

# Coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México

<sup>1</sup>Silvia Santiago-Fragoso y  
<sup>2</sup>Juan Carlos Sandoval-Manrique

<sup>1</sup>Instituto de Biología, UNAM, Apdo. Postal 70-153. México 04510, D.F.

<sup>2</sup>Lab. de Parasitología. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma de Morelos. Av. Universidad 1001, Col. Chamilpa. 62210, Cuernavaca, Mor.

---

Santiago-Fragoso, S. y J. C. Sandoval-Manrique, 2001. Coleópteros acuáticos y su relación con la dinámica fisicoquímica del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México. *Hidrobiológica* 11 (1): 19-30.

## RESUMEN

Se presentan los niveles de los parámetros fisicoquímicos encontrados a lo largo de un estudio anual en un tramo de la cuenca del Río Cuautla y su relación con las especies del Orden Coleoptera recolectadas. Se identificaron tres familias, Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae, de las cuales la familia Hydrophilidae fue la más numerosa y diversa (siete especies).

**Palabras clave:** Coleópteros acuáticos, México, Río Cuautla, taxonomía, fisicoquímicos.

## ABSTRACT

The physicochemicals levels found along the annual study in one area of the Cuautla river basin and the relation with the aquatic Coleoptera species collected are discussed. There were identified three families Dytiscidae, Gyrinidae and Hydrophilidae being the last one the most numerous and diverse (7 species).

**Key words:** Aquatic Coleoptera, Mexico, Cuautla river, taxonomy, physicochemicals.

## INTRODUCCIÓN

Entre los estudios sobre coleópteros acuáticos como indicadores de contaminación, se puede mencionar a Roback (1974) que proporciona un listado de géneros relacionándolos con las condiciones fisicoquímicas, registrando a las familias Hydrophilidae, Dytiscidae y Gyrinidae en un rango amplio de tolerancia y algunas especies de las familias Elmidae, Psephenidae y Dryopidae muy susceptibles a altas concentraciones de sales y a bajos niveles de oxígeno. Wilhm (1975) generaliza al grupo de los coleópteros como habitantes de aguas limpias; Hilsenhoff (1977), considera a las familias Elmidae y Psephenidae como buenos indicadores de calidad de agua de un río con posibilidad de soportar ligeras alteraciones causadas por materia orgánica. Hawkes (1978) señala que

la larva de *Gyrinus* es muy tolerante a las altas concentraciones de cloro, y Brown (1987), menciona que los élmidos son sensibles a los detergentes. Finalmente, Ribera y Foster (1992) proponen el uso de los coleópteros acuáticos como indicadores biológicos.

Por otro lado, en México, particularmente en el estado de Morelos, los estudios sobre insectos acuáticos han estado dirigidos a aspectos taxonómicos, habiéndose realizado este tipo de estudios principalmente en la cuenca del río Amacuzac (Santiago y Vázquez, 1989).

## OBJETIVOS

Los estudios de insectos bénticos relacionados con los niveles fisicoquímicos del hábitat donde son colectados,

han sido particularmente escasos para la entomofauna acuática de México. Siendo por lo tanto los principales objetivos del presente trabajo:

a) Determinar la relación de las especies del orden Coleoptera recolectados, con los niveles de los parámetros fisicoquímicos encontrados a lo largo del estudio anual en un tramo de la cuenca del Río Cuautla.

b) Conocer la diversidad de las especies acuáticas pertenecientes al Orden Coleoptera, presentes en el río Cuautla.

c) Clasificar las especies encontradas, de acuerdo con su comportamiento en cada tipo de hábitat.

## ÁREA DE ESTUDIO

El estado de Morelos ocupa una superficie de 4, 958.22 km<sup>2</sup> y forma parte de la región centro del país, situado entre los paralelos 18°22'06" y los 19°07'10" de latitud norte y entre los meridianos 98°03'00" y 99°30'08" de longitud oeste. Sus límites son: al norte con el Distrito Federal y el Estado de México, al sur con los estados de Guerrero y Puebla, al este con el Estado de Puebla y al oeste con los estados de México y Guerrero (Fig.1).

El Municipio de Cuautla se localiza al noreste del estado y limita al norte con el Municipio de Atlatlahucan, al sur

con Villa de Ayala, al este con Yecapixtla y al oeste con Yautepec. Presenta una superficie de 153.651 km<sup>2</sup>, que representa el 3.1% del total estatal.

La vegetación que se encuentra en el Municipio de Cuautla no es muy diversa, ya que gran parte del área está destinada a la agricultura, quedando solamente al SO de la entidad algunos relictos de bosque tropical caducifolio (Rzedowski,1978). Presenta un clima Aw (w) cálido subhúmedo, con lluvias en verano y un porcentaje de lluvia invernal menor de 5 (García,1986).

Morelos queda comprendido dentro de la región hidrológica del Río Balsas número 18, la cual cuenta con dos cuencas que pertenecen a los ríos Amacuzac (18F) y Atoyac (18A). El Río Amacuzac tiene como subcuencas intermedias al Río Bajo Amacuzac (18FA), al Río Cuautla (18FB), al Río Yautepec (18FC), al Río Apatlaco (18FD), al Río Tembembe (18FE) y al Río Alto Amacuzac (18FF). A la subcuenca del Río Cuautla se le denomina también Chinameca en su curso inferior, se forma de los escurrimientos del volcán Popocatepetl y de los manantiales de Pazulco. Junto con sus tributarios atraviesa los municipios de Tetela del Volcán, Yecapixtla, Atlatlahucan, Ocuituco, Cuautla, Villa de Ayala y Tlaltizapán, para desembocar en el Río Amacuzac al SO de la población de Nexpa. El Río Cuautla se ubica entre los paralelos 18°30' y 18°50' latitud N y los meridianos 98°55' y 99°10' longitud O, siendo su orientación general de NE a SO y su longitud de aproximadamente 110 km.

## MATERIAL Y MÉTODO

Para llevar a cabo este estudio se eligieron siete estaciones, donde se llevó a cabo la recolecta de coleópteros y los fisicoquímicos del agua (Fig. 2).

Las estaciones de colecta cubrieron la zona del río Cuautla donde se encuentra asentada la mancha urbana de la ciudad de Cuautla (Fig. 2), la elección se realizó de acuerdo a técnicas recomendadas por la American Public Health Association (1989).

### Estaciones de colecta:

1. "Barranca grande". Estación ubicada en el poblado de Tetelcingo Morelos a 1320 msnm. La "Barranca Grande" recorre el municipio de Yecapixtla y la parte norte de la ciudad de Cuautla, contituyéndose como un afluente que alimenta al Río Cuautla, teniendo su origen en los escurrimientos del volcán Popocatepetl.

