

University of Nebraska - Lincoln
DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln

Estudios en Biodiversidad

Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of

2015


Calidad del agua en la subcuenca fluvial La Garita, Acapulco, Guerrero por monitoreo con insectos

Ana Yolanda Rosas-Acevedo
Universidad Autónoma de Guerrero

Audel Sánchez-Infante
Universidad Autónoma de Guerrero

José Luis Rosas-Acevedo
Universidad Autónoma de Guerrero

Follow this and additional works at: <http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad>

 Part of the [Biodiversity Commons](#), [Botany Commons](#), and the [Terrestrial and Aquatic Ecology Commons](#)

Rosas-Acevedo, Ana Yolanda; Sánchez-Infante, Audel; and Rosas-Acevedo, José Luis, "Calidad del agua en la subcuenca fluvial La Garita, Acapulco, Guerrero por monitoreo con insectos" (2015). *Estudios en Biodiversidad*. 10.
<http://digitalcommons.unl.edu/biodiversidad/10>

This Article is brought to you for free and open access by the Parasitology, Harold W. Manter Laboratory of at DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln. It has been accepted for inclusion in Estudios en Biodiversidad by an authorized administrator of DigitalCommons@University of Nebraska - Lincoln.

Calidad del agua en la subcuenca fluvial La Garita, Acapulco, Guerrero por monitoreo con insectos

Ana Yolanda Rosas-Acevedo, Audel Sánchez-Infante, y José Luis Rosas-Acevedo

Resumen

La subcuenca La Garita (Región Hidrológica: Rh19Ac) ha sufrido la influencia del hombre, presenta escorrentía y momentos de estiaje, además de puntos aislados de contaminación por basura y descargas. Se realizó un monitoreo de insectos. Se exploró la posibilidad del uso del índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), para arroyos y ríos, en la determinación de la calidad del agua y del ecosistema. En la parte alta o cabecera (BMWP=122) correspondió a excelente (ecosistema no impactado), en la zona media o de transferencia (BMWP-CR=118) fue buena (ecosistema no alterado de manera sensible) y en la parte baja o zona de depósito (BMWP-CR=98) fue regular (ecosistema moderadamente impactado).

Palabras clave: Macroinvertebrados, biomonitoreo, problemática ambiental

Introducción

El sistema pluvial de la Garita que corresponde a la Zona 9 (Protección Civil y Bomberos, 2007) y región hidrológica Rh19Ac (CONAGUA/SIATL, 2011) se estructura en cuencas hidrográficas y en una red de drenaje compuesta por un sistema jerarquizado de cursos pluviales, desde pequeños surcos hasta ríos, que confluyen unos en otros hasta configurar el colector principal de la cuenca (González del Tágano, 2007), además de qué cada uno de estos cursos pluviales cuenta con una corriente natural fluctuante de agua y materiales sólidos que circula por un cauce con orillas bien definidas. En efecto, el cauce menor o canal fluvial es un elemento geomorfológico que se encarga del transporte del caudal hídrico y sólido del sistema fluvial.

De esta manera, los procesos que ocurren en los cauces están condicionados por las modificaciones que introduce el hombre en la cuenca y va a depender del nivel de actividad humana ligadas sobre todo al desarrollo urbano, que impacta fuertemente en la biota (Pozo-Morales *et al.*, 2014). La subcuenca La Garita, ha sufrido la influencia del hombre, de esta manera el

tipo de vegetación dominante que equilibra el clima de la región, se ha ido perdiendo en esta escorrentía intermitente, en donde se han presentado puntos aislados de contaminación por basura en el ramal del cauce abierto de longitud de 3.94 km, que se incrementan año con año, como ha sucedido de manera similar en otros cauces pluviales en Acapulco (Sampedro-Rosas *et al.*, 2011) y otros países (Camprodon *et al.*, 2012).

Considerando que la calidad del agua es un tema prioritario en la actualidad (EPA, 2010; Camprodon *et al.*, 2012), y que el ciclo natural del agua tiene gran capacidad de purificación, su aparente abundancia, hace que sea el vertedero habitual de los desechos producidos por las actividades humanas. Sin embargo, es incuestionable el valor económico de los ríos en cualquier parte del mundo, por los servicios que prestan a la sociedad, siendo el agua, la energía y el oxígeno los elementos que se reconocen como fundamentales para la vida. Por tal razón para conocer el estado de contaminación de un ecosistema acuático se deben realizar los biomonitoreos, que son herramientas en virtud de informar rápidamente sobre el estado de conservación

de los ecosistemas, ya que no solo permiten reconocer la calidad del agua, sino en general la calidad del ambiente, que puede estar degradado por fenómenos variados, como por ejemplo afectaciones al caudal y no necesariamente contaminación.

Los indicadores pueden agruparse en tres grandes tipos (Ordeix *et al.*, 2012): de calidad hidromorfológica, de calidad fisicoquímica, y de calidad biológica; éstos últimos relacionan los organismos con el ecosistema y los índices bióticos, que permiten valorar el estado ecológico a partir de la riqueza y la abundancia de organismos presentes.

La creciente necesidad para evaluar estos importantes recursos acuáticos superficiales y tomar acciones orientadas hacia la conservación de los mismos, exige formas de evaluación costo eficientes, científicamente válidas y ambientalmente benignas. Adicionalmente, estas evaluaciones deben ser de fácil acceso al público, que faciliten la toma rápida de decisiones, y al mismo tiempo, que ofrezcan certidumbre sobre las acciones emprendidas para la conservación.

