

# 16. Uso de macroinvertebrados acuáticos para evaluar el grado de contaminación de una laguna tabasqueña

LIDIA ITZEL MENDOZA MARTÍNEZ\*  
ERNESTO RODRÍGUEZ RODRÍGUEZ\*\*  
RODIMIRO RAMOS REYES\*\*\*

DOI: <https://doi.org/10.52501/cc.239.16>

## Resumen

Las lagunas urbanas son depósitos naturales donde se concentran procesos ecológicos importantes. Debido a su cercanía a zonas urbanas, estas son susceptibles a la contaminación por la presencia de descargas de agua residual y pluvial. Han sido evaluadas mediante análisis tradicionales, que son costosos y de caracterización momentánea. El objetivo fue evaluar las condiciones de contaminación de una ensenada de la laguna de Las Ilusiones con base a tres índices: Biological Monitoring Working Party (BMWP), Índice Biótico de Familias (IBF) e Índice de Shannon, constituidos por las comunidades de macroinvertebrados acuáticos existentes en el cuerpo lagunar. Para ello, se realizaron colectas en cuatro puntos de la laguna, siendo los primeros dos los que se encuentran cerca de descargas de agua residual y pluvial. Después, se cuantificaron e identificaron los organismos y, finalmente, se determinaron los índices biológicos para la obtención de la calidad del agua del ecosistema. En total, los organismos colectados fueron 11,261. Se identificaron 29 familias y 12 órdenes, siendo las más representativas Arrheunidae (Acari), Naididae (Oligochaeta), Chironomidae (Diptera) y

\* Licenciada en Ingeniería Ambiental. Estudiante de Posgrado en la Unidad Villahermosa de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México. ORCID: <https://orcid.org/0009-0003-1847-8731>

\*\* Maestro en Ciencias en Ingeniería Ambiental. Profesor investigador en la División Académica de Ciencias Biológicas de la Universidad Juárez Autónoma de Tabasco (UJAT), México.

\*\*\* Doctor en Ciencias en Ecología y Manejo de Sistemas Tropicales. Investigador Unidad Villahermosa de El Colegio de la Frontera Sur (ECOSUR), México. ORCID: <https://orcid.org/0000-0003-3957-8160>

Physidae (Bassomatophora). La calidad del agua para el BMWP fue aguas ligeramente contaminadas, mientras que IBF y Shannon coinciden con aguas muy contaminadas. Estos resultados sugieren la construcción de una PTARD para el mejoramiento de la calidad del agua, así como la aplicación de los índices IBF y Shannon, y en menor medida el BMWP para ecosistemas dulceacuícolas tabasqueños.

**Palabras clave:** *calidad del agua, eutrofización, índices bióticos.*

## Introducción

Los cuerpos lagunares ubicados en zonas urbanas han sido alterados por diversas actividades antropogénicas que deterioran su calidad ambiental. Los principales problemas a los que se exponen son la eutrofización como resultado de la contaminación y colmatación, ocasionado casi siempre por un manejo inadecuado de la cuenca urbana y la falta de control de las entradas de aguas residuales y pluviales (Hansen et al., 2007; Ricárdez de la Cruz et al., 2016).

La evaluación de la calidad del agua se ha realizado tradicionalmente basada en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos (Roldán Pérez, 2016; Rodríguez Castillo et al., 2021). Una alternativa a estos métodos es a través de indicadores bióticos con el uso de invertebrados acuáticos (Hurtado et al., 2005; Roldán Pérez, 2016; Hernán Pérez et al., 2020). La presencia, abundancia y ausencia de estos organismos suelen indicar las condiciones ambientales del cuerpo de agua o de un sector de él (Ternues Jácome y Yáñez, 2018; Rodríguez Castillo et al., 2021). El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP, por sus siglas en inglés) es utilizado para evaluar la calidad del agua en cuerpos de agua lóticos y lénticos. Por otro lado, el índice biótico de familias (IBF) se utiliza con frecuencia para analizar el agua en diferentes sectores de los ríos de alta montaña (Figuerola et al., 2003; Cortés et al., 2013; Cárdenas Castro et al., 2018). En ambos casos pueden ser modificados para una zona de estudio en específico.

Las Ilusiones es la laguna urbana más extensa del estado de Tabasco, con una cobertura de 198.4 ha (Rodríguez, 2002). Este cuerpo lagunar ha

sido objeto de estudio por varios años, debido a la degradación causada por descargas de aguas residuales y escurrimientos urbanos. Con el paso del tiempo, el aumento de la urbanización ha agravado el deterioro del ecosistema. Por tal motivo, la presente investigación evaluó el grado de contaminación de la laguna de Las Ilusiones por medio de los índices BMWP, IBF y Shannon.