2. Unidad habitacional "Piedra Blanca". Estación situada detrás de la Unidad Habitacional "Piedra Blanca" a 1320 msnm., se ve seriamente alterada por la descarga de aguas

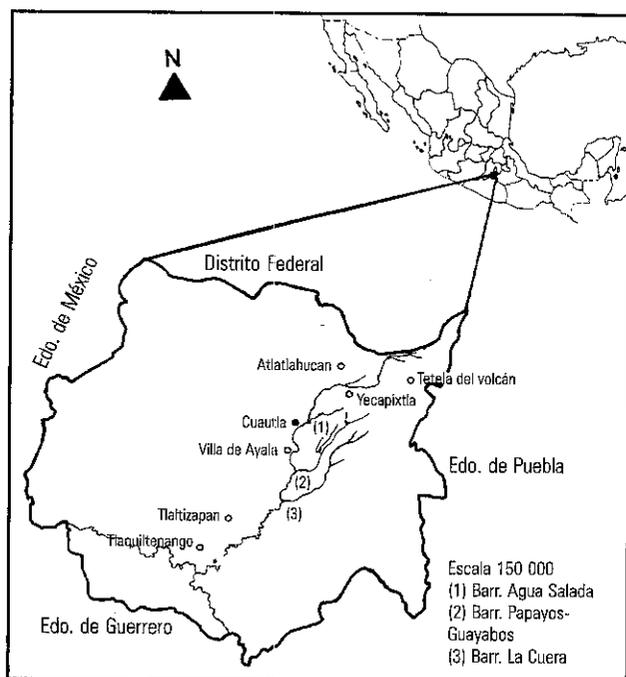


Figura 1. Localización del Río Cuautla, Morelos, México.

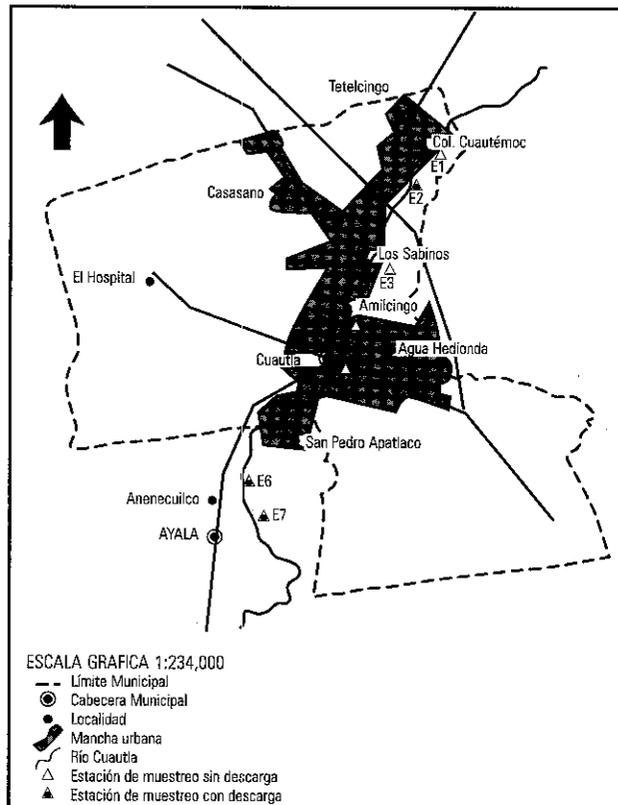


Figura 2. Localización de las Estaciones de Muestreo en el tramo Tetelcingo-Anenecuilco, Morelos.

negras que producen un total de 600 familias y que llegan al río sin ser tratadas.

**3. Manantial "Los Sabinos".** Estación ubicada dentro de la ciudad de Cuautla a 1260 msnm. El manantial está en constante explotación, ya que se utiliza para satisfacer la creciente demanda de agua potable en la ciudad de Cuautla; el volumen de extracción es de  $0.19 \text{ m}^3\text{s}^{-1}$ , según Niedzielski (1991).

**4. Poblado Amilcingo.** Estación ubicada frente al poblado de Amilcingo Morelos, a 1320 msnm. El río presenta características similares a las del manantial "Los Sabinos", sólo que esta estación es una zona litoral bien definida con vegetación acuática. En esta área se realiza el cultivo del berro (*Rorippa nasturtium aquaticum*).

**5. Puente de "San José".** Estación situada aproximadamente 100 m después del puente de "San José" a una altitud de 1200 msnm. Esta zona se encuentra bajo el impacto de las descargas que provienen de las aguas negras de la red municipal y las del hospital del Seguro Social.

**6. Industria "Tenería Morelos".** Estación localizada después de la descarga de la industria "Tenería Morelos",

situada en el km 1 de la carretera Cuautla-Ayala a 1170 msnm. Esta industria cuenta con una planta tratadora de aguas residuales que ha rebasado su capacidad de depuración.

**7. Poblado Anenecuilco.** Estación situada en el poblado de Anenecuilco Morelos, en el km 5 de la carretera Cuautla-Ayala a 1160 msnm. Ambas márgenes del río se encuentran rodeadas por campos de cultivo, (maíz y flores de ornato) principalmente de riego en donde se forman descargas provenientes de los canales de riego.

Durante un ciclo anual, comprendido de abril de 1991 a marzo de 1992, se llevó a cabo mensualmente la colecta de coleópteros acuáticos y los análisis fisicoquímicos del agua, en cada una de las siete estaciones. Las determinaciones en el campo fueron las siguientes: temperatura ambiente y del agua, con un termómetro de mercurio de escala  $120^\circ\text{C}$  a  $-20^\circ\text{C}$ ; pH con un potenciómetro digital EXTECH mod.607; la conductividad eléctrica con un conductímetro TESTER mod.708 y sólidos disueltos totales. Asimismo, se realizaron las siguientes observaciones: tipo de sustrato; vegetación acuática; transparencia del agua; anchura y profundidad del río y velocidad de corriente mediante la técnica del objeto flotante (Needham y Needham, 1978). Se identificaron los coleópteros acuáticos y se analizaron los datos de los parámetros fisicoquímicos; además, se registraron también evidencias de contaminación, anotando el origen de la misma.

En el laboratorio se determinó oxígeno disuelto por el método Winkler, demanda química de oxígeno (DQO), demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), alcalinidad total, cloruros, dureza total, sulfatos, sólidos suspendidos totales, sólidos sedimentables, sólidos totales (disueltos y suspendidos), nitratos, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitrógeno total, ortofosfatos, fósforo total y detergentes.

Se establecieron transectos de 30 m aproximadamente a lo largo del cauce en cada una de las estaciones. Los organismos se recolectaron mensualmente hasta completar un ciclo anual, se preservaron en alcohol al 70%, disecando los genitales de los machos para la identificación de las especies.

Para los organismos bénticos se utilizó un muestreador de fondo "Surber", para el centro del río, empleándose una red triangular de golpeo en las márgenes del río donde crece vegetación que sirve de refugio a los insectos, revisándose en forma manual piedras, hojarasca, troncos y lugares donde pudieran ocultarse. Se utilizó una abertura de malla de 0.023 mm para los dos tipos de redes (Unger, 1956).

