



## The Biologist (Lima)



ORIGINAL ARTICLE / ARTÍCULO ORIGINAL

### DETERMINATION OF WATER QUALITY THROUGH BIOLOGICAL INDICATORS IN THE DAM XHIMOJAY, MUNICIPALITY OF JILOTEPEC, ESTADO DE MEXICO, MEXICO

### DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS EN LA PRESA XHIMOJAY, MUNICIPIO DE JILOTEPEC, ESTADO DE MÉXICO, MÉXICO

Asela del Carmen Rodríguez-Varela; Mitzi Alejandra Fonseca-Romero;  
Horacio Vázquez-López & Adolfo Cruz-Gómez

Laboratorio de Ecología de Peces, Facultad de Estudios superiores Iztacala, Universidad Nacional Autónoma de México, Av. De los Barrios, No. 1, Los Reyes Iztacala, C.P. 54090, Tlalnepantla, Estado de México, México.  
Autor de correspondencia: [asela@comunidad.unam.mx](mailto:asela@comunidad.unam.mx)

## ABSTRACT

The water quality was determined in the Xhimojay dam, Estado de Mexico, Mexico, using biological indicators. Monthly samplings were carried out from January to December 2013. The collection sites were georeferenced. In each site the physicochemical parameters were recorded. A collection of zoobenthos was performed by using a 500  $\mu\text{m}$  mesh bottom network. All the specimens were fixed, subsequently identified, counted and weighed. The abundance was standardized in individuals  $\text{m}^{-2}$  and  $\text{g m}^{-2}$ . The biological indices FBI (Family Biological Index), BMWP (Biological Monitoring Working Party) and ASPT (Average Score Per Taxon) were used. There were collected 17191 individuals, divided in 20 taxa, 16 were determined at the family level, two at the order level and two at the class level. Corixidae was the most representative family (32.6%), while the families with the lowest abundances were Lymnaeidae (0.05%), Belostomatidae (0.02%) and Dytiscidae (0.02%), considered as rare groups. According to the values of the FBI index, the water quality in the Xhimojay dam is classified as regular in both seasons. The values of the BMWP and ASPT indexes classify the quality of the dam in a range of slightly polluted and likely severe contamination. In all three indices, there is a slight decrease in pollution during the rainy season. It was concluded that the Xhimojay dam was characterized by being shallow, transparent, warm, hyperoxygenated, soft and excessively alkaline; richness, diversity and equity were considered intermediate. With the physicochemical parameters recorded, the Xhimojay dam can be characterized, but they could not be used as indicators of water quality.

**Key words:** abundance – biological index – reservoir – richness – water quality

## RESUMEN

Se determinó la calidad del agua en la presa Xhimojay, Estado de México, México, empleando indicadores biológicos. Se realizaron muestreos mensuales de enero a diciembre de 2013. Los sitios de colecta fueron georeferenciados. En cada sitio se registraron los parámetros fisicoquímicos. Se realizó una recolecta de zoobentos empleando una red de fondo con malla de 500  $\mu\text{m}$ . Todos los ejemplares se fijaron, posteriormente se identificaron, se contaron y pesaron. La abundancia se estandarizó en individuos  $\text{m}^{-2}$  y en  $\text{g m}^{-2}$ . Se emplearon los índices biológicos FBI (Family Biological Index), BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ASPT (Average Score Per Taxon). Se colectaron 17191 individuos, distribuidos en 20 taxones, se determinaron 16 a nivel de familia, dos a nivel de orden y dos a nivel de clase. Corixidae fue la familia más representativa (32,6%), mientras que las familias que presentaron las menores abundancias fueron Lymnaeidae (0,05%), Belostomatidae (0,02%) y Dytiscidae (0,02%), considerándose como grupos raros. De acuerdo con los valores del índice FBI, la calidad del agua en la presa Xhimojay se clasifica regular en ambas épocas. Los valores de los índices BMWP y ASPT clasifican la calidad de la presa en un intervalo de ligeramente contaminada y probable contaminación severa. En los tres índices se observa un ligero decremento en la contaminación en la época de lluvias. Se concluyó que la presa Xhimojay, se caracterizó como poco profunda, transparente, tibia, hiperoxigenada, blanda y excesivamente alcalina, la riqueza, diversidad y equitatividad fueron consideradas intermedias. Con los parámetros fisicoquímicos registrados se pudo caracterizar la presa Xhimojay, pero no pudieron emplearse como indicadores de la calidad del agua.

**Palabras clave:** abundancia – calidad del agua – embalse – índice biológico – riqueza

## INTRODUCTION

Desde 1974, la Comisión Nacional del Agua (CONAGUA) monitorea de manera sistemática la calidad del agua en México utilizando parámetros físico-químicos, y desde 2003, utiliza indicadores de la calidad del agua, demanda bioquímica de oxígeno ( $\text{DBO}_5$ ), demanda química de oxígeno (DQO) y sólidos suspendidos totales (SST). Estos parámetros son útiles para medir la cantidad de materia orgánica en el agua, pero no reflejan el riesgo tóxico ni mucho menos la integridad biótica de los recursos acuáticos, así como el impacto real o total de las actividades humanas sobre los ecosistemas acuáticos (Cairns & Pratt, 1993; Prat *et al.*, 1996).

