

Macroinvertebrados acuáticos de los cuerpos lénticos de la Región Maya, Guatemala

Reyes-Morales, Fátima.

Dirección General de Investigación (DIGI), Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala, Guatemala, Guatemala;
fatimarys3@gmail.com

Resumen

La composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos ha sido utilizada para determinar el estado ecológico de los ecosistemas lénticos en muchos estudios de calidad del agua. En el presente se estudió la estructura de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ocho cuerpos lénticos (Yaxhá, Sacnab, Petenchel, Quexil, Salpetén, Macanché, Sacpuy y Petén Itzá) ubicados en la región Maya al norte de Guatemala. En cada sitio de muestreo se establecieron un máximo de seis estaciones de muestreo, donde se recolectaron muestras de macroinvertebrados con una draga Ekman. Se tomaron mediciones de las siguientes variables fisicoquímicas: oxígeno disuelto, temperatura, pH, salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales, nutrientes, sulfatos y profundidad. Se registró un total de 38 taxa, siendo los grupos más diversos Odonata, Coleoptera, Trichoptera y Ephemeroptera. La diversidad de especies es alta en sitios donde no hay una influencia antropogénica y tiende a decrecer a medida que empieza a haber cierto grado de perturbación humana. La distribución de los macroinvertebrados acuáticos está influenciada por el tipo de sustrato y las variaciones fisicoquímicas.

Palabras clave: calidad del agua, bioindicadores, léntico, comunidad, fisicoquímicos.

Abstract

The composition of aquatic macroinvertebrate community has been used to determine the ecological status of lentic ecosystems in many water quality studies. In this study, the community structure of the aquatic macroinvertebrates was surveyed in seven lentic bodies (Yaxhá, Sacnab, Petenchel, Quexil, Salpetén, Macanche y Sacpuy) located in the Mayan region in northern Guatemala. At each sampling site a maximum of six sampling stations were set and macroinvertebrate samples were collected with an Ekman dredge. In addition, measurements of the following physicochemical variables were taken: dissolved oxygen, temperature, pH, salinity, conductivity, total dissolved solids, nutrients, sulfate and depth. A total species richness of 38 taxa was found, Odonata, Coleoptera, Trichoptera and Ephemeroptera were the most diverse orders. Species diversity was high in places where there is no anthropogenic influence and tended to decrease as some human disturbance was observed. The distribution of aquatic macroinvertebrates was influenced by the type of substrate and physicochemical changes.

Key words: water quality, bioindicators, lentic, community, physicochemical

Introducción

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos en los ecosistemas lénticos está constituida principalmente por oligoquetos, nemátodos, copépodos, pequeños protozoos y larvas de insectos (Ephemeroptera; Odonata; Coleoptera; Diptera; Trichoptera y Hemiptera), (Merritt *et al.*, 2008; Springer *et al.*, 2010).

Las comunidades acuáticas, en general están influenciadas por muchos factores, como: interacciones bióticas entre especies (*e.g.* depredación, competencia, parasitismo, etc.), así como por factores abióticos (*e.g.* temperatura, tipo de sustrato, profundidad, etc) (Williams & Felmate, 1992).

La presencia y composición de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos ha sido utilizada para determinar el estado ecológico de los ecosistemas lénticos, debido a las adaptaciones para vivir en estos ambientes (Sibaja y Umaña, 2008). Pero sobre todo son considerados como indicadores de las condiciones tróficas y del nivel de oxígeno (Alba-Tercedor, 1996; Figueroa *et al.*, 2003; Rosenberg & Resh, 1993). No obstante, es un grupo que ha sido poco estudiado en lagos tropicales (Roldan y Ramírez, 2008), pese a su importancia ecológica.

En diversas oportunidades se ha tratado de establecer la relación que existe entre los factores físicos y químicos, con la composición de especies, separando las comunidades de acuerdo a los diferentes gradientes ambientales que se identifiquen (Sibaja y Umaña, 2008).

La mayoría de estudios que evalúan la calidad del agua y el estado ecológico de los cuerpos lacustres en el trópico, principalmente se han enfocado en las características fisicoquímicas y en la biota de la columna de agua (Brezonik & Fox, 1974). Por lo que este trabajo tiene como objetivo evaluar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos, respecto a su abundancia y riqueza de taxa, en los sitios de muestreo en función a las variables ambientales.

