

Diversidad de insectos acuáticos y calidad del agua de los ríos David y Mula, provincia de Chiriquí, Panamá

Diversity of aquatic insects and water quality of the Mula and David rivers, Chiriqui province, Panama

Tomás Ríos*
Gil González**
Juan A. Bernal Vega***

*Fecha de recepción: 15 de enero de 2014
Aceptación: 20 de abril de 2015
Recibido versión final: 29 de abril de 2015*

Resumen

Se determinó la diversidad, abundancia, distribución, riqueza de insectos acuáticos y la calidad del agua en los ríos David y Mula, en época seca (enero-abril) y lluviosa (julio-octubre) en el año 2010. Los insectos acuáticos se recolectaron dos veces al mes y se utilizaron tres métodos de captura, de acuerdo con el tipo de sustrato. Se identificaron 82 géneros (cuatro sin determinar), agrupados en 43 familias y nueve órdenes de la clase Insecta, con una abundancia total de 14.951 individuos. El río David presentó una diversidad (H') entre 2,17 y 2,87, y el río Mula entre 2,73 y 2,90. El índice de similitud de Sorensen mostró valores altos de similitud. Según el índice BMWP'/Pan, los ríos David y Mula mostraron aguas de calidad buena o no alteradas de manera sensible a aguas de calidad excelente, excepto en un sitio del río David donde el agua fue de calidad regular, eutrófica y moderadamente contaminada en la época lluviosa. En ambos ríos los datos indican una constancia de los niveles de pH, oxígeno disuelto y conductividad, y además, no presentan cambios significativos notables durante las épocas seca y lluviosa.

Palabras clave

Calidad del agua, BMWP'/Pan, insectos acuáticos, río David, río Mula.

* Programa Centroamericano de Maestría en Entomología, Universidad de Panamá, Panamá. Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá. Nacionalidad: panameño. Email: targ23@gmail.com.

** La Concepción, Bugaba, Chiriquí, Panamá. Nacionalidad: panameño.

*** Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas, Universidad Autónoma de Chiriquí, Panamá. Nacionalidad: panameño. Enviar correspondencia a: juanbernal@gmail.com.

Abstract

This study determined the diversity, abundance, distribution, richness of aquatic insects and water quality in the Mula and David rivers, in the dry season (January to April) and rainy season (July to October) for the year 2010. The aquatic insects were collected twice a month and three methods of capture were employed, according to the substrate type. 82 genera were identified (4 undetermined), grouped into 43 families and nine orders of the class Insecta, with a total abundance of 14.951 individuals. The David river showed diversity (H') between 2.17 and 2.87, in contrast to the Mula river, whose diversity was between 2.73 and 2.90. The Sorenson similarity index showed high similarity values. According to the index $BMWP'/Pan$, the Mula and David rivers presented good quality water, or appreciably not altered water, to excellent quality water, except in a site of David river where the water had regular quality, eutrophic and moderately polluted in the rainy season. For both rivers, the levels of water pH, dissolved oxygen and conductivity were constant, and they did not present significant changes during dry and rainy seasons.

Keywords

Aquatic insects, $BMWP'/Pan$, David river, Mula river, water quality.

Introducción

Existe un creciente interés por conocer la biodiversidad de insectos acuáticos y sus cambios en el tiempo en los ecosistemas fluviales, puesto que su protección es una prioridad generalizada debido al aumento continuo del desarrollo industrial y agropecuario, principalmente en países en vía de desarrollo como Panamá. Como herramientas para ello se han desarrollado criterios biológicos, físicos y químicos, que permiten estimar el efecto y la magnitud de las intervenciones humanas (Roldán 1988). Entre los criterios biológicos, las técnicas de biomonitorio basadas en indicadores biológicos reflejan la situación tanto momentánea como de lo acontecido algún tiempo antes de la toma de muestra (Alba-Tercedor y Sánchez 1988).

Entre los bioindicadores, la comunidad de macroinvertebrados comprende una gran parte de la diversidad acuática, por lo que con frecuencia representa el principal componente de los ecosistemas lóticos (Esteves 1988; Castellanos y Serrato 2008). Los métodos de evaluación basados en estos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace va-

rias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua (Alba-Tercedor 1988; Klemm et al. 1990; Rosenberg y Resh 1993; Richards et al. 1997; Posada et al. 2000; Roldán 2003; MINAE 2007). Estudios basados en esta metodología han permitido un conocimiento del estado ecológico de ríos y lagos, lo cual ha servido de base para elaborar planes para una sorprendente recuperación en los últimos años (Roldán 2003). Recientemente se ha elaborado una propuesta de índice $BMWP$ (Biological Monitoring Working Party) para Panamá (adaptados de Colombia y Costa Rica), al cual se le ha denominado $BMWP'/Pan$ (Cornejo 2015, en preparación).

En Panamá se han realizado algunas investigaciones que determinan la diversidad de familias y géneros de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en los ríos de mayor importancia potencial para sus comunidades, y también para áreas turísticas (Rodríguez y Bonilla 1999; Araúz et al. 2000; Rodríguez et al. 2000; Cornejo-Remice y Amores 2003; Rodríguez y Mendoza 2003; Lombardo y Rodríguez 2007; Arias y Andreve 2004; Pino y Bernal 2009; Bernal y Castillo 2012; Cambra y Barría 2014).

El objetivo de este trabajo fue determinar la diversidad, abundancia, distribución espacial, riqueza de insectos acuáticos y la calidad del agua en períodos de cuatro meses durante la época seca y lluviosa de los ríos David y Mula en la provincia de Chiriquí, Panamá.

