

Los macro invertebrados como indicadores biológicos de la calidad del agua del río Actopan, Veracruz, México.

Castro MG*, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

Universidad Autónoma Metropolitana Xochimilco. División de Ciencias Biológicas y de la Salud. Departamento El Hombre y su Ambiente. Calz. del Hueso No. 1100, Colonia Villa Quietud. CP. 04960, México, D.F. Delegación Coyoacán..

*Email responsable: gecastro@correo.xoc.uam.mx

RESUMEN

Los macro invertebrados acuáticos se consideran actualmente como los mejores indicadores biológicos de la calidad del agua. El estudio se llevó a cabo en el río Actopan, ubicado en el municipio de Úrsulo Galván, durante el mes de mayo de 2014. Se colectaron muestras de macro invertebrados en dos zonas: Zona 1: Loma San Rafael: orillas con vegetación, detritos vegetales y lodo; Zona 2, Puente Úrsulo Galván: orillas con vegetación, sustratos duros, detritos vegetales y macrófitas sumergidas. Se identificaron 13 familias en las dos zonas muestreadas con un total de 816 organismos, de las cuales la Zona 2 tuvo diez familias (655 organismos) en comparación de la Zona 1 que mostró solo cuatro familias (161 organismos). La familia Palaemoniidae (466) y la Chironomidae (257) fueron las más abundantes en el muestreo. Las familias Neritidae y Palaemoniidae, se presentaron en ambas zonas. Los resultados del índice de BMWP demuestran que la salud de la zona 1 se encuentra en estado crítico (clase IV, valor 24, aguas muy contaminadas) y la zona 2 presenta una calidad aceptable (clase III, valor 73, aguas medianamente contaminadas). La actividad humana, urbana, agrícola e industrial, afecta grandemente la calidad del agua del río Actopan.

Palabras clave: Macroinvertebrados, calidad de agua, río Actopan.

ABSTRACT

Aquatic macroinvertebrates are considered as the best biological indicators of water quality. The study took place in Actopan River, located in Ursulo Galvan town, during May of 2014. Samples of macroinvertebrates were collected in two zones: Zone 1: Lomas San Rafael: shores with vegetation, plant detritus and mud; Zone 2, Ursulo Galvan Bridge: shores with vegetation, hard substratum,

plant debris and submerged microphytes. In two sampled zones, 14 families were identified with 816 organisms, where Zone 2 had ten families (655 organisms) and Zone 1 presented only four families (161 organisms). The family Palaemoniidae (466) and Chironomidae (257) were the most abundant in sampling. Neritidae and Palaemoniidae families, were presented in both zones. BMWP index results show that health in zone 1 is in critical state (class IV, value 24, very contaminated waters) and zone 2 have an acceptable quality (class III, value 73, moderately contaminated waters). Urban, farming and industrial human activity, highly affects the water quality in Actopan River. Oceanographic characteristics of the Veracruz coastal zone and its interaction with rivers, estuaries and coral reef environments, demonstrate the high environmental heterogeneity of the Veracruz Reef System National Park (PNSAV). The PNSAV is a system dominated by anisotropic reef currents which enhance the biological connectivity between the northern, southern, coastal zone

Keywords: Macroinvertebrates, water quality, Actopan river.

INTRODUCCIÓN

Los ecosistemas fluviales se encuentran sometidos a numerosas perturbaciones causadas por las actividades humanas. La regulación y rectificación de cauces, la contaminación por materia orgánica, la eutrofización y las actividades mineras, entre otros, producen cambios en la estructura y funcionamiento de las comunidades biológicas que albergan los ríos. Una de las comunidades que

Macroinvertebrados del Río Actopan, Veracruz
Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

responde a estas perturbaciones es la de macro invertebrados bentónicos, es decir invertebrados que habitan en el lecho fluvial y que son visibles a simple vista (Alonso, 2004; Barba, 2012). Los macro invertebrados acuáticos se consideran actualmente como los mejores indicadores biológicos de la calidad del agua, debido a su tamaño, a su amplia distribución, alta riqueza de especies, fácil manipulación, fidelidad ecológica, corta temporalidad generacional y fragilidad frente a mínimas observaciones. Se considera que un organismo es buen indicador de la calidad del agua, cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es superior al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat (Roldán, 2003, Roldán y Ramírez, 2008).