## Metodología

### Área de estudio

La laguna de Las Ilusiones se ubica en la zona centro-norte de la ciudad de Villahermosa, Tabasco. Sus coordenadas geográficas son 17°59' y 18°01' de latitud Norte, y 92°56' y 92° 55' de latitud Oeste (Rodríguez, 2002). Presenta una profundidad promedio de 2 m y en algunas de sus partes llega a tener hasta 4 m de profundidad (Galindo et al., 2015). Es una de las lagunas urbanas más importantes del estado por ser considerada una zona de refugio, anidación y reproducción de fauna silvestre; funciona también como vaso regulador, contribuye en el ciclo hidrológico y regula el microclima de la ciudad (Rueda Cordero et al., 2017), debido a lo anterior, fue decretada como reserva ecológica en 1995. Se caracteriza por tener variaciones significativas en su área perimetral, derivadas de la interacción de los factores biofísicos y las actividades humanas (Zequeira et al., 2015).

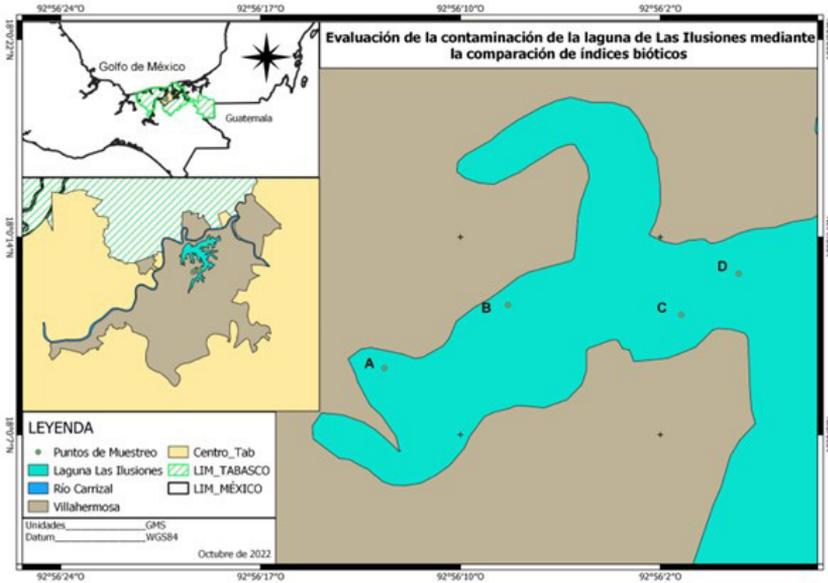
### Selección del sitio de muestreo

Los puntos del muestreo se seleccionaron de acuerdo a las siguientes consideraciones: 1) presencia de descargas residuales y pluviales y 2) existencia de eventos de mortalidad masiva de peces en la zona. Por lo que el área lacustre seleccionada fue la ensenada de la laguna de Las Ilusiones conocida como Vaso Prados de Villahermosa o Vaso Bonanza.

En la figura 16.1 se presentan los cuatro sitios de colecta de invertebrados y se identifican con las letras A, B, C y D.

Los puntos de colecta A y B representan sitios cercanos a descargas residuales domésticas y los C y D se localizan lejos de dichas descargas.

Figura 16.1. Sitios de colecta de invertebrados en la ensenada Prados de Villahermosa de la laguna de Las Ilusiones.



Fuente: Elaboración propia usando el software QGIS 3.8.

### Actividades de campo

La etapa de muestreo se realizó en el periodo de noviembre de 2016 a octubre de 2017. Para la colecta de invertebrados acuáticos se empleó una red de arrastre de 30 cm de diámetro provista con un mango de metal, haciendo cuatro arrastres en cada sitio y colocándolos en botellas de un litro (previamente etiquetadas) y sin fijación, es decir, sin agregar sustancias externas que permiten la preservación de los organismos en el tiempo. Posteriormente, las muestras fueron trasladadas al laboratorio para su separación y cuantificación inmediata.

## Actividades de laboratorio

La cuantificación y la identificación de los invertebrados colectados se realizó con el uso de un estereoscopio convencional. Para la identificación taxonómica de las especies y familias de invertebrados se emplearon claves taxonómicas para cada orden y documentos de identificación como el de Epler (2006) para las familias y especies del grupo Heteroptera-Hemiptera.

Después de realizar la cuantificación e identificación de las especies y familias presentes en cada muestra, se fijaron y preservaron los organismos con formol al 10 % o con alcohol al 70 %, de acuerdo al grupo taxonómico al que pertenecían.

