

## Composición y distribución de la entomofauna acuática en arroyos de Tabasco, México

## Composition and distribution of aquatic insects in streams of Tabasco, Mexico

José Antonio Benítez Abud, Everardo Barba Macías y Juan Juárez Flores

Departamento de Ciencias de la Sustentabilidad. Manejo sustentable de cuencas y zonas costeras, El Colegio de la Frontera Sur, Unidad Villahermosa. Carretera Villahermosa-Reforma, km 15.5, R/a Guineo 2a. Sección, Villahermosa, Tabasco, C.P. 86280, México  
e-mail: ebarba@ecosur.mx

**Recibido:** 15 de septiembre de 2015. **Aceptado:** 14 de junio de 2016.

Benítez Abud J. A., E. Barba Macías y J. Juárez Flores. 2016. Composición y distribución de la entomofauna acuática en arroyos de Tabasco, México. *Hidrobiológica* 26 (3): 509-518.

## RESUMEN

**Antecedentes.** Los sistemas acuáticos de Tabasco han sido afectados por diversas actividades antropogénicas (Bueno-Soria, *et al.*, 2005), sin embargo, el conocimiento de la entomofauna es incipiente, por tanto, es importante conocer su estado actual en la zona. **Objetivos.** Conocer la distribución, abundancia y diversidad de la entomofauna acuática en los arroyos de Tabasco. **Métodos.** Se realizaron muestreos puntuales, diurnos y multihábitat, con tres réplicas para cada arte de colecta, en 38 localidades durante los años de 2010 a 2013. **Resultados.** La temperatura, oxígeno disuelto, conductividad y la salinidad presentaron diferencias significativas entre municipios ( $p=0.006$ ). La ordenación de los municipios mediante el análisis de componentes principales se dio primordialmente por la conductividad y el oxígeno disuelto para el primer eje y la profundidad y el pH para el segundo eje, con 60% de la variación total. Se colectaron 5,315 organismos, pertenecientes a 11 órdenes y 56 familias. La mayor diversidad se registró en Tacotalpa, Tenosique y Huimanguillo con una  $H'=2.87$ ;  $H'=1.09$  y  $H'=0.5$  y 42, 49 y 25 familias respectivamente. Tacotalpa y Tenosique representaron el 78% de la densidad total. En Tacotalpa dominaron: *Phylopotamidae*, *Chironomidae* y *Caenidae*; en Tenosique: *Caenidae*, *Chironomidae* y *Coenagrionidae*; mientras que Cárdenas registró solamente 6 familias, con dominancia de *Notonectidae* y *Baetidae*. **Conclusiones.** La mayor cobertura vegetal en Tacotalpa, Tenosique y Huimanguillo fue determinante para una mayor composición y diversidad de la entomofauna; sin embargo, su composición y estructura dependen de múltiples variables bióticas y abióticas.

**Palabras clave:** Arroyos, diversidad, entomofauna, insectos acuáticos, organismos reófilos.

## ABSTRACT

**Background.** Aquatic systems of Tabasco have been affected by various anthropogenic activities (Bueno-Soria, *et al.*, 2005), however the knowledge of the aquatic insects is emerging, so it is important to know your current status in the state. **Goals.** To determine the distribution, abundance and diversity of aquatic insect fauna in streams of Tabasco. **Methods.** Samples were conducted at 38 locations during the years 2010 to 2013 in daytime and multihabitat effort. **Results.** Environmental variables as temperature, dissolved oxygen, conductivity and salinity showed significant differences between municipalities with  $p=0.006$ . Principal component analysis ordination by municipalities showed 60% of the total variance explained by conductivity and dissolved oxygen for the first axis and the depth and the pH for the second factor. A total of 5,315 individuals, belonging to 11 orders and 56 families were collected. The highest diversity was recorded in Tacotalpa, Tenosique and Huimanguillo with  $H'=2.87$ ;  $H'=1.09$  and  $H'=0.5$ , and richness were 42, 29 and 25 families respectively, and minimal richness was in Cardenas with six families. Tacotalpa and Tenosique represents 78% of the total density. In Tacotalpa dominated: *Phylopotamidae*, *Chironomidae* and *Caenidae*; Tenosique, *Caenidae*, *Chironomidae* and *Coenagrionidae*. While in Cardenas were *Baetidae* and *Notonectidae*. **Conclusions.** Highest riparian vegetation coverage presented in municipalities of Tacotalpa, Tenosique and Huimanguillo regulates insect composition. However the composition and structure of aquatic insects depends on multiple biotic and abiotic variables.

**Key words:** Aquatic-insects, diversity, ecology, entomofauna, reophil-organism, streams.

## INTRODUCCIÓN

Los arroyos son ecosistemas lóticos que forman parte importante de las redes fluviales (Clarke *et al.*, 2008), transportan sustancias disueltas y material particulado en la columna de agua a través de redes de drenaje y presentan una gran variedad de hábitats en gradientes ambientales con una alta complejidad espacial (Allan, 2004).

Actualmente los arroyos se han visto degradados por la introducción de actividades ganaderas y agrícolas, lo que ha provocado un efecto negativo directo en el hábitat físico, la hidrología y las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (De Long & Brusven, 1994; Pozo *et al.*, 1997; Nessimian *et al.*, 2008).

Estas actividades pueden afectar la biota en diferentes escalas espaciales y temporales. Las comunidades biológicas, al acumular los efectos de diferentes tipos de estresores, reflejan las condiciones generales del ecosistema, actuando como buenos indicadores de impacto al mostrar una medida ecológica del cambio en las condiciones ambientales (Barbour *et al.*, 1999).

El conocimiento de la estructura y composición de los grupos bentónicos en un sistema acuático es fundamental para relacionarlos con su medio (Alba-Tercedor, 1996). Al considerar cualquier patrón ecológico es importante conocer el estudio de la diversidad regional en cuanto al número de especies dentro de la misma y por otro lado, la diversidad local, es decir, el número de especies dentro de un sitio o de una localidad (Levin, 1992). En otras palabras, es importante conocer la composición y estructura de la entomofauna acuática local y regional

para poder entender el efecto de los diversos procesos naturales y antropogénicos, en los sistemas acuáticos. El presente estudio pretende determinar la composición y diversidad de la entomofauna acuática en distintos municipios del estado de Tabasco en relación con las variables ambientales, ya que los sistemas ribereños están muy bien representados.

