptohiphidae con los géneros *Leptohiphes* y *Tricorythodes*. Bernal & Castillo (2012), registraron estas tres familias en el río Mula en época seca. En el río Agué, en La Mesa, Veraguas, Rodríguez & Mendoza (2003), encontraron las familias Baetidae, Leptophlebiidae, Heptagenidae, Oligoneuridae, Tricorythidae (Leptohiphidae) y Caenidae, seis de las familias registradas en nuestro estudio.

En el orden Coleoptera (8.5 %, con 420 individuos), Psephenidae fue la más abundante (8.0 %), con el género *Psephenus* (7.9 %), encontrándose en todas las estaciones de muestreo (Tabla 2). La familia con mayor variedad de géneros en este orden fue Elmidae, con *Heterelmis*, *Macrelmis* y *Phanocerus*. Bernal & Castillo (2012), documentaron al género *Psephenus*, como el más abundante del orden en un estudio realizado en el río Mula. Rodríguez et al. (2000), documentó la presencia del género *Psephenus* en todas las estaciones de muestreo en la quebrada El Salto, en Las Palmas, Veraguas.

Del orden Odonata (1.8 %, con 89 individuos), se encontraron las familias Calopterigidae (*Hetaerina*), Coenagrionidae (*Argia* y *Ischnura*) y Libellulidae, con un género sin determinar (Tabla 2). Esta diversidad es similar a la documentada en el río Chico, donde se encontraron estas tres familias (Araúz, 1995, tomado de Rodríguez et al., 2000). Sin embargo, en este estudio hubo un menor número de familias y géneros a los documentados por Bernal & Castillo (2012) para el río Mula y Pino & Bernal (2009) para el río David, en Chiriquí.

En el orden Diptera (1.4 %, con 70 individuos), se identificaron las familias Chironomidae, con un género sin determinar; Simuliidae, con el género *Simulium* que se encontró en todas las estaciones de muestreo en las dos épocas del año, y Tipulidae, con los géneros *Hexatoma* y *Tipula* (Tabla 2). Menjivar (2010), documentó la familia Simuliidae como la de mayor abundancia en los Ríos Sensunapán y Grande de San Miguel, en El Salvador. Sin embargo, en los ríos Mula, Capira y David, se documentó que la familia más abundante de este orden en todas las estaciones de muestreo fue Chironomidae (Bernal & Castillo, 2012; Sánchez et al., 2010; Pino & Bernal, 2009).

Con menos del uno por ciento se encontraron los órdenes Lepidoptera (0.2 % con 10 individuos), con la familia Crambidae, y el género *Petrophila* y uno sin determinar; Neuroptera (0.3 % con 16 individuos), la familia Corydalidae, con el género *Corydalus*, y Plecoptera (0.1 % con 5 individuos), con la familia Perlidae, y el género *Anacroneuria* (Tabla 2). Pino & Bernal (2009), en el río David en Chiriquí; Rodríguez et al. (2000), en la Quebrada El Salto en Veraguas, registraron una sola familia para estos órdenes, que fueron Pyralidae (Crambidae), Corydalidae y Perlidae. Esta última se encontró en todas las estaciones de muestreo en el río David y en la quebrada El Salto. Sin embargo, esta familia en este estudio se encontró solamente en la estación 3.

La mayor abundancia de individuos recolectados en ambas épocas del año se encontró en la estación 4, con 1,612, seguidas de las estaciones 3 (1,416), estación 2 (1,224) y por último la estación 1 (712) (Fig. 2). Esta mayor abundancia en la estación 4 pudo estar influenciada posiblemente por características de la estación de muestreo, tales como: tipo de sustrato, de hábitat, grado de alteración del medio, interacciones bióticas y la disponibilidad de vegetación sumergida, como se menciona en su descripción. Resultados similares han sido documentados por Bernal & Castillo (2012), quienes encontraron que la estación de muestreo ubicada en la parte más alta presentó menor abundancia de insectos acuáticos, con respecto a otras tres estaciones, ubicadas en las secciones más bajas del río Mula. El número de individuos por estación de muestreo fue mayor en la época seca y menor en la época lluviosa. Esta misma tendencia se observó en los ríos Chico y Mula (Araúz et al., 2000; González, 2011).