## Procesamiento de datos

Se realizaron tablas de Excel en las cuales se registraron los organismos colectados con la finalidad de cuantificar el número de individuos que se obtuvieron por punto de muestreo de cada mes, así como el orden, familia y especie a las cuales pertenecían.

## Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El método requiere llegar solo hasta el nivel taxonómico de familia cuyos datos son: cualitativos (presencia o ausencia), y cuantitativos (número de individuos por familia presente). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles reciben una puntuación de 10, en cambio las más tolerantes a la contaminación reciben puntajes bajos, cercanos a 1 (Zarate Chipana, 2015). El valor del índice BMWP se obtiene de la suma de la puntuación correspondiente a cada familia que habita en el punto de monitoreo. La ventaja de este índice se basa en la fiabilidad de los resultados, la rapidez y sencillez de su utilización, con ahorro de costes y de tiempo (Sichique Sánchez y Rocano Portoviejo, 2014).

## Índice biológico de familias (IBF)

Al igual que el BMWP, trabaja con una escala que va del 0 al 10, asignándole un puntaje a los grupos taxonómicos conforme a su tolerancia o sensibilidad a la contaminación. Aunque, a diferencia del BMWP, los puntajes más bajos representan a los taxones que son sensibles a la contaminación; mientras que los puntajes más altos manifiestan a los taxones que toleran la contaminación (Gutiérrez Fonseca y Ramírez, 2016). La fórmula para obtenerlo es la siguiente:  $IBF = \sum (n_i \cdot t_i) / N$ , donde  $n_i$ : número de individuos en una Familia;  $t_i$ : puntaje de tolerancia de cada Familia (Tabla 16.2) y  $N$ : número total de individuos en la muestra o estación, el valor obtenido igualmente es asociado a una clase de calidad. Este índice originalmente considera siete clases de calidad, sin embargo, fue simplificado a 5, con la finalidad de compararlo con otros índices bióticos (Figuroa et al., 2007; Cárdenas Castro et al., 2018).

## Índice de Shannon

Este índice revela la heterogeneidad de la comunidad de invertebrados colectados, utilizando el número de especies presentes y la abundancia relativa de los mismos (Pla, 2006). Por lo que permite comparar la respuesta de los organismos a la calidad de su ambiente, con respecto a la abundancia, riqueza y equitatividad. La fórmula es  $H = -\sum (P_i \cdot \ln P_i)$  donde  $P_i$ : proporción total de la muestra que pertenece a la especie "i", es decir, el número de individuos "i" entre el número total de todas las especies.

Los resultados obtenidos en cada índice fueron comparados con tablas de clasificación de calidad de agua. Las cuales se unificaron con la finalidad de simplificar las categorías a cinco clases y relacionar los índices entre sí (tabla 16.1).

Tabla 16.1. *Tabla de transformación a cinco clases de calidad para los índices BMWP, IBF e índice de diversidad (Shannon)*

CLASE	CALIDAD	VALOR DE BMWP <sup>a</sup>	VALOR DE IBF <sup>b</sup>	VALOR DE SHANNON <sup>c</sup>	SIGNIFICADO	COLOR
		> 150			Aguas muy limpias	
I	Buena	101 – 120	0 - 3.75	> 4	Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	61 – 100	3.76 - 4.63	3 – 4	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36 – 60	4.64 - 6.12	2 – 3	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16 – 35	6.13 - 7.25	1 – 2	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	7.26 - 10	0 – 1	Aguas fuertemente contaminadas	

Nota: <sup>a</sup>Adaptado de: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt. (2008). Manual de monitoreo del agua para el investigador local. <http://www.humboldt.org.co/es/i2d/item/337-manual-de-monitoreo-del-agua-para-el-investigador-local>. <sup>b</sup>Adaptado de Figueroa et al. (2007). <sup>c</sup>Adaptación personal de la tabla de Staub et al. (1970).

Fuente: Elaboración propia.

## Resultados

### Colecta de invertebrados

La base de datos colectada en el periodo noviembre de 2016 a octubre de 2017 procede del autor Ernesto Rodríguez Rodríguez. En dicha etapa se colectó un total de 11,251 invertebrados acuáticos, pertenecientes a 30 familias y 12 órdenes. Con un 10 % de organismos presentes en el punto A; 23.23 % en el punto B; 38.66 % en el punto C y 28.11 % en el punto D. De acuerdo a la distribución presentada, los dos últimos puntos de muestreo tuvieron mayor abundancia de individuos (tabla 16.2).