Materiales y métodos

Área de estudio

El estudio se realizó en los ríos David (8°34' 8°42' N, 82°25'-82°31' W, orden 6) y Mula (8°33'-8°38' N, 82°36'-82°38' W, orden 4 con cauces intermitentes), en la vertiente Pacífico de la provincia de Chiriquí (Figura 1). Las subcuencas de estos ríos se caracterizan por presentar un clima tropical húmedo con una temperatura anual promedio de 22,2 °C y una

precipitación anual promedio de 3.642 mm. La época seca inicia entre finales de noviembre y mediados de diciembre y termina a mediados o finales de abril (excepcionalmente a mediados de mayo), y el resto corresponde a la época lluviosa. De acuerdo con Holdridge y Jiménez (1982), en el área se distribuyen las siguientes zonas de vida: Bosque Húmedo Tropical, Bosque Muy Húmedo Tropical, Bosque Húmedo Montano Bajo, Bosque Muy Húmedo Premontano y Bosque Montano Bajo.

Entre enero-abril (época seca) y julio-octubre (época lluviosa) de 2010, se realizaron 16 campañas de campo en cada río. Las características y las coordenadas geográficas de las 14 estaciones de muestreo, ubicadas en los tramos alto, medio y bajo del cauce principal de los ríos David y Mula, se describen en la Tabla 1.

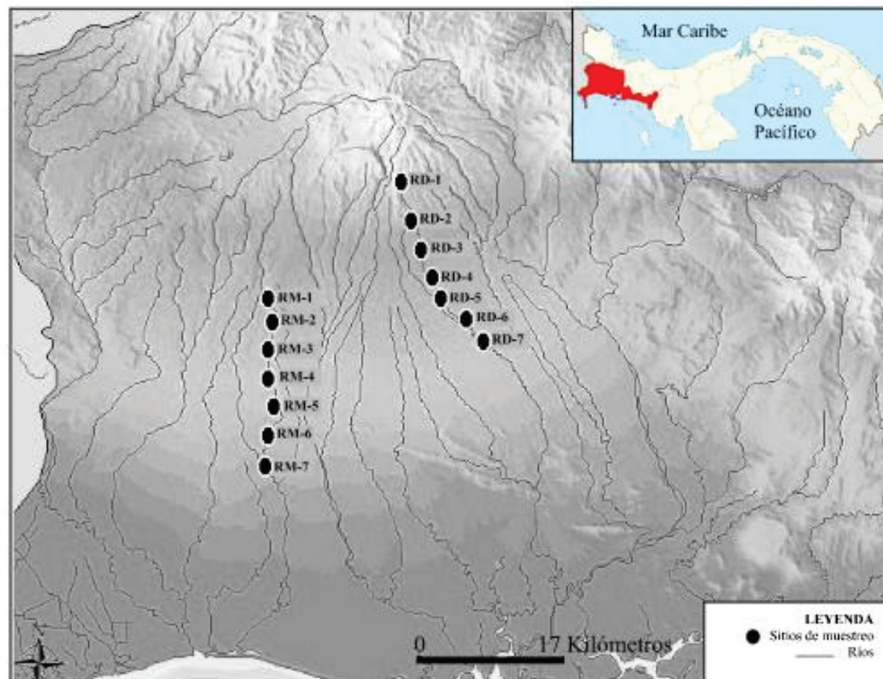


FIGURA 1. Estaciones de muestreo de insectos acuáticos en los ríos David (RD 1-7) y Mula (RM 1-7) en 2010, Chiriquí, Panamá. Fuente: elaboración propia.

TABLA 1. Ubicación geográfica de las estaciones de muestreos en los tramos alto, medio y bajo, de los ríos David y Mula, 2010

Estación de muestreo	Características	Coordenadas	
		Latitud Norte	Longitud Oeste
Río David			
RD-1	Arroyo pequeño con corriente lenta, sustrato rocoso, bosque secundario en ambos lados.	8°42'49.5"	82°31'38.4"
RD-2	Arroyo pequeño con corriente lenta, sustrato arenoso y con raíces, bosque secundario en ambos lados.	8°42'50.4"	82°31'37.8"
RD-3	Corriente rápida, sustrato areno-rocoso con acumulación de hojarasca, una sección del río con un bosque secundario y otra con escasa vegetación.	8°42'00.1"	82°31'22.5"
RD-4	Corriente rápida, sustrato rocoso, con materia orgánica, bosque secundario, alterado por actividades agrícolas.	8°39'17.5"	82°30'36.5"
RD-5	Corriente rápida, sustrato rocoso, con acumulación de hojarasca, con bosque de galería a ambos lados, alterado por actividades agrícolas.	8°38'33.9"	82°30'60.2"
RD-6	Corriente rápida, sustrato rocoso y lodoso, con acumulación de hojarasca y materia orgánica, con bosque de galería a ambos lados, con vertidos de desechos de materia orgánica.	8°38'32.9"	82°30'50.7"
RD-7	Corriente rápida, sustrato rocoso, en una sección hay grandes árboles y lianas y en la otra poca vegetación marginal, sitio alterado por actividades antropogénicas (turismo y ganadería).	8°34'34.4"	82°25'40.3"
Río Mula			
RM-1	Arroyo pequeño, corriente lenta, sustrato lodoso y con raíces, vegetación arbustiva y herbazales a ambos lados, sitio alterado por actividades agrícolas y ganaderas.	8°38'51.9"	82°37'23.7"
RM-2	Corriente lenta, sustrato lodoso, con raíces, vegetación marginal arbustiva, sitio alterado por actividades agrícolas y de ganaderas.	8°37'27.2"	82°37'32.6"
RM-3	Corriente rápida, sustrato formado por piedras y hojarasca, pequeño bosque de galería.	8°35'43.4"	82°38'01.8"
RM-4	Corriente rápida, sustrato formado por piedras y hojarasca, vegetación formada por hierbas y árboles que cubren cierta parte del margen.	8°34'27.0"	82°37'40.2"
RM-5	Corriente lenta, sustrato arenoso-rocoso, vegetación marginal arbustiva, sitio alterado por actividades humanas.	8°33'42.0"	82°37'32.5"
RM-6	Sustrato con abundante hojarasca y areno-rocoso, con vegetación arbustiva y hierbas, sitio con influencia de la actividad humana debido a la cercanía de la comunidad.	8°33'09.2"	82°37'18.3"
RM-7	Corriente lenta, sustrato lodoso-rocoso, vegetación marginal arbustiva, sitio alterado por actividades humanas y depósitos de basura.	8°33'04.8"	82°36'43.1"

Fuente: elaboración propia.