Se debe destacar que los resultados de la entomofauna encontrados en este estudio son valiosos como aporte para conocer la diversidad de este grupo funcional en esta zona biogeográfica y ampliar el mapa de distribución.

3.2. Índice de diversidad

La diversidad en la parte alta y baja del río Gariché para la época seca y lluviosa fue media de $H' = 2.36$ y $H' = 1.94$, respectivamente (Tabla 3), es decir, disminuyó en la época lluviosa; los valores de H' entre 1,50-2,70, corresponden a diversidad media, según Margalef (1998). Bernal & Castillo (2012), documentaron que en los sitios con diversidad media en el río Mula están influenciados por factores antrópicos, así como también por factores físicos. Valores similares de diversidad fueron documentados en el río David (Pino & Bernal, 2009) y en el río Mula (Bernal & Castillo, 2012). Según Borja et al. (2005), el incremento en el caudal del río favorece la deriva de macroinvertebrados río abajo y la turbiedad influye en la disminución del número de individuos, y por lo tanto de la diversidad.

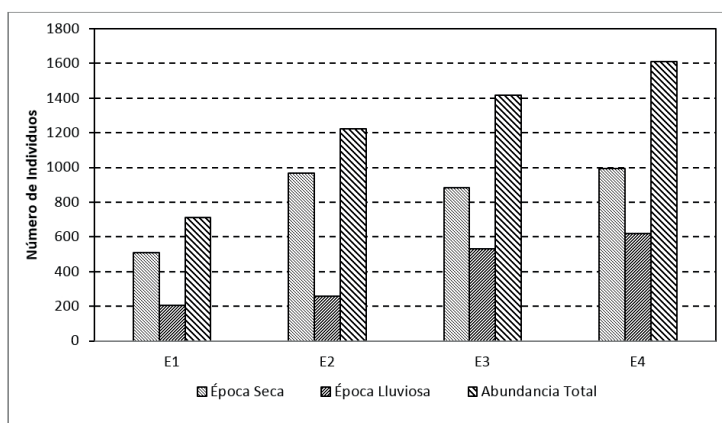


Figura 2. Abundancia de insectos acuáticos recolectados en dos épocas en el río Gariché, Chiriquí, 2010.

Variable	E1		E2		E3		E4		Total	
	ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL
Número de individuos	507	205	965	259	884	532	995	617	3,351	1,613
Riqueza de especies	17	12	21	11	27	22	25	20	38	30
Uniformidad	0.56	0.79	0.53	0.82	0.64	0.61	0.58	0.50	0.69	0.68
Índice de Shannon-Weaver (H')	1.59	1.97	1.63	1.97	2.11	1.89	1.88	1.52	2.36	1.94

$H' \leq 1.5$ = diversidad baja, $1.5 < H' < 2.7$ = diversidad media, $H' \geq 2.7$ = diversidad alta.

Tabla 3. Valores de Índice de Diversidad de los de insectos acuáticos encontrados durante la época seca (ES, enero a abril) y lluviosa (EL, junio a octubre) en la subcuenca alta y baja del río Gariché, 2010.