## MATERIALES Y MÉTODOS

**Área de estudio.** El estado de Tabasco representa el 1.3% del territorio nacional. Su clima es cálido-húmedo, con una temperatura de 27°C y una precipitación media anual de 2550 mm. La superficie está constituida en un 27.76% por humedales ribereños, lacustres, costeros y palustres (Barba *et al.*, 2006).

**Actividades de campo.** Se realizaron muestreos diurnos en 38 localidades durante los años de 2010 a 2013 (Tabla 1; Fig. 1). Los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua se determinaron mediante una sonda multiparamétrica marca HANNA, modelo HI 9828. Además, se determinó la profundidad y la transparencia con el disco de Secchi. Se utilizaron diversas artes de colecta en cada localidad: nucleador con un área de 0.0033 m<sup>2</sup>; draga Petite Ponar con área de 0.024 m<sup>2</sup> (AENOR, 1995); red de cuchara con un arrastre de 10 m; luz de malla 500 µm y área de 0.087 m<sup>2</sup> y red tipo Surber con luz de malla de 500 µm y área de 0.14 m<sup>2</sup>. La colecta de los organismos fue por triplicado para cada arte y localidad con un total de 36 muestras por localidad. Los organismos se colocaron en bolsas y se etiquetaron y fijaron en alcohol al 96% para su posterior análisis en laboratorio.

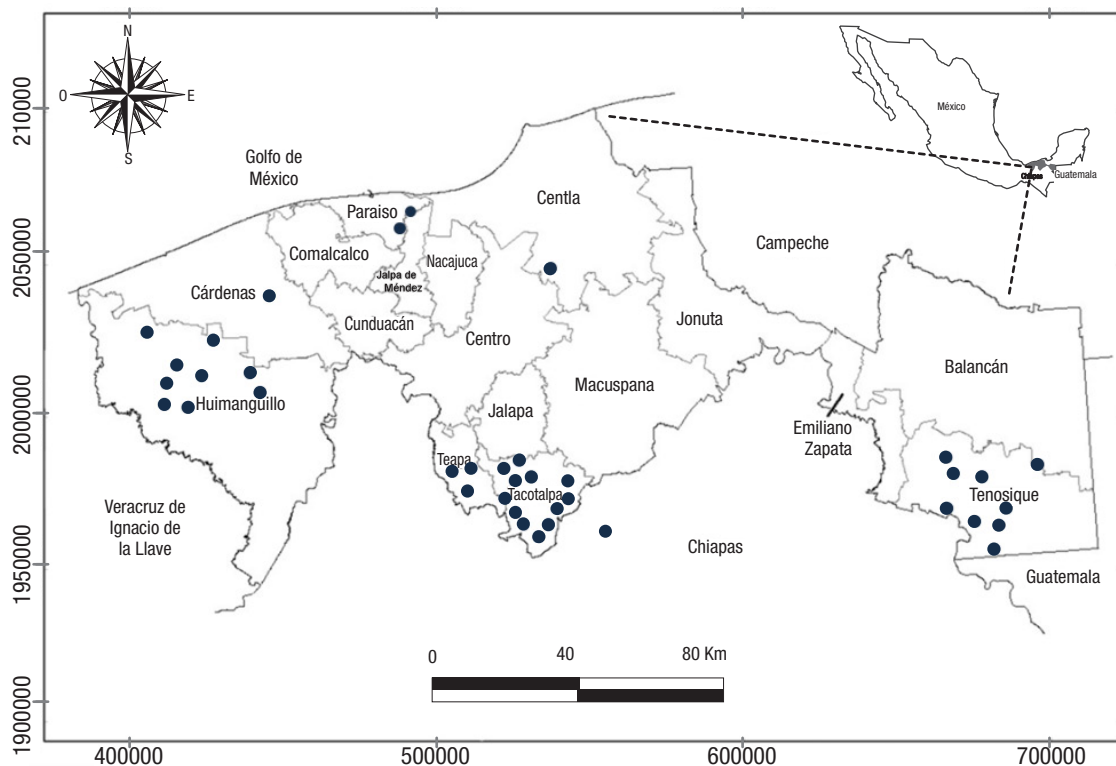
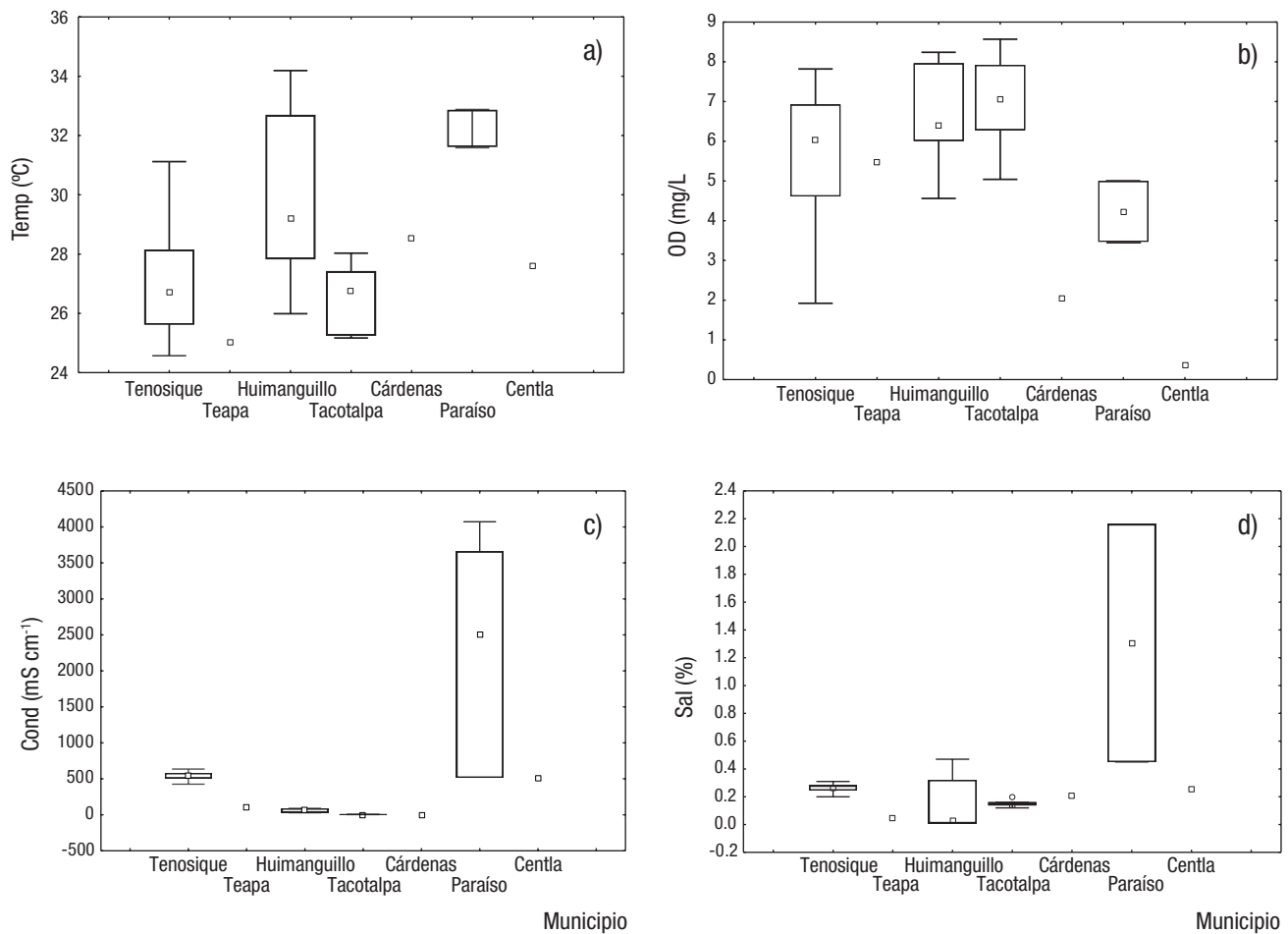