Materiales y métodos

El área de estudio se encuentra localizada en las tierras bajas de El Petén entre las coordenadas 90.066° - 89.320° N y 17.315° - 16.859° W. Se seleccionaron ocho cuerpos de agua, el Lago Petén Itzá y las lagunas de Sacpuy, Macanché, Salpetén, Petenchel, Quexil, Sacnab y Yaxhá (Fig.1). La humedad relativa para el área es de 79% a 50%; la temperatura oscila entre los 10 a 39 °C y la precipitación promedio anual es de 1730mm (Basterrechea, 1988).

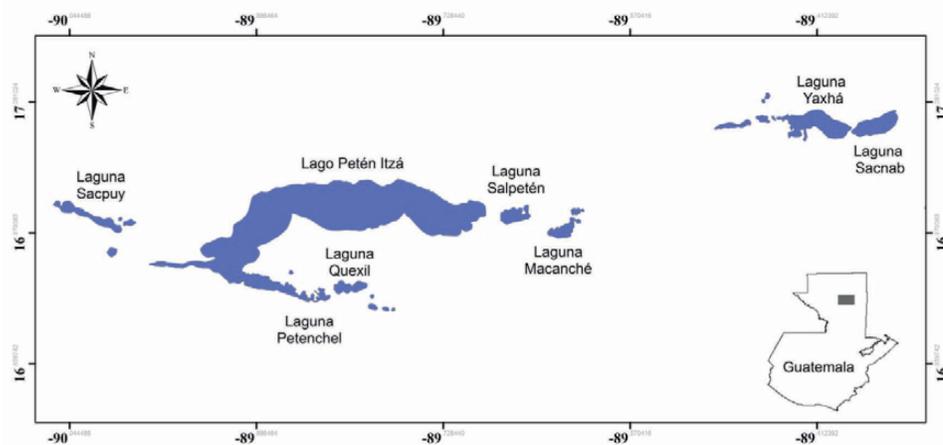


Fig. 1. Ubicación del área de estudio y sitios de muestreo en la región Maya, Guatemala.

Los macroinvertebrados acuáticos se recolectaron en diferentes estaciones ubicadas dentro de cada cuerpo de agua y con distintos usos del suelo en la orilla (*e.g.* zonas que presentaban bosque ribereño o había presencia de poblados o potreros). En cada estación se tomaron cuatro submuestras de sedimentos del fondo con una draga tipo Ekman. La recolecta se realizó tomando en cuenta distintos tipos de sustratos (vegetación acuática sumergida, arena, hojarasca y limo). Cada submuestra recolectada fue almacenada en una bolsa plástica Ziploc y preservada en alcohol etílico al 95% (Barbour *et al.*, 1999; Merritt *et al.*, 2008), para su posterior separación e identificación bajo estereoscopio en el laboratorio. Los organismos que se extrajeron fueron colocados en viales con alcohol etílico al 70%. Todo el material recolectado fue identificado hasta el nivel taxonómico máximo posible, mediante las claves taxonómicas de Roldán (1988); Merritt *et al.*, (2008); Springer (2006) y Springer *et al.*, (2010). El material identificado fue depositado en la colección de referencia del Museo de Historia Natural de la Escuela de Biología, de la Universidad San Carlos de Guatemala.

También en cada estación se tomaron los siguientes parámetros: oxígeno disuelto, temperatura, pH, salinidad, conductividad, sólidos disueltos totales, nutrientes (nitritos, nitratos, amonio, N-total, fosfatos, F-total), sulfatos, profundidad. La medición de algunos parámetros fisicoquímicos se realizó *in situ* con un Multiparamétrico Portátil modelo MULTI 340i, marca WTW y un Potenciómetro Portátil marca HACH modelo SensIon y el resto de las mediciones se realizaron de acuerdo a los procedimientos estándar la Asociación Americana de Salud Pública (APHA *et al.*, 2005).

Para determinar el grado de correlación entre los parámetros fisicoquímicos y la distribución

de los macroinvertebrados acuáticos entre las estaciones y los sitios de muestreo, se realizó un análisis de correspondencia canónica por medio del programa PcOrd 5.0 (McCune & Grace; 2002). Para los análisis se utilizaron las abundancias de cada taxa por muestra, excluyendo los raros (frecuencia <4%) (Gotelli & Ellison, 1960; Wood *et al.*, 2001).