Los macro invertebrados acuáticos se utilizaron por primera vez en México en 1985 y no fue sino hasta el año 2000 que hubo un aumento en la utilización de este grupo biológico para el monitoreo de la calidad ambiental en de los cuerpos de agua epicontinentales (Mathauriau et al., 2010). El trabajo de Rosas et al. (1985) fueron los primeros en utilizar un índice biológico basado en los macro invertebrados para evaluar la calidad de agua del lago de Pátzcuaro, Mich. Fue después en los años noventa, cuando Sánchez y García (1999) presentaron un trabajo sobre la utilización de indicadores biológicos usando principalmente a este tipo de organismos bentónicos. De la Lanza Espino et al. (2000) editaron un libro sobre estos grupos acuáticos y los índices bióticos utilizados para evaluar la calidad de agua. Saldaña et al. (2001) aplicaron el índice secuencial de comparación (ISC) para evaluar la calidad del agua del río Pescados y de dos afluentes del río La Antigua en Veracruz. Henne et al. (2002) utilizaron el índice IBF (Índice Biológico a nivel de Familia) para evaluar el impacto de las aguas residuales de un ingenio azucarero presentes en la cuenca del río Ayuquila (Colima, Jalisco). Hurtado et al. (2005) estudiaron la estructura y los cambios ecológicos de

la comunidad de macro invertebrados en la cuenca del río San Juan (estado de Hidalgo y Querétaro), utilizando índices de diversidad, de similitud y de equidad, con el fin de sentar bases para elaborar planes de conservación biológica. Huerto et al. (2005) usaron a estos organismos para evaluar la calidad del agua de los ríos Amacuzac, Mor. y Balsas, Gro. y por Mathuriau et al. (2010) para diagnosticar la calidad de los ríos Queréndaro, Zinepécuaro, Chiquito, Grande de Morelia, San Marcos y La Palma, todos ellos ubicados en la cuenca hidrológica del lago de Cuitzeo, Mich.

El río Actopan, ubicado en el municipio de Úrsulo Galvan, Ver. tiene en sus riberas aportes de aguas residuales de diferentes manchas urbanas cercanas, además que se encuentra un ingenio azucarero que vierte sus desechos de aguas residuales al río. Por lo tanto, el objetivo de esta investigación consiste en usar una herramienta sencilla y barata con el estudio de las poblaciones de macro invertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua del río Actopan.

MATERIAL Y MÉTODOS

Area de estudio

El siguiente trabajo se llevó a cabo en las inmediaciones del municipio de Chachalacas, Veracruz (Fig. 1) durante el mes de mayo del 2014. El municipio de Chachalacas se encuentra ubicado en la zona centro del estado de Veracruz, en las coordenadas 19° 24' latitud norte y 96° 18' longitud oeste a una altura de 20 metros sobre el nivel del mar.

Colecta de muestras

Se realizó una colecta en dos zonas del Río Actopan: Zona 1: Loma San Rafael: orillas con vegetación, detritos vegetales y lodo; Zona 2, Puente Úrsulo Galván: orillas con vegetación, sustratos duros, detritos vegetales y macrófitas sumergidas.