Se llevó a cabo un análisis de correlación entre las especies y las variables fisicoquímicas con un nivel de significancia  $< 0.05$ , tomando en cuenta para la discusión

aquellas relaciones en las que el coeficiente de correlación resultó mayor de 0.65 ( $\alpha < 0.05$ ).

Los datos de campo y laboratorio se capturaron en una base de datos para realizar el análisis del comportamiento de las variables fisicoquímicas, los promedios (mínimo y máximo) se compararon en la discusión con los límites permisibles para la protección de vida acuática que propone SEDUE (1990). Para los niveles de conductividad eléctrica y sólidos sedimentables se emplearon los límites que propone la actual norma oficial (NOM-CCA-031-ECOL/1993). Para DBO<sub>5</sub>, DQO y sólidos suspendidos totales se relacionaron en la discusión con niveles externos a la normatividad mexicana, debido a que actualmente los límites máximos permisibles no han sido establecidos. En cuanto a la dureza total, se siguieron los criterios de Arredondo (1986) para clasificar el tipo de agua donde fueron recolectados los coleópteros.

Para la clasificación de los coleópteros como indicadores biológicos se utilizaron los criterios seguidos por Gauffin (1958), Michigan Water Resources, Commission (1970) y Mason *et al* (1971), que consideran tres tipos de organismos: tolerantes, facultativos e intolerantes. Los tolerantes son aquellos que crecen y se desarrollan dentro de un rango amplio de condiciones ambientales y son a menudo encontrados en agua de mala calidad. Las especies intolerantes crecen y se desarrollan dentro de un rango reducido de condiciones ambientales. Los taxa facultativos son capaces de soportar moderado enriquecimiento orgánico y no toleran severos cambios en las condiciones ambientales.

La presencia de *Agabus* sp., *Laccophilus peregrinus* y *Dineutus truncatus* no fue significativa, debido a que se registraron únicamente uno o dos ejemplares en una sola estación y por lo tanto los datos para clasificarlas fueron insuficientes.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Se recolectaron e identificaron 512 ejemplares pertenecientes a 14 especies, agrupadas en 10 géneros y tres familias:

### FAMILIA DYTISCIDAE

*Agabus* sp.

*Laccophilus peregrinus* Zimmerman

*Rhantus gutticollis* (Say)

*Thermonectus basillaris* (Harris)

*Thermonectus marmoratus* (Hope)

### FAMILIA GYRINIDAE

*Dineutus truncatus* Sharp

*Gyrinus obtusus* Say

### FAMILIA HYDROPHILIDAE

*Berosus hoplites* Sharp

*Berosus mexicanus* Sharp

*Helochaes* sp.

*Enochrus sharpi* Gundersen

*Tropisternus laevis mergus* (Say)

*Tropisternus lateralis* Fabricius

*Tropisternus mexicanus* Laporte

Los organismos pertenecientes a estas especies se encontraron en las márgenes del río, en sitios con vegetación acuática de las especies: *Eichornia crassipes*, *Rorippa nasturtium aquaticum* y *Lemna* sp.

Las estaciones uno, tres, cuatro y cinco presentaron sustrato rocoso-arenoso y las estaciones dos, seis y siete sustrato rocoso-fangoso.

Con base en los contenidos promedio de sólidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitrógeno amoniacal, orgánico y total, fósforo total y detergentes, las estaciones de muestreo se agruparon en tres tipos de calidad

Tabla 1. Características fisicoquímicas del Río Cuautla y clasificación de las estaciones de muestreo (mg/l).

Parámetro	Estación 1	Estación 2	Estación 3	Estación 4	Estación 5	Estación 6	Estación 7
Sólidos Totales	328	358	217	260	317	542	391
Oxígeno disuelto	5.7	3.6	6.7	6.2	7.0	3.8	5.5
Demanda Bioquímica de Oxígeno	6.6	9.6	7.1	5.2	5.6	7.8	5.6
Nitrógeno Amoniacal	0.03	0.11	0.01	0.03	0.03	0.13	0.05
Nitrógeno Orgánico	0.008	0.09	0.005	0.008	0.009	0.1	0.01
Nitrógeno Total	0.04	0.21	0.02	0.03	0.04	0.23	0.06
Fósforo Total	0.18	1.26	1.03	0.18	0.09	0.09	0.3
Detergentes	0.58	0.71	0.17	0.15	0.11	0.36	0.24
Clasificación	moderadamente contaminada	contaminada	moderadamente contaminada	no contaminada	no contaminada	contaminada	no contaminada

de agua: contaminadas, moderadamente contaminadas y no contaminadas (Tabla 1).

De acuerdo con la clasificación de dureza total en aguas continentales (Arredondo, 1986), las especies identificadas que habitan en aguas suaves (0-75 mg/l) fueron: *Agabus* sp. y *Dineutus truncatus*, en aguas moderadamente duras (75-150 mg/l): *Enochrus sharpi*, en aguas duras (150-300 mg/l): *Rhantus gutticollis*, *Thermonectus basillaris*, *T. marmoratus*, *Gyrinus obtusus*, *Berosus hoplites* y *B. mexicanus* y en aguas muy duras (>300 mg/l): *Laccophilus peregrinus*, *Helochares* sp., *Tropisternus laevis mergus*, *T. lateralis* y *T. mexicanus*.

Los taxa más escasos durante el estudio fueron *Agabus* sp. y *Dineutus truncatus*, con solo un organismo colectado. Por el contrario las especies con mayor número de ejemplares colectados fueron *Berosus mexicanus* con 306 ejemplares, *Tropisternus laevis mergus* con 74 y *T. lateralis* con 48.

Las especies colectadas en cada estación se indican en la tabla 2.

La relación de los coleópteros acuáticos y los niveles fisicoquímicos, así como la clasificación de los coleópteros acuáticos como organismos indicadores, se describe a continuación:

Tabla 2. Distribución y número de individuos por especie en las estaciones de colecta.

Estaciones de colecta	1	2	3	4	5	6	7	Total
	Número de organismos							
Familia Dytiscidae								
<i>Agabus</i> sp.				1				1
<i>Laccophilus peregrinus</i>						2		2
<i>Rhantus gutticollis</i>	21							21
<i>Thermonectus basillaris</i>	1					3		4
<i>Thermonectus marmoratus</i>	5	1					1	7
Familia Gyrinidae								
<i>Dineutus truncatus</i>	1							1
<i>Gyrinus obtusus</i>	13	2						15
Familia Hydrophilidae								
<i>Berosus hoplites</i>	10	2						12
<i>B. mexicanus</i>	1	8		7	8	119	163	306
<i>Enochrus sharpi</i>	1				6			7
<i>Helochares</i> sp.		1			5			6
<i>Tropisternus laevis mergus</i>	4	1	13	28	17	8	3	74
<i>T. lateralis</i>		1		15	1	26	5	48
<i>T. mexicanus</i>		1		5		1	1	8
Número de especies	9	8	1	5	5	6	5	
Número de individuos/estación	57	17	13	56	37	159	173	

#### Familia Dytiscidae. *Agabus* sp.

Esta especie se consideró ocasional ya que únicamente se encontró un ejemplar en la estación cuatro (Tabla 2) que corresponde al poblado de Amilcingo, en una zona de remanso y de aguas no contaminadas (Tabla 1). Sin embargo, los niveles de sólidos totales fueron elevados y se registró una relación con los sólidos suspendidos totales ( $r = 0.96$ ), pudiendo ejercer un efecto limitante para esta especie la concentración de 104 mg/l. Ward (1992), menciona que los niveles altos de material suspendido en el agua reducen la visión y alteran los hábitos de depredadores de organismos acuáticos. Leech (1948) registra a este género en "aguas limpias" y Wilhm (1975), reporta que *Agabus stagninus* es facultativa.