Trabajo de campo y de laboratorio

Para la captura de los insectos acuáticos se utilizaron tres métodos: a) una red triangular con la que se realizaron barridos en el fondo y sobre la película de agua; b) pinzas entomológicas, con las que se extrajeron los insectos desde las rocas, la vegetación sumergida, la hojarasca y los troncos caídos; y c) colecta manual de hojarasca del fondo y de las orillas, la cual fue almacenada y transportada al laboratorio. En cada estación se realizó un esfuerzo de muestreo de 45 minutos. Las muestras se colocaron en frascos rotulados con tapa de rosca y se preservaron en alcohol al 70% con algunas gotas de glicerina. Los especímenes se identificaron hasta el nivel de género en la mayoría de los casos, con base en las claves de McCafferty (1981), Roldán (1988, 2003), Merritt y Cummins (1996) y Springer et al. (2010).

Las variables físicas y químicas se determinaron mediante mediciones *in situ* de pH (sensor PHC101, 2,0-14,0±0,1), conductividad (sonda CDC401, intervalo 0,01 µS/cm– 00 µS/cm (±0,5% de la lectura) y oxígeno disuelto (sonda luminiscente LDO101 intervalo 0,1–20ppm ± 0,1ppm).

Tratamiento de datos

Los datos de abundancia absoluta fueron totalizados por taxón, estación y río. Las diferencias de la abundancia entre épocas (seca versus lluviosa) en un río y entre épocas entre ambos ríos se calcularon a través de una prueba de ANOVA de una vía ($p \leq 0,05$). Se determinó la diversidad de géneros para cada estación, con base en el índice Shannon-Weaver (Pérez y Sola 1993a). Para comparar la diversidad entre las estaciones en un mismo río se empleó el índice de Sorenson cuantitativo (Pérez y Sola 1993b) y para determinar la calidad del agua en cada estación se calculó el índice biótico BMWP/Pan (Cornejo 2015, en preparación).

Resultados

VARIABLES BIOLÓGICAS

Se identificó un total de 82 géneros (cuatro sin determinar), agrupados en 43 familias y nueve órdenes

de la clase Insecta. La abundancia total es de 14.951 individuos. En el río Mula se encontraron 62 géneros y en el río David, 56 (Tabla 2).

Al comparar los datos de abundancia total en las estaciones de cada río por época hidrológica (seca versus lluviosa) solo se encontraron diferencias significativas en el río Mula (ANOVA, $F_{1,12}=223,56$, $p < 0,0001$), mientras que no existen diferencias significativas en la abundancia total entre ambos ríos, independientemente de la época (ANOVA, $F_{1,24}=0,0215$, $p > 0,05$).

La distribución de la abundancia relativa en los dos ríos, a nivel de orden, de mayor a menor, fue la siguiente: Ephemeroptera (27,2 %), Hemiptera (24,3 %), Coleoptera (16,1 %), Trichoptera (12,5 %), Diptera (7,9 %) y Plecoptera (6,8 %). Los tres órdenes restantes agrupados presentaron una abundancia inferior al 6,0 %. Se encontró que tanto en el río David ($\chi^2=5746,6$, g.l.=8, $p < 0,0001$) como en el Mula ($\chi^2=9541,2$, g.l.=8, $p < 0,0001$) hay órdenes que son significativamente más abundantes que otros. La abundancia total en el río David fue de 7.105 individuos y la del Mula de 7.846 individuos. Veliidae, Hydropsychidae y Elmidae fueron las familias más abundantes en el río David (1.898, 646 y 603 individuos, respectivamente), mientras que en el río Mula fueron Baetidae, Leptophlebiidae y Veliidae (1.284, 1.089 y 988 individuos, respectivamente). En el río David, en los siete sitios de muestreo, los géneros con presencia en todas las estaciones fueron *Camelobaetidius*, *Thraulodes*, *Hetaerina*, *Anacroneuria*, *Aquarius*, *Rhagovelia*, *Heterelmis*, *Stenelmis*, *Smicridea*, *Simulium* y un taxón de Chironomidae sin determinar. En el río Mula, los géneros con presencia en todas las estaciones de muestreo fueron *Baetodes*, *Camelobaetidius*, *Leptohyphes*, *Thraulodes*, *Argia*, *Anacroneuria*, *Corydalus*, *Trepobates*, *Rhagovelia*, *Cryphocricos*, *Heterelmis*, *Psephenus*, *Hydrochara*, *Helicopsyche*, *Glossosoma*, *Smicridea*, *Leptonema*, *Simulium* y un taxón sin determinar de Chironomidae y uno de Crambidae. Se destacan *Camelobaetidius*, *Thraulodes*, *Anacroneuria*, *Rhagovelia*,

Smicridea y *Simulium* por haberse encontrado en todos los sitios de muestreo en ambos ríos. Considerando los datos de ambos sistemas, las familias que presentaron la mayor diversidad de géneros fueron Elmidae, Gerridae y Naucoridae, con 9, 6 y 4 géneros, respectivamente (Tabla 2).

TABLA 2. Composición y abundancia de insectos acuáticos en los ríos David (RD) y Mula (RM), 2010.

