



DIVERSIDAD, DISTRIBUCIÓN DE LOS INSECTOS ACUÁTICOS Y CALIDAD DEL AGUA DE LA SUBCUENCA ALTA Y MEDIA DEL RÍO MULA, CHIRIQUÍ, PANAMÁ

Juan A. Bernal Vega¹ & Haydee M. Castillo V.²

¹Escuela de Biología, Facultad de Ciencias Naturales y Exactas. Universidad Autónoma de Chiriquí. E-mail: juanbern@gmail.com.

²La Concepción, Bugaba, E-mail: hayalmi_5@hotmail.com.

RESUMEN

En este trabajo, se estudia la calidad del agua, la diversidad y distribución de los insectos acuáticos, de marzo a julio de 2006, en la subcuenca alta y media del río Mula, Bugaba, Chiriquí, Panamá. Las muestras se colectaron con pinzas entomológicas y una red de tipo D-net. Éstas se preservaron en alcohol al 70 % y unas gotas de glicerina. Un total de 2 832 insectos acuáticos fueron recolectados, agrupados en 58 géneros (12 sin determinar), 34 familias (1 sin determinar), pertenecientes a ocho órdenes de la Clase Insecta. El índice de diversidad de Shannon-Weaver fue de 3,13, lo que demuestra una alta diversidad en este ecosistema, donde el género *Rhagovelia* sp. presentó la mayor abundancia. El índice de similitud de Jaccard, basado en la presencia de los diferentes géneros identificados, mostró una alta similitud en las estaciones 2 y 3 (54,2 %), mientras que las estaciones 1 y 4 la similitud fue baja (14,7 %). El índice biótico para las cuatro estaciones presentó valores de 99, 169, 181 y 104. Esto indica que las aguas están ligeramente contaminadas en la estación 1, mientras que en las estaciones 2 y 3 las aguas están muy limpias y en la estación 4, las aguas son limpias.

PALABRAS CLAVES

Calidad del agua, Índice biótico, Chiriquí, diversidad, Insectos acuáticos, río Mula.

ABSTRACT

In this paper, the water quality, diversity and distribution of aquatic insects in the middle and upper sub-basin of the river Mula, Bugaba, Chiriqui, Panama, is studied for the period March to July 2006. The samples were collected with entomological forceps and a type of D-net with a mesh of 1 mm. All the specimens were preserved in 70 % alcohol and a few drops of glycerin. A total of 2 832 aquatic insects were collected, grouped into 58 genera (12 undetermined), 34 families (one undetermined), belonging to eight orders of the Class Insecta. The diversity Shannon-Weaver index was 3,13, which shows high diversity in this ecosystem, where genus *Rhagovelia* sp. showed the higher abundance. According to the Jaccard similarity index, based on the presence of different genera identified, was obtained that stations 2 and 3 showed high similarity (54,2 %), while stations 1 and 4 had low similarity (14,7 %). The biotic index for the four stations showed values of 99, 169, 181 and 104. This indicates that the waters are slightly polluted at station 1, while at stations 2 and 3 waters are very clean and at station 4, the waters are clean.

KEYWORDS

Water quality, Chiriquí, diversity, aquatic insects, Mula river.

INTRODUCCIÓN

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado, tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado la inclusión de las comunidades acuáticas como un hecho fundamental para evaluar la calidad de los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2000). La calidad biológica de los ríos puede ser evaluada a través de las comunidades bióticas que éstos albergan (Alba-Tercedor, 1996). Los ríos considerados de buena calidad biológica y fisicoquímica, presentan una composición faunística particular muy diversa y abundante, a diferencia de aquellos ríos que están sometidos a perturbaciones antrópicas (Fore *et al.*, 1996). Esta premisa ha sido la base de los estudios de biomonitorio y bioevaluación de las cuencas hidrográficas, en especial en los países desarrollados. Debido a que los organismos acuáticos viven en condiciones físicas y químicas características, y a menudo predecibles, cualquier alteración antropogénica en el medio, repercutirá sobre la distribución y sobrevivencia de los organismos que allí viven. Este hecho permite precisamente que algunos de estos organismos puedan ser utilizados como bioindicadores (De la Lanza *et al.*, 2000).

El río Mula abastece a la población del distrito de Bugaba y provee 4 000 millones de galones de agua diariamente. En la estación seca, este río no tiene el cauce necesario para el uso de la potabilizadora. El Instituto de Acueductos y Alcantarillados Nacionales (IDAAN) utiliza las aguas del río Piedra para abastecer a las comunidades, usando un mínimo de 2 000 millones de galones diarios y sectorizando el uso del agua a la población. Por otro lado, existe una notable deforestación y contaminación en los alrededores del río Mula, la cual podría afectar la calidad de sus aguas, provocar una disminución de su cauce en época seca, y ser una fuente de contaminación mayor en los primeros meses de la estación lluviosa, ya que arrastra todo los restos de materia orgánica e inorgánica que se acumuló en la época seca. Este estudio tiene como objetivos: determinar la diversidad, similitud y la distribución de los insectos acuáticos en la subcuenca alta y media del río Mula, así como la calidad de sus aguas.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

Esta investigación se realizó a lo largo de la cuenca alta y media del río Mula. Los sitios de muestreo fueron ubicados en las localidades de Cuesta de Piedra, Bongo, San Miguel y La Concepción (Cuadro 1). El estudio tuvo una duración de cinco meses, de marzo a julio de 2006, durante parte de la época seca y parte de la época lluviosa. El muestreo se realizó dos veces al mes.