Resultados

Los sitios de muestreo revelaron poca variación entre la mayoría de las variables fisicoquímicas (Tabla 1). La Laguna de Salpetén fue la excepción pues presentó valores de conductividad, salinidad, sólidos disueltos totales y sulfatos tres veces más altos en comparación al resto de los sitios.

En total se recolectaron 9931 individuos, correspondientes a 11 órdenes, 23 familias y 34 géneros de macroinvertebrados acuáticos (Tabla 2). Los órdenes más diversos fueron Odonata (12 géneros), Diptera (7 taxa) y Coleoptera (6 géneros). Con respecto a la abundancia, el orden con mayor cantidad de individuos fue Diptera, con un 54% seguido de Amphipoda (21%) y Coleoptera (11%). Los órdenes restantes están representados cada uno por menos del 3% de la abundancia total.

La familia con la mayor abundancia de individuos fue Chironomidae (Diptera), seguida de Elmidae (Coleoptera), con un 50% y 11% respectivamente, la abundancia de las familias restantes estuvo por debajo del 4%. El género *Hexacylloepus* (Coleoptera, Elmidae) fue el más abundante con 1036 individuos, seguido de *Probezzia* (Diptera) y *Caenis* (Ephemeroptera), ambos con 292 individuos.

El Lago Petén Itzá y la Laguna de Quexil fueron los sitios que obtuvieron la mayor riqueza de taxa y abundancia de individuos, en el primer sitio se registró un total de 27 taxa y

2134 individuos, y en el segundo sitio 28 taxa y 1546 individuos (Tabla 2). Al comparar la riqueza de taxa por uso de suelo, se obtuvo una mayor diversidad en las estaciones en donde hay vegetación ribereña, comparado con las estaciones en donde hay cierto grado de alteración, como potreros y poblados.

El resultado del análisis de correspondencia canónica (ACC) con base en los promedios de cada sitio para las variables fisicoquímicas y abundancias por taxa, mostró que los primeros dos ejes explican el 28 % de la varianza total

(Figura 2). Las variables de pH, conductividad, fosfatos y uso del suelo se correlacionaron con el eje uno, agrupando hacia el lado derecho del eje de ordenación, a las estaciones que presentan cierto grado de perturbación (poblados y potreros en la orilla), y hacia el lado opuesto las estaciones que tenían bosque en la orilla. Taxa como Orthoclaadiinae, Chironomini, *Probezzia*, *Bezzia* (Diptera), *Caenis* (Ephemeroptera), *Hydroptila*, *Cernotina*, *Neotrichia* (Trichoptera), *Acanthagrion* (Odonata) y Amphipoda, se agruparon hacia el lado derecho del eje de ordenación.