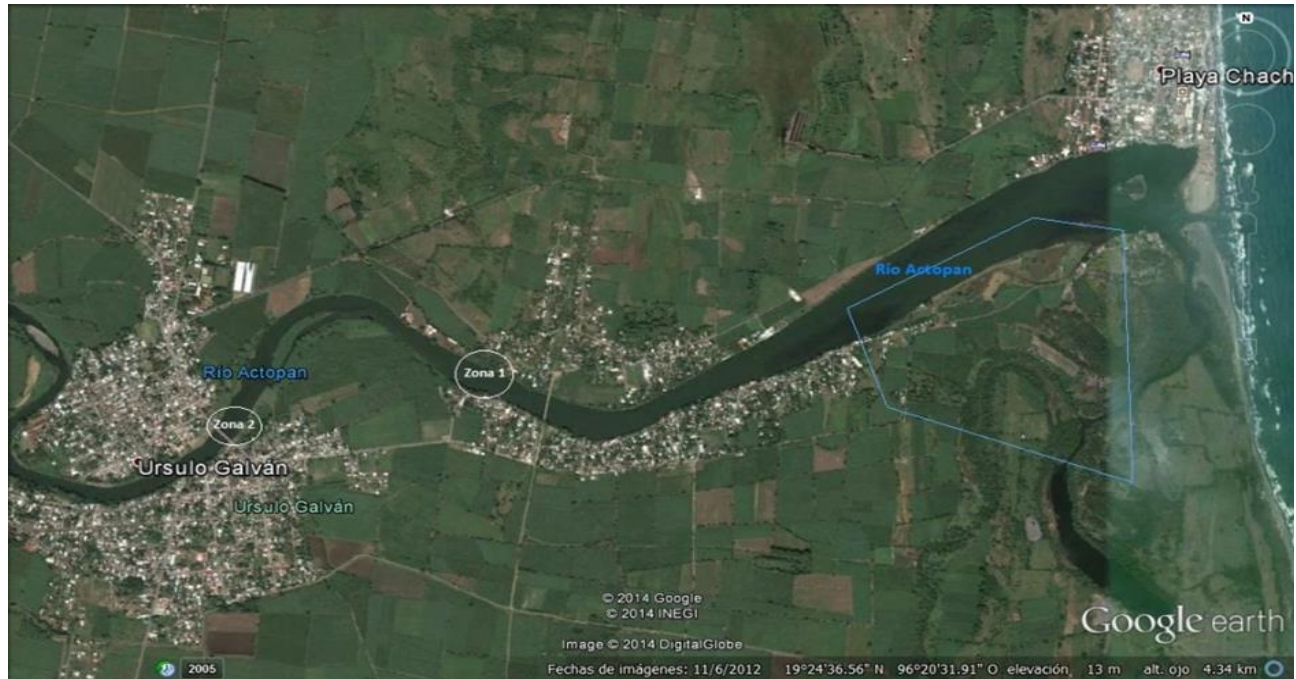


Fig. 1. Ubicación geográfica de la Cuenca Hidrológica Río Actopan (Tomado de Google Earth, 2013).

De acuerdo a la zona y sus características, y con ayuda de redes de mano y cernidores con marco de madera se aplicó la técnica de muestreo correspondiente: 1) Sustratos duros: se muestrearon gravas, cantos y bloques manteniendo el borde inferior de la red contra el suelo y desalojando los organismos, removiendo con pies o manos en zonas someras; 2) Detritos vegetales: (hojarasca, troncos de diferente calibre): se muestrearon removiendo con pies o manos los depósitos de detritos, manteniendo la red aguas abajo (con corriente) o pasando la red sobre ellos (en aguas lentas) para recolectar los organismos en suspensión. También se muestrearán en este hábitat la madera acumulada en pozas, evitando trozos grandes porque generalmente son difíciles de muestrear adecuadamente; 3) Orillas con vegetación: orillas fluviales con raíces y plantas emergentes asociadas a ellas. Se agitaron las raíces con pies o manos y se recogieron los organismos en suspensión o arrastrados por la corriente, con la red

situada aguas abajo; 4) Macrófitos sumergidos: se muestrearon arrastrando la red a través de la vegetación desde el lecho (donde enraíza) hasta la superficie del agua. En aguas someras, el muestreo se realizó agitando con pies o manos las plantas a lo largo de 0.5 m, y recogiendo los organismos en suspensión o arrastrados por la corriente con la red; 5) Arena y otros sedimentos finos: inicialmente se pasó la red por la superficie del agua para coger los macro invertebrados de la superficie del agua. Se evitó arrastrar la red a través de los sedimentos blandos para reducir la cantidad de restos en las muestras.