Cuadro 1. Coordenadas geográficas de las cuatro estaciones de muestreo ecogidas a lo largo de la subcuenca del río Mula, Chiriquí, Panamá.

| Sitios de muestreo | Altitud (m.s.n.m.) | Coordenadas geográficas | |
|--|-----------------------|-------------------------|--------------|
| | | Norte | Oeste |
| 1.- Nacimiento de aguas del río Mula, Cuesta de Piedra | 920 | 8°39'22.1'' | 82°37'49.2'' |
| 2.- Entrada, El Bongo | 420 | 8°35'0.30'' | 82°38'07.5'' |
| 3.- Entrada, San Miguel | 375 | 8°33'36.5'' | 82°37'32.0'' |
| 4.- La interamericana, La Concepción | 220 | 8°30'31.0'' | 82°36'56.3'' |

Generalidades de las estaciones de muestreo

Estación 1: Sistema lótico localizado en la zona más elevada del área de estudio, en terrenos ganaderos de la comunidad de Cuesta de Piedra. Es la cabecera de río Mula, es un pequeño arroyo que se encuentra tapizado por hierbas, pequeños arbustos. Una pequeña fuente de agua fría, con velocidad de la corriente muy baja, con un sustrato lodoso, enraizado y la profundidad máxima de 0.3 m, con 0.8 m de ancho.

Estación 2: Ubicada en la comunidad de Bongo. El caudal es muy escaso, el sustrato formado por pequeñas piedras y hojarasca. La vegetación está constituida por hierbas y árboles que cubren parte de la orilla del río. La incidencia humana aquí es mayor, ya que hay un puente muy transitado. La profundidad es de 0.4 m a 0.5 m, con 3.4 m de ancho.

Estación 3: Se localiza en el tramo más abundante de agua, la corriente es más notable, ubicada en la comunidad de San Miguel. El sustrato encontrado consiste de mucha hojarasca y de piedras grandes y pequeñas; sus orillas están cubiertas de herbazales, árboles y arbustos. La profundidad del área es de 0.4 m a 0.6 m, con 2.4 m a 4.0 m de ancho.

Estación 4: Se encuentra ubicada después del poblado de La Concepción. La corriente de agua es menor, estancada; la incidencia humana es mayor, con una gran cantidad de basura inorgánica (bolsas, latas, botellas, etc.) y orgánica. El sustrato se encuentra provisto por hojarasca y enormes piedras, sus orillas están provistas de grandes árboles. En los meses de abundante precipitación pluvial fue la estación con mayor corriente. El sitio tenía de 0.4 m de profundidad, y 2.0 m de ancho.

Recolecta y procesamiento de la muestra

La recolección de los insectos acuáticos se realizó en cuatro estaciones a lo largo de la cuenca alta y media del río Mula, dos veces al mes, lo que hizo 10 giras para cada estación de muestreo durante el estudio. Se utilizaron diferentes métodos de captura de acuerdo al sustrato. Se utilizó una red tipo D-net, para realizar los barridos en el fondo y en la

vegetación marginal del río y pinzas entomológicas, para extraer los insectos de las rocas, piedras, ramas sumergidas y troncos caídos, en cuya superficie se encuentran numerosos organismos adheridos. También se utilizó una red de mano, de malla de 1 mm para capturar los insectos nadadores y los que se encuentran sobre la película de agua. Se realizó igual esfuerzo en cada sitio y método, invirtiendo 35-40 minutos en cada estación. El muestreo se realizó de modo sectorizado, esto es, pasando la red por los diferentes ambientes previamente caracterizados: zonas superficiales, entre el sustrato, bajo piedras.

Una vez recolectadas las muestras, se depositaron en recipientes de plástico con alcohol al 70 %, debidamente rotuladas y se les agregó de tres a cuatro gotas de glicerina para mantener blandas y flexibles las estructuras de los insectos (Roldán, 1988). Posteriormente, las muestras se trasladaron al Museo de Peces de Agua Dulce e Invertebrados de la Universidad Autónoma de Chiriquí, donde se separaron, colocándolas en bandejas blancas, bien iluminadas, con unas pinzas de punta fina y contextura delicada para no maltratar los organismos. El sedimento se removió cuidadosamente de un extremo al otro de la bandeja, hasta asegurarse de que no quedaron organismos. La identificación de los especímenes se hizo al estereoscopio (Stemi SV 6) y se utilizaron las claves publicadas por McCafferty (1981), Merrit & Cummins (1996), Roldán (2000).