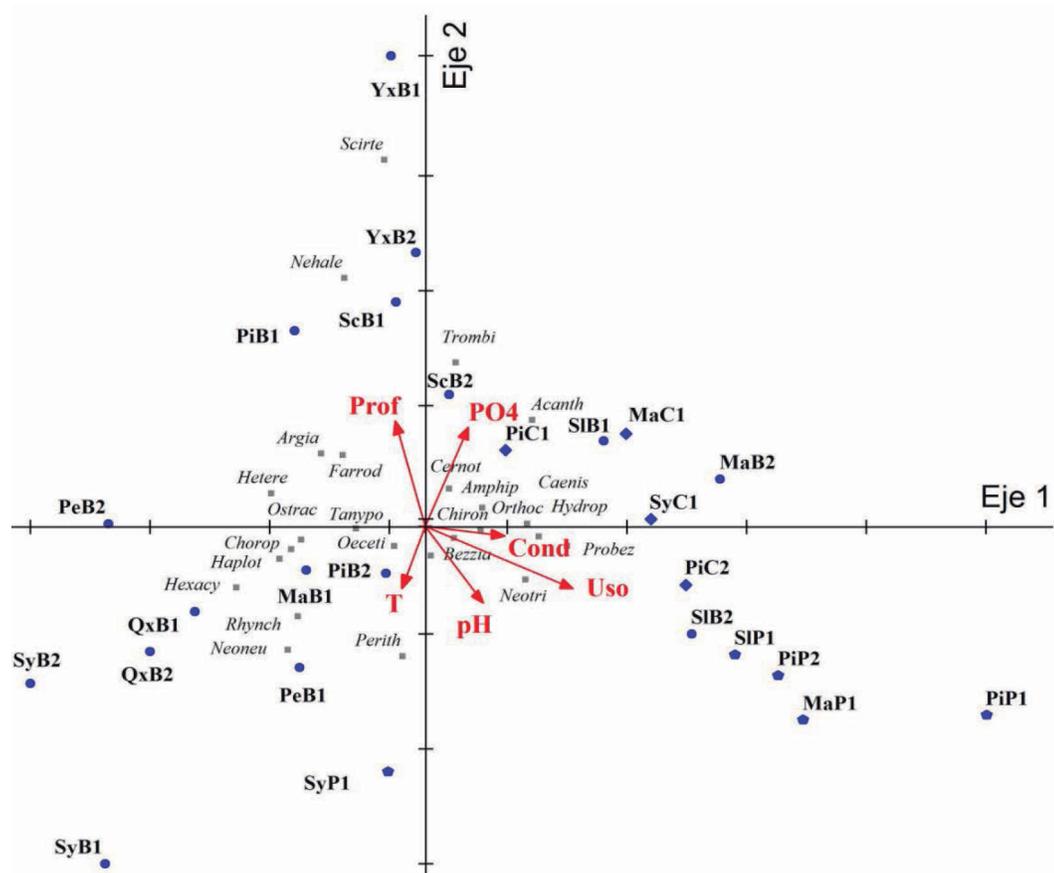


Fig.2. Análisis de correspondencia canónica para las variables fisicoquímicas y biológicas de los cuerpos lénticos de la región Maya, Guatemala. Petén Itzá (Pi), Sacpuy (Sy), Macanché (Ma), Salpetén (Sl), Petenchel (Pe), Quexil (Qx), Sacnab (Sc), Yaxhá (Yx). Bosque (B), Poblado (C), Potrero (P).

Tabla 1
Valores promedios de los parámetros fisicoquímicos de los cuerpos lénticos de la Región Maya, Guatemala, junio a agosto 2009.