Los índices biológicos pueden dar información no sólo de las condiciones momentáneas, sino también de lo sucedido en momentos previos a la toma de las muestras. Junto con la medición de parámetros fisicoquímicos, esta alternativa permite evaluar el impacto que la actividad humana tiene en el medio ambiente, ya sea en ecosistemas abiertos como en efluentes industriales o de aguas grises y negras (Klemm *et al.*, 2002).

Este trabajo consistió en la aplicación de un biomonitoreo de la calidad del agua en el cauce pluvial La Garita-Amates que recorre un área desde el Parque Nacional el Veladero hasta desembocar en la bahía de Santa Lucía (Acapulco). A las interrogantes ¿cuál es el nivel de contaminación del cauce pluvial La Garita?, ¿cuáles son las principales causas al problema ambiental que presenta?. Se realizó la determinación de los focos contaminantes en la zona y la colecta de los macroinvertebrados (larvas de insectos acuáticos).

El uso de insectos indicadores en la evaluación del agua, ha sido ampliamente recomendados (Alba-Tercedor, 1996; Figueroa *et al.*, 1996; Rosenberg *et al.*, 1997; Leiva, 2003; Alba-Tercedor *et al.*, 2004), esto se debe a que ofrecen numerosas ventajas (Carter *et al.*, 2007; Segnini, 2003) en estudios de impacto urbano (Pavé y Marchese, 2005).

El objetivo general fue determinar la calidad del agua en el cauce pluvial La Garita utilizando los

protocolos de biomonitoreo y el índice BMWP (Biological Monitoring Working Party) con macro invertebrados bentónicos como bioindicadores. Los objetivos específicos fueron analizar química y biológicamente el agua para identificar el grado de contaminación del cauce; con la cartilla de índice de BMWP, por medio de la identificación de los macroinvertebrados bentónicos presentes en el cauce, con énfasis en los insectos, determinar la calidad del agua y del ecosistema, e identificar los focos de contaminación asociados con los asentamientos humanos a lo largo del cauce del ramal principal de la subcuenca La Garita-Amates.

Materiales y Métodos

El área de estudio fue el cauce La Garita-Amates, localizado en la zona 9 Garita (Protección Civil y Bomberos, 2007) y Rh19aa (CONAGUA/SIATL, 2011), que va desde la parte alta (El Veladero) hasta desembocar al mar en su parte baja.

Solo se muestreó en la época de sequía pues de acuerdo a Barbour *et al.* (1999), es cuando las comunidades acuáticas son más estables y se minimiza el efecto de deriva provocado por las variaciones en el flujo durante la época de precipitaciones (Karr, 1987; Fleituch, 1992; Lyons, 1992; Dall, 1995 y An *et al.*, 2002). Uno de los supuestos en los protocolos rápidos de valoración es su valor regional, por lo mismo su uso extensivo es limitado. Sin embargo, aprovechando la amplia distribución de los macroinvertebrados en el nivel de familia, se explora la posibilidad del uso del protocolo BMWP, para arroyos y ríos.

Para la toma de muestras se dividió el cauce en tres áreas: alta (cabecera), media (zona de transferencia) y baja (zona de depósito), considerando la accesibilidad en las partes cubiertas del cauce. Se realizaron recorridos mensuales de muestreo, para el análisis fisicoquímico (Clesceri *et al.*, 1998; Carrera y Fierro, 2001; Fenoglio *et al.*, 2002) y para la colecta de las muestras biológicas, se recomienda utilizar muestras tomadas en la época de estío por varias razones: una cualidad de los biomonitoreos es tomar desiciones rápidas (Karr y Chu, 1999), por qué en la época de estío las comunidades acuáticas son más estables (AFNOR, 2003; Williams y Gaston, 1994; Pérez-Munguía y Pineda-López, 2005; Pérez-Munguía *et al.*, 2006).

Se empleó una red acuática con malla mosquitero tipo cuchara (las que se utilizan para el levantamiento de hojas en las albercas o coladores de malla fina), de 500 µm de diámetro de poro. La red se sumergió en

Tabla 1. Parámetros fisicoquímicos y microbiológicos a lo largo del cauce La Garita-Amates, en la época de estiaje

PARÁMETRO	PARTE ALTA	PARTE MEDIA	PARTE BAJA
pH	6.60±1.01	6.54±1.02	6.48±1.02
Alcalinidad (mg/L)	5±1	5±1	5±1
Temperatura (°C)	23±2	24±2	25±2
Oxígeno disuelto (mg/L)	3.84±1.5	2.02±1.5	0.85±1.5
Coliformes fecales	Negativo	Positivo	Positivo

el agua y se hicieron levantamientos de los sedimentos, los organismos encontrados fueron colectados y depositados en recipientes plásticos. Este procedimiento se repitió tres veces como mínimo en todas las estaciones de muestreo. Los macroinvertebrados fueron depositados en frascos con alcohol al 90% y etiquetados para su posterior separación, cuantificación e identificación utilizando una lupa estereoscópica y siguiendo los criterios taxonómicos de McCafferty y Provonsha (1998) y Merrit *et al.* (2008).

La composición y la estructura de las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos para aplicar el índice BWMP, fue con base en lo establecido para aguas en comunidades rurales y aguas residuales de zonas urbanas (Itzep *et al.*, 2009) y aguas en lagunas como la de Coyuca en Guerrero, México (Rosas-Acevedo *et al.*, 2014).

Los parámetros fisicoquímicos a monitorear fueron determinados de acuerdo a MMA (1997) y SEMARNAP-INE (2000). Se realizaron los análisis de temperatura (°C), oxígeno disuelto (mg/L), pH, alcalinidad (mg/L) y coliformes fecales (CONAGUA, 2006; Guerrero, 2006). Los fines de este trabajo

consideraron los valores de referencia (límites permisibles de calidad) citados en la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994.