Tratamiento de la información

Los datos fueron agrupados por estación, por lo que se obtuvo un número de familias y de individuos que fueron tabulados y graficados. Para determinar la estructura de la comunidad de insectos acuáticos en la subcuenca alta y media del río Mula, se les aplicó el índice de diversidad Shannon-Weaver (Margalef, 1998, Pérez & Sola, 1993a), a los datos obtenidos de los individuos de cada estación. Para comparar la estructura de la comunidad de insectos acuáticos en los diferentes pisos altitudinales seleccionados, se aplicó el índice de Jaccard (Pérez & Sola, 1993b) y para determinar la calidad del agua en las cuatro estaciones de muestreo, se implementó el índice biótico BMWP'-Col. "Biological Monitoring Working Party/Colombia" (Roldán, 2003).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Abundancia de organismos

En la subcuenca alta y media del río Mula se encontraron en total 2 832 individuos. Se identificaron 58 géneros (12 sin determinar), 34 familias (una sin determinar) y ocho órdenes de la Clase Insecta (Cuadro 2). Este estudio presentó una menor diversidad comparado con un estudio realizado por Pino & Bernal (2009), en cuatro estaciones en la subcuenca del río David, donde se identificaron 82 géneros (10 sin determinar) ubicados en 46 familias (dos sin determinar) en nueve órdenes de la Clase. Posiblemente estas diferencias estén relacionadas con factores como la altitud, pues Pino & Bernal (2009), muestrearon en dos estaciones por encima a los 1000 m.s.n.m., mientras que en este estudio la altitud máxima muestreada fue 920 m.s.n.m. Esto, combinado con los niveles de intervención humana en ambos ecosistemas.

En este estudio los órdenes, en orden descendiente de abundancia, se presentaron así: Ephemeroptera: 13 géneros, 5 familias, Odonata: 10 géneros, 5 familias, Coleoptera: 10 géneros, 5 familias, Hemiptera: 10 géneros, 4 familias, Trichoptera: 9 géneros, 8 familias y Diptera: 5 géneros, 4 familias. Los órdenes Plecoptera y Neuroptera estuvieron representados por un género y una familia. La diversidad de géneros y familias en el río Mula fue menor en comparación con la documentada por Pino & Bernal (2009) para la subcuenca alta y media para el río David. En este río, los autores encontraron que el orden Coleoptera: 25 géneros, 10 familias, presentó la mayor diversidad de géneros y familias; seguido del orden Hemiptera: 14 géneros, 7 familias, luego el orden Trichoptera: 13 géneros, 9 familias, Diptera: 10 géneros, 8 familias, Odonata: 8 géneros, 6 familias y el orden Ephemeroptera: con 7 géneros, 4 familias. Los órdenes Lepidoptera, Plecoptera, Neuroptera presentaron un género y una familia, cada uno.

Cuadro 2. Abundancia y diversidad de insectos acuáticos de la subcuenca alta y media del río Mula.

| Orden | Familia | Género | E1 | E2 | E3 | E4 | Total | % |
|-----------------|-------------------|-------------------------|----|-----|-----|-----|------------|-------------|
| Ephemeroptera | Baetidae | <i>Dactylobaetis</i> | 0 | 5 | 17 | 4 | 26 | 0.9 |
| | | <i>Moribaetis</i> | 0 | 0 | 0 | 9 | 9 | 0.3 |
| | Leptohyphidae | <i>Leptohyphes</i> | 7 | 14 | 13 | 99 | 133 | 4.7 |
| | | <i>Tricorythodes</i> | 0 | 24 | 13 | 28 | 67 | 2.4 |
| | | Sin determinar | 0 | 0 | 0 | 21 | 21 | 0.7 |
| Leptophlebiidae | <i>Thraulodes</i> | 0 | 66 | 94 | 52 | 212 | 7.5 | |
| Odonata | Calopterygidae | <i>Hetaerina</i> | 0 | 25 | 7 | 0 | 32 | 1.1 |
| | Coenagrionidae | <i>Acanthagrion</i> | 0 | 31 | 22 | 0 | 53 | 1.9 |
| | | <i>Argia</i> | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.1 |
| | | <i>Telebasis</i> | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.1 |
| | | <i>Ischnura</i> | 0 | 7 | 11 | 0 | 18 | 0.6 |
| | | Sin determinar sp. 1 | 0 | 17 | 7 | 12 | 36 | 1.2 |
| | | Sin determinar sp. 2 | 0 | 13 | 0 | 0 | 13 | 0.5 |
| | Gomphidae | <i>Phyllogomphoides</i> | 0 | 0 | 4 | 10 | 14 | 0.5 |
| | | <i>Progomphus</i> | 0 | 4 | 8 | 0 | 12 | 0.4 |
| | Libellulidae | <i>Brechmorhoga</i> | 0 | 12 | 0 | 4 | 16 | 0.6 |
| | | <i>Dythemis</i> | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 | 0.2 |
| | | <i>Erythrodiplax</i> | 0 | 0 | 0 | 3 | 3 | 0.1 |
| | | Sin determinar | 0 | 0 | 4 | 2 | 6 | 0.2 |
| | Megapodagrionidae | <i>Megapodagrion</i> | 1 | 18 | 6 | 0 | 25 | 0.8 |
| | | Sin determinar | 0 | 0 | 15 | 0 | 15 | 0.5 |
| Platystictidae | Sin determinar | 0 | 5 | 0 | 0 | 5 | 0.2 | |
| Polythoridae | <i>Polytore</i> | 3 | 8 | 5 | 0 | 16 | 0.6 | |
| Plecoptera | Perlidae | <i>Anacroneuria</i> | 4 | 89 | 86 | 43 | 222 | 7.8 |
| Neuroptera | Corydalidae | <i>Corydalus</i> | 0 | 22 | 12 | 5 | 39 | 1.4 |
| Hemiptera | Belostomatidae | <i>Belostoma</i> | 0 | 37 | 7 | 0 | 44 | 1.6 |
| | Gerridae | <i>Eurygerris</i> | 0 | 52 | 105 | 0 | 157 | 5.6 |
| | | Sin determinar | 0 | 13 | 18 | 0 | 31 | 1.1 |
| | Naucoridae | <i>Ambrysus</i> | 0 | 16 | 6 | 0 | 22 | 0.8 |
| | | <i>Cryphocricos</i> | 2 | 8 | 13 | 0 | 23 | 0.8 |
| | | <i>Limnocoris</i> | 0 | 2 | 0 | 0 | 2 | 0.1 |
| | | <i>Pelocoris</i> | 1 | 1 | 7 | 0 | 9 | 0.3 |
| | | Sin determinar | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0.2 |
| | Veliidae | <i>Rhagovelia</i> | 35 | 167 | 206 | 84 | 492 | 17.4 |
| | | Sin determinar | 0 | 13 | 0 | 0 | 13 | 0.5 |