Localidad/ Estación	Alt msnm	Prof. m	OD %	T °C	pH	Sal %	Cond uS/cm	TDS mg/L	NO ₃ mg/L	NO ₂ mg/L	NH ₄ mg/L	N Total mg/L	PO ₄ mg/L	P Total mg/L	SO ₄ mg/L		
Petén Itzá (Pi)	B1	112	6.05	98.2	7.3	30.2	8.3	0.3	416	231	0.07	0	0.08	0.318	0.02	0.046	50.4
	B2	2.06	102.7	7.5	30.8	8.2	0.3	414	57	0.17	0	0.15	0.304	0.02	0.055	46.1	
Saepuy (Sy)	P1	3.76	103.3	11.2	31.4	9.5	0.3	329	183	0.05	0.01	0.06	0.321	0.02	0.047	55.1	
	P2	3.75	62.9	19.5	31.3	9.3	0.3	413	233	0.09	0	0.04	0.316	0.02	0.053	50.1	
Macanché (Ma)	C1	1.8	120.2	8.6	31.7	8	0.3	415	360	0.07	0	0.08	0.351	0.02	0.058	47.5	
	C2	2	102.6	7.6	30.5	8.3	0.3	61	232	0.04	0	0.1	0.451	0.01	0.051	49.7	
Salpetén (Si)	B1	125	1.7	95.6	7.2	30.7	8.9	0	34	71	0.03	0.02	0.284	0.02	0.054	25.4	
	B2	3.57	87.9	6.4	31.8	8.9	0.1	139	67	0.02	0.02	0.12	0.305	0.02	0.044	16.4	
Petenchel (Pe)	P1	1.16	98.1	7.4	31.6	7.2	0.1	138	103	0.01	0.02	0.16	0.465	0.02	0.053	16.5	
	C1	1.73	99.3	10.3	31.5	9.1	0.1	138	83	0.03	0.01	0.17	0.318	0.03	0.066	17.4	
Quexil (Qx)	B1	2.34	93.8	6.9	30.5	8.9	0.3	532	417	0.12	0.01	0.18	0.278	0.03	0.019	388.3	
	B2	2.69	97	7.1	30.6	8.9	0.3	418	417	0.04	0	0.17	0.485	0.04	0.025	307.8	
Sacnab (Sc)	P1	3.42	105.1	7.6	30.3	9.1	0.3	528	415	0.07	0.02	0.16	0.279	0.01	0.029	309.5	
	C1	2.45	97.1	7	30.6	8.8	0.3	829	413	0.08	0.01	0.18	0.313	0.03	0.027	296.9	
Yaxhá (Yx)	B1	3.91	104.3	7.6	31.3	9	2.3	2391	2171	0.06	0.03	0.05	0.034	0.11	0.202	3974.1	
	B2	5.63	101.5	7.1	33.1	8.5	2.3	2405	2183	0.14	0.03	0.11	0.335	0.1	0.08	3407.8	
Yaxhá (Yx)	P1	1.55	111.6	7.9	32.5	8.7	2.3	2381	2166	0.09	0.02	0.17	0.279	0.08	0.027	3628.4	
	B1	0.76	107.8	7.1	32.5	8.6	0.1	373	634	0.04	0.03	0.44	0.429	0.02	0.033	68.1	
Yaxhá (Yx)	B2	1.43	70.3	7.7	32.4	8.6	0.2	373	627	0.04	0.02	-	0.02	0.02	0.036	80.3	
	B1	4.26	98.5	11.2	31.4	8.5	0.1	362	536	0.03	0.01	0.1	0.37	0.02	0.045	21.5	
Yaxhá (Yx)	B2	4.35	97	11.1	31.7	8.7	0.1	365	339	0.02	0.01	0.06	0.367	0.02	0.045	10.9	
	B1	3.33	96.8	7.1	30.2	8.5	0.1	323	516	0.03	0.03	0.14	0.264	0.09	0.039	16	
Yaxhá (Yx)	B2	3.44	103.6	7.5	31.8	8.6	0.1	321	507	0.08	0.03	0.09	0.09	0.038	0.038	15.8	
	B1	5.91	112.4	8.2	30.2	7.9	0.1	276	454	0.08	0.02	0.15	0.212	0.08	0.043	22.6	
Yaxhá (Yx)	B2	3.81	104.4	7.5	31.6	8.5	0.1	291	459	0.04	0.02	0.13	0.31	0.08	0.039	13.6	

* Sulfatos (SO₄), Fósforo (P) Total, Fosfatos (PO₄), Nitrógeno (N) Total, Amonio (NH₄), Nitritos (NO₂), Nitratos (NO₃) Sólidos Disueltos totales (TDS), Conductividad (Cond.), salinidad (Sal), Temperatura (T), Oxígeno Disuelto (OD), Profundidad (Prof.) y Altitud (Alt.). B = Bosque, C = Poblado, P = Potrero

Tabla 2

Listado taxonómico de macroinvertebrados recolectados en los cuerpos de agua de la región Maya, Guatemala, junio a agosto 2009.
Petén Itzá (Pi), Sacpuy (Sy), Macanché (Ma), Salpetén (Sl), Petenchel (Pe), Quexil (Qx), Sacnab (Sc), Yaxhá (Yx), Bosque (B), Poblado (C), Potrero (P).