Para el análisis de los resultados fisicoquímicos se empleó el programa Excel versión 2010, que permitió obtener los datos de cada una de las variables a través de un análisis univariado, tamaño de muestra, valor promedio, valor máximo y mínimo, varianza y desviación estándar.

Resultados

En el estudio espacio-temporal realizado en el cauce Garita-Amates, se evaluaron cinco variables básicas, que permitieron entender la dinámica del cauce a partir del comportamiento de estas variables (Figuras 1-3). La temperatura del agua, pH y el oxígeno disuelto presentaron poca variación de los resultados entre estaciones de muestreo, en tanto que la alcalinidad y los coliformes fecales variaron, con lo que se pudo visualizar que los valores permanecieron estables durante el tiempo en que se realizaron los muestreos.

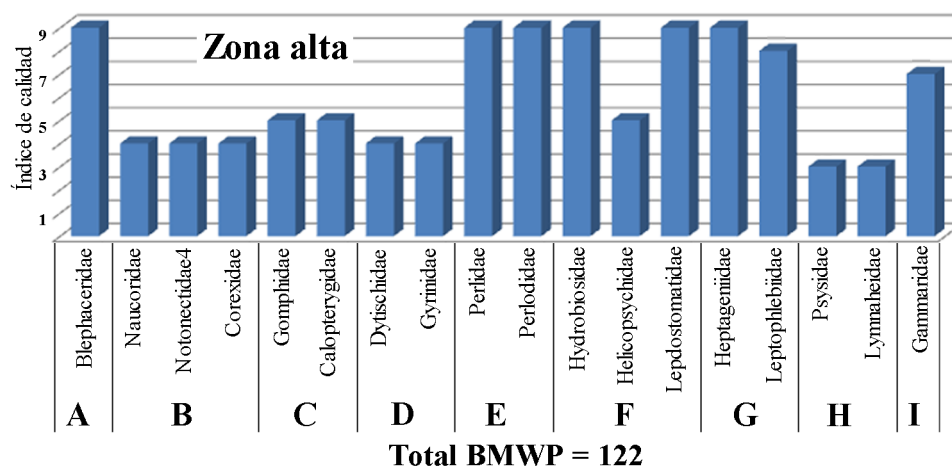


Figura 1. Insectos colectados y BMWP en la zona alta (cabecera) del Cauce Pluvial La Garita. A = Diptera; B = Hemiptera; C = Odonata; D = Coleoptera; E = Plecoptera; F = Trichoptera; G = Ephemeroptera; H = Mollusca; I = Crustacea.

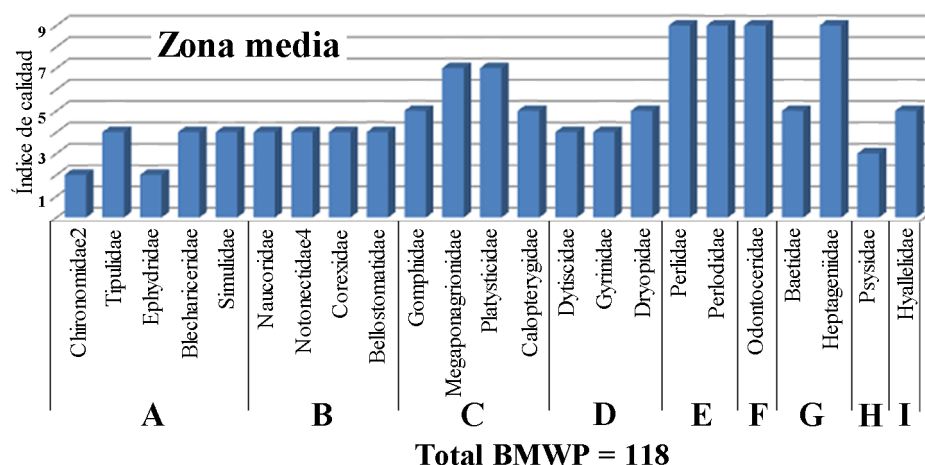


Figura 2. Insectos colectados y BMWP en la zona media (zona de transferencia) del Cauce Pluvial La Garita. A = Diptera; B = Hemiptera; C = Odonata; D = Coleoptera; E = Plecoptera; F = Trichoptera; G = Ephemeroptera; H = Mollusca; I = Crustacea.

Con base en los registros de los parámetros físico-químicos, la parte alta (cabecera) obtuvo los mayores registros en cuanto a Oxígeno Disuelto (OD), menores con respecto a la temperatura (Tabla 1), que se expresa por la diversidad de macroinvertebrados (Figura 1), lo que permite determinar que en esta área del cauce el ambiente se encuentra aún estable, no contaminado o no alterado de manera sensible, en donde la calidad del agua es buena. El incremento de la materia orgánica es el principal factor a considerar que contribuye a la reducción de la cantidad de OD e incremento de la temperatura, por consecuencia natural del propio ecosistema y a las descargas clandestinas de aguas residuales y a tiraderos a cielo abierto.

El segundo grupo (Figura 2) constituido por el pH, Temperatura y Oxígeno disuelto, presentó una alta distribución espacial, la respuesta en las concentraciones y valores de estas variables son, posiblemente, el resultado de modificaciones de los escenarios acuáticos del cauce, en donde el deterioro ambiental está estrechamente asociado con las acciones de tipo antrópico que se registran en este ecosistema.