Para tener una visión integral de las alteraciones de los ecosistemas acuáticos se desarrollaron métodos biológicos que emplean a las comunidades acuáticas. Las técnicas que utilizan organismos acuáticos para monitorear la calidad del agua han demostrado su eficiencia en la detección de alteraciones (Rosenberg & Resh, 1993).

Gibbson *et al.* (1996), propusieron que las afectaciones (químicas, físicas y/o biológicas) a los sistemas acuáticos, se reflejan en daños en la condición y el funcionamiento de las comunidades bióticas. Los índices bióticos parten de este principio y por lo tanto, son medidas de las condiciones biológicas presentes de tal forma que proveen de una fuente significativa de comparación con las condiciones esperadas en ausencia de los impactos humanos (Barbour *et al.*, 1999).

Los grupos de bioindicadores más ampliamente utilizados desde hace décadas en varios países son la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y los peces (Rosenberg & Resh, 1993).

Existen numerosos protocolos de muestreo de macroinvertebrados acuáticos e índices bióticos, como el Índice Biótico de Familia (FBI), Índice de Calidad del Agua (ICA), entre otros, utilizados en diversos países para evaluar y determinar el estado de salud de los cuerpos de agua. Estos protocolos han sido diseñados para que su implementación sea fácil, de bajo costo y sobre todo poder ser aplicados

en diversas regiones y estudios (Resh, 1995).

El estudio de la fauna bentónica presenta importancia en aspectos tanto ecológicos como económicos, ya que forma parte de la red trófica y la transferencia de energía (Juárez & Ibáñez, 2003), además son uno de los grupos biológicos más ampliamente usados como indicadores de calidad del agua. Esto se debe a que integran muchas de las cualidades que se esperan de un indicador. Entre éstas, destaca su elevada diversidad y que estén representados diferentes taxones, con requerimientos ecológicos diferentes relacionados con las características hidromorfológicas (velocidad del agua, sustrato), fisicoquímicas y biológicas del medio acuático, su presencia constante, periodos de vida que solo abarcan meses. Hábitos sedentarios (Webber *et al.*, 1989; Alba-Tercerdor *et al.*, 2005).

Se han realizado diferentes estudios utilizando índices biológicos basados en macroinvertebrados, como el índice de Beck, Biological Monitoring Working Party (BMWP), Average Score Per Taxon (ASPT), Efemerópteros, Plecópteros y Tricópteros (EPT), Family Biotic Index (FBI), Índice de calidad del agua (ICA), Índice Biótico Extendido (IBE) e Índice de Integridad Biótica (IIB), para evaluar la calidad del agua de distintos cuerpos como el lago de Pátzcuaro, la quebrada, La Bendición, los ríos Amacuzac y Balsas, el río San Juan, río Lerma, el lago de Chapala y el lago Atitlan México, clasificándolos desde no contaminados, hasta poco contaminados.

El estudio de los macroinvertebrados bentónicos permitirá una mejor comprensión de cómo y de qué manera es afectado un ecosistema de agua dulce por un contaminante. Por lo que el objetivo del presente estudio fue determinar la calidad del agua mediante indicadores biológicos en la presa Xhimojay, municipio de Jilotepec, Estado de México, México.

## MATERIALES Y MÉTODOS

La presa Xhimojay se localiza en el municipio de Jilotepec, Estado de México, pertenece a la región hidrológica del Alto Pánuco (Fig. 1). Presenta un

clima templado subhúmedo con lluvias en verano y dos temporadas, estiaje (noviembre-abril) y lluvias (mayo-octubre).

Se realizaron muestreos mensuales de enero a diciembre de 2013. Los sitios de colecta fueron georeferenciados con un GPS Magellan Map 410. En cada lugar se registraron profundidad y transparencia con un disco de Secchi WaterMark, temperatura del agua y conductividad con un conductímetro YSI 30, oxígeno disuelto con un oxímetro OAKTON DO 300 y pH con potenciómetro digital marca ORION 290 WD-35624-74.

La recolecta del zoobentos se realizó con una red acuática de fondo con estructura de aluminio marca WaterMark con boca rectangular de 25,4 cm por 45,72 cm con 25,4 cm de profundidad, mango de 152,4 cm y abertura de malla de 500  $\mu\text{m}$  (red aprobada por la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos para realizar muestreos confiables de organismos bentónicos en ríos, lagos, presas o embalses) (Forestry Suppliers Inc., 2005; Ramírez 2010a). En cada muestreo se realizaron arrastres de 1,0  $\text{m}^2$ .

Los ejemplares capturados fueron tamizados y colocados en frascos de plástico debidamente rotulados, fijados en formol al 10% y trasladados al Laboratorio de Ecología de Peces en la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM; en todos los casos se atendieron los criterios que establece la Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010: Protección ambiental-Especies nativas de México de flora y fauna silvestres-Categorías de riesgo y especificaciones para su inclusión, exclusión o cambio-Lista de especies en riesgo (SEMARNAT, 2010). Los diferentes grupos fueron identificados hasta un nivel taxonómico permisible (Ruttner-Kolisho, 1962; Needham & Needham, 1978; Merrit & Cummins, 1996; Thorp & Covich, 2001; Flowers & de la Rosa, 2010; Gutiérrez-Fonseca, 2010; Ramírez, 2010b; Springer, 2010). Se contabilizó el número de organismos de cada grupo, y se registró el peso de cada uno en una balanza digital Acculab VI-1 mg con una capacidad de 120 g y 0,001 g de precisión; la abundancia se estandarizó en individuos  $\cdot\text{m}^{-2}$  y en  $\text{g}\cdot\text{m}^{-2}$ .