Clase	Orden	Familia	Género	Cuerpo de Agua										Uso del suelo		
				Pi	Sy	Ma	Sl	Pe	Qx	Sc	Yx	B	C	P		
Insecta	Trichoptera	Hydroptilidae	<i>Neotrichia sp.</i>	28	1	9	1	1	7	2	2	13	27	8		
			<i>Oxyethira sp.</i>	3									2	1		
	Ephemeroptera	Leptoceridae	<i>Hydroptila sp.</i>	1		11	3	4	1	3	2	13	5	7		
			<i>Oecetis sp.</i>	5		3	6	7	30	4	3	49	1	8		
			Polycentropodidae	33	17	6	27	3	4	26	76	161	8	23		
	Odonata	Baetidae	<i>Callibaetis sp.</i>	1				1				1	2	1		
			Caenidae	10	25	118	67	28	5	10	29	113	90	89		
			Leptophlebiidae	29		2		1	4	24		58				
	Insecta	Coenagrionidae	<i>Farrodes sp.</i>	29				1	4	24		5				
			<i>Thraulodes sp.</i>													
<i>Acanthagrion sp.</i>			3	3	5	3	4	6	8	7	33		2			
<i>Argia sp.</i>			2						1	2	3					
<i>Enallagma sp.?</i>			3		3			1		1	2	5	1			
<i>Leptobasis sp.</i>							2	1	1	8	12	1				
<i>Nehalania sp.</i>			2	1	3						1	5				
<i>Telebasis sp.</i>																
Gomphidae			<i>Archaegomphus sp.</i>	2		1		1				2				
Insecta			Libellulidae	<i>Progomphus sp.</i>	2											
	<i>Erythemis sp.</i>				1							1				
	<i>Perithemis sp.</i>	1		7	6	1	1	1	1	1	9	2	6			
	Protoneuridae	1		2		2	1	8			14					
Insecta	Protoneuridae	<i>Neoneura sp.</i>														
		<i>Protoneura sp.</i>		1	1	1	2	1	1	5						

Tabla 2 (Continuación)

Listado taxonómico de macroinvertebrados recolectados en los cuerpos de agua de la región Maya, Guatemala, junio a agosto 2009.
Petén Itzá (Pi), Sacpuy (Sy), Macanché (Ma), Salpetén (Sl), Petenchel (Pe), Quexil (Qx), Sacnab (Sc), Yaxhá (Yx), Bosque (B), Poblado (C), Potrero (P).

Clase	Orden	Familia	Género	Cuerpo de Agua										Uso del suelo				
				Pi	Sy	Ma	Sl	Pe	Qx	Sc	Yx	B	C	P				
Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Atrichopogon sp.</i>											1	1			
			<i>Bezzia sp.</i>	14	5	8	2	4	4	2	2	3	23	13	6			
		Chironomidae	<i>Probezzia sp.</i>	211	9	19	6				41	6	96	116	80			
			<i>Chironomii</i>	1122	938	639	372	375	356	263	408	2680	1023	770				
			<i>Orthocladinae</i>	182	37	73	34	13	86	30	21	274	139	63				
		Coleoptera	Tipulidae	<i>Tadypodinae</i>	13	55		12	19		16	14	83	6	40			
				Gen. Indet.								3	3					
				<i>Helichus sp.</i>							1							
				<i>Heterelmis sp.</i>	30				6				36					
		Hemiptera	Belostomatidae	<i>Hexacyloepus sp.</i>	116	167	12		361	370	9	1	1029	1	6			
<i>Microcyloepus sp.</i>											1	1						
<i>Scirtes sp.</i>	3										45	48						
<i>Stenus sp.</i>									1									
<i>Lethocerus sp.</i>											1	1						
<i>Rheumatobates sp.</i>											1	1						
Arachnida	Trombidiformes			Gen. Indet.	5		11	2	1	6		70	88	6	1			
				Fam. Indet.	4	1			12	66	6	6	92	2	1			
				Gen. Indet.	269	9	267	373	208	419	334	242	1467	150	504			
				Gen. Indet.					3				3					
Ostracoda	Haplotaxida	Gen. Indet.	38	19	1		9	38	5	100	9	1						
		Gen. Indet.	4	21	2	3	13	96	4	1	137	1	6					
Malacostraca	Rhynchobdellida	No. individuos	2134	1319	1200	915	1068	1546	794	955	6688	1620	1623					
		Riqueza de Taxa	27	18	21	17	21	28	23	26	42	24	20					

A pesar de la baja varianza explicada por los ejes del CCA, la prueba de permutaciones de Monte Carlo mostró un resultado significativo para la correlación entre los ejes de ordenación y la relación entre las variables ambientales y biológicas (500 permutaciones, $P < 0.05$).

Discusión

Los valores de oxígeno disuelto y temperatura en el agua superficial dependen de la interacción de la capa superficial con la atmósfera, la radiación solar, el viento y los procesos fotosintéticos que se lleven a cabo a lo largo de la columna de agua (Wetzel, 2005; Roldán y Ramírez, 2008).