Los grupos (Ordenes) de insectos encontrados en el recorrido del cauce pluvial desde la parte alta (cabecera) hasta la zona de depósito o baja fueron Diptera, Hemiptera, Odonata, Coleoptera, Plecoptera, Trichoptera, Ephemeroptera. También se encontró al Phylum Mollusca, algunos caracoles y del Phylum Arthropoda algunos organismos de la clase Crustacea, que representan la diversidad presente en este cauce (Figura 1). A continuación se detalla para la parte alta (cabecera) las familias presentes. Blephariceridae (Diptera)

insectos presentes en aguas de muy buena calidad a excelente; Naucoridae, Notonectidae y Corixidae (Hemiptera), familias presentes en aguas con calidad regular a mala; Gomphidae y Calopterygidae (Odonata), indicadores de aguas con calidad buena a regular; Dytiscidae y Gyrinidae (Coleoptera), organismos presentes en aguas con calidad regular a mala.

Además, Perlidae y Pelodidae (Plecoptera), insectos indicadores de aguas con calidad excelente a muy buena. Hydrobiosidae, Lepdostomatidae y Helicopsychidae, (Trichoptera), los dos primeros presentes en aguas con calidad de excelente a muy buena, y con buena a regular el último; Heptageniidae y Leptophlebiidae (Ephemeroptera), se encuentran generalmente en aguas con excelente a muy buena y de buena a regular calidad; Physidae y Lymnaeidae (Mollusca), organismos en aguas de calidad regular a mala; Hyalellidae (Crustacea), presentes en aguas de buena calidad.

En la zona de transferencia o media (Figura 2), se colectó a Chironomidae, Tipulidae, Ephydriidae, Blephariceridae y Simuliidae (Diptera); Naucoridae, Notonectidae, Corixidae y Belostomatidae (Hemiptera); Gomphidae, Megapogonagrionidae, Platystictidae y Calopterygidae (Odonata); Dytiscidae, Gyrinidae y Dryopidae (Coleoptera); Perlidae y Pelodidae (Plecoptera), Odontoceridae (Trichoptera); Baetidae y Heptageniidae (Ephemeroptera); Physidae (Mollusca); Hyalellidae (Crustacea).

De la misma manera en la parte baja o zona de depósito (Figura 3) se colectaron Chironomidae, Syrphidae y Ephydriidae (Diptera); Naucoridae, Notonectidae y Corixidae (Hemiptera); Gomphidae y Calopterygidae

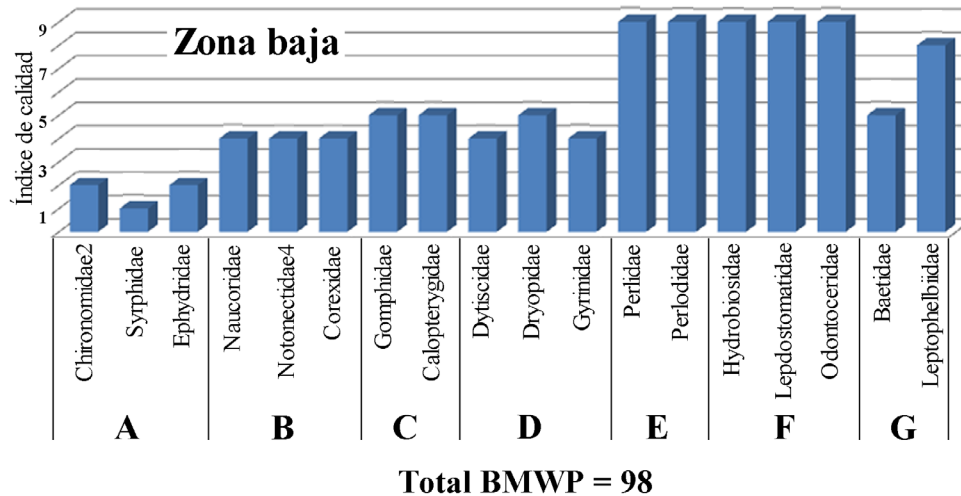


Figura 3. Insectos colectados y BMWP en la zona baja (zona de depósito) del Cauce Pluvial La Garita. A = Diptera; B = Hemiptera; C = Odonata; D = Coleoptera; E = Plecoptera; F = Trichoptera; G = Ephemeroptera.

(Odonata); Dytiscidae, Dryopidae y Gyrinidae (Coleoptera); Perlidae y Perlodidae (Plecoptera); Hydrobiosidae, Lepidostomatidae y Odontoceridae (Trichoptera); Baetidae y Leptophlebiidae (Ephemeroptera).

En tanto que los números del índice de calidad (1 a 9) para cada familia en cada una de las áreas de colecta, son los utilizados en la suma de puntajes para las familias identificadas para establecer un índice de calidad del agua y ambiental con base a los parámetros establecidos en los protocolos de BMWP. De acuerdo a estos resultados, se pudo establecer las áreas de calidad del agua (Tabla 2). En la parte alta o cabecera (BMWP=122) correspondió a excelente (ecosistema no impactado), en la zona de transferencia o media (BMWP=118) fue buena (ecosistema no alterado de manera sensible) y, en la parte baja o zona de depósito (BMWP=98) fue regular (ecosistema moderadamente impactado). Sin embargo se encontraron ejemplares de Perlidae y Perlodidae, con tolerancias de uno y cero respectivamente, de igual forma Trichoptera y Leptophlebiidae (muy intolerantes a la contaminación).

Con base en lo anterior la calidad del ecosistema, se etiqueta en azul para la zona alta (cabecera) y media (zona de transferencia), mientras que para la parte baja (zona de depósito) le corresponde el verde (Tabla 2).