Para evaluar la calidad del agua se emplearon los

siguientes índices biológicos:

#### FBI

El índice biótico fue desarrollado originalmente por Hilsenhoff (1988), para proporcionar un único "valor de tolerancia", que es el promedio de los valores de tolerancia de todas las especies dentro de la comunidad de artrópodos bentónicos. El índice biótico fue posteriormente modificado para el nivel de la familia con valores de tolerancia que van de 0 (excelente) a 10 (muy pobre) (Tabla 1) en función de su tolerancia a la contaminación orgánica.

$$FBI = \sum \frac{x_i t_i}{n}$$

Donde:

" $x_i$ " = Número de individuos en el taxón "i-ésimo"

" $t_i$ " = Valor de tolerancia del taxón "i-ésimo"

" $n$ " = Número total de organismos en la muestra.

#### BMWP

Proporciona valores individuales a nivel familiar, representante de la tolerancia de los organismos a la contaminación. Cuanto mayor sea su tolerancia hacia la contaminación, menor es el puntaje BMWP. Para reflejar las condiciones dentro de América del Norte, Mackie (2001), modificó éste índice. Se calcula sumando las puntuaciones individuales de todas las familias y del orden oligoquetos (Friedrich *et al.*, 1996), representada dentro de la comunidad (Tabla 2).

#### ASPT

La puntuación media por taxón (ASPT) representa la puntuación media de tolerancia de todos los taxones dentro de la comunidad, y se calcula dividiendo BMWP entre el número de familias representadas en la muestra (Friedrich *et al.*, 1996) (Tabla 3).

Para la caracterización ecológica de la presa se calcularon los siguientes índices, obtenidos a partir del programa PRIMER 6 v.6.1.6 (Clarke & Warwick, 2001) y Microsoft Excel 2013.

Riqueza específica (S): se registró contando el número total de grupos presentes durante todo el estudio.

Riqueza de Margalef (d)

$$d = \frac{S - 1}{\log(N)}$$

Donde:

S= número de especies por estación

N= total de individuos por estación

Para calcular la diversidad de especies, el valor de equitatividad y dominancia en el sistema, se emplearon los índices de diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ ), índice de equitatividad de Pielou basado en Shannon ( $J'$ ) e índice de Dominancia de Simpson:

Diversidad de Shannon  $H'$ :

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

$$H' = -\sum p_i * \log p_i$$

Donde:

$n_i$ = Número de individuos de la especie "i" en la estación.

N = Número total de individuos de todas las especies en la misma estación.

$H'$  = Diversidad de Shannon (decits).

$p_i$  = Abundancia relativa en proporción de cada especie "i-ésima" con respecto a la abundancia total de todas las especies en la estación.

Equitatividad  $J'$ :

$$j' = \frac{H'}{H_{max}}$$

Donde:

S= Riqueza de especies

$H_{max}$  = Diversidad bajo condiciones de máxima equitatividad

$H_{max} = \log S$

$H'$  = Valor de diversidad de Shannon

$J'$  = Equitatividad de Pielou

Dominancia de Simpson  $\lambda$ :

$$\lambda = \sum_{i=1}^s p_i^2$$

$$p_i = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

$\lambda$  = Índice de Dominancia de Simpson

$p_i$  = Es la abundancia relativa en proporción, de cada especie  $i$ -ésima, con respecto a la abundancia total de todas las especies en la estación

$n_i$  = Número de individuos de la especie  $i$ -ésima de la estación

$N$  = Número total de individuos de todas las especies en la misma estación

en febrero, temperatura del agua promedio de 20,86 °C, con una mínima de 17,1°C en marzo y una máxima de 25,53°C en octubre, oxígeno disuelto en promedio de 8,78 mg/L con mínima de 6,33 mg/L en septiembre y una concentración máxima de 11,24 mg/L en diciembre, conductividad promedio de 144,28  $\mu$ S, con una mínima de 80,83  $\mu$ S en agosto y una máxima de 234,85  $\mu$ S en mayo y pH promedio de 9,39, con una mínima de 7,8 en marzo y una máxima de 13,78 en diciembre.

## RESULTADOS Y DISCUSIÓN

El sistema se caracterizó por una profundidad promedio de 57,01 cm, con una mínima de 25,5 cm en agosto y una máxima de 92 cm en febrero, transparencia promedio de 30,36 cm, con una mínima de 8,5 cm en junio y una máxima de 62 cm

De acuerdo a los valores promedio, la presa Xhimojay se caracterizó como una presa de temperatura tibia, hiperoxigenada, excepto en los meses de marzo, agosto y septiembre que se clasificó como muy oxigenada, pH excesivamente alcalino y con base en la conductividad de dureza blanda, excepto en el mes de marzo que es una dureza muy blanda (Lampert & Sommer, 2007; Fernández *et al.*, 2010).