Una vez obtenida la muestra, se depositaron en una cubeta para su posterior traslado. Los organismos colectados se depositaron en charolas para separar los macro invertebrados del sustrato; una vez limpiadas las muestras se separaron por grupos a los invertebrados siendo los grupos: crustáceos, larvas de insectos y moluscos. Cada uno

Macroinvertebrados del Río Actopan, Veracruz

Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

de los grupos fue depositado en vasos de polietileno con tapa, el cual contenía formol al 10%, para su posterior identificación. En cada una de las diferentes zonas, se tomó la temperatura, salinidad y el oxígeno disuelto (O.D.) con un multiparamétrico YSI modelo M86; se midió la turbidez con un disco de Secchi y se tomó una muestra de agua para obtener los valores de nitritos (NO₂), amonio (NH₄) y fosfatos (PO₄) con el equipo multiparamétrico para acuicultura de HANNA®.

Trabajo de gabinete

En el laboratorio se llevó a cabo la identificación de las familias de los macro invertebrados utilizando la “Clave de identificación de invertebrados de agua dulce” del Ministerio de Medio Ambiente y Medio Rural y Marino del Gobierno de España y con la ayuda de un microscopio estereoscópico Olympus SZ40. Ya identificadas las diferentes familias, se aplicó el índice de calidad biótica BMWP (Biological Monitoring Working Party por sus siglas en inglés). A cada familia se le da un número del 1 al 10, de acuerdo al grado de sensibilidad a los contaminantes. El 1 indica al menos sensible, y así gradualmente hasta el 10 (más sensible), utilizando la clasificación propuesta por Zamora (1999) y Roldán (1988) (Tabla 1).

Se aplicó el índice de Shannon-Weaver ($H' = -\sum p_i \ln p_i$) para medir la biodiversidad de las dos zonas y el coeficiente de similitud de Jaccard ($IJ = c/(a+b+c)$), para comparar las dos zonas de muestreo.

RESULTADOS

Abundancia de las familias presentes

El total de las familias identificadas en las dos zonas muestreadas fueron 13 con una abundancia total de 816 organismos, de las cuales la Zona 2 demostró más abundancia al contabilizar la presencia de 10 familias (655 organismos) en comparación de la Zona 1 que mostró solo cuatro familias (161 organismos). Las familias Neritidae y Palaemoniidae, se presentaron en ambas zonas. La familia Palaemoniidae (466) y la Chironomidae (257) fueron las más abundantes en el muestreo (Tabla 2).

Parámetros físico químicos

El análisis de los parámetros fisicoquímicos demuestra que los niveles de O.D., Salinidad y Nitritos son mayores en la Zona 2 que en la Zona 1. La temperatura es similar en las dos Zonas. En contraste, la Zona 1 muestra valores mayores en amonio, fosfato y turbidez. La corriente del Río tenía mayor intensidad en la Zona 2 que en la Zona 1 (Tabla 3).

Índice Biótico BMWP

En la Tabla 4 se muestra la puntuación del índice de BMWP de cada una de las familias de macro invertebrados. Se puede demostrar que la salud de la zona uno se encuentra entre un estado

Tabla 1. Criterios del índice de calidad biótica BMWP.