Con respecto a la presencia positiva de coliformes fecales en la zona de transferencia o media y en la zona de depósito o baja del cauce La Garita, se debe en parte, a la frecuente descarga de aguas negras, residuales y jabonosas por parte de los vecinos en diferentes puntos del cauce, sin tomar en cuenta el impacto ambiental que se produce por la descarga de aguas con alto índice de contaminación, esta finalmente llega al mar, provocando contaminación en las playas aledañas a la desembocadura del cauce. La alta conductividad y los niveles de pH propician un ambiente ideal para las bacterias que como se mencionó anteriormente, pueden ocasionar severos problemas de salud.

De tal modo, que en el análisis de agrupamiento se observan dos ramificaciones principales (Figura 4). La primera está conformada por las estaciones de muestreo en la zona baja (B1, B2 y B3); la segunda

Tabla 2. Total de los puntajes para familias de insectos presentes y los niveles de calidad de agua según BMWP

PARTE DEL CAUCE	Σ ÍNDICE FAMILIAS	CALIDAD DEL AGUA/ECOSISTEMA	COLOR REPRESENTATIVO
Alta	122	Excelente/no impactado	Azul
Media	118	Buena/ no contaminado o no alterado de manera sensible	Azul
Baja	98	Regular/ contaminación moderada	Verde

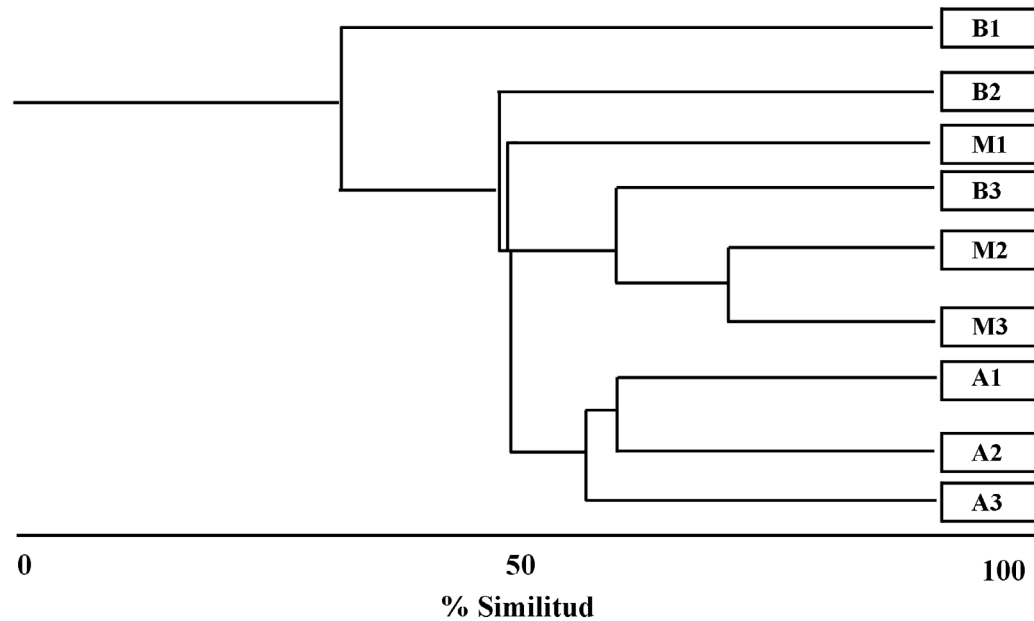


Figura 4. Dendrograma del análisis de similitud de especies encontradas en los sitios de muestreo a lo largo del cauce de la Garita-Amates.

ramificación se divide en dos subgrupos, el primero muestra las relaciones por pares de las estaciones de colecta en las zonas media (M1, M2 y M3) y alta (A1, A2 y A3) y el segundo, con los puntos de colecta de la zona baja (B3), de este modo, en general se obtuvo un porcentaje de similitud de 48.24%.

Los resultados obtenidos por el análisis de similitud mostraron con respecto al coeficiente de pérdida de la comunidad, una mayor pérdida de taxones en las estaciones de colecta en la parte baja o zona de depósito con respecto a la parte alta (cabecera) y media (zona de transferencia), lo que valida el resultado del índice BMWP, con respecto a la calidad del agua.

La alcalinidad total y los coliformes, fueron las variables fisicoquímicas que indicaron variaciones ambientales espaciales, al parecer como una respuesta de las modificaciones de los escenarios acuáticos del cauce, donde el deterioro ambiental está estrechamente asociado con las actividades antrópicas que se manifiestan en los puntos donde se levantaron los muestreos.

Discusión

Basados en el análisis de datos de las variables fisicoquímicas, se permite diferenciar dos grupos de variables de acuerdo con la distribución espacial. El primer grupo lo conforman aquellas variables que presentaron

valores espaciales más estables, como fueron la alcalinidad y los coliformes fecales. Aunque aparentemente estas variables no tuvieron incidencia en la determinación de la calidad del agua en el cauce Garita-Amates, son ampliamente estudiadas en la evaluación de las condiciones ambientales de los sistemas lóticos (Cai-cedo y Palacio, 1998).

El pH, Temperatura y Oxígeno disuelto, presentaron una alta distribución espacial y se relacionan principalmente con las descargas de aguas residuales vertidas directamente al cauce y con la presencia de residuos sólidos en las riveras y dentro del cauce (Rosas-Acevedo *et al.*, 2012a). El comportamiento espacial de las variables fisicoquímicas guarda una estrecha relación con las características eco-fisiológicas de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos determinados (Rosas-Acevedo *et al.*, 2012b).

Los insectos representan un importante vínculo entre los recursos de materia orgánica, tales como hojarasca, algas y detritus, entre otros aspectos, así como de las descargas por la actividad antrópica, que afectan a los organismos consumidores de niveles superiores en la red trófica (Allan y Castillo, 2007).