3.3. Índice de similitud

En el índice de Jaccard, la mayor similitud de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se observó entre las estaciones 1 y 2, con un 65.2 % para la época seca y un 76.9 % para la época lluviosa. Las estaciones 3 y 1 mostraron una baja similitud (33.3 %) para la época seca, de igual forma con un 41.7 % para la época lluviosa. Una similitud media (50,0 %) se registró entre las estaciones 1 y 4, para la época seca, y en la estación 2 y 4 (47.6 %) y la 1 y 4 (45.5 %), durante la época lluviosa (Tabla 4). Las estaciones de muestreo 1 y 2 con mayor similitud pertenecen a la subcuenca alta, cerca del nacimiento del río Gariché, las cuales poseen características similares del hábitat. Aunque no se pueden descartar con seguridad otros factores, esta información es el resultado de cambios propios de las áreas de muestreo, como lo son la temperatura del agua, las adaptaciones fisiológicas de los organismos, la amplitud del cauce, el nivel de oxígeno y la corriente del cuerpo de agua (Roldán, 2003).

Época	Estación	2	3	4
Seca	1	0.652 (65.2 %)	0.333 (33.3 %)	0.500 (50.0 %)
	2	-	0.412 (41.2 %)	0.586 (58.6 %)
	3	-	-	0.576 (57.6 %)
Lluviosa	1	0.769 (76.9 %)	0.417 (41.7%)	0.455 (45.5%)
	2	-	0.435 (43.5%)	0.476 (47.6%)
	3	-	-	0.556 (55.6%)

Tabla 4. Porcentaje de Similitud (Índice de Jaccard) de las comunidades de insectos acuáticos en cuatro estaciones de muestreo en la subcuenca alta y baja del río Gariché, durante la época seca (enero a abril) y época lluviosa (julio a octubre) de 2010.

3.4. Índice biótico de calidad de aguas BMWP'/Pan. (Biological Monitoring Working Party)

En las estaciones de muestreo ubicadas en la subcuenca alta se encontraron valores más bajos del índice biótico BMWP'/Pan., en comparación con la subcuenca baja, para ambas épocas (Tabla 5). Los valores indican que en las estaciones 1 y 2, las aguas son de Clase III, es decir, que son aguas de calidad regular a moderadamente contaminadas, y en las estaciones 3 y 4, las aguas son de Clase II, aguas muy limpias, no contaminadas o poco alteradas, de acuerdo con la escala publicada por Cornejo (2010). Resultados similares a los encontrados en este estudio, fueron documentados en

el río Mula (Bernal & Castillo, 2012). Los valores obtenidos indican que los organismos encontrados presentan adaptaciones a determinadas condiciones ambientales en el ecosistema acuático y tienen límites de tolerancia a las diferentes alteraciones del mismo (Alba-Tercedor & Sánchez, 1988).

Variable	E1		E2		E3		E4		Promedio	
	ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL	ES	EL
BMWP'/Pan.	83	80	92	70	117	118	111	100	101	92
LDO (mg/L)	6.97	4.21	7.99	4.24	8.01	4.45	8.05	5.12	7.76	4.51
pH	7.10	5.29	7.09	5.30	6.97	5.30	7.00	5.27	7.04	5.29
Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	156.30	135.90	159.80	133.20	103.10	90.00	103.00	90.40	130.55	112.38

Tabla 5. Valores del índice biótico BMWP'/Pan para calidad de agua y variables físico-químicas en cada estación de muestreo durante la época seca (ES) y lluviosa (EL) en la subcuenca alta y baja del río Gariché, 2010.

Ámbitos normales: LDO: 7.0-8.0 mg/L, pH: 6.0-9.0, Conductividad: 100-200 $\mu\text{S/cm}$, [Nieves, (2010); Roldán, (2003)].