Tabla 16.2. *Invertebrados acuáticos por punto de muestreo en la ensenada de la laguna de Las Ilusiones*

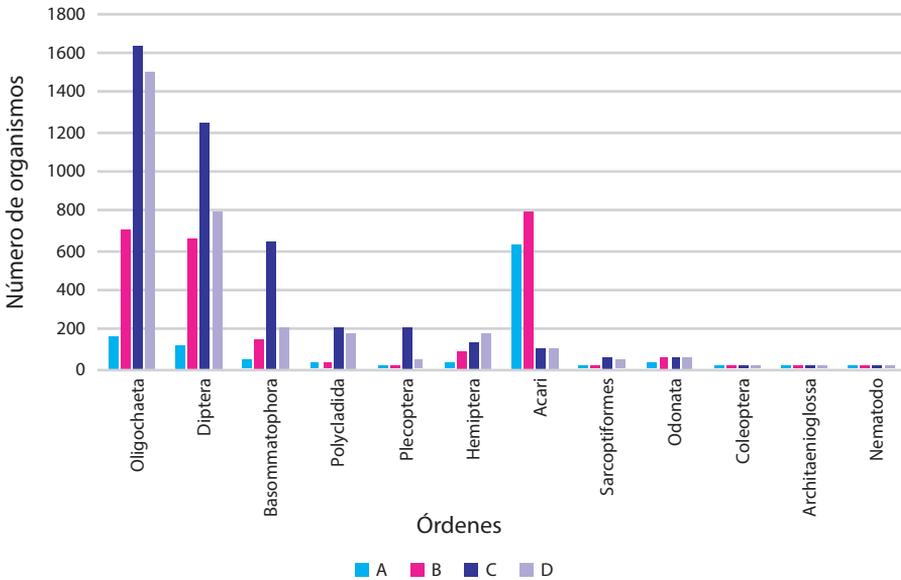
Puntos de muestreo	Invertebrados acuáticos colectados	Porcentaje
<b>Periodo 1</b>		
A	1126	10%
B	2616	23.23%
C	4353	38.66%
D	3166	28.11%
Total: 11261		

Fuente: Elaboración propia.

### Identificación taxonómica

En la figura 16.2 se encuentra el número de organismos registrados por orden taxonómico en cada punto de colecta. En los puntos A y B, los órdenes Acari, Oligochaeta y Diptera, fueron los que tuvieron mayor presencia. Al igual que en los puntos C y D. Sin embargo, el orden Acari disminuye en estos dos últimos puntos, y aumenta el orden Bassomatophora. Por otra parte, los órdenes Architaenioglossa, Coleoptera y Nemátodo tuvieron una representatividad baja en toda el área lacustre, con poco menos de 20 organismos en cada sitio.

Figura 16.2. Número de organismos registrados por orden en los cuatro puntos de colecta

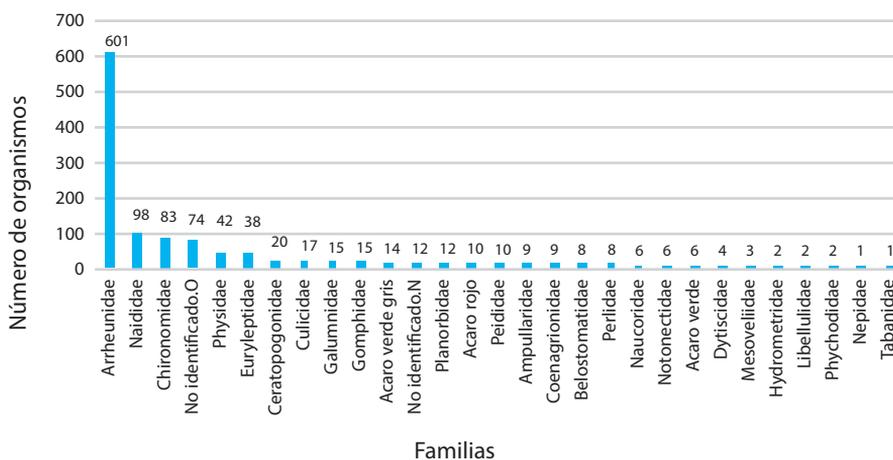


Fuente: Elaboración propia.

En el punto A se registraron un total de 29 familias, en donde Arrheuniidae, Naididae y Chironomidae, pertenecientes a los órdenes Acari, Oligochaeta y Diptera, fueron las que tuvieron mayor presencia de organismos (figura 16.3). De igual forma, la abundancia de dichas familias persiste en el punto B, con un total de 30 familias (figura 16.4). Para el punto C se registraron 29 familias, siendo las más representativas Naididae, Chironomidae