Sin embargo, aunque la concentración de los contaminantes disminuye en ciertos meses del año, no se logra compensar los efectos sociales y salubres que pueden ser ocasionados por la contaminación del cauce en la parte media (zona de transferencia) y baja (zona de

depósito), asociados a los asentamientos humanos y a las actividades que se desarrollan en los mismos y que generan problemáticas de tipo microbiológico y epidemiológico en los cauces, por ejemplo: Aguas Blancas, Río del Camarón y Base Naval o Brisas (Dimas-Mojarro, 2006; 2009) y en el manejo de los residuos sólidos urbanos para los cauces fluviales de la zona urbana y suburbana de Acapulco (Juárez-López, 2009).

Por otro lado, la presencia de ciertos microorganismos en las aguas cercanas a los asentamientos humanos, acarrear enfermedades de alto riesgo como son tuberculosis, dengue, fiebre tifoidea y cólera (Dimas-Mojarro, 2006; Sampredo-Rosas *et al.*, 2011). Otro de los problemas que también presenta el cauce La Garita-Amates es la emisión de olores desagradables, producto de las descargas clandestinas de aguas negras y de Residuos Sólidos Urbanos (RSU) que pueden causar severas infecciones respiratorias (Moreno, 2003), debido a la composición química del olor, la concentración de estos en el agua y su inminente presencia en el aire y por el periodo de exposición a los que se someten las personas que viven en los alrededores de la zona (Sampredo-Rosas *et al.*, 2011).

Los habitantes a lo largo de la cuenca no tienen una cultura sobre el agua y muchos lanzan al cauce los desechos sólidos y poseen descargas clandestinas, situación similar a lo que ocurre en otros cauces en Acapulco (Sampredo-Rosas *et al.*, 2011).

Las construcciones urbanas y el entubado del cauce Garita-Amates, han originado que el agua que corre a lo largo del mismo y sus encharcamientos se vayan contaminando y que esta contaminación se haga más fuerte en las partes bajas. Sin embargo, la biota registrada para las zonas media (de transferencia) y la baja (de depósito), incluyen a bioindicadores de aguas excelentes (Merrit *et al.*, 2008), lo que demuestra la capacidad de resiliencia del ecosistema.

Conclusiones

La composición espacial y el comportamiento eco-fisiológico de la comunidad de insectos acuáticos permite deducir que el agua del cauce La Garita-Amates, son de excelente calidad en la zona alta, considerando al ecosistema no impactado (BMWP-CR=122), en la parte media el ecosistema no está alterado de manera sensible, por lo que la calidad del agua es buena (BMWP=118), en tanto que en la zona baja son de calidad regular, y se considera que el ecosistema está moderadamente impactado (BMWP-CR=98).

Con base en lo anterior se considera que el cauce en general presenta contaminación moderada, pero con la presencia de insectos propios de agua con calidad excelente, indica que este ecosistema presenta microambientes con una capacidad de resiliencia rápida.

Literatura citada

- AFNOR: Association Francaise de Normalisation T 95 F. 2003. Norme Indice Biologique Global Normalise (IBGN). Projet de Norme IBGN. Mars 2003.
- Alba-Tercedor, J. 1996. Macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua de los ríos. VI Simposio del agua en Andalucía (SIAGA). Vol. II. 203-2013.
- Alba-Tercedor, J., P. Jaimez-Cuellar, M. Álvarez, J. Avilés, N. Bonada, J. Casas, A. Mellado, M. Ortega, I. Pardo, N. Prat, M. Rieradevall, S. Robles, C. E. Sáinz-Cantero, A. Sánchez-Ortega, M. L. Suárez, M. Toro, M. R. Vidalabarca, S. Vivas, y C. Zamora-Muñoz. 2004. Caracterización del estado ecológico de ríos mediterráneos ibéricos mediante el índice IBMWP (=BMWP'). *Limnetica* 21(3-4):175-185.
- Allan, J. D., y M. M. Castillo. 2007. Stream ecology, structure and function of running waters. Chatman & Hall. New York. N.Y. United States of America. 388 p.
- An, K. G., S. S. Park, y J. Y. Shin. 2002. An evaluation of a river health using the index of biological integrity along with relations to chemical and habitat conditions. *Environment International* 28:411-420.
- Barbour, M. T., J. Gerritsen, B. D. Zinder, y J. B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. Second edition. EPA 841 – B4199002. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water. Washington, D. C. 280 p.
- Caicedo, O., y J. Palacio. 1998. Los macroinvertebrados benthicos y la contaminación orgánica en la quebrada La Mosca (Guarne, Antioquía, Colombia). *Actualidades Biológicas*. 20(69):61-73
- Camprodón, J., M. T. Ferreira, y M. Ordiex. 2012. Restauración y gestión ecológica fluvial. Manual de buenas prácticas de gestión de riberas y ríos. CTFC/ISA Press. 390 p.
- Carrera, C., y K. Fierro. 2001. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. *EcoCiencia*. Quito. 70 p.
- Carter, J., L. Resh, V. H. Hannaford, y M. J. Myers. 2007. Macroinvertebrates as biotic indicators of environmental quality. *En: Hauer, F. R. and G. A. Lamberti*. eds. *Methods in stream biology*. 2a. ed. Academic Press, California, United States of America. pp. 805-831.
- Clesceri, L. S., A. E. Greenberg, y A. D. Eaton. 1998. Standard methods for the examination of water and wastewater.