Clase	Rango	Calidad	Características	Color
I	≥121	Muy buena	Aguas muy limpias	Azul oscuro
II	101–120	Buena	Aguas limpias	Azul claro
III	61–100	Aceptable	Aguas medianamente contaminadas	Verde
IV	36–60	Dudosa	Aguas contaminadas	Amarillo
V	16–35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
VI	≤15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Macroinvertebrados del Río Actopan, Veracruz
Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

Tabla 2. Abundancia de macro invertebrados en las dos zonas de estudio del Río Actopan.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Abundancia		
				Zona 1	Zona 2	Total
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Nepidae	1	1	2
			Gerridae	6	6	12
		Diptera	Empididae (larva)	-	1	1
			Chironomidae (larva)	-	251	251
			Dixidae (larva)	-	6	6
		Heteroptera	Veliidae	-	1	1
		Ephemeroptera	Potamanthidae	-	27	27
		Coleoptera	Psephenidae	-	3	3
		Odonata	Libelulidae (larva)	-	9	9
		Crustacea. Malacostraca	Decapoda	Palaemoniidae	138	328
Mollusca	Gastropoda	Neritoidea	Neritidae	16	19	35
	Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae	-	10	10
Total				161	655	816
Familias				4	10	12

Tabla 3. Valores de los parámetros físico-químicos en las dos zonas de muestro del Río Actopan, Ver.

Zona	O.D. mg L ⁻¹	Temp. °C	pH	Salinidad	NO ₂	NH ₃	PO ₄	Turbidez
1	1.06	27.0	6.4	0.2	8.0	0.37	0.51	1.25
2	2.62	25.1	6.5	0.3	16.0	0.14	0.38	0.71

Macroinvertebrados del Río Actopan, Veracruz
Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

crítico a muy crítico y la zona dos oscila de un estado dudoso a crítico. La calidad del agua del río Actopan oscila entre aguas contaminadas a fuertemente contaminadas.

El índice de Shannon (H') alcanzado fue de 0.51573, lo cual indica que la diversidad es baja. El índice de similitud de Jacard (J') fue de 0.154, que demuestra que entre las dos zonas hay dos familias que son compartidas.

DISCUSIÓN

Este tipo de estudio con la abundancia y riqueza de las familias que se encuentran en los

cuerpos de agua, especialmente los macro invertebrados acuáticos y con apoyo de los parámetros fisicoquímicos proporciona información sobre las condiciones referentes a la calidad del agua de río Actopan de una manera sencilla y barata. Al realizar la evaluación biológica como físico química se puede concluir que la calidad del agua del río Actopan en un contexto general va de aceptable a crítica, con aguas medianamente contaminadas a aguas muy contaminadas.

Se puede observar que existen diferencias en la abundancia y riqueza de los macro invertebrados entre las zonas. Jacobson (1998),

Tabla 4. Puntuación del índice de Calidad Biótica (BMWP) para cada una de las familias colectadas en el río Actopan, Ver.

Phylum	Clase	Orden	Familia	Índice de Calidad Biótica	
				Zona 1	Zona 2
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Nepidae	6	-
			Gerridae	3	-
		Diptera	Empididae (larva)	-	5
			Chironomidae (larva)	-	2
			Dixidae (larva)	-	8
			Veliidae	-	8
		Heteroptera	Potamanthidae	-	10
		Ephemeroptera	Psephenidae	-	10
		Coleoptera	Libelulidae (larva)	-	6
		Odonata			
	Crustacea.	Decapoda	Palaemoniidae	8	8
	Malacostraca				
Mollusca	Gastropoda	Neritoidea	Neritidae	7	7
	Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae	-	9
				24	73
Calidad				Crítica	Aceptable

menciona que los valores de dos índices bióticos (BMWP) tienden a aumentar en los sitios de aguas arriba y disminución en los sitios aguas abajo en la estación seca. En la Zona 2 (río arriba) se recogieron más familias como se puede observar en la Tabla 4, además de presentar aguas medianamente contaminadas. Además, en la Zona 2 se colectaron más taxa, mientras que en la Zona 1, con un mayor grado de contaminación se colectaron cuatro familias. Es de recalcar que la modificación en el sistema ya sea por influencias humanas o ambientales, las especies que se encuentran en un punto y momento dado, deben de adaptarse a dichos cambios o desaparecer por la no tolerancia. Esto conlleva a la desaparición de ciertos grupos y el aumento de otros, debido a la disminución de la competencia interespecífica concerniente a la depredación y alimento, o por la combinación de estos factores (Roldán 1988, 2003, Vázquez et al., 2006).