En algunas estaciones los valores de las variables de conductividad, sólidos disueltos totales, sulfatos y salinidad fueron altos, debido a la erosión de las orillas, descomposición de materia orgánica, los vertidos de aguas residuales, cambio del uso del suelo y turbulencia, la cual provoca la resuspensión de sedimentos incrementando la cantidad de partículas en la columna de agua (Brezonik & Fox, 1974; Basterrechea, 1988; Wetzel, 2005; Roldán y Ramírez, 2008).

En general, las características físicas y químicas se deben principalmente al origen, a la hidrogeología y a la geoquímica de cada cuerpo de agua. La mayoría de los sitios estudiados son cuencas endorreicas, de origen cárstico, ubicados en terrenos calizos, que se alimentan principalmente de aguas subterráneas desde el Río San Pedro (Brezonik & Fox, 1974; Basterrechea, 1988; Pape, 2002).

Muchos estudios han encontrado una relación positiva entre la riqueza de especies, diversidad de microhabitats y estado trófico de los cuerpos lénticos (Cowell & Vodopich, 1981; Heino, 2000; Sponsseller *et al.*, 2001; Espinoza y Morales, 2008; Sibaja y Umaña, 2008). En el

presente estudio la disminución de la riqueza de taxa de los macroinvertebrados acuáticos en los sitios perturbados, se debe a los cambios del uso del suelo en la zona riberena, las condiciones fisicoquímicas, la baja diversidad de sustratos o microhabitats y la alta cantidad materia orgánica. Las estaciones que tenían cobertura boscosa presentaron la mayor diversidad de taxa, debido a que presentaron una mejor calidad del agua y una mayor disponibilidad de sustratos, como arena, hojarasca y piedras. Comparado con las estaciones ubicadas en potreros y poblados, en donde el sustrato se caracterizó por presentar una mayor cantidad de limo y materia en descomposición.

En sistemas lénticos con cierto grado de eutrofización, la presencia y dominancia de determinados grupos es mayor cuando las condiciones en el fondo son anóxicas, *e.g.*, Chironomidae y Oligochaeta (Roldán y Ramírez, 2008; Sibaja y Umaña, 2008; Trama *et al.*, 2009). Los quironómidos fueron el grupo dominante en cuanto a frecuencia y abundancia en la mayoría de los sitios de estudio, esto se debe a que este es un grupo altamente tolerante a condiciones anóxicas (Williams & Felmate, 1992; Sibaja y Umaña, 2008; Trama *et al.*, 2009).

Algunas especies de Chironomidae tienen pigmentos respiratorios parecidos a hemoglobina, que son muy afines al oxígeno. Esto les permite sobrevivir y dominar en el bentos en condiciones que son adversas para otros grupos de macroinvertebrados (Merritt *et al.*, 2008; Trama *et al.*, 2009).

Es importante resalta la importancia del presente estudio, pues da a conocer una primera lista taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de la región Maya. No obstante, el inventario aún no se puede considerar completo, debido al esfuerzo y método de muestreo.

El método de recolecta de sedimentos con draga, no incluye organismos que habitan en otros microhabitats. Se considera que al incluir la macro fauna de la columna de agua y la asociada a plantas acuáticas emergentes o flotantes, incrementaría el número de taxa observado en cada cuerpo de agua (Espinoza y Morales, 2008; Trama *et al.*, 2009). No obstante, al comparar la riqueza de taxa de macroinvertebrados acuáticos de los sitios estudiados con otros lagos de la región, se considera que fue alta (Espinoza y Morales, 2008; Sibaja y Umaña, 2008; Trama *et al.*, 2009).

En conclusión, la riqueza taxonómica de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos de la región Maya, es una buena indicadora de la calidad ecológica de los cuerpos de agua. Los taxa encontrados son indicadores de aguas de calidad regular y con contaminación moderada (Alba-Tercedor, 1996; Heino, 2000; Figueroa *et al.*, 2003; Trama *et al.*, 2009). Se considera necesario realizar un esfuerzo de muestreo más intenso e investigaciones a largo plazo. La importancia de este tipo de inventarios radica en el hecho que presentan una línea base para monitoreos periódicos o estudios a más largo plazo, los cuales pueden ser utilizados para detectar o evaluar cambios en la composición de la fauna acuática debido a causas naturales o de origen antropogénico.