Figura 1. Localidades de muestreo por municipio, de la entomofauna acuática, en arroyos de Tabasco, México.

Tabla 1. Localidades de muestreo de la entomofauna acuática en arroyos de Tabasco, México.

	Arroyo	Municipio	Altitud (m.s.n.m.)	Longitud	Latitud
1	A. Cumuapa	Cárdenas	11	-93.13642317	17.99884968
2	A. Simón Sarlat	Centla	3	-91.83102898	16.43216307
3	A. Agua Fría	Huimanguillo	12	-93.78935972	17.91124955
4	A. Claro	Huimanguillo	3	-93.57875339	17.9986315
5	A. Coletto	Huimanguillo	9	-93.92059347	17.87181012
6	A. Filero	Huimanguillo	12	-93.91325922	17.83657805
7	A. Km 53	Huimanguillo	9	-93.97472966	18.05197201
8	A. La Lima	Huimanguillo	8	-93.91672782	17.90630115
9	A. Zamapa	Huimanguillo	10	-93.73935476	17.92642409
10	A. Paso del Rosario	Huimanguillo	11	-93.60704089	17.84724419
11	A. Pedro C. Colorado	Huimanguillo	18	-93.87099775	17.81928954
12	A. Cucuxapa	Paraíso	5	-93.08625187	18.33407527
13	A. Hondo	Paraíso	2	-93.0678986	18.38350268
14	A. Amatán	Tacotalpa	44	-92.7933839	17.43305463
15	A. La Raya	Tacotalpa	78	-92.68455687	17.40297868
16	A. Noypak	Tacotalpa	74	-92.7505372	17.43027611
17	A. Poana	Tacotalpa	30	-92.68592656	17.60876664
18	A. Pomoca	Tacotalpa	45	-92.65843039	17.49577515
19	A. Pomoquita	Tacotalpa	4	-92.74608599	17.37714943
20	A. Puxcatán	Tacotalpa	78	-92.68455687	17.40297868
21	A. San José	Tacotalpa	58	-92.79879869	17.44708124
22	A. Santo Tomas	Tenosique	63	-91.35661363	17.30355439
23	A. Tacubaya	Tacotalpa	55	-92.78478406	17.45423444
24	A. Tacotalpa	Tacotalpa	56	-92.78877418	17.43114565
25	A. Xicoténcatl	Tacotalpa	40	-92.7150494	17.51983523
26	A. Zunú y Patastal	Tacotalpa	70	-92.8127062	17.47064218
27	A. Azufres	Teapa	36	-92.99727889	17.55290302
28	A. Ogoiba	Teapa	87	-91.82872099	15.65544929
29	A. Teapa	Teapa	45	-92.92336274	17.73411197
30	A. Adolfo L. Mateos	Tenosique	105	-91.40651009	17.39512031
31	A. Bejucal	Tenosique	118	-91.25224493	17.30206761
32	A. Mexiquito	Tacotalpa	97	-92.73799016	17.39394642
33	A. Niños Héroes	Tenosique	206	-91.39221903	17.27234739
34	A. Nuevo Progreso	Tenosique	160	-91.30762928	17.26887435
35	A. Polevá	Tenosique	18	-91.43056515	17.43656161
36	A. San Pedro	Tenosique	37	-91.14075578	17.59178708
37	A. Seco	Tenosique	97	-91.28564246	17.32776485
38	A. Tutu Li Ha	Tenosique	30	-91.42351831	17.4272748



Figuras 2a-d. Diagramas de caja y bigotes de las variables ambientales que presentaron diferencia significativa entre arroyos de los municipios de Tabasco, México ( $p \leq 0.05$ ). (a) = temperatura. (b) = oxígeno disuelto. (c) = conductividad. (d) = salinidad.

**Actividades de laboratorio.** Los organismos colectados fueron identificados a nivel de familia gracias a claves taxonómicas especializadas (Wiggins, 2000; Merritt *et al.*, 2008) y se preservaron en alcohol al 96%. Posteriormente, se depositaron en la colección de referencia de fauna acuática de ECOSUR Unidad Villahermosa.

**Análisis de datos.** Los organismos, una vez contabilizados, se pesaron con una balanza analítica con precisión de  $\pm 0.001$  g para obtener su abundancia relativa en términos de densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ) y biomasa ( $\text{g}/\text{m}^2$ ). La riqueza y diversidad de la entomofauna acuática de cada municipio se calcularon con diferentes índices: el Índice de riqueza de Margalef (D) (Margalef, 1969), Índice de diversidad Shannon-Wiener ( $H'$ ) (Shannon & Weaver, 1963) e Índice de equidad de Pielou ( $J'$ ) (Pielou, 1966). Para comparar la abundancia de los organismos entre las artes y localidades, se estandarizaron los datos a densidad ( $\text{ind}/\text{m}^2$ ). Se aplicó también un Análisis de Componentes Principales (ACP) con las variables fisicoquímicas, cuya finalidad fue conocer su ordenación o agrupación en función de éstas, y a su vez, determinar las variables con mayor influencia en dicha ordenación de los municipios. Además, se analizaron las asociaciones entre la estructura de la comunidad de insectos y las variables ambientales, mediante el Análisis de Correspondencia

Canónica (ACC) (Ter Braak & Verdonshot, 1995). Los análisis de ordenamientos se realizaron con el software STATISTICA 7. El criterio utilizado para determinar la significancia de los coeficientes resultantes fue de 0.50, categorizado como bueno de acuerdo con McGarigal *et al.* (2000).