3.5. Variables físicas y químicas

En la época seca, en promedio, los niveles de oxígeno disuelto (7.76 mg/L), pH (7.04) y conductividad (130.55 $\mu\text{S/cm}$) se mantuvieron en los niveles normales en todas las estaciones de muestreo (Tabla 5), de acuerdo con los valores establecidos por las normas primarias de calidad ambiental y niveles de calidad para las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo (ANAM, 2009b). Mientras que en la época lluviosa, los niveles fueron inferiores a los límites establecidos para oxígeno disuelto (4.51 mg/L) y pH (5.24). Los valores de conductividad se mantuvieron entre el ámbito aceptado (112.38 $\mu\text{S/cm}$). Valores normales de oxígeno disuelto (≥ 5 mg/L) y pH (6.0-9.0) son importantes en los ecosistemas acuáticos, ya que están relacionados con los procesos metabólicos de los organismos aeróbicos y la productividad biológica, respectivamente (Nieves, 2010). En las estaciones de muestreo 1 y 2, donde se obtuvieron los mayores valores de conductividad, posiblemente influenciado por el vertido de aguas residuales, se observó una menor diversidad de especies, en comparación con la de las estaciones 3 y 4, en la época seca (Tablas 3 y 5). Aunque no se descarta la influencia de otros factores, como por ejemplo la altitud, y/o la temperatura del agua, es conocido el hecho que la conductividad afecta la diversidad de especies; a medida que ésta aumenta, disminuye la diversidad (Roldán, 2003).

4. CONCLUSIONES

- En la subcuenca alta y baja del río Gariché, en la época seca y lluviosa, se encontró una diversidad media, representada por 48 géneros, 25 familias y nueve órdenes de la clase Insecta. La mayor abundancia de individuos se encontró en el orden Hemiptera, seguido de Trichoptera, Ephemeroptera y Coleoptera. Las estaciones de muestreo 1 y 2 mostraron la mayor similitud y las estaciones 3 y 1 la similitud más baja.
- Según el BMWP'/Pan. las estaciones 1 y 2 mostraron aguas de calidad regular a moderadamente contaminadas, mientras que las estaciones 3 y 4, se encontraron aguas de buena calidad o poco alteradas. Los valores registrados para los parámetros fisicoquímicos variaron desde la estación 1 en la subcuenca alta, hacia la estación 4 en la subcuenca baja. Los valores se ubicaron dentro de los límites aceptables durante la época seca, de acuerdo con los valores establecidos por las normas primarias de calidad ambiental y niveles de calidad de las aguas continentales de uso recreativo con y sin contacto directo, y disminuyeron durante la época lluviosa.

AGRADECIMIENTOS

Al Sr. Q. Martínez por permitir la recolectas en su finca, a Y. Aguirre por la revisión de varios especímenes, a la Secretaría Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (SENACYT), por proveer parte de los fondos económicos para esta investigación a través del Sistema Nacional de Investigadores (SNI).