Orden	Familia	Género	RD	RM	Total	% en la muestra
Ephemeroptera	Baetidae	<i>Baetis</i>	40	325	365	2,4
		<i>Baetodes</i>	46	618	664	4,4
		<i>Camelobaetidius</i>	72	341	413	2,8
	Leptohyphidae	<i>Leptohyphes</i>	172	966	1138	7,6
		<i>Tricorythodes</i>	142	0	142	0,9
	Leptophlebiidae	<i>Terpides</i>	0	11	11	0,1
<i>Thraulodes</i>		257	1078	1335	8,9	
Odonata	Calopterygidae	<i>Hetaerina</i>	146	17	163	1,1
	Coenagrionidae	<i>Argia</i>	18	393	411	2,7
		<i>Ischnura</i>	0	6	6	0,0
	Gomphidae	<i>Progomphus</i>	4	3	7	0,0
	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	0	1	1	0,0
		<i>Macrothemis</i>	7	1	8	0,1
		<i>Plathemis</i>	0	16	16	0,1
	Megapodagrionidae	<i>Megapodagrion</i>	2	11	13	0,1
Polythoridae	<i>Polythore</i>	1	0	1	0,0	
Plecoptera	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	646	374	1020	6,8
Neuroptera	Corydalidae	<i>Corydalus</i>	38	46	84	0,6
Hemiptera	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	1	0	1	0,0
		<i>Lethocerus</i>	27	0	27	0,2
	Gerridae	<i>Aquarius</i>	259	0	259	1,7
		<i>Brachymetra</i>	10	12	22	0,1
		<i>Eurygerris</i>	0	29	29	0,2
		<i>Gerris</i>	0	75	75	0,5
		<i>Metrobates</i>	13	30	43	0,3
		<i>Trepobates</i>	22	43	65	0,4
	Naucoridae	<i>Ambrysus</i>	0	9	9	0,1
<i>Cryphocricos</i>		30	73	103	0,7	

Coleoptera	Veliidae	<i>Limnocois</i>	108	0	108	0,7
		<i>Micracanthia</i>	5	0	5	0,0
		<i>Microvelia</i>	0	10	10	0,1
		<i>Rhagovelia</i>	1898	969	2867	19,2
		<i>Trochopus</i>	0	9	9	0,1
	Dryopidae	<i>Dryops</i>	46	0	46	0,3
		<i>Elmoparnus</i>	40	0	40	0,3
	Elmidae	<i>Cylloepus</i>	26	28	54	0,4
		<i>Disersus</i>	0	18	18	0,1
		<i>Heterelmis</i>	35	76	111	0,7
		<i>Heterlimnius</i>	0	4	4	0,0
<i>Hexacylloepus</i>		0	7	7	0,0	
<i>Macrelmis</i>		46	9	55	0,4	
<i>Mycrocylloepus</i>		0	29	29	0,2	
<i>Phanocerus</i>		113	6	119	0,8	
<i>Stenelmis</i>		383	0	383	2,6	
Hydrophilidae		<i>Hydrochara</i>	0	75	75	0,5
Gyrinidae	<i>Gyretes</i>	8	0	8	0,1	
Lampiridae	<i>S.D.</i>	1	0	1	0,1	
Psephenidae	<i>Psephenus</i>	388	682	1070	7,2	
Ptilodactylidae	<i>Tetraglossa</i>	379	4	383	2,6	
Staphylinidae	<i>Bledius</i>	10	0	10	0,1	
Trichoptera	Calamoceratidae	<i>Phylloicus</i>	180	7	187	1,3
	Helicopsychidae	<i>Helicopsyche</i>	48	45	93	0,6
	Glossosomatidae	<i>Glossosoma</i>	0	16	16	0,1
		<i>Mortoniella</i>	0	1	1	0,0
	Hydrobiosidae	<i>Atopsyche</i>	0	2	2	0,0
	Hydroptilidae	<i>Ochotrichia</i>	8	0	8	0,1
	Hydropsychidae	<i>Leptonema</i>	516	62	578	3,9
		<i>Smicridea</i>	130	540	670	4,5
		<i>Leucotrichia</i>	0	1	1	0,0
	Leptoceridae	<i>Atanotolica</i>	13	196	209	1,4
		<i>Neptopsyche</i>	4	1	5	0,0
		<i>Oecetis</i>	6	0	6	0,0
	Odontoceridae	<i>Marilia</i>	2	2	4	0,0
Philopotamidae	<i>Chimarra</i>	0	71	71	0,5	

	Polycentropodidae	<i>Policentropus</i>	15	3	18	0,1
Lepidoptera	Crambidae	S.D.	33	20	53	0,4
Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon</i>	8	0	8	0,1
		<i>Forcipomyia</i>	6	0	6	0,0
		<i>Stilobezzia</i>	0	5	5	0,0
	Chironomidae	<i>Pseudosmittia</i>	0	1	1	0,0
		S.D.	348	183	531	3,6
	Dixidae	<i>Dixella</i>	14	0	14	0,1
	Empididae	<i>Chelifera</i>	0	4	4	0,0
		<i>Hemerodromia</i>	0	1	1	0,0
	Muscidae	<i>Limnophora</i>	0	2	2	0,0
	Psychodidae	<i>Maruina</i>	21	21	49	0,3
	Simuliidae	<i>Simulium</i>	273	248	521	3,5
	Stratiomyidae	<i>Odontomyia</i>	0	1	1	0,0
		S.D.	0	3	3	0,0
	Tipulidae	<i>Hexatoma</i>	29	6	35	0,2
		<i>Tipula</i>	4	0	4	0,0
		<i>Ulomorpha</i>	1	0	1	0,0
TOTAL	43	82 (4 sin determinar)	7 105	7 846	14 951	100,0

S.D.: Sin determinar

Fuente: elaboración propia.

En el río David, el taxón más abundante es *Rbagovelia* con 26,7 % del total de individuos. Le siguen *Anacroneuria* (9,1 %), *Leptonema* (7,3 %), *Psephenus* (5,5 %) y *Stenelmis* (5,4 %). En el río Mula el género más abundante fue *Thraulodes* con 13,7 % del total de individuos, le siguen en importancia *Rbagovelia* (12,4 %), *Leptohyphes* (12,3 %), *Psephenus* (8,6 %) y *Baetodes* (7,9 %) (Figura 2).