#### *Laccophilus peregrinus* Zimmerman

Esta especie también se consideró ocasional porque sólo se recolectaron dos ejemplares en la estación seis (Tabla 2), situada después de la descarga de la Tenería Morelos, registrada como una estación contaminada (Tabla 1), presentando fuertes olores a amoníaco, ácido sulfhídrico como producto de la degradación de material orgánico.

Los parámetros con niveles por arriba de los límites permisibles fueron los siguientes: conductividad eléctrica, cloruros, dureza total (Tabla 3), sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, concentraciones de oxígeno bajas (Tabla 4), sustancias nitrogenadas y detergentes (Tabla 5).

Se obtuvieron valores de correlación con resultados significativos en cloruros ( $r = 0.94$ ), sólidos totales ( $r = 0.73$ ), nitrógeno orgánico ( $r = 0.79$ ) y nitrógeno total ( $r = 0.70$ ), observándose que este coleóptero soportó un rango amplio de tolerancia a altas concentraciones de sales y nutrientes, coincidiendo con Margalef (1983), que sitúa al género *Laccophilus* en condiciones mesosapróbicas. Asimismo, Roback (1974), menciona que algunas especies de este género son capaces de tolerar hasta 5 500 mg/l de cloruros y dureza total y 13.4 mg/l de nitrógeno amoniacal.

#### *Rhantus gutticollis* (Say)

Esta especie fue colectada únicamente en la estación uno (Tabla 2), en la localidad de Barranca Grande en el poblado de Tetelcingo, siendo considerada como una estación moderadamente contaminada (Tabla 1). Se colectó en diciembre, enero, febrero y marzo con un total de 21 ejemplares (Fig. 3), por lo que se observa que es una especie establecida, que se consideró facultativa ya que se encontró en rangos amplios de sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub> (Tabla 4), fósforo total y detergentes (Tabla 5).

Tabla 3. Parámetros fisicoquímicos del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México.

Límite permisible para protección de la vida acuática	Temp. agua Cond. nat. +/- 1.5°C*	Transparencia No > del 10%*	pH 6.5-9.0*	Conductividad Eléctrica µS/cm	Alcalinidad Total 250 mg/l*	Cloruros 250 mg/l*	Dureza Total 150 mg/l*	Sulfatos 250 mg/l*
<b>DYTISCIDAE</b>								
<i>Agabus</i> sp.	18.5	0	6.8	220	116	7.4	74	75
<i>Laccophilus peregrinus</i>	20.5	50	7.5	> 1000	294	509	314	130
<i>Rhantus gutticollis</i>	15 - 20	0 - 80	6.5 - 7.5	400 - 680	120 - 176	37 - 55	187 - 228	55 - 194
<i>Thermonectus basillaris</i>	15 - 20.5	50	7.1 - 7.6	590 - >1000	138 - 294	32 - 509	129 - 314	95 - 279
<i>Thermonectus marmoratus</i>	15 - 20	0 - 80	6.5 - 7.9	360 - >1000	130 - 224	20 - 62	139 - 412	55 - 353
<b>GYRINIDAE</b>								
<i>Dineutus truncatus</i>	20	20	7.6	270	76	16	60	130
<i>Gyrinus obtusus</i>	15 - 18.5	0 - 80	6.5 - 7.6	160 - 630	52 - 138	12 - 44	29 - 218	55 - 95
<b>HYDROPHILIDAE</b>								
<i>Berosus hoplites</i>	15 - 20	0 - 80	6.4 - 8.5	260 - >1000	120 - 244	23 - 55	110 - 228	60 - 194
<i>Berosus mexicanus</i>	16 - 21.5	0 - 100	6.0 - 8.7	220 - >1000	32 - 294	4 - 509	38 - 412	12 - 378
<i>Enochrus sharpi</i>	17 - 19	50 - 90	6.5 - 8.5	260 - 640	104 - 202	5 - 31	110 - 168	40 - 162
<i>Helochaers</i> sp.	18 - 19.5	0 - 90	6.8 - 8.7	205 - >1000	32 - 146	4 - 18	29 - 453	40 - 160
<i>Tropisternus laevis mergus</i>	15 - 21.5	0 - 100	6.0 - 8.7	205 - >1000	32 - 258	4 - 168	14 - 453	12 - 438
<i>Tropisternus lateralis</i>	16 - 20.5	0 - 100	6.0 - 7.9	220 - >1000	98 - 294	6 - 509	38 - 412	23 - 353
<i>Tropisternus mexicanus</i>	18 - 20.5	0 - 100	6.3 - 7.8	310 - 800	98 - 208	5 - 56	82 - 403	36 - 438

\* SEDUE, 1990.

*Thermonectus basillaris* (Harris)

Los organismos pertenecientes a esta especie se recolectaron en las estaciones de "Barranca Grande" que presentó contaminación moderada y en la industria "Tenería Morelos", con aguas contaminadas (Tabla 1); en agosto, octubre y noviembre (Fig. 3); sin embargo, el número de ejemplares colectados fue bajo ya que fueron en total cuatro individuos (Tabla 2).

El hábitat presentó niveles por arriba de los límites permisibles en los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, alcalinidad total, cloruros, sulfatos, dureza total, sólidos suspendidos totales, nitrógeno orgánico, nitrógeno amoniacal, nitrógeno total y detergentes.

*Thermonectus basillaris* se clasificó como una especie tolerante, debido a su presencia en hábitats con rangos amplios de sólidos suspendidos totales (SST), oxígeno disuelto y DBO<sub>5</sub> (Tabla 4). Observándose que la especie se registró desde condiciones anóxicas hasta contenidos aceptables de protección de vida acuática en cuanto a niveles de oxígeno disuelto, además se encontró una correlación significativa con la DBO<sub>5</sub> ( $r = 0.72$ ) en la estación 6, que registró niveles elevados que pudieran explicar la escasez de ejemplares en esta zona del río.

*Thermonectus marmoratus* (Hope)

Esta especie estuvo presente en tres estaciones con diferentes grados de contaminación: "Barranca Grande", moderadamente contaminada; Unidad Habitacional "Piedra Blanca" que fue una estación contaminada y en el poblado Anenecuilco, que se clasificó como una estación no contaminada.