## RESULTADOS

**Parámetros fisicoquímicos.** Las variaciones espaciales de los parámetros fisicoquímicos se resumen en la Tabla 2. La profundidad presentó un valor mínimo de 0.3 m en Huimanguillo y un máximo de 1 m en Tacotalpa, Paraíso y Cárdenas. El pH arrojó valores de neutros a básicos en los municipios. La temperatura alcanzó un mínimo de  $25.03^\circ\text{C}$  en Teapa y un máximo de  $32.2^\circ\text{C}$  en Paraíso. El oxígeno disuelto registró un valor mínimo de  $0.37 \text{ mg L}^{-1}$  en Centla y un máximo de  $7.05 \text{ mg L}^{-1}$  en Tacotalpa. La conductividad mostró un valor mínimo de  $0.46 \text{ mS cm}^{-1}$  en Cárdenas y un máximo de  $850.5 \text{ mS cm}^{-1}$  en Paraíso. La salinidad obtuvo un valor mínimo de  $0.05 \text{ ‰}$  en Teapa y un máximo de  $0.5 \text{ ‰}$  en Paraíso. Las variables fisicoquímicas que presentaron diferencias significativas entre los diversos municipios fueron: temperatura con  $F = 4.1$  y una  $p \leq 0.006$ ; el oxígeno disuelto con  $F = 5.4$  y una  $p \leq 0.001$ ; la conductividad con  $F = 7.9$  y una  $p \leq 0.001$  y la salinidad con  $F = 5.5$  y una  $p \leq 0.001$ .

Tabla 2. Valores promedio de los parámetros fisicoquímicos de la columna de agua de arroyos de Tabasco, México, por municipio.

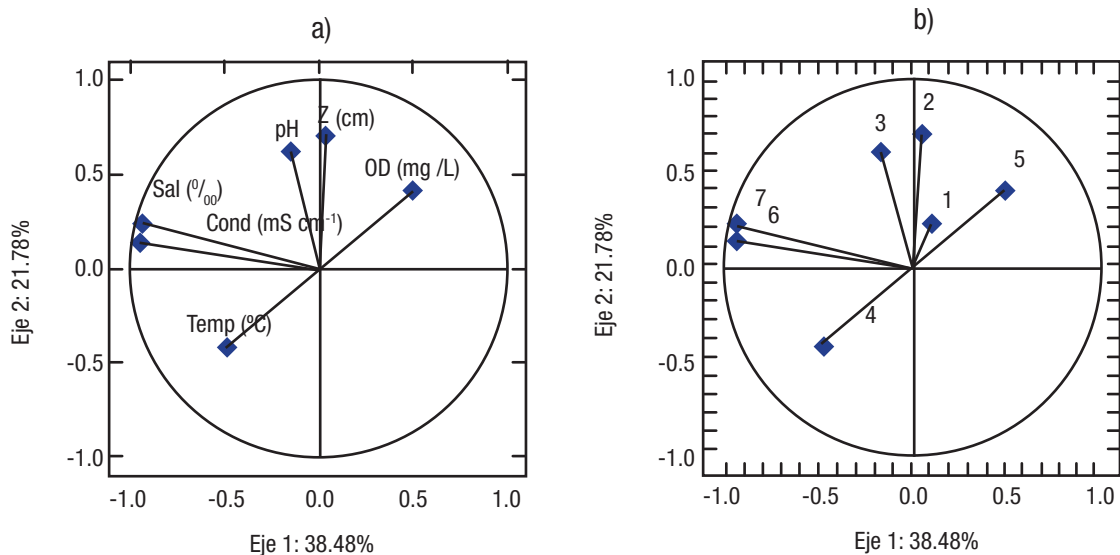
Variable / municipio	Cárdenas	Centla	Huimanguillo	Paraíso	Tacotalpa	Teapa	Tenosique
Profundidad (m)	1	0.8	0.33	1	1	0.4	0.27
pH	7.65	6.83	7.48	8.24	7.78	8.36	7.67
Temperatura (°C)	28.55	27.62	30.17	32.24	26.52	25.03	27.08
Oxígeno disuelto (mg/L)	2.03	0.37	6.64	4.23	7.059	5.48	5.6
Conductividad (mS cm <sup>-1</sup> )	0.467	509.5	140.04	850.5	28.02	111	540.5
Salinidad (‰)	0.21	0.25	0.12	0.53	0.15	0.05	0.26

una  $p \leq 0.001$  (Fig. 2a-d). Con base en los datos ambientales, el análisis de componentes principales (ACP) explicó el 60.26% de la variación total con los dos primeros ejes: el eje 1 con 38% de la variación y el eje 2 con 21.78% de la variación. Las variables ambientales con mayor influencia en el eje 1 fueron la conductividad y la salinidad, para el eje 2 fueron la profundidad y el pH, los cuales presentaron valores positivos y negativos mayores a 0.5. La ordenación de los municipios mediante el ACP deja ver que Tacotalpa presenta una correlación positiva con el oxígeno disuelto, mientras que Teapa y Tenosique presentan una correlación con la salinidad y la conductividad; Centla y Huimanguillo están correlacionados con la profundidad y el pH (Fig. 3a-b).

**Composición biológica.** Se registró un total de 5,315 organismos correspondientes a 56 familias y 11 órdenes. En Cárdenas se registraron 145 organismos correspondientes a seis familias, en Centla se registraron 415 organismos correspondientes a 11 familias, en Huimanguillo se registraron 369 organismos y 25 familias, en Paraíso 21 organismos correspondientes a ocho familias, en Tacotalpa 3,044 organismos de 42 familias, en Teapa fueron 175 organismos y 1 familia, mientras que en Tenosique se registraron 1,146 organismos y 29 familias.