La riqueza de especies fue ligeramente mayor en el río Mula (40-44 géneros), en contraste con el río

David (32-38) (Tabla 2). La uniformidad mostró valores altos y muy similares entre los siete sitios de muestreo, los cuales oscilaron entre 0,60-0,81 para el río David y entre 0,73-0,77 para el río Mula. El índice de diversidad de Shannon-Weaver mostró el valor máximo ($H' = 2,87$) en el sitio RD-6 en el río David, y el mínimo en el sitio RD-4 ($H' = 2,17$). En el río Mula este índice presentó el mayor valor en el RM-3 ($H' = 2,90$) y el mínimo en el sitio RM-6 ($H' = 2,73$) (Tabla 3).

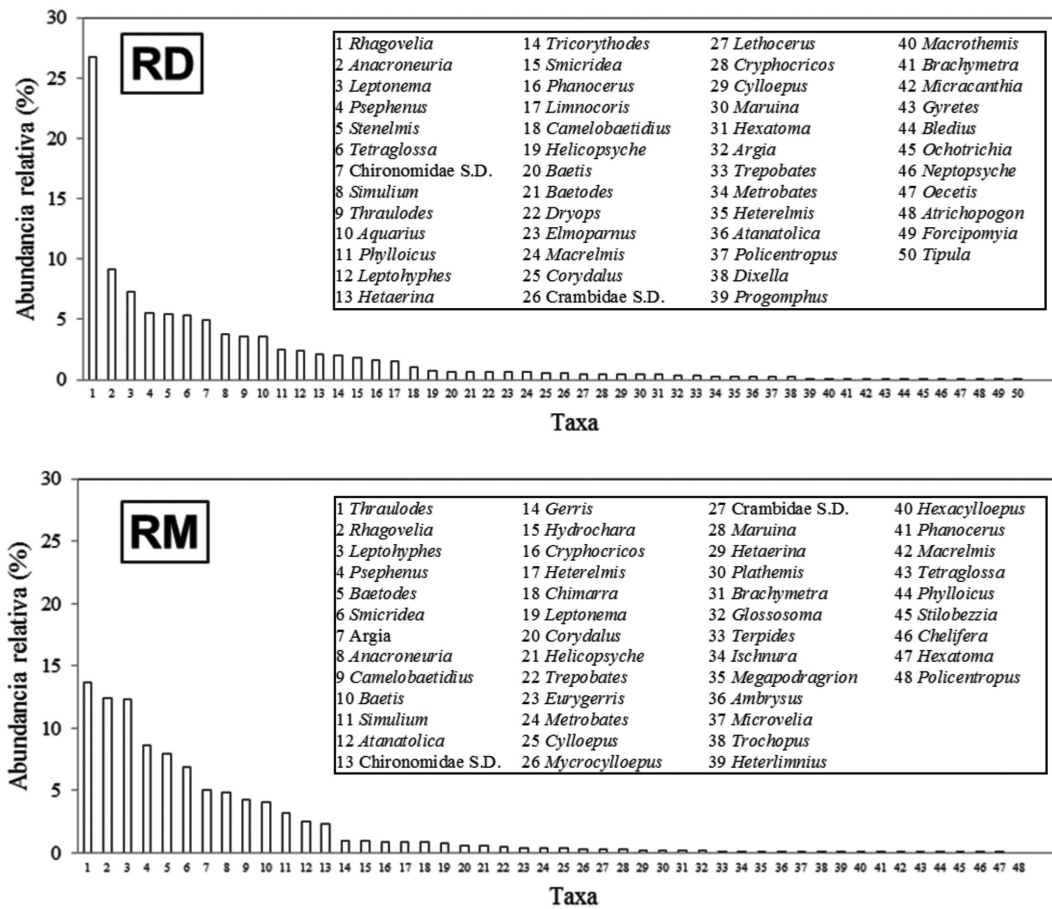


FIGURA 2. Abundancia relativa de los insectos acuáticos en los ríos David (RD) y Mula (RM). Fuente: elaboración propia.

Índices de similitud

Las comunidades de insectos acuáticos mostraron una similitud variable entre los sitios de comparación en ambos ríos. En el río David, las comunidades de los sitios tres y cuatro fueron las más similares (72,2 %) y las de los sitios tres y cinco fueron las más disímiles (19,0 %). En contraste, en términos generales, en el río Mula la similitud entre las comunidades en los sitios de muestreo fue mayor. Ésta osciló entre 81,2 %, entre los sitios tres y seis, y 88,5 % entre los sitios uno y dos. Entre ambos ríos se encontró una similitud de 39,3 % en época seca, y de 50,0 % en época lluviosa. Al com-

parar ambos ríos, independientemente de la época, se encontró una similitud de 44,1 %.

Calidad del agua

El índice BMWP'/Pan mostró de manera general que los siete sitios de muestreo presentaron aguas de calidad buena o no alteradas de manera sensible a aguas de calidad excelente (valores entre 101-150 a >150) en ambos ríos, la cual se mantuvo al analizar por época, excepto en los sitios seis y siete del río David en donde el agua fue de calidad regular (valores entre 83-100), eutrófica y moderadamente contaminada, en la época lluviosa (Tabla 3).

TABLA 3. Valores de riqueza, uniformidad, índice de Shannon-Weaver y del BMWP'/Pan en las siete estaciones de muestreo de los ríos David (RD) y Mula (RM), 2010.