*T. marmoratus* se consideró una especie tolerante, con un comportamiento similar a *T. basillaris* ya que se encontró en niveles por arriba de los permisibles en los siguientes parámetros: conductividad eléctrica, sulfatos, dureza total, sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub>, sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes. Así también en un rango de oxígeno disuelto que va de condiciones anóxicas a concentraciones aceptables de protección de vida acuática.

Familia Gyrinidae. *Dineutus truncatus* Sharp

Esta especie se consideró casual, ya que solo se recolectó un ejemplar sobre la superficie del agua en la estación de Barranca Grande (moderadamente contaminada). Con los niveles de sólidos suspendidos totales (Tabla 4), fósforo total y detergentes (Tabla 5) por arriba de los límites permisibles; sin embargo, no fue significativo ningún valor de correlación en dichos parámetros (Tabla 4).

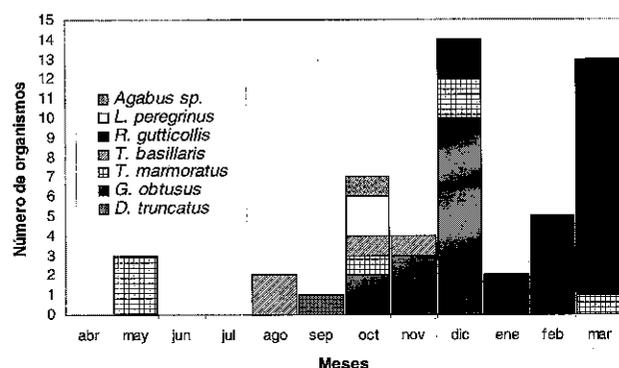


Figura 3. Frecuencia de especies de las familias Dytiscidae y Gyrinidae.

*Gyrinus obtusus* Say

Los organismos pertenecientes a esta especie se encontraron, sobre la superficie del agua en las estaciones de la unidad habitacional "Piedra Blanca" en octubre y Barranca Grande en los meses de noviembre y diciembre (Fig. 3), siendo hábitats contaminados y moderadamente contaminados respectivamente. Esta especie se clasificó como facultativa porque aunque los rangos de SST fueron

amplios, el oxígeno disuelto y la DBO<sub>5</sub> varían en rangos estrechos. Esta especie mostró un comportamiento similar a *Dineutus truncatus*, sin presentar valores de correlación significativos con ningún parámetro y observando preferencia hacia hábitats de aguas no contaminadas.

Los integrantes de esta familia se desplazan generalmente en la superficie del agua; sin embargo, la captura de las presas así como otras etapas de su desarrollo (postura de huevos y reproducción) las realizan dentro del cuerpo de agua. Los girínidos presentan los ojos adaptados a la visión simultánea por arriba y debajo de la superficie del agua, siendo los contenidos elevados de SST una causa que puede restringir la presencia de ellos.

Familia Hydrophilidae. *Berosus hoplites* Sharp

Estos organismos se recolectaron en Barranca Grande (estación moderadamente contaminada) y la unidad habitacional "Piedra Blanca" (estación contaminada), durante los meses de enero, febrero, marzo, abril y noviembre en la primera estación y en febrero y mayo en la segunda (Fig. 4), con la conductividad eléctrica, dureza total (Tabla 3) y de sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y DBO<sub>5</sub> (Tabla 4) por arriba de los límites permisibles

Tabla 4. Parámetros fisicoquímicos del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México.

Límite permisible para protección de la vida	Sólidos Dis. Totales 2000 mg/l <sup>1</sup>	Sólidos Suspendidos Totales <sup>2</sup>	Sólidos Sedimentables ml/l	Sólidos Totales 1000 mg/l <sup>1</sup>	Oxígeno Disuelto 4.0 mg/l <sup>3</sup>	Demanda Bioquímica de Oxígeno 6.0 mg/l <sup>4</sup>	Demanda Química de Oxígeno 6.0 mg/l <sup>4</sup>
<b>DYTISCIDAE</b>							
<i>Agabus</i> sp.	130	104	1.4	811	5.4	7.6	0
<i>Laccophilus peregrinus</i>	850	76	0.3	993	1.01	9.7	0.4
<i>Rhantus gutticollis</i>	204 - 680	12 - 100	0.05 - 1.4	263 - 466	5.1 - 6.6	3.2 - 17.4	0 - 4.0
<i>Thermonectus basillaris</i>	162 - 850	28 - 120	0.05 - 0.1	228 - 993	1.0 - 5.2	5.6 - 21.2	0.4 - 1.2
<i>Thermonectus marmoratus</i>	204 - 392	12 - 100	1.4	263 - 590	1.4 - 6.6	4.7 - 9.1	0 - 3.2
<b>GYRINIDAE</b>							
<i>Dineutus truncatus</i>	100	96	0.3	192	5.0	5.5	5.6
<i>Gyrinus obtusus</i>	77 - 207	12 - 120	0.05	173 - 337	5.1 - 5.2	5.6 - 6.6	0.4 - 3.2
<b>HYDROPHILIDAE</b>							
<i>Berosus hoplites</i>	162 - 510	28 - 120	0 - 1.4	263 - 466	1.2 - 6.6	3.2 - 19.8	0 - 5.6
<i>Berosus mexicanus</i>	123 - 850	8 - 122	0 - 1.0	144 - 993	0.8 - 9.3	2.1 - 13.4	0 - 20
<i>Enochrus sharpi</i>	130 - 260	28 - 64	0 - 0.3	231 - 336	5.2 - 6.6	3.7 - 9.6	0 - 20
<i>Helochares</i> sp.	77 - 351	12 - 74	0 - 0.3	173 - 576	4.6 - 7.3	3.7 - 5.8	0.4 - 20
<i>Tropisternus laevis mergus</i>	115 - 747	12 - 104	0 - 1.4	142 - 811	1.2 - 12.5	2.1 - 21.2	0 - 20
<i>Tropisternus lateralis</i>	121 - 850	12 - 121	0 - 0.6	144 - 993	1.0 - 9.3	2.1 - 21.2	0 - 4.0
<i>Tropisternus mexicanus</i>	121 - 590	12 - 121	0 - 0.5	212 - 553	0.8 - 7.1	2.1 - 21.2	0.8 - 3.2

<sup>1</sup>SARH, 1975

<sup>2</sup>E.P.A., 1972

<sup>3</sup>SARH, 1975

<sup>4</sup>SEDUE, 1990

<sup>5</sup>Arrignon, 1978

Esta especie se consideró tolerante porque los SST, el O<sub>2</sub> y la DBO<sub>5</sub> tuvieron un rango de variación muy amplio, además este coleóptero se observó por arriba de los permisibles para sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes (Tabla 5), presentándose un valor de correlación significativo ( $r = 0.67$ ) con el fósforo total en la estación dos. Cabe hacer notar que Roback (1974) menciona que varias especies de este género son capaces de tolerar hasta 0.62 mg/l de este nutriente. Con base en lo anterior, se considera que las concentraciones en que fue recolectado *B. hoplites* pudieron restringir su presencia en esta zona del río.