**Estructura faunística.** De la densidad total de organismos, diez familias presentaron densidades mayores a 2000 ind/m<sup>2</sup> con una representación de 76% de la densidad total. No obstante, las familias *Chironomidae*, *Phylopotamidae*, *Caenidae*, *Heptagenidae* e *Hydropsychidae* fueron las dominantes, ya que en conjunto representaron el 54% de la densidad total (Tabla 3). Las familias dominantes por municipio fueron, en Cárdenas, *Notonectidae* y *Baetidae*; en Centla, *Hydrophilidae* y *Belostomatidae*; en Huimanguillo, *Polymetarcyidae* y *Vellidae*; en Paraíso, *Libellulidae* y *Stratiomyidae*; en Tacotalpa, *Phylopotamidae*, *Chironomidae* y *Caenidae*; en Teapa, *Baetidae*, mientras en Tenosique dominaron *Caenidae*, *Chironomidae* y *Coenagrionidae*.

**Diversidad.** Comparando la diversidad entre municipios, el valor más alto de diversidad ( $H'$ ) se presentó en Tacotalpa (2.87), seguido por Tenosique (1.09) y el mínimo en Cárdenas (0.05). La riqueza ( $D$ ) fue mayor en Cárdenas (0.979) y Teapa (0.936) y la mínima se presentó en Tacotalpa (0.468). La equidad ( $J'$ ) tuvo el máximo valor en Tacotalpa (0.532), seguido por Tenosique (0.226) y Cárdenas con el mínimo (0.021) (Fig. 4).



Figuras 3a-b. Análisis de componentes principales de arroyos por municipio de Tabasco, México.

a) Comportamiento de las variables fisicoquímicas. b) Ordenación de los municipios en función de las variables fisicoquímicas. Clave de localidad: (1) Cárdenas, (2) Centla, (3) Huimanguillo, (4) Paraíso, (5) Tacotalpa, (6) Teapa y (7) Tenosique. Clave de valores fisicoquímicos: Cond = conductividad; Temp = temperatura; OD = oxígeno disuelto Sal = salinidad; Z = profundidad.

Tabla 3. Distribución espacial de la densidad total (ind/m<sup>2</sup>) de la entomofauna acuática por municipio, en arroyos de Tabasco, México.

Familia	Abreviatura	Municipios							Total
		Cárdenas	Centla	Huimanguillo	Paraíso	Tacotalpa	Teapa	Tenosique	
<i>Arthropleidae</i> (*)	Arthro	-	-	-	-	-	-	57.47	57.47
<i>Baetidae</i> (*)	Baet	22.99	-	114.94	-	356.32	643.68	264.37	1402.30
<i>Caenidae</i> (*)	Caen	-	-	183.91	-	4011.49	1137.93	1517.24	6850.57
<i>Euthyplocilidae</i> (*)	Euthy	-	-	-	-	11.49	-	-	11.49
<i>Heptageniidae</i> (*)	Hepta	-	-	68.97	-	3298.85	11.49	344.83	3724.14
<i>Hicorythidae</i> (*)	Hicory	-	-	-	-	22.99	-	-	22.99
<i>Leptohyphidae</i> (*)	Leptohy	-	-	310.34	-	2160.92	-	218.39	2689.66
<i>Leptophlebiidae</i> (*)	Leptophl	-	-	264.37	-	-	-	-	264.37
<i>Polymitarcyidae</i> (*)	Poly	-	-	620.69	-	34.48	-	-	655.17
<i>Tricorythidae</i> (*)	Tricory	-	-	-	-	-	-	34.48	34.48
<i>Aeshnidae</i> (+)	Aesh	-	-	22.99	-	-	-	-	22.99
<i>Calopterygidae</i> (+)	Calop	-	-	11.49	-	57.47	-	310.34	379.31
<i>Coenagrionidae</i> (+)	Coena	11.49	-	275.86	34.48	1379.31	-	942.53	2643.68
<i>Gomphidae</i> (+)	Gomp	-	-	149.43	-	172.41	-	298.85	620.69
<i>Libellulidae</i> (+)	Libell	11.49	91.95	781.61	45.98	586.21	-	540.23	2057.47
<i>Platystictidae</i> (+)	Platy	-	-	-	-	344.83	-	103.45	448.28
<i>Belostomatidae</i> (x)	Belost	-	333.33	-	-	183.91	-	34.48	551.72
<i>Gerridae</i> (x)	Gerri	-	-	22.99	-	379.31	-	34.48	436.78
<i>Mesovellidae</i> (x)	Mesov	-	11.49	-	-	80.46	-	-	91.95
<i>Naucoridae</i> (x)	Nauco	-	80.46	11.49	-	517.24	-	-	609.20
<i>Nepidae</i> (x)	Nepi	-	-	-	-	11.49	-	-	11.49
<i>Notonectidae</i> (x)	Noton	183.91	-	-	-	-	-	11.49	195.40
<i>Vellidae</i> (x)	Velli	-	-	482.76	22.99	1344.83	-	264.37	2114.94
<i>Corydalidae</i> (M)	Cory	-	-	-	-	505.75	11.49	333.33	850.57
<i>Sisyridae</i> (N)	Sisy	-	-	-	-	-	34.48	-	34.48
<i>Perlidae</i> (P)	Perli	-	-	-	-	528.74	-	195.40	724.14
<i>Helicopsychidae</i> (T)	Helicop	-	-	-	-	-	11.49	-	11.49
<i>Hydropsychidae</i> (T)	Hydrop	-	-	68.97	-	2701.15	45.98	781.61	3597.70
<i>Leptoceridae</i> (T)	Lepto	-	-	11.49	-	126.44	-	333.33	471.26
<i>Phylopotamidae</i> (T)	Phylo	-	-	-	-	6609.20	-	252.87	6862.07
<i>Crambidae</i> (L)	Cram	-	-	-	22.99	22.99	-	-	45.98
<i>Amphizoidae</i> (C)	Amphi	-	-	-	-	252.87	-	-	252.87
<i>Curculionidae</i> (C)	Curcu	-	-	11.49	-	11.49	-	-	22.99
<i>Dryopidae</i> (C)	Dryopi	-	-	-	-	172.41	-	11.49	183.91
<i>Dytiscidae</i> (C)	Dytis	-	229.89	34.48	22.99	-	-	11.49	298.85
<i>Elmidae</i> (C)	Elmi	-	229.89	22.99	-	1804.60	11.49	655.17	2724.14
<i>Gyrinidae</i> (C)	Gyri	-	862.07	126.44	-	68.97	-	-	1057.47
<i>Hydrophilidae</i> (C)	Hydrophi	-	-	22.99	-	11.49	22.99	-	57.47
<i>Psephenidae</i> (C)	Pseph	-	-	-	-	1620.69	22.99	310.34	1954.02
<i>Ptilodactylidae</i> (C)	Ptilo	-	-	-	-	103.45	-	34.48	137.93

Tabla 3 (continuación).