| | | | | | | | | |
|-----------------|-----------------------------|-----------------------------|------------|------------|--------------|------------|--------------|--------------|
| Coleoptera | Elmidae | <i>Macrelmis</i> | 3 | 19 | 7 | 0 | 29 | 1.0 |
| | | <i>Optioservus</i> | 0 | 6 | 0 | 0 | 6 | 0.2 |
| | | <i>Stenelmis</i> sp 1 | 5 | 0 | 0 | 0 | 5 | 0.2 |
| | Dryopidae | <i>Dryops</i> | 0 | 4 | 0 | 0 | 4 | 0.1 |
| | | <i>Elmopornus</i> | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0.1 |
| | Hydrophilidae | <i>Helochares</i> | 4 | 0 | 0 | 0 | 4 | 0.1 |
| | | <i>Tropisternus</i> | 3 | 1 | 0 | 0 | 4 | 0.1 |
| | Psephenidae | <i>Psephenops</i> | 48 | 77 | 133 | 131 | 389 | 13.7 |
| | Staphylinidae | Sin determinar | 0 | 0 | 7 | 0 | 7 | 0.2 |
| Sin determinar | Sin determinar | 4 | 0 | 10 | 0 | 14 | 0.5 | |
| Trichoptera | Helicopsychidae | <i>Helicopsyche</i> | 0 | 0 | 0 | 29 | 29 | 1.0 |
| | Hydropsychidae | <i>Leptonema</i> | 26 | 37 | 57 | 12 | 132 | 4.7 |
| | | <i>Smicridea</i> | 5 | 18 | 25 | 0 | 48 | 1.7 |
| | Hydroptilidae | <i>Hydroptila</i> | 7 | 0 | 0 | 0 | 7 | 0.2 |
| | Leptoceridae | <i>Atanatolica</i> | 0 | 0 | 18 | 0 | 18 | 0.6 |
| | Hydrobiosidae | <i>Atopsyche</i> | 0 | 8 | 0 | 0 | 8 | 0.2 |
| | Philopotamidae | <i>Chimarra</i> | 0 | 37 | 46 | 0 | 83 | 2.9 |
| | Polycentropodidae | <i>Polycentropus</i> | 0 | 0 | 6 | 0 | 6 | 0.2 |
| Glossosomatidae | <i>Mortoniella</i> | 0 | 0 | 0 | 6 | 6 | 0.2 | |
| Diptera | Chironomidae | Sub-Tanypodinae | 0 | 0 | 68 | 61 | 129 | 4.6 |
| | | Sin determinar | 1 | 5 | 0 | 25 | 31 | 1.1 |
| | Ceratopogonidae | <i>Stilobezzia</i> | 3 | 0 | 0 | 0 | 3 | 0.1 |
| | Simuliidae | <i>Simulium</i> | 0 | 0 | 49 | 0 | 49 | 1.7 |
| | Tipulidae | <i>Hexatoma</i> | 0 | 5 | 8 | 0 | 13 | 0.5 |
| Total | 33, 1 Sin determinar | 58, 1 Sin determinar | 170 | 898 | 1,124 | 640 | 2,832 | 100.0 |

En la estación 3 se recolectó la mayor cantidad de individuos durante el estudio, (1,124), seguida por las estaciones 2 (898), estación 4 (640) y estación 1 (170) (Cuadro 2). Esta mayor abundancia en la estación 3 se debe, posiblemente a la mayor diversidad de hábitats (ver descripción de estación 3), lo que sugiere también una mayor variedad de fuentes de alimentos y hábitos alimenticios. Por estar cubierta el área con más vegetación circundante, podría presentar temperaturas más adecuadas para estos organismos. En los insectos acuáticos se han documentado diversos hábitos alimentarios que incluyen herbívoros, detritívoros y carnívoros, como raspadores, trituradores, ramoneadores, filtradores, chupadores, recolectores y depredadores (Solís, 2010, Hernández & Algecira, 2007, Jerez & Moroni, 2006, Reynaga, 2009, Spinelli & Marino, 2009, Bello & Cabrera, 2001, Gamboa *et al.*, 2008,