Estación de muestreo	Altitud (m.s.n.m.)	n	Riqueza	Uniformidad de Pielou	Shannon-Weaver	BMWP'/Anual (seca/lluviosa)
Río David						
RD-1	1139±10	1221	36	0,7356	2,64	141 (118/119)
RD-2	1147±12	1184	35	0,7685	2,82	147 (133/120)
RD-3	1037±14	1778	34	0,6748	2,39	143 (147/101)
RD-4	720±5	1705	35	0,6076	2,17	138 (124/118)
RD-5	678±13	385	35	0,7910	2,82	118 (106/100)
RD-6	631±8	364	33	0,8195	2,87	126 (117/83)
RD-7	244±5	468	32	0,7915	2,77	120 (119/83)
Río Mula						
RM-1	700±7	1107	40	0,7502	2,79	154 (149/108)
RM-2	674±9	1148	39	0,7736	2,86	160 (143/116)
RM-3	517±5	1132	40	0,7776	2,90	153 (150/99)
RM-4	406±3	1151	40	0,7543	2,79	165 (149/103)
RM-5	356±8	1086	42	0,7792	2,89	150 (146/121)
RM-6	330±11	1124	37	0,7354	2,73	150 (144/101)
RM-7	321±7	1098	38	0,7514	2,76	161 (141/121)

Fuente: elaboración propia.

Variables físicas y químicas

Durante los ocho meses de muestreo, el río David presentó valores promedios de pH del agua de $5,8 \pm 0,6$ unidades, con un mínimo de 5,2 y un máximo de 7,3 unidades. El oxígeno libre disuelto (OLD) promedio fue de $7,8 \pm 0,2$ ppm, y se mantuvo entre 7,2 y 8,4 ppm. La conductividad promedio

fue de $52,3 \pm 10$ $\mu\text{S}/\text{cm}$, con un mínimo de 38,4 y un máximo de 70,5 $\mu\text{S}/\text{cm}$. El río Mula mostró promedios de pH del agua de $6,1 \pm 0,9$ unidades, con un mínimo de 5,2 y un máximo de 7,3 unidades. El OD fue de $7,7 \pm 0,2$ ppm, con un máximo de 8,4 y un mínimo de 7,2 ppm. La conductividad fue de $48,1 \pm 11,6$ $\mu\text{S}/\text{cm}$ con un mínimo de 38,4 y un máximo de 70,8 $\mu\text{S}/\text{cm}$ (Tabla 4).

TABLA 4. Variables ambientales evaluadas en los ríos David (RD) y Mula (RM), 2010

Estación	Variable*	n	Media	D.E.	Mín.	Máx.
Río David						
RD-1	pH	16	5,4	0,1	5,2	5,5
	Conductividad	16	52,4	11,0	41,3	68,5
	OLD	16	7,8	0,1	7,7	8,0
RD-2	pH	16	5,7	0,7	5,2	7,0
	Conductividad	16	53,1	10,1	40,7	70,2
	OLD	16	7,8	0,3	7,5	8,4
RD-3	pH	16	5,4	0,1	5,3	5,5
	Conductividad	16	52,7	10,6	44,6	68,5
	OLD	16	7,6	0,3	7,2	7,9
RD-4	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	49,3	10,2	38,4	70,5
	OLD	16	7,8	0,2	7,3	8,1
RD-5	pH	16	5,8	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	52,3	10,5	40,1	69,7
	OLD	16	7,7	0,1	7,4	7,9
RD-6	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,3
	Conductividad	16	53,3	10,3	44,2	69,4
	OLD	16	7,8	0,2	7,4	7,9
RD-7	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	52,7	10,6	39,8	70,1
	OLD	16	7,8	0,2	7,3	8,1
Río Mula						
RM-1	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	53,7	9,9	41,7	70,0
	OLD	16	7,6	0,1	7,3	7,8
RM-2	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	47,4	10,1	40,7	70,2
	OLD	16	7,8	0,3	7,5	8,4
RM-3	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	46,8	11,1	38,4	70,8
	OLD	16	7,6	0,3	7,2	7,9

RM-4	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	46,9	18,1	38,4	70,5
	OLD	16	7,7	0,1	7,5	7,9
RM-5	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	47,0	10,5	40,1	69,7
	OLD	16	7,7	0,1	7,4	7,9
RM-6	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,3
	Conductividad	16	47,5	11,1	39,2	69,4
	OLD	16	7,8	0,2	7,4	7,9
RM-7	pH	16	6,1	0,9	5,2	7,2
	Conductividad	16	47,6	10,6	39,8	70,1
	OLD	16	7,7	0,1	7,4	7,9
*OLD: Oxígeno libre disuelto						

Fuente: elaboración propia.

Discusión

En los ríos David y Mula se encontró una alta diversidad de insectos acuáticos. Resultados similares referentes a la diversidad fueron obtenidos por Pino y Bernal (2009) en el río David, quienes encontraron 91 géneros agrupados en 48 familias, pertenecientes a nueve órdenes de la clase Insecta. Por otra parte, en el río Mula, Bernal y Castillo (2012) registraron 86 géneros, agrupados en 43 familias y nueve órdenes. Esto se explica posiblemente por el hecho de que aún existe un bosque de galería que no ha sido perturbado de manera considerable, a pesar de que hay actividad ganadera en las áreas cercanas a estos ríos. Una situación similar ha sido documentada por Rodríguez y Bonilla (1999) en un estudio realizado en el río Santa María en la provincia de Veraguas, donde se encontró una gran diversidad de insectos acuáticos en un área del río bien reforestada.

En el río Mula la abundancia de insectos acuáticos en la época seca fue mayor que en la lluviosa. Esto contrasta con lo encontrado en el río David, donde no se observaron diferencias en la abundancia entre ambas épocas. Posiblemente el primer hecho se puede explicar debido al efecto que tiene la tur-

biedad causada por la lluvia en las comunidades de insectos acuáticos. Se ha documentado que la precipitación pluvial juega un papel importante en la distribución anual de los insectos en un río, e influye de manera directa e indirecta en la abundancia de los insectos (Medellín et al. 2004; Medianero y Samaniego 2004). De manera directa, las lluvias ocasionan una disminución en la abundancia de individuos, ya que el aumento del caudal favorece el arrastre de los macroinvertebrados acuáticos por las corrientes y su deposición en diferentes partes del río, influenciando su distribución (Araúz et al. 2000). De forma indirecta, las lluvias influyen sobre los parámetros químicos de las aguas (Rincón 2002).