- 20th ed. American Public Health Association, Washington, D. C. 430 p.
- CONAGUA: Comisión Nacional del Agua. 2006. Estadísticas del Agua en México. Comisión Nacional del Agua. SEMARNAT. México, Distrito Federal. 626 p.
- CONAGUA/SIATL: Comisión Nacional del Agua / Simulador de Flujo de Agua de Cuencas Hidrológicas. 2011. Remanentes de los volúmenes aprovechados en los diferentes usos del agua, descarga a lo largo de cauces. SGTI/NOM_CNA/normas/N11 PC. 258 p.
- Dall, P. C. 1995. Commonly used methods for assessment of water quality. *En*: Toman, M. J., and F. Steinman. (eds.). Biological assessment of stream water quality. Special Issue TEMPUS S_JEP 4724. University of Ljubljana. Slovenia. 4970 p.
- Dimas-Mojarro, J. J. 2006. Estudio microbiológico y epidemiológico de tres cuencas de la Bahía de Acapulco. Tesis de Maestría en Desarrollo Regional. Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero, México. 159 p.
- Dimas-Mojarro, J. J. 2009. Análisis del estado actual del agua del cauce Aguas Blancas del municipio de Acapulco, Guerrero, y propuesta para su manejo integrado. Tesis de Doctorado en Ciencias Ambientales. Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero, México. 185 p.
- Protección Civil y Bomberos. 2007. Zonificación de Acuerdo al Sistema de Alerta Meteorológica. Ayuntamiento Municipal de Acapulco. 34 p.
- EPA: United States Environmental Protection Agency. 2010. Constructed wetlands treatment of municipal wastewater. Manual. Cincinnati, Ohio, United States of America. 166 p.
- Fenoglio, S., G. Badino, y F. Bona. 2002. Benthic macroinvertebrate communities as indicators of river environment quality: an experience in Nicaragua. *Revista Biología Tropical* 50: 1125-1131.
- Figuroa, R., E. Araya, O. Parra, y C. Valdovinos. 1996. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua del Sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural* 76: 275-285.
- Fleituch, T. M. 1992. Evaluation of the water quality of future tributaries to the planned Dobczyce reservoir (Poland) using macroinvertebrates. *Hydrobiology* 237:103-116.
- González del Tágano, M. 2007. Estrategia Nacional de Restauración de Ríos. Jornada de Seguimiento de la Implementación de la Directiva Marco. 5-6. España.
- Guerrero, 2006. Calidad del agua. Reporte de los análisis físico-químicos y bacteriológicos del influente y efluente que se realiza en el laboratorio de control de calidad de las plantas potabilizadoras. Plantas potabilizadoras. Comisión de Agua Potable y Alcantarillado del Municipio de Acapulco (CAPAMA). Pagina en red: <http://www.capama.gob.mx/planta-potabilizadora.php>; (consultada 4 mayo, 2010).
- Itzep, J., R. Solís, B. Kohlmann, y R. O. Russo. 2009. Manejo de bioindicadores de calidad de aguas en comunidades rurales. *Tierra Tropical* 5(1):77-88.
- Karr, J. R. 1987. Biological monitoring and environmental assessment: a conceptual framework. *Environmental Management* 11(2):249-256.
- Karr, J. R., y E. W. Chu. 1999. Restoring Life in Running Waters - Better Biological Monitoring. Island Press, Covelo, California. 210 p.
- Leiva, M. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de calidad de agua en la Cuenca del Estero Peu Peu Comuna de Lautaro IX región de la Araucanía. Tesis presentada a la Facultad de Ciencias de la Universidad Católica de Temuco, Temuco, Chile. 111 p.
- Lyons, J. 1992. Using The Index of Biotic Integrity (IBI) To Measure Environmental Quality In Warm water Streams of Wisconsin. United States Department of Agriculture. Forest Service. North Central Forest Experiment Station. General Technical Report NC149. Saint Paul Minnesota. 51 p.
- Juárez-López, A. L. 2009. Manejo de residuos sólidos urbanos para los cauces fluviales de la zona urbana y suburbana de Acapulco, Guerrero. Tesis de Doctorado. Doctorado en Ciencias Ambientales. Unidad de Ciencias de Desarrollo Regional. Universidad Autónoma de Guerrero, Acapulco, Guerrero, México. 145 p.
- Klemm, D., J. Karen, A. Blocksom, W. T. Thoeny, F. A. Fulk, A. T. Herlihy, P. R. Kaufmann, y S. M. Cormier. 2002. Methods development and use of macroinvertebrates of ecological conditions for streams in the Mid-Atlantic Highlands and regions. *Environmental Monitoring and Assessment* 78:169-212.
- McCafferty, W. P., y A. R. Provonsha. 1998. Aquatic Entomology. Jones and Bartlett Publishers. Massachusetts, United States of America. 448 p.
- Merritt, R. W., K. W. Cummins, y M. B. Berg. 2008. An introduction to the aquatic insect of North America. Fourth edition. Kendall/Hunt Publishing Company. United States of America. 1158 p.
- MMA: Ministerio de Medio Ambiente. 1997. Instrucción Técnica complementaria sobre determinaciones químicas y microbiológicas para el análisis de las aguas. ITC-MMA.EECC-1/06. 243p.
- Moreno, Ma. D. 2003. Toxicología Ambiental. Evaluación de riesgo para la salud humana. McGraw-Hill. España. 370 p.
- NOM: Norma oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Modificación a la Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994, Salud ambiental, agua para uso y consumo humano-límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Diario Oficial