Familia	Abreviatura	Municipios							Total
		Cárdenas	Centla	Huimanguillo	Paraíso	Tacotalpa	Teapa	Tenosique	
<i>Scirtidae</i> (C)	Scir	-	45.98	-	-	11.49	-	11.49	68.97
<i>Chironomidae</i> (D)	Chiro	-	2712.64	574.71	22.99	4781.61	11.49	931.03	9034.48
<i>Culicidae</i> (D)	Culi	-	91.95	-	-	-	-	-	91.95
<i>Dolichopodidae</i> (D)	Doli	-	-	-	-	11.49	-	-	11.49
<i>Empididae</i> (D)	Empi	-	-	-	-	57.47	-	-	57.47
<i>Ephydriidae</i> (D)	Ephy	-	-	-	-	344.83	-	-	344.83
<i>Muscidae</i> (D)	Mus	-	-	-	-	11.49	-	-	11.49
<i>Pelecorhynchidae</i> (D)	Pele	-	-	-	-	22.99	-	-	22.99
<i>Simuliidae</i> (D)	Simu	-	-	11.49	-	68.97	34.48	241.38	356.32
<i>Stratiomyidae</i> (D)	Stra	45.97	80.46	-	45.98	-	-	-	172.41
<i>Tabanidae</i> (D)	Taba	45.97	-	-	-	68.97	-	-	114.94
<i>Tipulidae</i> (D)	Tipu	-	-	11.49	-	114.94	-	22.99	149.43
<i>Acrididae</i> (Z)	Acri	-	-	-	-	-	11.49	-	11.49
<i>Tetrigidae</i> (Z)	Tetri	-	-	11.49	22.99	-	-	-	34.48

Órdenes de entomofauna acuática: (\*) = Ephemeroptera, (+) = Odonata, (x) = Hemiptera, (M) = Megaloptera, (N) = Neuróptera, (P) = Plecoptera, (T) = Trichoptera, (C) = Coleoptera, (D) = Diptera. (Z) = Orthoptera.

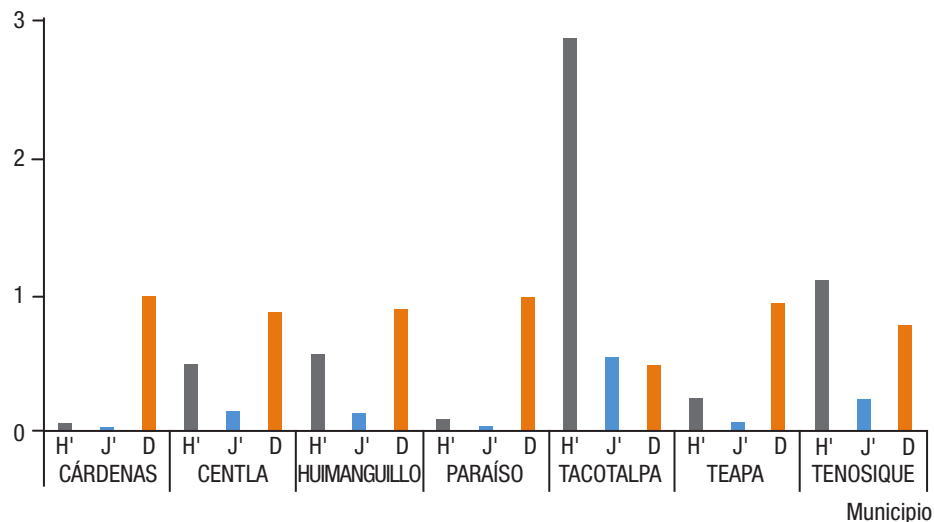
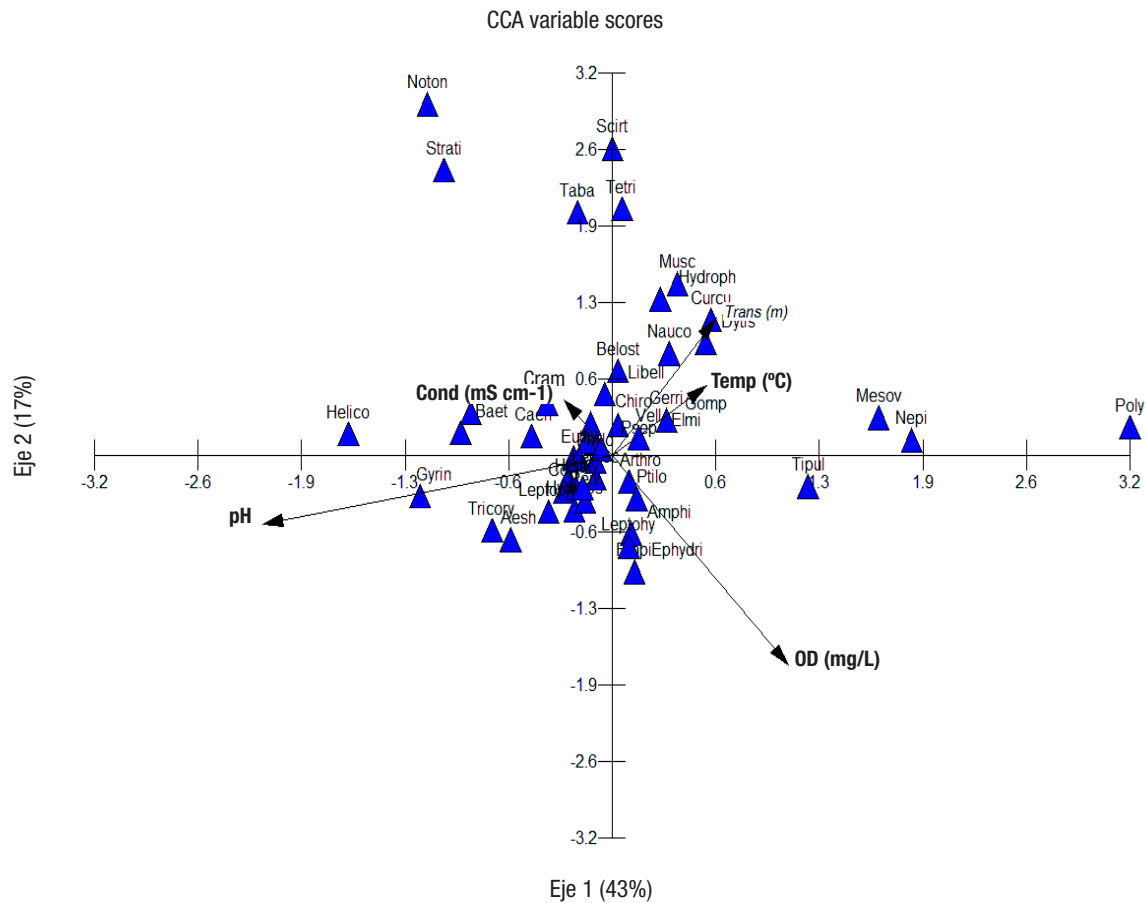


Figura 4. Diversidad de la entomofauna acuática por municipio. H'= Diversidad (bits/ind). D= Riqueza de especies (sp/ind). J'= Equidad (bits).