Contreras, 2000, Armúa & Estévez, 2005, Holzenthal, 1988). La estación 1 presentó una menor abundancia de insectos acuáticos, con respecto a las otras tres estaciones. Esto se debe posiblemente a que el origen del cauce es muy angosto, y poco profundo; además, la velocidad de la corriente es baja, y las fuentes de alimentación pueden ser escasas, ya que no existen árboles en su orilla, sólo hierbas y arbustos.

De los ocho órdenes encontrados, durante los 10 muestreos realizados, el orden Hemiptera (28,2 %, 798 individuos) presentó la mayor abundancia de individuos, cuyas familias más representativas fueron Veliidae (17,9 %) y Gerridae (5,6 %), con los géneros *Rhagovelia* sp. (17,4 %) y *Eurygerris* sp. (5,6 %). Le siguió el orden Ephemeroptera (22,2 %, 628 individuos), con las familias Leptohyphidae (8,1 %) y el género *Leptohyphes* (4,7 %) y Leptophlebiidae (7,5 %), y el género *Thraulodes* (7,5 %). Con menor abundancia se encontró el orden Coleoptera (16,4 %, 465 individuos), con las familias Psephenidae (13,7 %) y el género *Psephenops* (13,7 %), y Elmidae (1,4 %), con el género *Macrelmis* (1,0 %). Entre los restantes, se destacaron los órdenes Trichoptera (11,9 %, 337 individuos), Díptera (7,9 %, 225 individuos), Plecoptera (7,8 %, 222 individuos) con un único género encontrado *Anacroneuria*, Odonata (4,2 %, 116 individuos) y Neuroptera (1,4 %, 39 individuos), con un único género encontrado, *Corydalus*. En los 10 muestreos se observó que el orden Hemiptera dominó durante todo el estudio, seguido fluctuó la dominancia entre los órdenes Ephemeroptera y Coleoptera (Fig. 2). El orden Neuroptera mostró poca prevalencia durante el estudio. Una mayor abundancia de Hemipteros ha sido documentada por Pino & Bernal (2009) en el río David, Chiriquí, Rodríguez et al. (2000), en la quebrada El Salto, Rodríguez & Bonilla (1999), en el río Gatú, ambos de la provincia de Veraguas, y Wittgreen & Villanero (1998), en el río La Villa, Los Santos. Las familias más representativas fueron Veliidae y Gerridae. Los primeros meses de muestreo coincidieron con el inicio de la época seca, mientras que los últimos correspondieron al inicio de la época lluviosa. De esta forma, el aumento del caudal del río provocó posiblemente que la mayoría de los especímenes fuesen arrastrados por las fuertes corrientes. Pino & Bernal (2009) y Araúz et al. (2000), también han documentado una disminución de la abundancia de cantidad de individuos de macroinvertebrados acuáticos cuando

aumentó el caudal del río David y río Chico en Chiriquí, respectivamente.

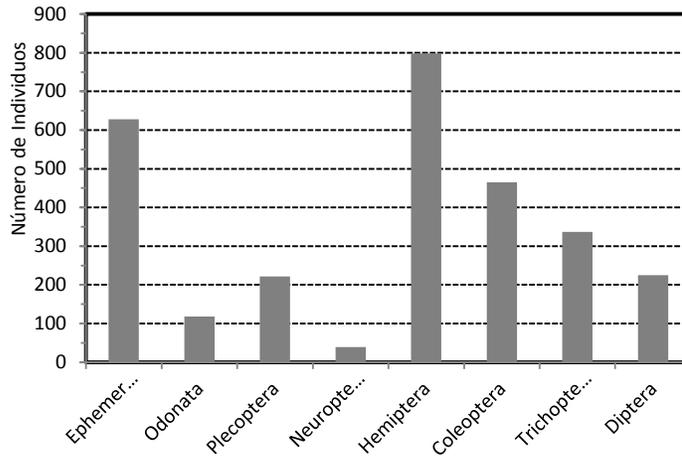


Fig. 2. Abundancia de insectos acuáticos en cuatro estaciones en el río Mula, marzo a julio de 2006.

De las ocho familias del orden Trichoptera encontradas en este estudio, Hydropsychidae presentó la mayor cantidad de individuos (180), con los géneros *Leptonema* sp. y *Smicridea* sp. Sin embargo, en estudios realizados por Araúz et al. (2000), Medianero & Samaniego (2004) y Pino & Bernal (2009), la familia más abundante y diversa fue Leptoceridae, la cual presentó el mayor número de géneros, en comparación con las otras familias. En este estudio, sólo se encontraron 18 individuos del género *Atanotica*.