Hurtado et al. (2001), menciona que el manejo de los sistemas acuáticos permite determinar los cambios físicos y químicos del ambiente. Los ríos se han convertido en vertederos de desechos domésticos e industriales, lo que ocasiona una alteración del medio ambiente acuático, contaminación y cambios químicos del sedimento y del agua. Estas alteraciones del medio acuático traen como resultado cambios significativos en la dinámica de las poblaciones de plantas y animales, así como de la estructura de las comunidades a lo largo del tiempo (Gutiérrez 1999). Cabe señalar que en las riberas del río Actopan se encuentran dos ingenios azucareros, los cuales en la temporada de finalización de la zafra de caña de azúcar, lavan sus instalaciones y su maquinaria y todo es vertido en el río (com. pers. de los pescadores de la zona); además de contar con varios poblados que sus vertederos salen directamente al río y personas que lavan su ropa

con jabón lo hacen en las orillas. Estas alteraciones antrópicas pueden ser los causantes de los valores bajos de oxígeno disuelto encontrado en las dos zonas de estudio (<3 mg/l) y que se pueden comparar con los resultados del trabajo de Henne et al. (2002), ya que mencionan que los desechos de las aguas residuales de los ingenios azucareros vertidos en el río Ayuquila, Jalisco, son los causantes en los bajos valores de oxígeno disuelto en la zona (< 5 mg/L).

Por otro lado, el índice biótico se correlacionó altamente con concentración fosfato y saturación mínima de oxígeno, ya que la Zona 1 presenta valores más altos de fosfatos y una baja concentración de oxígeno, lo que se puede observar en la cantidad de familias presentes en la zona. Con respecto al pH no se encontró variaciones entre las zonas y se encuentran entre los valores de 6.5 a 8.5 según los Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (D.O.F. 13 de diciembre de 1989), en la Norma Oficial Mexicana NOM-001-ECOL-1996.

Con todo lo anterior se puede concluir que los resultados fisicoquímicos, índice de diversidad y similitud poseen correlación y congruencia en señalar los dos tipos de calidad de agua obtenidos en el análisis del índice BMWP, donde la presencia de especies sensibles a la contaminación de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera fueron minoría con respecto a las familias correspondientes a los órdenes Diptera (Chironomidae), Molusca (Neritidae, Corbiculidae) y Crustacea (Palaemonidae) que poseen una mayor resistencia a la contaminación y bajo oxígeno, proporcionándoles mayor tasa de reproducción y aumento poblacional.

Se recomienda seguir con este tipo de estudios para determinar el cambio de las poblaciones de macro invertebrados acuáticos con respecto al tiempo, tomando temporadas de estiaje y de lluvia.

Macroinvertebrados del Río Actopan, Veracruz

Castro MG, Castro MJ, Monroy DMC, Ocampo CJA, Cruz CI y Ramírez TJA.