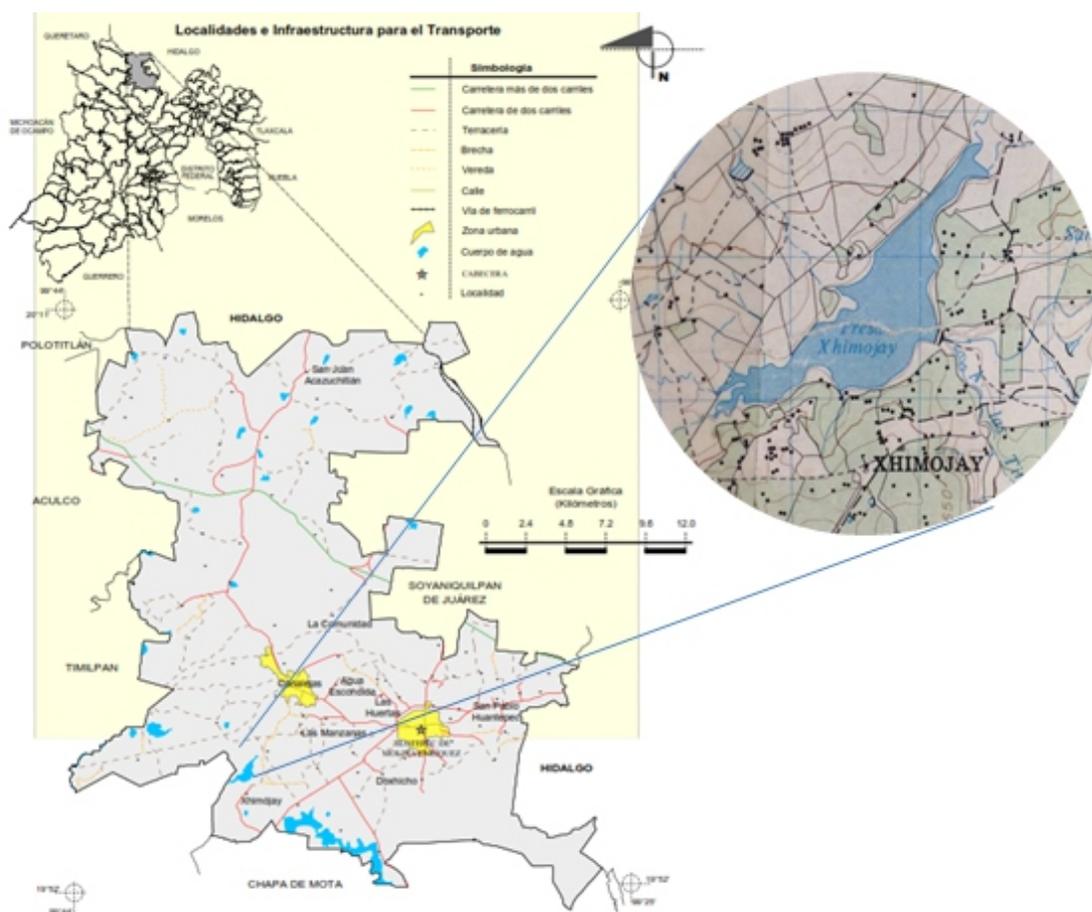


Figura 1. Área de estudio.

Con relación a la densidad, se colectaron un total de 17191 individuos, distribuidos en 20 taxones, de las cuales se determinaron 16 a nivel de familia, dos a nivel de orden y dos a nivel de clase, siendo Corixidae (32,6%) la familia más representativa, seguida por Gammaridae (21,9%). Contrastando con lo anterior, las familias que presentaron las menores abundancias fueron Lymnaeidae (0,05%), Belostomatidae (0,02%) y Dytiscidae (0,02%), considerándose como grupos raros (Fig. 1).

Comparando la densidad observada con la del lago de Zempoala (Quiroz *et al.*, 2000) donde la densidad total fue 10 618 ind·m<sup>-2</sup> considerada como alta y la del lago Atitlán con una abundancia de 24241 (Reyes-Morales & Springer, 2014), se puede considerar que Xhimojay presenta una densidad intermedia.

De los grupos encontrados, cinco taxas pertenecen al grupo de los raspadores (Planorbidae, Lymnaeidae, Physidae, Daphniidae y Corixidae), tres pertenecen a los filtradores (Calanoida, Cyclopoida y Ostracoda), dos pertenecen a los detritívoros (Gammaridae y Cambaridae), tres a los recolectores (Baetidae, Oligochaeta y

Chironomidae) y por último y predominante fue el grupo de los depredadores, a los cuales pertenecen ocho taxas (Coenagrionidae, Notonectidae, Belostomatidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Hydrachnidae, Hirudinea y Chironomidae). Los depredadores tienen una mayor actividad entre las especies, lo que ocasiona una alta diversidad pero con un escaso número de individuos para cada una de ellas, generando una producción baja debido a la escasez de nutrientes (Roldán & Ramírez, 2008).

Los cambios en la caracterización ecológica de la comunidad de macroinvertebrados fueron relativamente pocos, notándose una leve tendencia a aumentar para la época de lluvias. En ambas épocas los valores de riqueza, diversidad y equitatividad resultan ligeramente altas, corroborado por la dominancia (Tabla 4).