BIBLIOGRAFÍA

- Autoridad Nacional del Ambiente 2009a. Informe sobre el Estado del Conocimiento y Conservación de la Biodiversidad y de las Especies de Vertebrados de Panamá. Fundación PA.NA.M.A. 333 P. Disponible en: <http://www.inbio.ac.cr/web-ca/biodiversidad/panama/informe-panama.pdf>.
- Autoridad Nacional del Ambiente 2009b. Tercer Informe de Monitoreo de la Calidad del Agua Años 2006 – 2007. 349 P. Disponible en: <http://v1.panamacompra.gob.pa/documentosconvertidos/2009-1-08-0-08-LP-008343-AN-01>.
- Alba-Tercedor, J. & Sánchez, A. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellawell (1978). *Limnetica*. 4: pp. 51-56.
- Araúz, B., Amores, B. & Medianero, E. 2000. Diversidad de Distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del río Chico (provincia de Chiriquí, república de Panamá). *Scientia* 15(1): pp. 27-45.
- Bernal Vega, J.A. & Castillo V., H.M. 2012. Diversidad, distribución de los insectos acuáticos y calidad del agua de la subcuenca alta y media del río Mula, Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*: 14(1): pp. 35-52. Panamá.
- Borja, F., Carvajal, C., et al. 2005. Factores que inciden en la disminución de los organismos a lo largo de una cuenca. Universidad de Tolima. Colombia. Consultado el 15 de Julio de 2012. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos29/organismos-cuenca/organismos-cuenca.shtml>.
- 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), Villahermosa, Tabasco, México.
- González, G. 2011. Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta, media y baja del río David, provincia de Chiriquí, república de Panamá. Tesis de licenciatura de la Escuela de Biología, Universidad Autónoma de Chiriquí. 82 P.
- Hellawell, J.M. 1986. *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier, Londres.
- Holdridge, L. & Jiménez, H. 1982. *Ecología: basada en zonas de vida*. Segunda Edición. San José, Costa Rica. 216 P.
- Margalef, R. 1998. *Ecología*. Novena edición. Ediciones Omega, S.A. Barcelona, España. 951 P.
- McCafferty, W. 1981. *Aquatic entomology*. Boston: Science Books International. 448 P.
- Menjivar, R.A. 2010. Guía ilustrada para el estudio ecológico y taxonómico de los insectos acuáticos del Orden Diptera en El Salvador. En: Springer, M., Sermeño Chicas, J.M. (eds.). *Formulación de una guía metodológica estandarizada para determinar la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando insectos acuáticos*. Proyecto Universidad de El Salvador (UES)-Organización de los Estados Americanos (OEA). Editorial Universitaria UES, San Salvador, El Salvador. 50 P.
- Merritt, R. & Cummins, K., 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third Edition. E. U. Edition Kendall/Hunt Publishing Company, 682 P.
- Nieves G., E., Rosas R.K. & Hornedo, M. 2010. Biodiversidad de insectos acuáticos asociados a la cuenca del río Grande de Manatí. Departamento de Recursos Naturales y Ambientales. Puerto Rico. Citado el 25 de julio de 2012. Disponible en <http://www.drna.gobierno.pr/oficinas/saux/secretaria-auxiliar-de-planificacion-integral/planagua/proyecto-rios-patrimoniales/estudio-de-biodiversidad-de-insectos-acuaticos.pdf>.
- Pérez-Sola, F.J. & Sola-Fernández, F.M. 1993a. DIVERS. Programa para el Cálculo de los índices de similitudes. [Programa informático en línea]. Citado 17 de julio de 2011. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/jp-//descargas.htm>.
- Pérez-Sola, F.J. & Sola-Fernández, F.M. 1993b. SIMIL. Programa para el Cálculo de los índices de similitudes. [Programa informático en línea]. Citado 17 de julio de 2011. Disponible en: <http://perso.wanadoo.es/jp-//descargas.htm>.

- Pino, R. & Bernal, J. 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.
- Rodríguez, V., Barrera, M. & Delgado, Y. 2000. Insectos acuáticos de la Quebrada El Salto, en el distrito de las Palmas, provincia de Veraguas, república de Panamá. *Scientia* 15(2): pp. 33-44.
- Rodríguez, V. & Mendoza, M. 2003. Entomofauna acuática asociada al río Agué, en La Mesa, Veraguas, Panamá. *Tecnociencia* 5(2): pp. 109-119.
- Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Editorial Presentia Ltda. Bogotá, Colombia. 217 P.
- Roldán, G. 2000. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad de las Aguas en los Andes Colombianos. Versión preliminar. Universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín, Colombia. 100 P.
- Roldán, G. 2003. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia. Medellín, Colombia. 170 P.
- Sánchez A., R., Cornejo, A., Boyero, L. & Santos Murgas, A. 2010. Evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Capira, Panamá. *Tecnociencia* 12(2): pp. 57-70.
- Springer, M. 2006. Clave taxonómica para larvas de las familias del orden Trichoptera (Insecta) de Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 54: pp. 273-286.
- Tossi, J.A. 1971. Zonas de Vida. Una base Ecológica para las Investigaciones Silvícolas e Inventarios Forestales en la República de Panamá. Programa de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO), Panamá. 126 P.
- Wittgreen, Z. & Villanero, S. 1998. Inventario de Macroinvertebrados en el río La Villa, península de Azuero. Documento interno no publicado, tesis de licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 122 P.