El segundo orden más abundante en el estudio fue Ephemeroptera. La familia Leptohyphidae fue la más representativa con el género *Leptohyphes* sp. (4,7 %), pero el género más predominante fue *Thraulodes* sp. (7,5 %), de la familia Leptophlebiidae. Resultados similares fueron obtenidos por Rodríguez et al. (2000) y Pino & Bernal (2009), en los cuales el género *Thraulodes* sp. fue el más común de este orden, durante toda la investigación. En el orden Plecoptera se recolectó solamente la familia Perlidae y el género *Anacroneuria* sp. Este género fue muy común durante el estudio y en todas las estaciones de muestreo, y esto concuerda con los estudios realizados

por Pino & Bernal (2009) y Rodríguez et al. (2000), el río David, Chiriquí, y en la quebrada El Salto, Veraguas, respectivamente.

En el orden Diptera, la familia Chironomidae fue la más abundante, ésta se encontró únicamente en las estaciones 3 y 4. Este hecho pudo deberse a que estas estaciones se caracterizan por acumular mucha hojarasca y materia orgánica en el río y que están cerca de comunidades (San Miguel y La Concepción), y fincas ganaderas. Estudios realizados por Medianero y Samaniego (2004), se refieren al hecho de que las especies de Chironomidae habitan en aguas con un ligero a un gran estado de alteración. La presencia de esta familia como una de las más comunes en este orden, también ha sido documentado por Pino & Bernal (2009), Araúz et al. (2000), Rodríguez et al. (2000), Rodríguez & Bonilla (1999) y Wittgreen & Villanero (1998).

El orden Odonata estuvo representado por las familias Calopterygidae, Coenagrionidae, Gomphidae, Libellulidae, Megapodagrionidae y una familia sin determinar. La familia más común fue Calopterygidae, con el género *Hetaerina* sp., mientras que las otras estuvieron muy similares en abundancia. Cabe mencionar que *Hetaerina* sp. presentó una peculiar presencia en las estaciones 1 y 2, lo cual generalmente, no ocurrió con las otras especies. Este evento es comparable con los estudios realizados por Margalef (1983, citado por Rodríguez & Bonilla, 1999), quien sostiene que generalmente las familias de los zigópteros prefieren los fondos rocosos con aguas rápidas y limpias, debido a su forma alargada y a la presencia de traqueobránquias caudales largas, cuya función está relacionada con el intercambio gaseoso. Estos lugares son los más propicios para la supervivencia de estos individuos.

Dentro de los órdenes menos predominantes durante el estudio se presentaron los Lepidoptera y Neuroptera, los cuales estuvieron representados por las familias Pyralidae y Corydalidae, respectivamente. Los pirálidos estuvieron presentes en cada una de las estaciones, lo cual no ocurrió con los coridálidos, ya que éstos estuvieron sólo en las estaciones 3 y 4. Un aspecto muy importante por mencionar es el hecho de que las larvas de los pirálidos se encontraron adheridas a las rocas en capullos sedosos (Roldán, 2003), lo cual no

ocurre en los coridálidos. Posiblemente se deba a factores como la altitud u otros factores ambientales, lo que explica la ausencia de los neurópteros en las estaciones de muestreo 1 y 2.

Índice de diversidad

El índice de diversidad Shannon-Weaver de los macroinvertebrados acuáticos de la subcuenca alta y media de río Mula fue alto [$H' = 3,13$, considerando que los valores $H' \geq 2,70$, comprenden alta diversidad y H' entre 1,50-2,70, corresponden a diversidad media (Margalef, 1998)]. En índice de Shannon-Weaver, calculado por estación, mostró alta diversidad para la estación 2, y diversidad media para las estaciones 1, 3 y 4 (Cuadro 3). Los sitios con diversidad media pueden estar influenciados por factores como falta de cobertura boscosa, desarrollo de actividad ganadera (estación 1), características físicas del río, además de efectos de las actividades humanas (estación 4). Los resultados de la diversidad, calculado por mes de estudio, en las cuatro estaciones de muestreo indican abril ($H' = 3,25$) fue el mes cuando se capturó una mayor diversidad de macroinvertebrados acuáticos (Cuadro 4). Fue notable una menor diversidad de especies durante los meses de junio y julio. Esto se debe a que durante estos meses las fuertes lluvias aumentaron las corrientes y la turbiedad del caudal del río, arrastrando consigo los insectos acuáticos. Según Borja et al. (2005), la turbiedad es uno de los factores que inciden en la disminución de los habitantes de un medio acuático, ya que las partículas suspendidas se van acumulando y dificultan la supervivencia de ellos.

Índice de similitud

El índice de Jaccard mostró que la mayor similitud (54,2 %) en la composición de organismos en el cauce del río Mula se encontró entre las estaciones de muestreo 2 y 3, mientras que la menor similitud fue entre las estaciones 1 y 4 (Cuadro 5). Esta mayor similitud entre las estaciones 2 y 3 se debe a que estos dos sitios eran similares, con cauce más amplio, presencia de árboles marginales, velocidad de la corriente moderada en ambas, sustrato rocoso y en algunos muestreos se encontró una gran cantidad de hojarasca, lo que representa un hábitat con mayor probabilidad de brindar alimentación a estos organismos.