Sin embargo, en comparación con lo obtenido en estudios similares como en el lago de Chapala (López-Hernández *et al.*, 2007), la riqueza de especies se considera baja, también, se observó una dominancia por parte de la familia Corixidae. Como mencionan Contreras *et al.* (2005), estos organismos mantienen una relación directa con el

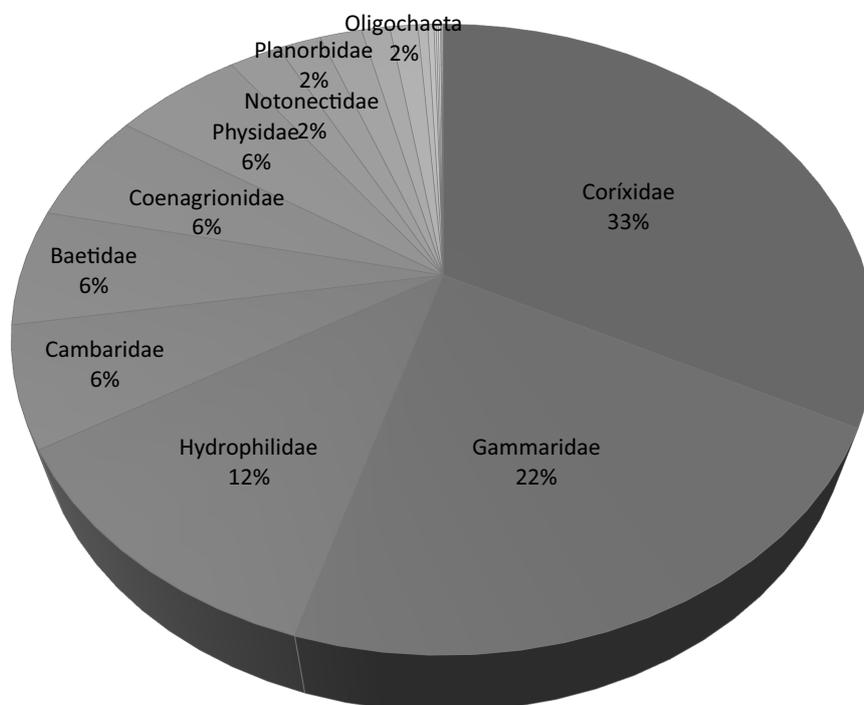


Figura 2. Densidad porcentual por familia.

oxígeno disuelto, el cual presentó valores muy altos durante el mes de noviembre, mismo mes en que se presentó la mayor abundancia de corixidos, lo que favorece la respiración de estos insectos al permitir que la burbuja creada durante ese proceso dure más tiempo bajo la superficie del agua (Eckert *et al.*, 1998).

Contreras *et al.* (2009), mencionan que la familia Corixidae se ve favorecida por temperaturas bajas, ya que como señalan Hutchinson & Edmonson (1993), estos organismos poseen un origen de tipo holártico, por lo que el descenso en los valores de temperatura incrementan su abundancia, lo que es similar a lo observado en el presente estudio para el mes de noviembre; aunado a lo anterior, esta familia se presenta en aguas poco profundas como las de la presa Xhimojaj, la cual nunca rebasó un metro de profundidad y la presencia de presas es persistente, principalmente larvas de díptero (Contreras *et al.*, 2009).

El segundo grupo dominante fueron los anfípodos de la familia Gammaridae, el que pudo verse influido por la disponibilidad de alimento, temperatura y conductividad. El ciclo vital de los anfípodos hace de ellos un grupo tolerante a un cierto grado de contaminación orgánica, como en el caso de la presa, sin embargo, éstos pueden llegar a desaparecer completamente a concentraciones elevadas de este tipo de contaminación (Punjante, 1997).

Se identificaron un total de catorce familias indicadoras de mala calidad del agua, tres de buena calidad y tres de regular calidad del agua.

De acuerdo con los valores adquiridos en el índice FBI, la calidad del agua en la presa Xhimojaj se clasifica regular en ambas épocas. Por otra parte los

valores adquiridos con los índices BMWP y ASPT clasifican la calidad de la presa en un intervalo de ligeramente contaminada y probable contaminación severa. En los tres índices se observa un ligero decremento en la contaminación en la época de lluvias (Tabla 5).

La aplicación de los índices bióticos presenta una gran ventaja con relación a los índices de diversidad, también son un complemento a los índices fisicoquímicos, debido a que basan sus resultados en características de la comunidad ecológica, como la estructura de la comunidad y la sensibilidad o tolerancia que cada grupo presenta frente a los cambios o alteraciones del sistema; o bien, por procesos de contaminación. Con estos, se pudo clasificar a la Presa Xhimojaj como contaminada, esto se corrobora parcialmente con los parámetros fisicoquímicos (Figueroa *et al.*, 2003).

La ausencia de familias como Naucoridae, Valiidae, Guerridae (Hemiptera), y familias pertenecientes al orden Collembola, indicadores de una muy mala calidad del agua, así como las familias Perlidae (Plecoptera), Polythoridae (Odonata), Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Ptilodactylidae (Coleoptera) y Leptoceridae (Trichoptera), indicadores de una muy buena calidad del agua y la presencia de catorce familias indicadoras de mala calidad del agua, tres de buena calidad del agua y tres de calidad del agua regular, son factores que influyen en la clasificación de contaminación moderada para la presa Xhimojaj (Mandaville, 2002; Pino *et al.*, 2003; Hurtado *et al.*, 2005; Gamboa *et al.*, 2008).