#### *Berosus mexicanus* Sharp

Esta especie fue la más numerosa (306 ejemplares) y se recolectó en distintos meses (enero, febrero, marzo, abril, mayo, septiembre, octubre, noviembre y diciembre) (Fig. 4), en todas las estaciones de muestreo con excepción de la estación 3. Se registró en rangos extremos de pH. En cuanto a la conductividad eléctrica, alcalinidad total, cloruros, sulfatos y dureza total, rebasaron los límites permisibles de protección de vida acuática (Tabla 3).

Se registró un valor de correlación significativo con los cloruros ( $r = 0.95$ ) en la estación seis, observándose a este coleóptero en un rango amplio de concentración de sales, coincidiendo con Roback (1974), que ubica a las especies de este género en niveles de cloruros y dureza total por arriba de las 5000 mg/l.

*Berosus mexicanus* se clasificó como tolerante ya que soportó un rango amplio de sólidos suspendidos, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub>, demanda química de oxígeno, sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes los cuales sobrepasaron los límites establecidos para protección de vida acuática (Tablas 4 y 5).

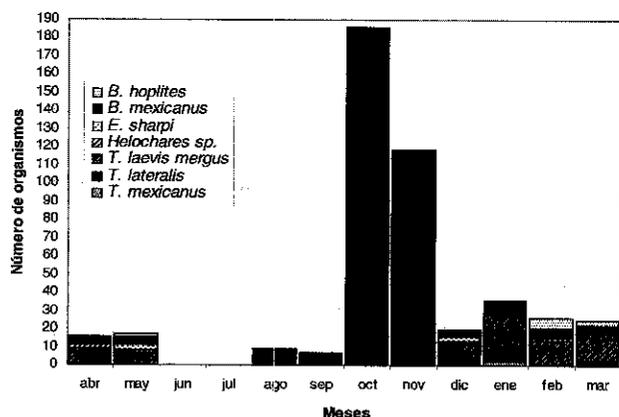


Figura 4. Frecuencia de especies de la Familia Hydrophilidae.

Se calcularon valores de correlación significativos con el fósforo total ( $r = 0.95$ ) en la estación dos, con el nitrógeno amoniacal ( $r = 0.71$ ) y demanda química de oxígeno ( $r = 0.78$ ) en la estación cinco y con los sólidos disueltos totales ( $r = 0.74$ ), sólidos totales ( $r = 0.66$ ), nitrógeno orgánico ( $r = 0.81$ ) y nitrógeno total ( $r = 0.71$ ) en la estación seis. Estos resultados expresan un grado de tolerancia de este organismo, amplio. Siendo las condiciones del hábitat las que pudieran favorecer sus hábitos detritívoros y recolectores de materia orgánica.

#### *Enochrus sharpi* Gundersen

Este hidrofílido se colectó en la estación 1, Barranca Grande (abril) que se clasificó como moderadamente contaminada y en la estación 6, Tenería Morelos (mayo y diciembre), con aguas contaminadas (Fig. 4).

Esta especie se clasificó como tolerante ya que se recolectó en zonas con concentraciones elevadas de sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub> y demanda química de oxígeno (Tabla 4), nitrógeno amoniacal, fósforo total y detergentes (Tabla 5), que rebasaron los límites permisibles. Se observó tolerancia a aguas con exceso de materia orgánica.

#### *Helochaes* sp.

Este género se recolectó en la estación 2 (estación contaminada) y en la 5 (estación no contaminada).

*Helochaes* se clasificó como facultativo porque los contenidos de fósforo total fluctuaron desde condiciones nulas hasta más del doble del permisible y los detergentes fueron de más de dos veces el permisible (Tabla 5); sin embargo, los sólidos totales, nitrógeno total, oxígeno disuelto y demanda bioquímica de oxígeno estuvieron dentro de los límites permisibles.

#### *Tropisternus laevis mergus* (Say)

Esta especie fue la única que se recolectó en todas las estaciones de muestreo, siendo la estación 2, Unidad Habitacional Piedra Blanca, clasificada como contaminada, la que presentó el menor número de ejemplares de esta especie (1) y la estación 4, Poblado Amilcingo clasificada como no contaminada, donde más ejemplares se recolectaron (28).

*T. laevis mergus* se clasificó como tolerante, ya que se registró en rangos extremos fuera de los establecidos de sólidos suspendidos totales, DBO<sub>5</sub> y demanda bioquímica y química de oxígeno (Tabla 4).

Esta especie se ubicó en contenidos de sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes, que sobrepasaron los límites permisibles para protección de vida acuática (Tabla 5). Se calcularon valores de correlación significativos con los cloruros ( $r = 0.77$ ) en la estación uno, con el fósforo

Tabla 5. Parámetros fisicoquímicos del Río Cuautla (Tramo Tetelcingo-Anenecuilco), Morelos, México.

Límite permisible para protección de la vida acuática	Nitratos mg/l	Nitrógeno Amoniacal 0.06 mg/l*	Nitrógeno Orgánico 0.04 mg/l*	Nitrógeno Total 0.1 mg/l*	Ortofosfatos mg/l	Fósforo Total 0.1 mg/l*	Detergentes 0.1 mg/l*
<b>DYTISCIDAE</b>							
<i>Agabus</i> sp.	0.88	0.005	0.04	0.04	0.08	0	0.25
<i>Laccophilus peregrinus</i>	0.44	0.27	0.47	0.74	0.03	0	0.34
<i>Rhantus gutticollis</i>	0.77 - 3.19	0 - 0.02	0.02 - 0.04	0.02 - 0.06	0.36 - 0.64	0 - 0.63	0.38 - 1.38
<i>Thermonectus basillaris</i>	0.3 - 1.58	0.02 - 0.27	0.04 - 0.47	0.06 - 0.74	0.03 - 0.41	0	0.21 - 0.47
<i>Thermonectus marmoratus</i>	0.14 - 3.19	0 - 0.13	0.02 - 0.17	0.02 - 0.3	0.12 - 0.99	0 - 0.63	0.19 - 0.99
<b>GYRINIDAE</b>							
<i>Dineutus truncatus</i>	0.69	0	0.02	0.02	0.47	0.13	0.64
<i>Gyrinus obtusus</i>	0.99 - 3.19	0.01 - 0.02	0.03 - 0.04	0.04 - 0.06	0.07 - 0.36	0	0.21 - 0.38
<b>HYDROPHILIDAE</b>							
<i>Berosus hoplites</i>	0.04 - 1.8	0 - 0.24	0 - 0.29	0 - 0.53	0.07 - 1.2	0 - 13.1	0.21 - 1.38
<i>Berosus mexicanus</i>	0.02 - 1.1	0 - 0.32	0 - 0.49	0 - 0.74	0.03 - 1.52	0 - 13.1	0.01 - 1.06
<i>Enochrus sharpi</i>	0.11 - 1.1	0 - 0.07	0 - 0.04	0.03 - 0.07	0.07 - 0.73	0 - 0.61	0.07 - 0.78
<i>Helochaes</i> sp.	0.04 - 0.99	0 - 0.07	0 - 0.03	0 - 0.07	0.04 - 1.32	0 - 0.26	0.07 - 0.28
<i>Tropisternus laevis mergus</i>	0.02 - 0.99	0 - 0.29	0 - 0.32	0 - 0.53	0.03 - 1.73	0 - 13.1	0.01 - 1.38
<i>Tropisternus lateralis</i>	0.04 - 0.99	0 - 0.27	0 - 0.47	0 - 0.74	0.03 - 1.52	0 - 0.63	0.01 - 0.99
<i>Tropisternus mexicanus</i>	0.1 - 0.99	0.01 - 0.29	0 - 0.24	0.01 - 0.53	0.05 - 0.83	0 - 0.63	0.01 - 1.06