Agradecimientos

Se le agradece al Centro de Estudios Conservacionistas CECON, Laboratorio de Investigaciones Químicas y Ambientales LIQA, Instituto de Investigaciones Químicas y Biológicas IIQB, Parque Nacional Yaxhá-Nakum-Naranjo, Consejo Nacional de Áreas Protegidas CONAP, Bessie Oliva, Bárbara Robledo, Balmore Valladares, Álvaro Obregón, Gabriela Armas, Pavel García, a los guardarecursos de las áreas protegidas de Petén,

en especial a Ernesto y a todas aquellas personas que apoyaron de una u otra forma en el desarrollo de esta investigación para que llegara a término. Este estudio se realizó gracias al financiamiento de la Dirección General de Investigación DIGI/USAC.

Referencias

- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV *Simposio del agua en Andalucía (SIAGA)*, Almeria, España 2: 203-213.
- APHA, AWWA & WEF. (2005). *Standard methods for the examination of water and wastewater*. American Public Health Association. American Water Works Association. Water Environment Federation. EEUU: United Book Press.
- Barbour, M.T., Gerritsen, J., Snyder, B.D. & Stribling, J.B. (1999). *Rapid bioassessments protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. EPA 841-B-99-002. EEUU: EPA.
- Basterrechea, M. (1988). Limnología del Lago Petén Itzá, Guatemala. *Rev. Biol. Trop.*, 36(1): 123-127.
- Brezonik, P. & Fox, J. (1974). The Limnology of Selected Guatemalan Lakes. *Hydrobiologia*, 45(4): 467 - 487.
- Cowell, B.C. & Vodopich, D.S. (1981). Distribution and seasonal abundance of benthic macroinvertebrates in a subtropical Florida lake. *Hydrobiologia*, 78: 97-105.
- Espinoza, N. y Morales, F.E. (2008). Macroinvertebrados bentónicos de la Laguna Las Peonías, estado Zulia, Venezuela. *Boletín del Centro de Investigaciones Biológicas*, 42(3): 345-363.

- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E. y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.*, 76: 275-285.
- Gotelli N. & Ellison, A. (1960). *A primer of Ecological statistics*. EEUU: Sinauer Associates.
- Heino, J. (2000). Lentic macroinvertebrate assemblage structure along gradients in spatial heterogeneity, habitat size and water chemistry. *Hydrobiologia*, 418: 229-242.
- McCune, B. & Grace, J. (2002). *Analysis of Ecological Communities*. EEUU: MjM Software Design.
- Merritt, R.W. Cummins, K.W. & Berg, M.B. (2008). *An introduction to the aquatic insects of North America*. EEUU: Kendall/Hunt Publishing Company.
- Pape, E. (2002). *Valor Económico del Lago Petén Itzá: Problemas y oportunidades*. Guatemala: Editorial de Ciencias Sociales.
- Roldán, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Colombia: Editorial Presencia.
- Roldán, G. y Ramírez, J. (2008). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds.). (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. EEUU: Chapman & Hall.
- Sibaja-Cordero, J. y Umaña-Villalobos, G. (2008). Invertebrados bentónicos del Lago Cote, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 56(4): 205-213.
- Sponsseller, R.A., Benfield, E.F. & Vallet, H.M. (2001). Relationships between land use, spatial scale and stream macroinvertebrate communities. *Freshwater Biol.*, 46:1409-1424.
- Springer, M., Ramírez, A. & Hanson, P. (eds.). (2010). Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. *Rev. Biol. Trop.*, 58 (4).
- Springer, M. (2006). A Taxonomic key to the families of caddisfly larvae (Insecta: Trichoptera) of Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.*, 54 (1): 273-286.
- Trama, F.A, Rizo, V.F. y Springer, M. (2009). Macroinvertebrados bentónicos del humedal de Palo Verde, Costa Rica. *Rev. Biol. Trop.* 57(1): 275-284.
- Wetzel, R. (2005). *Limnology*. EEUU: W. B. Saunders Company.
- Williams, D.D. & Feltmate, B.W. (1992). *Aquatic insects*. Reino Unido: C.A.B. International. Redwood Press.
- Wood, P.J., Greenwood, M.T., Barker, S.A. & Gunn, J. (2001). The effects of amenity management for angling on the conservation value of aquatic invertebrate communities in old industrial ponds. *Biol. Conserv.* 102: 17-29.