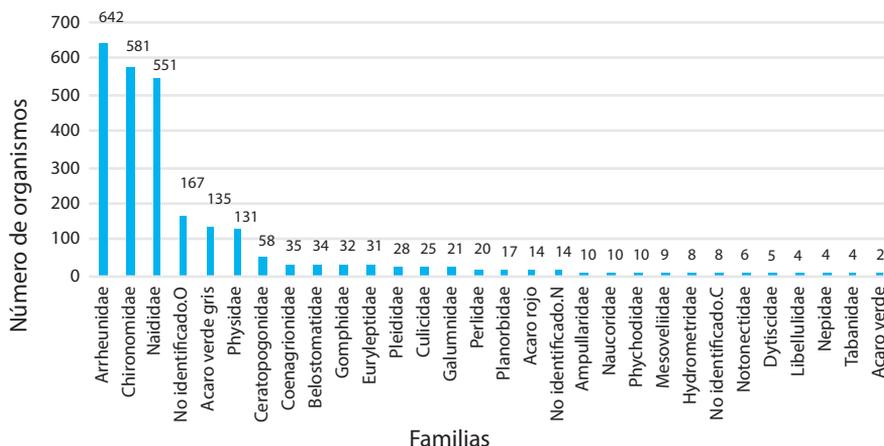
y Physidae (Bassomatophora) (figura 16.5). Finalmente, en el sitio D se encontraron 30 familias, nuevamente Naididae y Chironomidae fueron las más abundantes (figura 16.6). Por otro lado, se registraron en menor proporción familias como Tabanidae (Diptera), Libellulidae (Odonata), Phychodidae (Diptera), una variedad de ácaros (rojo, verde, amarillo, verde gris) y gran parte del orden Hemiptera (Nepidae, Mesovellidae, Hydrometridae, etcétera).

Figura 16.3. Número de organismos por familia colectados en el punto A



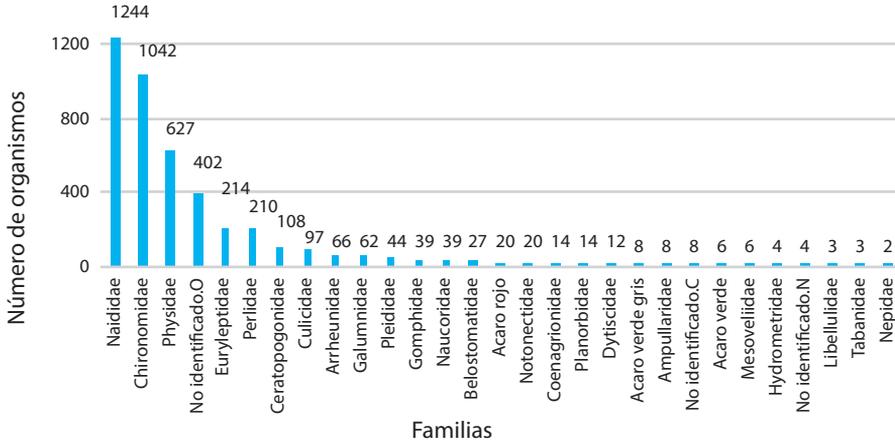
Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.4. Número de organismos por familia colectados en el punto B



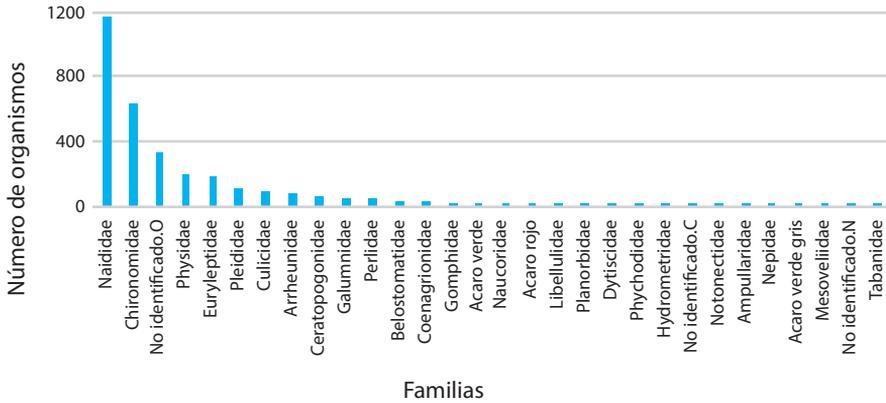
Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.5. Número de organismos por familia colectados en el punto C



Fuente: Elaboración propia.

Figura 16.6. Número de organismos por familia colectados en el punto D



Fuente: Los colores de cada barra indican los órdenes a los cuales pertenece cada familia. Acari: lila; Archaenillossa: café; Basommatophora: gris; Coleoptera: verde claro; Diptera: morado; Hemiptera: azul claro; Nematodo: negro; Odonata: rojo; Oligochaeta; naranja; Plecoptera: azul marino; Polycladida: oro; Sarcoptiformes: verde neón.