**Análisis multivariado de correspondencia canónica (ACP).** El resultado del ACP realizado determinó que el pH y el oxígeno disuelto son las variables que tienen más peso en la ordenación de las familias de insectos para el primer eje, el cual explica el 43% de la variación total, mientras que para el segundo eje (con 17%) la variación total se explica por el oxígeno disuelto y la transparencia (Fig. 5). Las familias correspondientes al orden *Ephemeroptera* se relacionaron principalmente con el oxígeno disuelto, mientras que los órdenes *Coleoptera* y *Hemiptera* se relacionaron con la transparencia y pH.

## DISCUSIÓN

Con respecto a los resultados obtenidos en este estudio se registró un mayor número de familias en el municipio de Tacotalpa y Tenosique; esto se atribuye a la variación de diversos parámetros ambientales como la temperatura y el oxígeno disuelto, entre otros, los cuales presentaron diferencias significativas con una  $p \leq 0.006$ , que coincide con otros autores quienes mencionan que los factores ambientales más importantes que regulan la distribución de insectos acuáticos en



Vector scaling: 2.42

Figura 5. Análisis de correspondencia canónica con la matriz ambiental y biológica (entomofauna acuática), para arroyos de Tabasco, México. Cond = conductividad; Temp = temperatura; OD = oxígeno disuelto. Las abreviaturas de las familias se señalan en la tabla tres.

ecosistemas lóticos son: la concentración de oxígeno disuelto, la temperatura del agua (Bass, 1995; Castilla *et al.*, 2001; Li *et al.*, 2001; Sullivan *et al.*, 2004), y la química del agua, incluyendo pH, salinidad y concentraciones de iones o elementos, así como la presencia de vegetación riparia (Subramanian *et al.*, 2005); aunque esta última no se cuantificó, durante las campañas de muestreo se apreció la presencia de una mayor cobertura en los arroyos correspondientes a los municipios de Tacotalpa y Tenosique, en donde se registró el mayor número de familias. Por el contrario, en los municipios de Paraíso Cárdenas y Huimanguillo, las zonas aledañas a los puntos de colecta, están fuertemente perjudicadas debido a las actividades agrícolas de la región (Barba, 2012). Lo anterior ha sido mencionado por diversos autores con estudios en regiones templadas y tropicales que han encontrado que la diversidad y riqueza de las especies decrece en áreas impactadas por las actividades humanas (Stone & Wallace, 1998; Ometo *et al.*, 2000; Benstead *et al.*, 2003), además de presentar cauces con carencia de cantos rodados y presencia de sedimento terrígeno, lo que disminuye drásticamente la disponibilidad de nichos y como consecuencia, la

disminución de la diversidad (Allan *et al.*, 1997). También existen otros factores que en menor medida explican la estructura y composición de la entomofauna acuática, como los patrones estacionales (Miserendino & Pizzolon, 2003; Waite *et al.*, 2004; Sporka *et al.*, 2006; Joshi *et al.*, 2007). Es importante destacar que el presente estudio es un acercamiento para entender la problemática existente en los sistemas acuáticos del estado de Tabasco, sin embargo, nos queda claro que hace falta mucho más esfuerzo de muestreo en diversas zonas para poder realizar una evaluación más real de la biota de los sistemas acuáticos.

## AGRADECIMIENTOS

A la Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad (CONABIO), por el financiamiento otorgado para el proyecto denominado "Indicadores ecológicos de humedales en sistemas agroforestales para su manejo y conservación en Tabasco". Asimismo, a los estudiantes de la Universidad Tecnológica de Tabasco que apoyaron con la separación e identificación de los organismos.