Cuadro 3. Valores de diversidad de los insectos acuáticos encontrados en las estaciones de muestreo, marzo a julio de 2006.

| Variables | Estación 1 | Estación 2 | Estación 3 | Estación 4 | Total |
|--------------------------|-------------------|-------------------|-------------------|-------------------|--------------|
| Número de individuos | 170 | 898 | 1 124 | 640 | 2 832 |
| Riqueza de especies | 20 | 38 | 36 | 20 | 114 |
| Uniformidad | 0,77 | 0,84 | 0,81 | 0,82 | 0,76 |
| Índice de Shannon-Weaver | 2,31 | 3,05 | 2,91 | 2,47 | 3,13 |

Cuadro 4. Valores de diversidad de los insectos acuáticos encontrados de marzo a julio de 2006 en el río Mula.

| Variable | Marzo | Abril | Mayo | Junio | Julio |
|--------------------------|--------------|--------------|-------------|--------------|--------------|
| Número de individuos | 627 | 690 | 720 | 681 | 114 |
| Riqueza de especies | 41 | 45 | 44 | 29 | 12 |
| Uniformidad | 0,74 | 0,85 | 0,83 | 0,74 | 0,88 |
| Índice de Shannon-Weaver | 2,75 | 3,25 | 3,14 | 2,48 | 2,21 |

La estaciones 1 y 4 obtuvieron un porcentaje bajo de similitud. La estación 1 se ubicó en el origen del río Mula, donde el cauce es muy angosto, con poca corriente y desprovista de árboles marginales, en comparación con la estación 4, que se encontraba después de todos los poblados del distrito que recorre este río, provista de árboles marginales, pero con estancamiento de aguas en la estación seca, y con gran cantidad de basura, producto de las actividades humanas.

Cuadro 5. Comparación del Índice de Similitud de Jaccard en tres estaciones de muestreo en la subcuenca alta y media del río Mula, de marzo a julio de 2006.

| Estación | 2 | 3 | 4 |
|-----------------|----------------|----------------|----------------|
| 1 | 0,289 (28,9 %) | 0,273 (27,3 %) | 0,147 (14,7 %) |
| 2 | - | 0,542 (54,2 %) | 0,239 (23,9 %) |
| 3 | - | - | 0,310 (31,0 %) |

Índice BMWP'/Col. de la calidad del agua

Los valores del índice BMWP'/Col. para este estudio en la subcuenca alta y media del río Mula oscilaron entre 97, 160, 173 y 104, para las estaciones 1, 2, 3 y 4, respectivamente. Estos valores indican que en la estación 1 las aguas son ligeramente contaminadas, en la estaciones 2 y 3 las aguas son muy limpias y en la estación 4 aguas limpias, de acuerdo con la escala publicada por Roldán (2003). Los datos obtenidos indican aguas con ligera contaminación para la estación 1, lo cual puede deberse a que el cauce de este río en este sitio está gravemente afectado por la deforestación, lo que baja notablemente los niveles de su caudal, produciendo así, gran acumulación de material en descomposición.

CONCLUSIONES

La subcuenca alta y media del río Mula presentó una alta diversidad ($H' = 3,13$) de insectos acuáticos, donde las estaciones de muestreo 2 y 3, mostraron la mayor similitud (54,2 %) en la composición de organismos y las estaciones 1 y 4 la menor similitud, encontrándose una mayor abundancia en el orden Hemiptera, seguido de Ephemeroptera, Coleoptera y Trichoptera.

Según el BMWP'/Col. para el río Mula en la estación 1 se encontró aguas ligeramente contaminadas, las estaciones 2 y 3 indican aguas muy limpias y la estación 4 indicó aguas limpias.

REFERENCIAS

Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua en los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía (SIAGA), Almería II: 203-213.

Araúz, B., B. Amores & E. Medianero. 2000. Diversidad de distribución de insectos acuáticos a lo largo del cauce del río Chico (provincia de Chiriquí, república de Panamá). *Scientia (Panamá)*. 15(1): 27-45.

Armúa, C. & A. Estévez. 2005. Diversidad de Heterópteros acuáticos, con especial referencia a las Belostoma (Heteróptera: Belostomatidae). Facultad de Ciencias Exactas, Naturales y Agrimensura. Argentina. (Consultado 14/1/2010).
http://74.125.113.132/custom?q=cache:mxLzABATd_IJ:dgisrv15.unt.edu.ar/fcsnat/insugeo/miscelanea_14/pdf/21.pdf+h%C3%A1bito+alimenticio+de+Lethocerus&cd=1&hl=es&ct=clnk&gl=pa&client=pub-7803909890504900.

Bello, C. & M. Cabrera. 2001. Alimentación ninfal de Leptophlebiidae (Insecta: Ephemeroptera) en el Caño Paso del Diablo, Venezuela. *Rev. Biol. Trop.* ISSN 0034-7744 versión impresa. Maracaibo, Venezuela. 49: 3 – 4 p. (Consultado 14/1/2010).
http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S0034-77442001000300020&script=sci_arttext.

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 15/8/2005).
<http://www.monografias.com/trabajos29/organismos-cuenca/organismos-cuenca.shtml>.