Los órdenes más abundantes en los ríos estudiados fueron Ephemeroptera, Hemiptera y Coleoptera. Los hallazgos de este estudio coinciden con los documentados por Pino y Bernal (2009) en el río David, y Rodríguez et al. (2000) en la Quebrada El Salto, distrito de Las Palmas, quienes encontraron que los efemerópteros fueron los más abundantes. Este hecho podría estar relacionado con los múltiples ciclos de reproducción en el año y su capacidad de colonización (Cortes et al. 1998; Palau 1998 cita-

dos por Guevara 2011). Otros estudios informan de la abundancia del orden Hemiptera en varios ríos de Panamá (Wittgreen y Villanero 1998; Rodríguez y Bonilla 1999; Rodríguez et al. 2000).

Las variables físicas y químicas registradas para los tramos estudiados en los ríos David y Mula, demuestran que las condiciones son estables y están dentro de los límites establecidos (pH: 6,5-8,5 unidades, OLD: 7,0-8,0 ppm, Conductividad: 50-500 $\mu\text{S}/\text{cm}$) para este tipo de ecosistema (Roldán 2003).

Según Flanagan (1992) el ámbito normal en el cual pueden fluctuar los valores de pH es de 6,5 a 8,0, rango en el cual concuerdan con los valores detectados en este estudio. Esto fue documentado también por Nelson y Lieberman (2002). El oxígeno disuelto está influenciado por la actividad biológica, temperatura y turbulencia del agua (Roldán 2003) y los ambientes contaminados son los que más se relacionan con bajos valores de oxígeno disuelto, en comparación con el rango normal de condiciones naturales (7,0-8,0 mg/L) (Flanagan 1992). En las áreas de estudio los valores de oxígeno disuelto se encontraron en el intervalo para la permanencia de poblaciones saludables, similar a lo informado en estudios previos (Posada et al. 2000; Ocon y Rodríguez 2004). La conductividad eléctrica encontrada en los rangos normales está estrechamente relacionada con las pocas modificaciones a lo largo de las estaciones de muestreo, que indican que el deterioro ambiental está vinculado con las actividades antrópicas que se dan en el lugar estudiado.

Al aplicar el índice BMWP/Pan se determinó de manera general que las aguas del río David y Mula son de calidad buena o no alterada de manera sensible a aguas de calidad excelente. Esto se ve reflejado en la frecuente recolección de especímenes de algunas familias (por ejemplo Perlidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Odontoceridae y Psephenidae), que son exigentes y viven en aguas rápidas y muy oxigenadas, contrastándose con los valores de oxígeno libre disuelto obtenidos en las aguas de estos dos ríos. En la parte baja del río David en la época lluviosa se determinaron valores que categori-

zan a sus aguas como de calidad regular a moderadamente contaminadas. Esto se debe posiblemente a que en el sitio RD-5 se vierten los desechos de una agroindustria de cítricos, cuyos efectos se reflejan en la diversidad de las comunidades de insectos acuáticos. Estudios realizados por Lombardo y Rodríguez (2007) determinaron en la cuenca media-baja del río Santa María que la calidad biológica del agua decrece a medida que avanza río abajo, y las variables físicas y químicas muestran estabilidad a pesar del vertido de aguas de uso doméstico e industrial.

Al calcular este índice por muestreo se encontraron variaciones en la calidad que van desde aguas muy limpias hasta ligeramente contaminadas, y al compararlo por cada estación de muestreo se encontró que van desde aguas limpias hasta aguas de calidad regular, lo que demuestra claramente que la interpretación de este índice se debe realizar con cautela, pues al estar basado en un criterio de presencia-ausencia, si se evitan las características ecológicas globales del sistema en estudio, puede inducir a conclusiones erradas (Guerrero et al. 2003). Por esta razón, la información que provee el índice se contrasta con los resultados de los parámetros físico-químicos por estación de muestreo, los cuales se mantuvieron en los rangos normales.

Conclusiones

Los sitios estudiados en el río David presentaron una diversidad de insectos acuáticos media a alta, representada por 56 géneros (tres sin determinar), y los del río Mula mostraron una diversidad alta, con 62 géneros (cuatro sin determinar). En ambos ríos se recolectó una mayor abundancia en los órdenes Ephemeroptera, seguido de Hemiptera, Coleoptera, Trichoptera, Diptera y Plecoptera. Entre las estaciones del río Mula se encontraron diferencias estadísticamente significativas entre los datos de abundancia, pero no hubo en las del río David. No existen diferencias significativas en la abundancia total entre ambos ríos independientemente de la época. Las comunidades de insectos acuáticos mostraron una similitud variable entre los sitios de comparación en ambos ríos.

Según el BMWP'/Pan, en los siete sitios de muestreo en ambos ríos, en términos generales, se encontraron aguas de calidad buena o no alterada de manera sen-

sible a aguas de calidad excelente, con excepción de los sitios RD-6 y RD-7, donde el agua fue de calidad regular durante la época lluviosa.