## REFERENCIAS

- AENOR (Asociación Española de Normalización y Certificación). 1995. UNE-EN 27828: 1995. *Calidad del agua. Métodos de muestreo biológico. Guía para el muestreo manual con red de macroinvertebrados bénticos*. (ISO 7828:1985). (Versión oficial EN 27828:1994). AENOR, Madrid. 12 p.
- ALBA-TERCEDOR, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. In: Instituto Tecnológico Geominero de España, *IV Simposio de agua en Andalucía (SIAGA)*. Almería, 1995. Madrid: Instituto Tecnológico Geominero de España.
- ALLAN, D. J., D. L. ERICKSON & J. FAY. 1997. The influence of catchment land use on stream integrity across multiple spatial scales. *Freshwater Biology* 37: 149-161. DOI: 10.1046/j.1365-2427.1997.d01-546.x
- ALLAN, J. D. 2004. Landscape and riverscapes: the influence of land use on stream ecosystems. *Annual Review of Ecology, Evolution, and Systematics* 35 (1): 257-84. DOI: 10.1146/annurev.ecolsys.35.120202.110122
- BARBA, E., J. RANGEL & R. RAMOS. 2006. Clasificación de los humedales de Tabasco mediante sistemas de Información Geográfica. *Universidad y Ciencia* 22 (2): 101-110.
- BARBA M. E. 2012. *Indicadores ecológicos de humedales en sistemas agroforestales para su manejo y conservación en Tabasco*. Informe Técnico. Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. 309 p.
- BARBOUR, M. T., J. GERRITSEN, B.D., Snyder & J.B. Stribling. 1999. *Rapid Bioassessment Protocols for Use in Streams and Wadeable Rivers: Periphyton, Benthic Macroinvertebrates and Fish*. 2<sup>nd</sup> Ed. EPA 841-99-002. U. S. Environmental Protection Agency; Office of Water. Washington, D. C.
- BASS, D. 1995. Species composition of aquatic macroinvertebrates and environmental conditions in Cucumber Creek. *Proceedings Oklahoma Academy of Science* 75: 39-44.
- BENSTEAD, J. P., M. M. DOUGLAS & C. M. PRINGLE. 2003. Relationships of stream invertebrate communities to deforestation in eastern Madagascar. *Ecological Applications* 13 (5): 1473-1490. DOI: 10.1890/02-5125
- BUENO-SORIA, J., S. SANTIAGO-FRAGOSO & R. BARBA-ÁLVAREZ. 2005. Insectos acuáticos, Cap. 9. In: Bueno, J., F. Álvarez y S. Santiago (Eds.) Biodiversidad del estado de Tabasco. Instituto de Biología, UNAM-CONABIO. México. pp. 195-224.
- CASTELLA, E., H. ADALSTEINSSON, J. E. BRITAIN, G. M. GISLASON, A. LEHMANN, V. LENCIONI, B. LODS-CROZET, B. MAIOLINI, A.M. MILNER, J. S. OLAFSSON, S. J. SALTVEIT, & D. L. SNOOK. 2001. Macrobenthic invertebrate richness and composition along latitudinal gradient of European glacier-fed streams. *Freshwater Biology* 46: 1811-1831. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2001.00860.x
- CLARKE, A., R. M. NALLY, N. BOND & P. S. LAKE. 2008. Macroinvertebrate diversity in headwater streams: a review. *Freshwater Biology* 53: 1707-21. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2008.02041.x
- DE LONG, M. D. & M. A. BRUSVEN. 1994. Allochthonous input of organic matter from different riparian habitats of an agriculturally impacted stream. *Environmental Management* 18: 59-71. DOI: 10.1007/BF02393750
- JOSHI, P. C., R. K. NEGI, & T. NEGI. 2007. Seasonal variations in benthic macroinvertebrates and their correlation with the environmental variables in a freshwater stream in Garhwal Region (India). *Life Science Journal* 4 (4): 85-89.
- LEVIN, S. A. 1992. The problem of pattern and scale in ecology: the Robert H. MacArthur award lecture. *Ecology* 73: 1943-1967.
- LI, J., A. T. HERLIHY, W. GERTH, P. KAUFMANN, S. GREGORY, S. URQUHART & D. P. LARSEN. 2001. Variability in stream macroinvertebrates at multiple spatial scales. *Freshwater Biology* 46: 87-97.
- MARGALEF, R. 1969. *Perspectives in Ecological Theory*. University of Chicago, Chicago. 111 p.
- MCGARIGAL, K., S. A. CUSHMAN & S. G. STAFFORD. 2000. *Multivariate Statistics for Wildlife and Ecology Research*. New York: Springer-Verlag. 283 p.
- MERRITT, R. W., K. W. CUMMINS & M. B. BERG. 2008. *An Introduction to the Aquatic Insects of North America*. 4ta ed. Kendall/Hunt Publishing Company. Dubuque, Iowa. 1158 p.
- MISERENDINO, M. L. & L. A. PIZZOLON. 2003. Distribution of macroinvertebrate assemblages in the Azul-Quemquemtreu river basin, Patagonia, Argentina. *New Zealand Journal of Marine and Freshwater Research* 37: 525-539. DOI: 10.1080/00288330.2003.9517187
- NESSIMIAN, J. L., E.M. VENTICINQUE, J. ZUANON, P. MARCO-JR, M. GORDO, L. FIDELIS, J. D. BATISTA & L. JUAN. 2008. Land use, habitat integrity, and aquatic insect assemblages in Central Amazonian streams. *Hydrobiologia* 614 (1): 117-131. DOI: 10.1007/s10750-008-9441-x
- OMETO, J. P. H. B., L. A. MARTINELLI, M. V. BALLESTER, A. GESSNER, A. V. KRUSCHE, R. L. VICTORIA & M. WILLIAMS. 2000. Effects of land-use on water chemistry and macroinvertebrates in two streams of the Piracicaba river basin, southeast Brazil. *Freshwater Biology* 44: 327-337. DOI: 10.1046/j.1365-2427.2000.00557.x
- PIELOU, E. C. 1966. The measurement of diversity in different types of biological collections. *Journal of Theoretical Biology* 13: 131-144. DOI: 10.1016/0022-5193(66)90013-0
- POZO, J., E. GONZÁLEZ, J. R. DIEZ, J. MOLINERO & A. ELÓSEGUI. 1997. Inputs of particulate organic matter to streams with different riparian vegetation. *Journal of the North American Benthological Society* 16 (2): 602-11. DOI: 10.2307/1468147
- SHANNON, E. C. & W. WEAVER. 1963. *The Mathematical Theory of Communication*. University of Illinois. Urbana, 119 p.
- SPORKA, F., H. E. VLEK, E. BULANKOVA & I. KRNO. 2006. Influence of seasonal variation on bioassessment of streams using macroinvertebrates. *Hydrobiologia* 566: 543-555. DOI 10.1007/s10750-006-0073-8
- STONE, M. K. & J. B. WALLACE. 1998. Long-term recovery of a mountain stream from clear-cut logging: the effects of forest succession on

- benthic invertebrate community structure. *Freshwater Biology* 39: 151–169.
- SUBRAMANIAN, K. A., K. G. SIVARAMAKRISHNAN & M. GADGIL. 2005. Impact of riparian land use on stream insects of Kudremukh National Park, Karnataka state, India. *Journal of Insect Science* 5: 49–59.
- SULLIVAN, S. M. P., M. C. WATZIN & W. C. HESSON. 2004. Understanding stream geomorphic state in relation to ecological integrity: evidence using habitat assessments and macroinvertebrates. *Environmental Management* 34 (5): 669–683. DOI: 10.1007/s00267-004-4032-8
- TER BRAAK, C. J. F. & F. M. VERDONSHOT. 1995. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in Aquatic Ecology. *Aquatic Sciences*. 57: 255–286. DOI: 10.1007/BF00877430
- WAITE, I. R., A. T. HERLIHY, D. P. LARSEN, N. S. URQUHART & D. J. KLEMM. 2004. The effect of macroinvertebrate taxonomic resolution in large landscape bioassessments: an example from Mid-Atlantic Highlands, U.S.A. *Freshwater Biology* 49: 474–489. DOI: 10.1111/j.1365-2427.2004.01197.x
- WIGGINS, G. B. 2000. *Larvae of North American caddisfly genera (Trichoptera)*. 2da ed. Toronto: University of Toronto Press. 457 p.