\*SEDUE, 1990.

total ( $r = 0.99$ ) en la estación 2, con los sulfatos ( $r = 0.69$ ) y la  $DBO_5$  ( $r = 0.66$ ) en la estación 7, cuyas concentraciones elevadas pudieran restringir la presencia de esta especie en estas zonas del río (Fig.3).

#### *Tropisternus lateralis* Fabricius

Esta especie se recolectó en las estaciones 2, 4, 5, 6 y 7, siendo en las estaciones 2 (contaminada) y 5 (no contaminada) en las que la recolecta fue más escasa (Tabla 2), rebasando los niveles permisibles de los parámetros de conductividad eléctrica, alcalinidad total, cloruros, sulfatos y dureza total (Tabla 3).

*T. lateralis* se clasificó como tolerante, por presentarse en concentraciones elevadas de sólidos suspendidos totales,  $DBO_5$  y en niveles extremos de oxígeno disuelto (Tabla 4).

Este coleóptero se colectó en niveles no permisibles para protección de vida acuática de sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes (Tabla 5), calculándose valores de correlación significativos con los cloruros ( $r = 0.89$ ), sólidos disueltos totales ( $r = 0.72$ ), sólidos totales ( $r = 0.66$ ), nitrógeno orgánico ( $r = 0.66$ ) y nitrógeno total ( $r = 0.74$ ) en la estación 6 y con los sólidos disueltos ( $r = 0.65$ ) en la estación 7. Las relaciones de *Tropisternus lateralis* con tales parámetros expresan un grado de tolerancia amplio.

#### *Tropisternus mexicanus* Laporte

Esta especie se recolectó en las estaciones 2, 4, 6 y 7; sin embargo, el número de organismos fue escaso (Tabla 2), habiéndose encontrado tanto en estaciones consideradas contaminadas (2 y 6) como en las no contaminadas (4 y 7).

*T. mexicanus* se clasificó como una especie tolerante ya que se presentó en contenidos de sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto y  $DBO_5$  fuera de los permitidos por la normatividad (Tabla 4). Se registró en concentraciones elevadas para protección de vida acuática de sustancias nitrogenadas, fósforo total y detergentes (Tabla 5), coincidiendo con Roback (1974), que ubica a las especies de *Tropisternus* en rangos amplios de nitrógeno amoniacal y fósforo total.

Se calcularon valores de correlación con la  $DBO_5$  en la estación 6 ( $r = 0.73$ ) y 7 ( $r = 0.66$ ), y con los sulfatos ( $r = 0.69$ ) en esta última, observándose tolerancia al exceso de materia orgánica. Sin embargo, por el escaso número de individuos colectados en tres de las cuatro estaciones donde se presentaron, se podrían considerar efectos de restricción sobre este coleóptero por las altas concentraciones de estos parámetros.

Asimismo, como parte de este análisis, se consideró que en relación con la dinámica fisicoquímica en la zona de

estudio se registraron tres tipos de descargas de contaminación: de origen municipal en la estación 2, de origen industrial en la estación 6 y de origen agrícola en la estación 7. Esto representa un alto riesgo para la salud pública, si estas aguas son destinadas para consumo humano, actividades recreativas, uso agropecuario o para la piscicultura. Por lo tanto, se considera que con un tratamiento previo, estas aguas podrían ser utilizadas.

Se reconocieron tres zonas características en el proceso natural de recuperación de un río:

a) Una zona de degradación en el tramo Tetelcingo- Unidad Habitacional "Piedra Blanca", donde las aguas del río y las de la descarga se mezclan, el agua se enturbia y se forma un sedimento de partículas pesadas.

b) Una zona de descomposición activa que provoca condiciones sépticas después de la descarga de la Unidad Habitacional "Piedra Blanca", donde hay pérdida total del oxígeno por la acción microbiana que descompone la materia orgánica, con depósitos de lodo en el fondo.

c) Una zona de aguas limpias en el tramo del manantial "Los Sabinos" - Puente "San José", donde las aguas presentan condiciones fisicoquímicas originales y por lo tanto óptimas para el desarrollo de la vida acuática.

Se observó que no existe una zona de recuperación del río en la zona comprendida en el estudio, ya que el tramo de la industria "Tenería Morelos" - Poblado de Anecuilco presenta también características de descomposición activa a zona séptica.

Las condiciones hidrológicas, fisicoquímicas y biológicas del río se ven mejoradas durante el período de lluvias al aumentar el caudal, causando una "depuración" en las zonas de mayor contaminación, presentando una marcada estacionalidad y limitando la permanencia de las diferentes especies de coleópteros acuáticos.

Se consideró escasa la diversidad obtenida de coleópteros acuáticos, 14 especies en total, lo cual se explica por el impacto que ejerce la contaminación en esta zona del río sobre la biota, habiéndose encontrado establecidas únicamente tres familias del orden Coleoptera: Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae (Figs 3 y 4). La familia Hydrophilidae, se caracteriza en general, por su adaptabilidad a medios alterados por contaminación de origen orgánico e industrial. Asimismo, los hidrófilidos presentaron la mayor diversidad con un total de siete especies, mostrando la mayor distribución en la zona de estudio (Tabla 2, Fig. 4). Esto es el resultado del amplio rango de tolerancia a la contaminación, a la diversidad de sustratos

que pueden ocupar y de las adaptaciones que presentan las especies de esta familia.

*Berosus mexicanus* y *Tropisternus lateralis*, se comportaron como organismos indicadores de aguas con exceso de materia orgánica; además, son capaces de soportar rangos muy amplios de cloruros, DQO, sólidos disueltos totales, sólidos totales, nitrógeno amoniacal, nitrógeno orgánico, nitrógeno total y fósforo total (Tablas 3, 4 y 5).