Cada uno de los índices aplicados arrojó una clasificación diferente de calidad de agua, esto puede ser debido a que FBI es de tipo cuantitativo y

**Tabla 1.** Clasificación de la calidad del agua con base en el índice biótico de Hilsenhoff (1988).

FBI	Calidad del agua	Grado de contaminación orgánica
0,00-3,75	excelente	sin contaminación aparente
3,76-4,25	muy buena	contaminación ligera
4,26-5,00	buena	contaminación poco aparente
5,01-5,75	regular	contaminación poco significativa
5,76-6,50	regular pobre	contaminación significativa
6,51-7,25	pobre	contaminación muy significativa
7,26-10,00	muy pobre	contaminación severa

**Tabla 2.** Clasificación de la calidad del agua con base en el índice BMWP.

Clase	Puntuación	Calidad del agua
i	> 120	aguas muy limpias
	101-120	aguas limpias
ii	61-100	aguas ligeramente contaminadas
iii	36-60	aguas contaminadas
iv	16-35	aguas muy contaminadas
v	< 16	aguas fuertemente contaminadas

**Tabla 3.** Clasificación de la calidad del agua con base en el índice ASPT.

ASPT	Calidad del agua
>6	agua limpia
5-6	calidad dudosa
4-5	probable contaminación moderada
<4	probable contaminación severa

**Tabla 4.** Estimadores ecológicos obtenidos durante un ciclo anual.

Índices	Promedio	Promedio
	Estiaje	Lluvias
Riqueza (d)	1,72	1,93
Diversidad (H')	0,64	0,77
Equidad (J')	0,56	0,67
Dominancia ( $\lambda$ )	0,32	0,25

**Tabla 5.** Valores de los índices biológicos obtenidos en un ciclo anual.

Índices	Valor Estiaje	Valor Lluvias	Calidad del	Calidad del
			agua	agua
			Estiaje	Lluvias
FBI	5,44	5,39	regular	regular
BMWP	57	64	contaminada	ligeramente contaminada
ASPT	3,76	3,35	probable contaminación severa	probable contaminación severa

al clasificar el agua con una contaminación regular, muestra una sensibilidad a perturbaciones no detectadas por los otros índices y principalmente por la riqueza y abundancia de los taxas colectados; posiblemente el uso de plaguicidas usados en agricultura pudo alterar el resultado de dicho índice, el que está mayormente relacionado con el estimador de diversidad (Tiller & Metzelling, 2002).

BMWP', que clasificó el agua como contaminada y ligeramente contaminada, es de tipo cualitativo y está más relacionado con la riqueza específica (Figuerola *et al.*, 2007), lo que se evidencia en este estudio, puesto que de los 20 taxas colectados, la presencia de catorce familias indicadoras de mala calidad del agua y tres de calidad del agua regular, así como la presencia de solo tres de buena calidad del agua y la ausencia de familias indicadoras de

buena calidad del agua como Perlidae (Plecoptera), Polythoridae (Odonata), Leptophlebiidae (Ephemeroptera), Ptilodactylidae (Coleoptera) y Leptoceridae (Trichoptera) lo demuestran. Por su parte, ASPT calcula un promedio, basándose en BMWP', de ahí las similitudes entre éstos. Cada índice considera ciertas familias como indicadores, por otra parte el puntaje asignado según el grado de tolerancia varía entre los diferentes índices.

La contaminación por materia orgánica de los cuerpos de agua se debe principalmente a los vertidos procedentes de núcleos urbanos, piscifactorías, actividades ganaderas, agrícolas e industrias sin tratamientos de depuración adecuados. Este tipo de contaminación es frecuente en los ecosistemas fluviales produciendo graves consecuencias en los mismos, por este motivo sus efectos sobre las comunidades biológicas han sido muy estudiados (Alonso & Camargo, 2005).

La presa Xhimojay, es un cuerpo de agua explotado para actividades antropogénicas, ya que a su alrededor se practica la ganadería y agricultura, y dentro de él la pesca; cerca de la zona existe una fábrica quesera, la que vierte sus desechos dentro de este cuerpo de agua. A pesar de la acción humana, no hay un exceso de contaminantes, pero sí los suficientes para ser detectados por los índices bióticos. Por otra parte, los cambios en las comunidades, como la presencia y ausencia de ciertos organismos en los diferentes meses, pueden estar influenciados por su misma biología, como los cambios en sus ciclos de vida y que algunas familias pueden pasar de una fase acuática a una terrestre.

El uso de macroinvertebrados bentónicos en las evaluaciones ambientales tienen grandes ventajas, por ejemplo, lo que afecta a los seres vivos afecta al hombre, de esta manera la salud humana se puede ver afectada por ciertas condiciones biológicas relacionadas con la calidad sanitaria, igualmente existen compuestos con efectos biológicos adversos en cantidades indetectables por métodos químicos, y de la misma manera la toma de parámetros físicos y químicos del agua, pueden influir en la expresión de la toxicidad (de la Lanza & García, 2002).