Referencias

- Alba-Tercedor, J. y A. Sánchez. 1988. "Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basado en el de Hellowell (1978)". *Limnética* (4): 51-56.
- Araúz, B., Amores, B. y E. Medianero. 2000. "Diversidad de Distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del río Chico (provincia de Chiriquí, república de Panamá)". *Scientia* 15(1): 27-45.
- Arias, C. y J. Andreve. 2004. Estudio de la comunidad de insectos acuáticos en tres ríos de la región occidental de la cuenca del Canal. Tesis de Licenciatura, Universidad de Panamá.
- Bernal Vega, J. A. y H. M. Castillo. 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): 35-52.
- Castellanos, P. M. y C. Serrato. 2008. "Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 32(122): 79-86.
- Cambra, R. A. y L. Barría. 2014. "Insectos acuáticos como indicadores de la calidad del agua del río Perresénico, Parque Nacional Darién, República de Panamá". *Scientia* 24(2): 57-70.
- Cornejo-Remice, A. y R. Amores. 2003. "Estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la cuenca del río Coco Solo y su relación con la ocupación urbana, provincia de Colón, Panamá". *Scientia* 18 (1): 7-24.
- Esteves, F.A. 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencias. FINEP. Rio de Janeiro, Brasil.
- Flanagan, P. 1992. Parameters of water quality. Irlanda: Environmental Research Unit.
- Guerrero, F., Manjarrés, A. y N. Núñez. 2003. Los macroinvertebrados acuáticos de Pozo Azul (Cuenca del río Gaira, Colombia) y su relación con la calidad del agua. Tesis Universidad del Magdalena, Facultad de Ciencias Básicas, Santa Marta.
- Guevara Mora, M. 2011. "Insectos acuáticos y calidad del agua en la cuenca y embalse del río Peñas Blancas, Costa Rica". *Revista Biología Tropical* (2): 635-654.
- Holdridge, L. y H. Jiménez. 1982. Ecología: basada en zonas de vida. San José, Costa Rica: Instituto Interamericano de Cooperación para la Agricultura.
- Klemm, D., Lewis, P. Fulk, F. y J. Lazorchak. 1990. *Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters*. EPA.600/4-90/030, Environmental Monitoring systems Laboratory, office of modeling, monitoring systems and quality assurances, office of research and development, U.S. Environmental Protection Agency, Cincinnati, Ohio, USA.
- Lombardo, R. y V. Rodríguez. 2007. "Entomofauna acuática asociada a la parte media-baja del Río Santa María, Provincia de Veraguas, República de Panamá". *Tecnociencia* 9(1): 89-100.
- McCafferty, W. P. 1981. *Aquatic Entomology*. Boston: Science Books International.
- Medellín, F., Ramírez, M. y M. E. Rincón. 2004. "Trichoptera del Santuario Iguaqué (Boyacá, Colombia) y su relación con la calidad del agua". *Revista Colombiana de Entomología* 30(2): 197-203.

- Medianero, E. y M. Samaniego. 2004. "Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá". *Folia Entomológica Mexicana* 43(3): 279-294.
- Merritt, R. y K. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Dubuque: Kendall/Hunt Publishers.
- MINAE-S. 2007. Reglamento para la evaluación y clasificación de la calidad de cuerpos de agua superficiales. Decreto, No. 33903, La Gaceta No. 178. San José, Costa Rica.
- Nelson, S. M. y D. M. Lieberman. 2002. "The influence of flow and other environmental factors on benthic invertebrates in the Sacramento River, U.S.A.". *Hydrobiologia*. 489: 117-129.
- Ocon, C. S. y A. Rodríguez. 2004. "Presence and abundance of Ephemeroptera and other sensitive macroinvertebrates in relation with habitat conditions in pampean streams (Buenos Aires, Argentina)". *Arch. Hydrobiol* 159: 473-487.
- Pérez-López, F. J. y F. M. Sola-Fernández. 1993a. DIVERS. Programa para el cálculo de los índices de similitud [programa informático en línea]. Consultado el 30 de diciembre de 2005. <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>.
- Pérez-López, F. J. y F. M. Sola-Fernández. 1993b. SIMIL. Programa para el cálculo de los índices de similitud [programa informático en línea]. Consultado el 30 de diciembre 2005. <http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>
- Pino, R. y 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". *Revista Gestión y Ambiente* 12(3): 73-84.
- Posada, J., Roldán, G. y J. Ramírez. 2000. "Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia". *Revista de Biología Tropical* 48(1): 59-70.
- Richards, C., Haro, R., Johnson, L. y G. Host. 1997. "Catchment and research-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits". *Freshwater Biology* 37: 219-230.
- Rincón, M. E. 2002. "Comunidad de insectos acuáticos de la quebrada Mamarramos (Boyacá, Colombia)". *Revista Colombiana de Entomología* 28: 101-108.
- Rodríguez, V. y M. Mendoza. 2003. "Entomofauna acuática asociada al río Agué en La Mesa, Veraguas, Panamá". *Tecnociencia* 5(2): 109-119.
- Rodríguez, V., Barrera, M. y Y. Delgado. 2000. "Insectos Acuáticos de la quebrada El Salto, en el distrito de Las Palmas, provincia de Veraguas, República de Panamá". *Scientia* 15(2): 33-44.
- Rodríguez, V. E. y E. Bonilla. 1999. Estudio taxonómico de la comunidad de insectos acuáticos en Los Corrales, distrito cabecera de San Francisco, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia*, 14(2): 65-77.
- Roldán, G. 1988. *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá: Editorial Presentia Ltda.
- Roldán, G. 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col*. Editorial de la Universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín, Colombia.
- Rosenberg, D. y V. H. Resh. 1993. *Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. New York: Chapman and Hall Publishers.
- Springer, M., Ramírez, A. y P. Hanson. 2010. "Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. de Costa Rica". *Revista Biología Tropical*, 58 (Supl. 4).
- Wittgreen, Z. y S. Villanero. 1998. "Inventario de Macroinvertebrados en el río La Villa, Península de Azuero". (Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá, 1998).

Agradecimientos

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). A G. Vargas y A. Rodríguez, por su colaboración en los análisis estadísticos; a H. González por su colaboración en las giras de campo al río David; y a Y. Vega y E. Bernal por su apoyo en la búsqueda de literatura.