BIBLIOGRAFÍA

- Alba-Tercedor J, A. Sánchez-Ortega. 1988. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes basada en el de Hellawell (1978). *Limnetica*. 4: 51-56.
- Alba-Tercedor J, P Jáimez-Cuéllar, M Álvarez, J Avilés, N Bonada, J Casas, A Mellado, I Ortega, M Pardo, N Prat, M Rieradevall, S Robles, C Sáinz-Cantero, A Sánchez-Ortega, ML Suárez, M Toro, MR Vidal-Abarca, S Vivas, S Zamora-Muñoz. 2004. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (antes BMWP). *Limnetica* 21(3-4): 175-182.
- Alonso ELP. 2004. Estudio de las asociaciones ecológicas de los odonatos de la cuenca del río Moctezuma. Tesis de Doctorado en Ciencias Manejo de Recursos Bióticos, Facultad de Ciencias Naturales, 56 p.
- Barba AR. 2012. Insectos acuáticos indicadores de la calidad de agua en México: casos de estudio, ríos Copalita, Zimatán y Coyula, Oaxaca. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 84:381-383.
- De la Lanza-Espino G, S Hernández-Pulido, JL Carbajal-Pérez (compiladores). 2011. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (bioindicadores). Plaza y Valdés Editores, México, D. F. 643 p.
- Figuroa R, C Valdovinos, E Araya, O Parra. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile. *Rev. Chil. Hist. Nat.* 76: 275-285.
- Gutiérrez YPJ. 1999. Consecuencias de la introducción de especies. *Biología Informa*, 25:1-6.
- Henne LJ, DW Scheneider, LM Martínez. 2002. Rapid assessment of organic pollution in a western-central Mexican river using a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*. 7: 65-68.
- Huerto R, P Alonso-Enguía, B Brug, P Maya. 2005. Monitoreo biológico de la calidad del agua en ríos caudalosos: Amacuzac y Balsas. *Anuario IMTA*, México. IMTA. p. 105-113.
- Hurtado S, M Rico, PJ Gutiérrez-Yurrita. 2001. Efecto del malatión (insecticida organofosforado) sobre los insectos acuáticos de los afluentes de la presa Zimapán, Querétaro-Hidalgo. XXX. Congreso Nacional de Ciencias Fisiológicas. Monterrey. México.
- Jacobsen D. 1998. The Effect of Organic Pollution on the Macroinvertebrate Fauna of Ecuadorian Highland Streams. *Arch. Hydrobiol.* 143(2): 179-195.
- Mathuriau C, I Israde, S Herrejón, M Mass. 2010. Evaluación de la calidad del agua: bioindicadores, capítulo 5.7. En. Cram S, I Israde, M Mendoza, I Sommer, L Galicia (eds). *Atlas de la cuenca de lago Cuitzeo: análisis de su geografía y entorno socioambiental*, México. Instituto de Geografía/UNAM-Universidad Michoacana de San Nicolás de Hidalgo. pp. 210-213.
- NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-001-ECOL-1996. Límites Máximos Permisibles para Contaminantes Básicos en las Descargas de Aguas Residuales en Aguas y Bienes Nacionales.
- Roldán G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá: Universidad de Antioquia. 34 p.
- Roldán G. 2003. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 190 p.
- Roldán G., Ramírez J. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 2ª ed., Medellín: Universidad de Antioquia. 440 p.
- Rosas I, M Mazari, J Saavedra, A Báez. 1985. Benthic organisms as indicators of water quality in Lake Patzcuaro, Mexico. *Water, air and soil pollution*, 25 (4): 401-414.
- Saldaña FP, MJC Sandoval, LR López, E Salcedo. 2001. Utilización de un índice de diversidad para determinar la calidad del agua en sistemas lóticos. *Ingeniería Hidráulica en México*. 16 (2): 57-66.
- Sánchez A, R García. 1999. Biomonitorio de ríos en la gestión de cuencas: una aproximación introductoria. IX Congreso Nacional de Irrigación. Simposio 4. Manejo integral de cuencas hidrológicas, Culiacán, Sin. pp. 63-71.
- Vázquez G, G Castro, I González, R Pérez, T Castro. 2006. Bioindicadores como herramientas para determinar la calidad del agua.
- Zamora H. 1999. Adaptación del índice BMWP para la evaluación biológica de la calidad de las aguas epicontinentales de Colombia. *Rev. Unicauca-Ciencia*, 4: 47-60.