Nota: Elaboración propia.

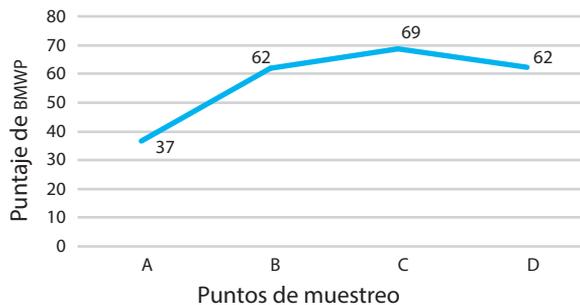
## Aplicación de índices bióticos

A continuación, se muestran los resultados obtenidos en los índices BMWP e IBF en cada punto de muestreo. El índice de Shannon no se muestra en esta sección debido a que no hubo presencia de especies en ciertos puntos de colecta por lo que no se logró realizar la matemática correspondiente. Sin embargo, se determinó para cada mes.

### BMWP

Los promedios de los puntajes obtenidos en el BMWP por cada punto de muestreo se ubican en la figura 16.7. El punto A presentó el valor más bajo de tolerancia a la contaminación con un puntaje de 37, indicando una categoría de clase III: aguas moderadamente contaminadas. Para los puntos B, C, y D los valores fueron de 62, 69 y 62, respectivamente, categorizándolos con clase II: aguas ligeramente contaminadas.

Figura 16.7. Promedio de puntajes obtenidos en el BMWP por cada punto de muestreo en el primer periodo



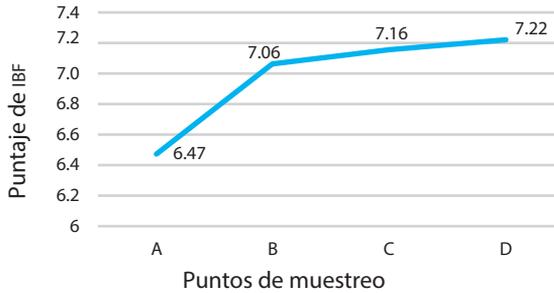
Fuente: Elaboración propia.

### IBF

Los promedios de los puntajes alcanzados en el IBF por cada punto de colecta se localizan en la figura 16.8. En ella se observa un decremento en el

punto A. Sin embargo, todos los puntos se encuentran en la clase IV: aguas muy contaminadas.

Figura 16.8. Promedios de puntajes alcanzados en el IBF por cada punto de muestreo

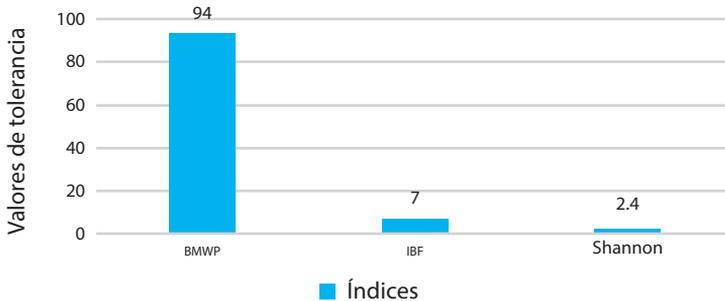


Fuente: Elaboración propia.

### Comparación de índices

Finalmente, los valores promedios de cada índice muestran la calidad del agua del ecosistema, en donde el IBF y Shannon coinciden con aguas muy contaminadas, mientras que el BMWP lo clasifica como aguas ligeramente contaminadas (figura 16.9).

Figura 16.9. Valores promedios de cada índice para la demostración de la calidad del agua del ecosistema



Fuente: Elaboración propia.

## Discusión

Las familias más abundantes en los puntos A y B fueron Arrheunidae del orden Acari, Naididae del orden Oligochaeta y Chironomidae del orden Diptera. De igual manera, sucede en los puntos C y D con estas dos últimas familias, anexándose Physidae (Basommatophora) en el sitio C. De acuerdo a Roldán (1992), los quironómidos y oligoquetos son indicadores de aguas con bajo contenido en oxígeno y eutrofizadas en cuerpos de agua dulce, debido a la carga contaminante de materia orgánica y aguas residuales. La aparición de los quironómidos coincide con el reportado por Pérez et al. (2020) que usaron macroinvertebrados como bioindicadores en sistemas hídricos artificiales en Colombia, registrando valores de abundancia relativamente altos y por consecuencia ciertas perturbaciones en el cuerpo de agua. Así mismo, en la investigación realizada por Herrera Pérez et al. (2018) en dos ríos de Veracruz, México, se obtuvieron resultados semejantes. Más del 50 % de los organismos colectados en ambos ríos fueron de la familia Chironomidae y los índices arrojaron niveles de contaminación regular. Cabe recalcar que gran parte de los grupos de organismos que se colectaron en la ensenada Prados de Villahermosa son indicadores de aguas medianamente contaminadas a muy contaminadas, a excepción de las familias Gomphidae y Perlidae que son indicadores de aguas limpias, que, como indica el autor Roldán (1999) se pueden presentar ocasionalmente a pesar de las condiciones del cuerpo de agua.