Sin embargo, especies como *Tropisternus laevis mergus*, *Tropisternus mexicanus*, *Berosus hoplites*, *Helochaeres sp.* y *Enochrus sharpi*, resultaron frecuentes en aguas con menor porcentaje de materia orgánica, ya que se registraron en niveles elevados de DBO<sub>5</sub>, fósforo total, ortofosfatos, así como cloruros y sulfatos.

Las familias Dytiscidae con cinco especies y Gyrinidae con dos especies, estuvieron sujetas a las condiciones físicas del ambiente, habitando en zonas de aguas transparentes y de baja velocidad de corriente (Tabla 2, Fig. 3).

*Thermonectus marmoratus* y *Rhantus gutticollis*, son especies que habitan en aguas limpias, con base en los niveles de los parámetros en donde se recolectaron, así como *Thermonectus basillaris* y *Agabus sp.*, sin embargo, estas últimas se vieron afectadas por las elevadas concentraciones de sólidos suspendidos totales y DBO<sub>5</sub>. *Laccophilus peregrinus*, mostró una mayor capacidad de tolerancia a ambientes perturbados, soportando rangos amplios de cloruros, sólidos totales, nitrógeno orgánico y nitrógeno total.

Las especies de la familia Gyrinidae: *Dineutus truncatus* y *Gyrinus obtusus*, se ubicaron como organismos propios de aguas limpias.

Las especies con mayor número de ejemplares colectados fueron *Berosus mexicanus* con 306 ejemplares, *Tropisternus laevis mergus* con 74 y *T. lateralis* con 48. Por el contrario los taxa más escasos durante el estudio fueron *Agabus sp.* y *Dineutus truncatus*, con sólo un organismo colectado y *Laccophilus peregrinus* con dos, restringidos a una sola estación, siendo los datos insuficientes para su clasificación como bioindicadores.

Finalmente, se puede mencionar que los niveles de los parámetros fisicoquímicos registrados en este estudio, permitirán en un futuro establecer los límites de tolerancia de especies de macroinvertebrados acuáticos, especialmente insectos bénticos y así eventualmente, establecer los límites permisibles para la protección de la vida acuática para grupos bénticos acuáticos.

## LITERATURA CITADA

- AMERICAN PUBLIC HEALTH ASSOCIATION, 1989. *Standard Methods for the Examination of Water and Waste Water*. (17th ed.) American Water Works Association and Water Pollution Control Federation. Washington D.C., U.S.A. 1134 p.
- ARREDONDO, F. J. L., 1986. Breve descripción de los criterios y técnicas para el manejo de la calidad de agua en estanques de piscicultura intensiva. Secretaría de Pesca. México. 178 p.
- ARRIGNON, J., 1978. *Ecología y piscicultura de aguas dulces*. Ediciones Mundi-Prensa. Madrid, España. 365 p.
- BROWN, H. P., 1987. Biology of Riffle Beetles. *Annals Review Entomology* 32: 253-272.
- ENVIRONMENT PROTECTION AGENCY, 1972. *Water Quality Criteria*. E.P.A. Washington D.C., U.S.A. 594 p.
- GARCÍA, E., 1986. *Modificaciones al sistema de clasificación climática de Köppen, para adaptarlo a las condiciones de la República Mexicana*. México. 71 p.
- GAUFIN, A. R., 1958. The effects of pollution of a midwestern stream. *Ohio Journal Science*. 58: 197-208.
- HAWKES, H. A., 1978. Invertebrates as Indicators of River Water Quality. pp 1-45. En: JAMES, A. y L. EVISON (Comps.). *Biological Indicators of Water Quality*. John Wiley and Sons. Pub. New York, U.S.A.
- HILSENHOFF, W. L., 1977. Use of Arthropods to evaluate water quality of streams. Tech. Bull. N° 100. Dept. Nat. Res., Madison, Wisconsin. pp. 1-15.
- LEECH, H. B., 1948. Contributions toward a knowledge of the insect fauna of Lower California. No. 11, Coleoptera: Haliplidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Hydrophilidae, Limnebiidae. *Proceeding California Academy Science* 24: 375-484.
- MARGALEF, R., 1983. *Limnología*. Ed. Omega. Barcelona, España. 1009 p.
- MASON, W. T., P. A. LEWIS y J. B. ANDERSON, 1971. Macroinvertebrates collections and water quality monitoring in the Ohio river basin 1963-1967. Office of Tech. Prog. Ohio Basin Region & Anal. Qual. Control Lab. Environ. Protect. Agency, Cincinnati. Ohio.
- MICHIGAN WATER RESOURCES COMMISSION, 1970. Water quality study of the Flint River. 59 pp.
- NEEDHAM, G. J. y R. P. NEEDHAM, 1978. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. Ed. Reverté. Madrid, España. 131 p.
- NIEDZIENSKI, H., 1991. Aguas subterráneas de la subcuenca del río Cuautla, Morelos. *Ciencia* 42: 219-226.
- RIBERA I. y FOSTER G. N., 1992. Use of Coleoptera as biological indicators. *Elytron*. 20: 61-75.
- ROBACK, S. S., 1974. Insects (Arthropoda: Insecta). pp. 313-376. En: HART, C.W.S. y L.H. FULLER (Comps.). *Pollution Ecology of Freshwater Invertebrates*. Academic Press Inc. New York.
- RZEDOWSKI, J., 1978. *Vegetación de México*. Edit. Limusa S.A. México. 432 p.
- SANTIAGO, F. S. y L. VÁZQUEZ N., 1989. Coleópteros acuáticos y semiacuáticos del Río Amacuzac (Huajintlán y El Estudiante) Morelos, México. *Anales del Instituto de Biología, Serie Zoología*, 60(3): 405-426.
- SECRETARÍA DE AGRICULTURA Y RECURSOS HIDRÁULICOS, 1975. Legislación Relativa al Agua y su Contaminación. Subsecretaría de Planeación y Dirección General de Protección y Ordenación Ecológica. México. 143 p.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO URBANO Y ECOLOGÍA, 1990. Criterios Ecológicos de Calidad de Agua. *Gaceta Ecológica* 2(6):26-54.
- SECRETARÍA DE DESARROLLO SOCIAL, 1993. Norma Oficial Mexicana NOM-CCA-031-ECOL/1993. *Gaceta Ecológica* 28(6): 30-65.
- SECRETARÍA DE PROGRAMACIÓN Y PRESUPUESTO, 1981. Síntesis Geográfica del Estado de Morelos. Coordinación General de los Servicios Nacionales de Estadística, Geografía e Informática. México. 110 p.
- USINGER, R. L., 1956. *Aquatic insects of California*. University California Press, Berkeley. 508 p.
- WARD, J. W., 1992. *Aquatic Insect Ecology. I Biology and Habitat*. John Wiley Sons. Inc. U.S.A. 483 p.
- WILHM, J. F., 1975. Biological Indicators of Pollution. pp. 375-402. En: WHITTON B.A. (Comp.). *River Ecology*. Blackwell Scientific Publications. U.S.A. 725 p.

Recibido: 27 de junio de 2000.

Aceptado: 15 de enero de 2001.