Contreras, A., 2000. Informe final del Proyecto K022. Megaloptera (Insecta: Neuropterida) de México. Universidad Nacional Autónoma de México, Instituto de Biología. Departamento de Zoología. México. (Consultado 14/1/2010).
<http://74.125.113.132/custom?q=cache:NEMU80ylc0J:www.conabio.gob.mx/institucion/proyectos/resultados/InfK022.pdf+h%C3%A1bito+alimentario+de+Corydalidae&cd=3&hl=es&ct=clnk&gl=pa&client=pub-7803909890504900>.

De la Lanza, G.; S. Hernández, & J. Carvajal. 2000. Organismos Indicadores de la Calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés, S.A. de C.V. México. 663 p.

Fore, L.S., J.R. Karr, & R.W. Wisseman. 1996. Assessing invertebrate responses to human activities: Evaluating alternative approaches. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 15(2): 212-231.

Gamboa, M., Chacón, M. & S. Segnini. 2008. Ritmo diario de alimentación y tamaño de presa en cuanto especies simpátricas de Plecoptera (Insecta) en un río tropical Andino. *Ecotrópicos*. Venezuela. 22(1):37-43p. (Consultado 14/1/2010). <http://74.125.113.132/custom?q=cache:HS1C3oVhV3MJ:www.saber.ula.ve/bitstream/123456789/30063/1/articulo4.pdf+h%C3%A1bito+alimentario+de+Anacroneuria&cd=4&hl=es&ct=clnk&gl=pa&client=pub-7803909890504900>.

Hernández, A. & A. Algecira. 2007. “Insectos acuáticos en un sistema lótico (Quebradas)”. (Consultado 14/1/2010). <http://www.pedagogica.edu.co/proyectos/galeriab/verinfo.php?idimagen=40>, <http://www.pedagogica.edu.co/proyectos/galeriab/verinfo.php?idimagen=67>, <http://www.pedagogica.edu.co/proyectos/galeriab/verinfo.php?idimagen=72>.

Holzenthal, R.W., 1988. Systematics of Neotropical Triplectides (Trichoptera: Leptoceridae). *Annals of the Entomological Society of America*, 81:187-208. (Consultado 14/1/2010). <http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto59.html>.

Jerez, V. & J. Moroni. 2006. Diversidad de Coleópteros acuáticos en Chile. *Gayana (Concepción) versión On-line* ISSN 0717-6538. 72 – 81 p. (Consultado 14/1/2010). http://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0717-65382006000100012&script=sci_arttext.

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

McCafferty, W. 1981. *Aquatic Entomology*. Boston: Science Books International. 448 p.

Medianero, E, & M. Samaniego. 2004. Comunidad de insectos acuáticos asociados a condiciones de contaminación en el río Curundú, Panamá. *Folia Entomol. Mex.*, 43(3): 279-294.

Merrit, R. & K. Cummins. 1996. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. Third Edition. E. U. Edition Kendall/Hunt Publishing Company, 682 p.

Pérez-López, F.J., Sola-Fernández, F.M., 1993a. DIVERS. Programa para el cálculo de los índices de similitud. [Programa informático en línea]. (Consultado 30/12/2005).

<http://perso.wanadoo.es/jp-l/descargas.htm>.

Pérez-López, F.J., Sola-Fernández, F.M., 1993b. SIMIL. Programa para el cálculo de los índices de similitud. [Programa informático en línea]. (Consultado 30/12/2005).

<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. *Revista Gestión y Ambiente* 12(3): 73-84.

Reynaga, M. 2009. Hábitos alimentarios de larvas de Trichoptera (Insecta) de una cuenca subtropical. *Ecología Austral. Asociación Argentina de Ecología*. 19: 207 - 214 p. (Consultado 14/1/2010).
<http://www.ecologiaaustral.com.ar/files/275e4741e0.pdf>.

Rodríguez, V., M. Barrera, & Y. Delgado. 2000. Insectos Acuáticos de la quebrada El Salto, en el distrito de Las Palmas, provincia de Veraguas, República de Panamá. *Scientia (Panamá)* 15(2): 33-44.

Rodríguez, V.E. & 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 (Panamá)* 14(2): 65-77.

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. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores de la Calidad de las Aguas en los Andes Colombianos. Editorial de la Universidad de Antioquia, Departamento de Biología. Medellín, Colombia. 170 p.

Solís, A. 2010. Familia Dryopidae. Instituto Nacional de Biodiversidad. Costa Rica. (Consultado 14/1/2010).
<http://www.inbio.ac.cr/papers/insectoscr/Texto268.html>.

Spinelli, G. & P. Marino. 2009. Estado actual del conocimiento de la familia Ceratopogonidae en la Patagonia (Diptera: Nematocera). Revista de la Sociedad Entomológica Argentina. 68(1)-2 Mendoza ene. /jun. 2009. (Consultado 14/1/2010).
http://www.scielo.org.ar/scielo.php?pid=S0373-56802009000100015&script=sci_arttext

Wittgreen, Z. & S. Villanero. 1998. Inventario de Macroinvertebrados en el río La Villa, Península de Azuero. Tesis de Licenciatura, Escuela de Biología, Universidad de Panamá. 122 p.

Recibido enero de 2011, aceptado marzo de 2012.