En cuanto a los valores de tolerancia resultantes de los índices biológicos en cada punto de muestreo, se demostró que el sitio A es el más contaminado, tal y como se esperaba, por su cercanía a la descarga de agua residual doméstica, favoreciendo la presencia de organismos colectores-detritívoros y tolerantes a la contaminación, por el alto contenido de materia orgánica, la cual es una de sus principales fuentes de alimentación.

El BMWP definió la calidad del agua como aceptable. Por otro lado, IBF y Shannon muestran otra realidad, con valores de tolerancia críticos que establecen el estado de la laguna con aguas muy contaminadas. El resultado obtenido en la calidad del agua es similar al reportado por Figueroa y otros (2007) en el que evaluaron la calidad del agua en un río mediterráneo de

Chile, presentando para el BMWP muy buena o buena calidad en la parte alta del río, regular en la parte media, y el empeoramiento aguas abajo. En contraste con el IBF que mostró pésima calidad, incluso aguas arriba. Estos autores mencionan que el IBF es más sensible a perturbaciones que el BMWP no puede detectar. Debido a que este último, solo toma en cuenta datos cualitativos, mientras que el IBF y Shannon toman el número de organismos y su abundancia, haciendo que los resultados sean más precisos (Zarate, 2015). No obstante, en otro estudio realizado por Huaman (2019) determinó la calidad del agua de dos lagunas con el uso del BMWP, IBF y Shannon, registrando valores semejantes (buena a aceptable) en los dos primeros índices, y aguas ligeramente contaminadas para Shannon. Aun así, se considera que esta diferencia se debe a la severidad en la que se encuentra cada ecosistema.

## Conclusión

Se colectaron un total de 11,261 organismos. La composición faunística encontrada en este estudio fue representada mayormente por invertebrados indicadores de aguas contaminadas, resaltando las familias Naididae y Chironomidae, que se relacionan con alteraciones ambientales en cuerpos de agua, como el aumento del proceso de eutrofización, causado por aguas residuales domésticas sin tratar.

La presencia de dichos organismos y los resultados obtenidos en los índices bióticos y de diversidad, se distinguen 2 tipos de calidad de agua: “Ligeramente contaminadas” y “Muy contaminadas”, por consiguiente, las aguas residuales domésticas deben ser redireccionadas del sitio, o bien, ser tratadas por medio de una planta de tratamiento, la cual puede ser ubicada cerca de la ensenada, debido a la disponibilidad de espacio que hay en el lugar.

De igual forma, se recomienda el uso de los índices IBF y Shannon para el estudio de ecosistemas acuáticos tabasqueños, por los bajos costos, tiempos de muestreo y fiabilidad de los datos que estos presentan.