- de la Federación, 20 de octubre de 2000. México, Distrito Federal.
- Ordeix, M., I. Perrée, M. Plans, L. Puértolas, T. Puntí, B. Ríos, P. Rodríguez, y N. Sánchez. 2012. Sección 3, 4 y 5. *En*: Prat, N., M. Rieradevall, y P. Fortuño. (Eds). Metodología F.E.M. para la evaluación del estado ecológico de los ríos mediterráneos. Universidad de Barcelona. 44 p.
- Pavé, P., y M. Marchese. 2005. Invertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua en ríos urbanos (Paraná-Entre Ríos, Argentina). *Ecología Austral* 15:183-197.
- Pérez-Munguía, R. M., y R. Pineda-López. 2005. Diseño de un Índice de Integridad Biótica, para ríos y arroyos del Centro de México, usando las asociaciones de macroinvertebrados. *En*: Morales, Mendoza, Ibarra y Stanford (Eds). Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Entomología. *Entomología Mexicana* 4:241-245.
- Pérez-Munguía, R. M., M. Madrigal-Pedraza, R. M. Ortiz-Muñoz, V. M. Ramírez-Melchor, U. Torres-García, y M. A. Piñón-Flores. 2006. Análisis comparativo del índice de integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA) con el índice biológico global normalizado (IBGN) en arroyos y ríos del estado de Michoacán. *En*: Estrada-Venegas, E., J. Romero-Nápoles, A. Equihua-Martínez, C. Luna-León, y J. L. Rosas-Acevedo (Eds.). Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Entomología. *Entomología Mexicana* 5(1):375-380.
- Pozo-Morales, L., M. Franco, D. Garvi, y J. Lebrato. 2014. Experimental basis for the design of horizontal subsurface-flow treatment wetlands in naturally aerated channels with an anti-clogging Stone layout. *Ecological Engineering* 70:68-81.
- Protección Civil y Bomberos. 2007. Zonificación de Acuerdo al Sistema de Alerta Meteorológica. Ayuntamiento Municipal de Acapulco. 105 p.
- Rosas-Acevedo, A. Y., A. Sánchez-Infante, y J. L. Rosas-Acevedo. 2012a. Determinación de la calidad del agua del arroyo Sinaí por insectos bioindicadores; en el área suburbana de Acapulco, Gro. *En*: Equihua-Martínez, A., E. G. Estrada-Venegas, J. A. Acuña-Soto, M. P. Chaires-Grijalva, y G. Durán-Ramírez (eds.) Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Entomología. *Entomología Mexicana*. Sección Entomología Urbana y Legal 11(2):943-947.
- Rosas-Acevedo, J. L., A. Sánchez-Infante, A. Y. Rosas-Acevedo, L. Sampedro-Rosas, I. Conde-Guatemala, y J. González-González. 2012b. La Calidad del agua, en la laguna de Tres Palos, Municipio de Acapulco, Guerrero y sus bioindicadores. *En*: Equihua-Martínez, A., E. G. Estrada-Venegas, J. A. Acuña-Soto, M. P. Chaires-Grijalva, y G. Durán-Ramírez (eds.) Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Entomología. *Entomología Mexicana*. Sección Entomología Urbana y Legal 11(2):939-942.
- Rosas-Acevedo, J. L., H. Ávila-Pérez, A. Sánchez-Infante, A. Y. Rosas-Acevedo, S. García-Ibañez, L. Sampedro-Rosas, J. G. Granados-Ramírez, y A. L. Juárez-López. 2014. Índice BMWP, FBI y EPT para determinar la calidad del agua en la laguna de Coyuca de Benítez, Guerrero, México. *Revista Iberoamericana de Ciencias* 1(2):82-88.
- Rosenberg, D. M., I. J. Davies, D. G. Cobb, y A. P. Wiens. 1997. Ecological monitoring and assessment network (EMAN) Protocols for measuring biodiversity: Benthic Macroinvertebrates in Freshwaters. Department of Fisheries and Oceans. Freshwater Institute, Winnipeg, Manitoba. 53. Appendices. Página en red: <http://www.cciw.ca/eman-temp/research/protocols/freshwater/benthic>; (consultado 28 junio, 2013).
- Sampedro-Rosas L., A. L. Juárez-López y J. L. Rosas-Acevedo. 2011. Contaminación en cauces de la Ciudad de Acapulco, Guerrero, México. Problemática de los RSU y contaminación microbiológica del agua de cauces fluviales. Editorial Académica Española. 63 p.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos* 16(2):45-63
- SEDESOL y COREMI: Secretaría de Desarrollo Social y Consejo De Recursos Minerales. 2004. Atlas de peligros naturales de la ciudad. Identificación y Zonificación. Acapulco, Guerrero. 19 p.
- SEMARNAP-INE: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca - Instituto Nacional de Ecología. 2000. Criterios ecológicos de la calidad del agua. Norma Oficial Mexicana NOM-127-SSA1-1994. Salud ambiental, agua para uso y consumo humano, límites permisibles de calidad y tratamientos a que debe someterse el agua para su potabilización. Manuscrito, sin paginación.
- Torres-García, U., y M. A. Piñón-Flores. 2006. Análisis comparativo del índice de integridad biótica con base en las asociaciones de macroinvertebrados acuáticos (IIBAMA) con el índice biológico global normalizado (IBGN) en arroyos y ríos del estado de Michoacán. *En*: Estrada Venegas, E., J. Romero-Nápoles, A. Equihua-Martínez, C. Luna-León, y J. L. Rosas-Acevedo (Eds.) Colegio de Postgraduados-Sociedad Mexicana de Entomología. *Entomología Mexicana* 5(1):375-380.
- Williams, P. H., y J. Gaston. 1994. Measuring more of biodiversity: Can higher taxa richness predict who sale species richness?. *Biological Conservation* 67:211-217.