Por sus valores promedio la presa Xhimojay, se caracterizó como poco profunda, transparente,

tibia, hiperoxigenada, blanda y excesivamente alcalina. La familia Corixidae que presentó la mayor cantidad total de individuos. La abundancia en la presa fue considerada como intermedia, con una riqueza específica baja, observándose una dominancia por parte de la familia Corixidae. La riqueza, diversidad y equitatividad fueron consideradas intermedias, corroborado por la dominancia. Se identificaron grupos funcionales como: raspadores, detritívoros, filtradores, colectores, con una predominancia del grupo funcional de los depredadores. Del total de taxas colectados, se identificaron un total de catorce familias indicadoras de mala calidad del agua, tres de buena calidad del agua y tres de regular calidad del agua. La calidad del agua para la presa Xhimojay durante el año 2013, fue ligeramente contaminada, considerando el índice más adecuado (BMWP) y comprobado por el tipo de taxa colectados. La utilización de los índices bióticos son una buena alternativa y complemento a los parámetros fisicoquímicos para el seguimiento y gestión de cuencas con un importante ahorro, tanto económico como de tiempo, puesto que detectan cambios en las comunidades. Para este estudio en particular, con los parámetros fisicoquímicos registrados se pudo caracterizar la presa Xhimojay pero los mismos no pudieron emplearse como indicadores de la calidad del agua.

La principal limitación de la presente investigación, es el nivel taxonómico con el que se trabajó que fue a nivel familia, lo ideal sería trabajar a nivel especie pues la sensibilidad de cada índice biótico y su clasificación o grado de contaminación de un cuerpo de agua, depende del nivel taxonómico al que se llegue; no obstante, la complejidad en el número de especies a determinar de una comunidad macrobentónica, dificulta la realización de un rápido y eficiente monitoreo. Sin embargo lo que podría verse como una limitación, el nivel de familia es adecuado para realizar un buen monitoreo de la calidad de agua.

## CONFLICTO DE INTERESES

Los autores declaran que no tienen conflicto de intereses.

## AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al Programa de Apoyo a Proyectos para la Innovación y Mejoramiento de la Enseñanza (PAPIME) de la Dirección General de Asuntos del Personal Académico (DGAPA), clave EN203804 y al Programa de Apoyo a los Profesores de Carrera para Promover Grupos de Investigación (PAPCA) de la Facultad de Estudios Superiores Iztacala, UNAM, por su apoyo en la compra de material y equipo para la realización de esta investigación. PARTICIPACIÓN DE LOS AUTORES: ACRV toma y análisis de datos, concepción, diseño y escritura del documento, MAFR análisis de datos y escritura del documento, HVL análisis de datos y escritura del documento, ACG toma de datos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba-Tercedor, J.; Pardo, I.; Prat, N. & Pujanta, A. 2005. Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la Directiva del Marco del Agua. *Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Madrid. Ministerio del Ambiente. Confederación Hidráulica del Ebro.
- Alonso, A. & Camargo, J.A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles. *Ecosistemas*, 14: 87-99.
- Barbour, M.T.; Gerritsen, J.; Snyder, B.D. & Stribling, J.B. 1999. *Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: Periphyton, benthic macroinvertebrates and fish*. 2<sup>nd</sup> Ed. Washington, D.C. U. S. Environmental Protection Agency. Office of Water.
- Cairns, J.Jr. & Pratt, J.R. 1993. A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. In: Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. (eds.). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Nueva York: Chapman y Hall. pp. 11-27.
- Clarke, K. & Warwick, R. 2001. *Change in marine communities: an approach to statistical analysis and interpretation*. Plymouth, United Kingdom. Plymouth Marine Laboratory.
- Contreras, R.G.; Caramillo, R.G.; Navarrete, S.N.A. & Elías, F.G. 2005. Corixidae (Hemiptera, Heteroptera) en el Lago urbano del parque Tezozomoc. Azcapozalco. *Revista Chapingo, Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*, 11: 93-97.
- Contreras, R.G.; Ramos-Martínez, J.S.; Navarrete-Salgado, N.A. & Cuellar-Silva, C.C. 2009. Corixidos (Hemiptera) del embalse La Goleta, Estado de México y su relación con algunos parámetros ambientales. *Revista Chapingo Serie Ciencias Forestales y del Ambiente* 15: 121-125.
- de la Lanza, E.G. & García, J.L.C.. 2002. *Lagos y presas de México*. 1<sup>st</sup> Ed. México, D.F. AGT Editor.
- Eckert, R.; Randall, D.; Burggren, W. & French, K. 1998. *Fisiología animal. Mecanismos y adaptaciones*. 4<sup>th</sup> Ed. Madrid. McGraw-Hill.
- Fernández, A.M.A., Gama, F.J.L.; Pavón, M.E.L.; Ramírez, P T. & Ángeles, L.O. 2010. *Análisis de calidad del agua. Relación entre factores bióticos y abióticos*. México, D. F. UNAM.
- Figueroa, R.; Palma, A.; Ruiz, V. & Niell, X. 2007. Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las aguas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia natural*, 80: 225-242.
- Figueroa, R.; Valdovinos, C.; Araya, E. & Parra, O. 2003. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena de Historia Natural*, 76: 275-285.
- Flowers, R.W. & de la Rosa, C. 2010. Ephemeroptera. *Revista de Biología Tropical*, 58: 63-93.
- Forestry Suppliers Inc., 2005, consultado el 18 de junio de 2017, <<https://www.forestry-suppliers.com>>
- Friedrich, G.; Chapman, D. & Beim, A. 1996. The use of biological material. In: Chapman, D. (ed.). *Water Quality Assessments. A Guide to the Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London: Chapman & Hall. chapter 5. pp.
- Gamboa, M.; Reyes, R. & Arrivillaga, J. 2008.

- Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48: 109-120.
- Gibbson, G.R.; Barbour, M.T.; Stibling, J.B.; Gerritsen, J. & Karr, J.R. 1996. *Biological criteria: Technical guidance for streams and small rivers*. Washington, D.C.: U.S. Environmental Protection Agency.
- Gutiérrez-Fonseca, E. 2010. Plecoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58: 139-148.
- Hilsenhoff, W.L. 1988. Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society*, 7: 65-68.
- Hurtado, S.; Trejo, G.F. & Yurrita, G.J.P. 2005. Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Revista Folia Entomológica Mexicana*, 44: 271-286.
- Hutchinson, G.E. & Edmonson, Y.H. 1993. *A treatise of limnology. The zoobenthos*. New York, John Wiley & Sons.
- Juárez, J. & Ibáñez, A. 2003. Abundance and first record of benthic macroinvertebrates in Lake Metztlán, Hidalgo, Mexico. *Hidrobiológica*, 13: 137-144.
- Lampert, W. & Sommer, U. 2007. *Limnoecology. The ecology of lakes and streams* 2<sup>nd</sup> Ed. Oxford, Oxford University Press.
- López-Hernández, M.; Ramos-Espinosa M.G. & Carranza-Fraser, J. 2007. Análisis multimétrico para evaluar contaminación en el río Lerma y lago de Chapala, México. *Hidrobiológica*, 17: 17-30.
- Mackie, G.L. 2001. *Applied aquatic ecosystem concepts*. Iowa, USA. Kendall/Hunt Publishing Company.
- Mandaville, S.M. 2002. *Benthic macroinvertebrates in freshwaters. Taxa tolerance values, metrics, and protocols*, consultado el 20 de junio de 2017, <<http://chebucto.ca/Science/SWCS/SWCS.html>>
- Merritt, W.R. & Cummins, W.K. 1996. *An introduction to the aquatic insects of North America*. Iowa, Kendall/Hunt Pub. Co.
- Needham, G.J. & Needham, P.R. 1978. *Guía para el estudio de los seres vivos de las aguas dulces*. España. Reverte, SA.
- Pino, C.W.; Mena, G.D.; Mosquera, M.L.; Caicedo, K.P.; Palacios, J.A.; Castro, A.A. & Guerrero, J.E. 2003. Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Bendición, municipio de Qubdó (Chocó, Colombia). *Acta Biológica Colombiana*, 8: 23-30.
- Prat, N.; Munné, M. & Rierdevall, M. 1996. *La calidad ecológica de las aguas*. Seminario internacional "Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua", 17-20 de febrero de 1997, Cali, Colombia.
- Pujante, M.A.M. 1997. Los artrópodos como bioindicadores de la calidad de las aguas. *Boletín de la Sociedad Entomológica Aragonesa*, 20: 277-284.
- Quiroz, C.H.; Díaz, M.V.; Trejo, R.A. & Elizalde, E.E.A. 2000. Aspectos sobre la abundancia y distribución de los principales grupos de la fauna bentónica en el lago "Zempoala", Morelos, México. *Ciencia y Mar*, 10: 39-50.
- Ramírez, A. 2010a. Métodos de recolección. *Revista de Biología Tropical*, 58: 41-50.
- Ramírez, A. 2010b. Odonata. *Revista de Biología Tropical*, 58: 97-136.
- Resh, V.H. 1995. *Freshwater macroinvertebrates and rapid assessment procedure for quality of water monitoring in developing and newly industrialized countries*. In: Davis, W.S. & Simon, T.P. (eds.). *Biological assessment and criteria*. Michigan: Lewis Publishers. pp. 165-175.
- Reyes-Morales, F. & Springer, M. 2014. Efecto del esfuerzo de muestreo en la riqueza de taxones de macroinvertebrados acuáticos y el índice BMWP/Atitlán. *Revista de Biología Tropical*, 62: 291-301.
- Roldán, P.G. & Ramírez, J.R. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical* 2<sup>nd</sup> Ed. Medellín. Universidad de Antioquia.
- Rosenberg, D.M. & Resh, V.H. 1993. *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Nueva York. Chapman & Hall.
- Ruttner-Kolisko, A. 1962. *A guide to the study of fresh-water biology*. San Francisco, California. Ed. Holden-Day.
- SEMARNAT. 2010. *Norma Oficial Mexicana NOM-059-SEMARNAT-2010*. Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, México, consultado el 10 de Julio de 2017, <<https://www.gob.mx/profepa/documentos/>>

norma-oficial-mexicana-nom-059-semarnat-2010>

Springer, M. 2010. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical*, 58: 151-198.

Thorp, J.H. & Covich, A.P. 2001. *Ecology and classification of North American freshwater invertebrates* 3<sup>rd</sup> Ed. Academic Press, USA.

Tiller, D. & Metzelling, L. 2002. *Australia-wide assessment of river health: Victorian AusRivas sampling and processing manual*. Monitoring river health. Initiative Technical Report 15, Commonwealth of Australia and

VIC Environmental Protection Authority, Canberra, Australia.

Webber, E.C.; Bayne, D.R. & Seescok, W.C. 1989. Macroinvertebrate communities in Wheeler reservoir (Alabama) tributaries after prolonged exposure to DDT contamination. *Hydrobiology*, 183: 141-155.

Received December 17, 2017.  
Accepted January 19, 2018.