## Referencias

- Cárdenas Castro, E., Lugo Vargas, L., González Acosta, J. A., y Tenjo Morales, A. I. (2018). Aplicación del índice biótico de familias de macroinvertebrados para la caracterización del agua del Río Teusacá, afluente del Río Bogotá. *Re. U.D.C.A Act. & Div. Cient.*
- Cortés, R., Hughes, S., Pereira, V., y Varandas, S. (s.f.). Herramientas para la evaluación de bioindicadores en ríos: la importancia de la escala espacial, los patrones de uso de suelo y la integración biótica. *Indicadores Ecológicos.*
- Figueroa, R., Araya, E., y Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Revista Chilena Historia Natural.* 76(2) 275-285. <http://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2003000200012>
- Figueroa, R., Palma, A., Ruiz, V., y Niell, X. (2007). Análisis comparativo de índices bióticos utilizados en la evaluación de la calidad de las guas en un río mediterráneo de Chile: río Chillán, VIII Región. *Revista Chilena de Historia Natural.* <https://dx.doi.org/10.4067/S0716-078X2007000200008>
- Galindo, A. A., Ruiz, A. S., Morales, H. A., Sánchez, L. L., Carrizales, E., y Villegas, P. C. (2015). *Atlas de Riesgos del Municipio de Centro.* [https://transparencia.villahermosa.gob.mx/images/Documentos\\_transparencia/Informacion\\_de\\_Interes/Instituto\\_Municipal\\_de\\_Planeaci%C3%B3n\\_y\\_Desarrollo\\_Urbano/AtlasDeRiesgosCentro2015.pdf](https://transparencia.villahermosa.gob.mx/images/Documentos_transparencia/Informacion_de_Interes/Instituto_Municipal_de_Planeaci%C3%B3n_y_Desarrollo_Urbano/AtlasDeRiesgosCentro2015.pdf)
- Gutiérrez Fonseca, P. E., y Ramírez, A. (2016). Evaluación de la calidad ecológica de los ríos en Puerto Rico: principales amenazas y herramientas de evaluación. *Hidrológica.* <https://doi.org/10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n3/Ramirez>
- Hansen, A. M., Van Afferden, M., & Torres Bejarano, F. (2007). Saneamiento del vaso Cencali, Villahermosa, Tabasco. I. Contaminación y reúso de sedimentos. *Ingeniería hidráulica en México.* 22(4), 87–102.
- Herrera Pérez, I., Rico Barragán, A., Hernández Martino, J., Aguayo Siqueros, D., y González Dávila, R. (2018). Uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua del río Totoapan y Paso Real, Tlapacoyan, Veracruz. *Revista Latinoamericana el Ambiente y las Ciencias.* 9(21), 860-871.
- Huaman Mateos, L. D. (2019). *Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio-provincia de Chupaca* [Tesis de Ingeniería no publicada]. Universidad Nacional del Centro del Perú-Facultad de Ciencias Forestales y del Ambiente, Huancayo, Perú.
- Hurtado, S., García Trejo, F., y Gutiérrez Yurrita, P. J. (2005). Importancia ecológica de los macroinvertebrados bentónicos de la subcuenca del Río San Juan, Querétaro, México. *Folia Entomológica Mexicana,* 44(3), 271-286. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=42444301>
- Pérez, J. H., Martínez Romero, L. C., Castellanos Guerrero, L. T., Mora Parada, A. R., y Rocha Gil, Z. E. (2020). Macroinvertebrados bioindicadores de calidad de agua en sistemas hídricos artificiales del Departamento de Bocayá, Colombia. *Revista Producción + Limpia.* 15(1), 35-48.

- Ricárdez de la Cruz, G., López Ocaña, G., Bautista Margulis, G., y Torres Balcázar, C. A. (2016). Laguna de las Ilusiones y su entorno urbano: aguas residuales, urbanas y sedimentos. *Kuxulkab*. 22(43), <https://doi.org/10.19136/kuxulkab.a22n43.1461>
- Rodríguez Castillo, A., Roldán Pérez, J., y Bopp Vidal, G. M. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas. *REBIOL*. 41(1), 91-101.
- Rodríguez, E. R. (2002). *Las Lagunas Continentales de Tabasco*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco.
- Roldán Pérez, G. (1992). *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Universidad de Antioquía.
- Roldán Pérez, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista Académica Colombia, Ciencia*. 23(88), 375-387.
- Roldán Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*. 40(155), 254-274.
- Rueda Cordero, B. A., López Luna, M. A., y Olivera Gómez, L. D. (2017). Uso de hábitat del cocodrilo de pantano *Crocodylus moreletii* en una laguna urbanizada en México. *Quehacer Científico en Chiapas*. 12(2), 35-40.
- Sichique Sánchez, A. S., y Rocano Portoviejo, A. F. (2014). *Aplicación del método PHAB-SIM para la determinación del caudal ecológico en el río Chulco de la subcuenca del río Machángara*. [Tesis de Ingeniería no publicada]. Universidad Politécnica Salesiana. <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/7932/6/UPS-CT004772.pdf>
- Ternues Jácome, y Yáñez, P. (2018). Principios fundamentales en torno a la calidad del agua, el uso de bioindicadores acuáticos y la restauración ecológica fluvial en Ecuador. *La Granja. Revista de Ciencias de la Vida*. 27(1), 36-50. doi:<https://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.03>
- Zarate Chipana, G. (2015). *Índices bióticos de la comunidad macroinvertebrada en la calidad ambiental del agua del río Huatatas*. [Tesis de Licenciatura no publicada]. Universidad Nacional de San Cristobal de Huamanga. [http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1765/TESIS%20B757\\_Zar.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.unsch.edu.pe/bitstream/handle/UNSCH/1765/TESIS%20B757_Zar.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Zequeira, C., Castillo, O., Savala, J., Páramo, S., Shirma, D., Moreno, V., y Alamilla, M. (2015). *Secretaría de Energía, Recursos Naturales y Protección al Ambiente*. [https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa\\_Manejo\\_Lagunallusiones.pdf](https://tabasco.gob.mx/sites/all/files/sites/sernapam.tabasco.gob.mx/files/Programa_Manejo_Lagunallusiones.pdf)