Nota técnica

Calidad ambiental de la laguna urbana La Pólvora en la cuenca del río Grijalva

• Alberto J. Sánchez • Miguel Ángel Salcedo • Alberto A. Macossay-Cortez • Yedith Feria-Díaz • Lucero Vázquez • Natalia Ovando • Leonardo Rosado •
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco, México

Resumen

La calidad del agua y la diversidad de la macrofauna epibentónica y de peces se analizó en la laguna urbana La Pólvora en la temporada de estiaje. El potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno, nitratos y fósforo total cumplieron con las normas mexicanas vigentes para uso recreativo de contacto secundario. En contraste, el contenido de coliformes superó la norma y representa un riesgo de salud, pero la calidad del agua fue calificada como buena, según los criterios establecidos por el Índice de Calidad del Agua (WQI). El aumento al doble del contenido de fósforo total registrado en la laguna La Pólvora 15 años antes explica el actual estado hipereutrófico obtenido. La diversidad de macrofauna epibentónica y de peces se consideró baja en comparación con otros ecosistemas limnéticos de la región debido a las pocas especies de moluscos y peces capturados, así como a la ausencia de insectos acuáticos, macrocrustáceos y peces de la familia Poeciliidae. La condición hipereutrófica, los elevados contenidos de coliformes fecales, los bajos valores de diversidad de macrofauna epibentónica y de peces, el porcentaje de especies exóticas y los valores bajos del factor de condición de las 11 especies de peces, indican que esta laguna está en un proceso de degradación ambiental y sugieren revisar el programa de manejo y su operación en este ecosistema.

Palabras clave: calidad del agua, estado trófico, moluscos, peces, laguna urbana.

Introducción

La intensa interacción de la población circundante con los lagos urbanos ha provocado grandes presiones y modificaciones en estos reservorios, que han afectado la calidad del agua y la biodiversidad, así como su uso recreacional, entre otros servicios (Birch y McCaskie, 1999; Clemente *et al*., 2005; Lee *et al*., 2006; Mustapha, 2008). Sin embargo, estos efectos negativos no han sido en general debidamente estudiados e incorporados en sus programas de manejo (Birch y McCaskie, 1999; Lee *et al*., 2006). Estos lagos son reguladores de inundaciones, medios de navegación y recreación, atractivos estéticos, y mantienen o aportan hábitats en la ciudad que conservan la biodiversidad regional (Elías-Fernández *et al*., 2006; Mckinney y Charpentier, 2009). Además de los servicios ambientales, estos lagos llegan a ser un componente clave en el diseño de algunos parques urbanos, como es el caso de La Pólvora, en la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México.

La Pólvora es un parque que registra numerosos y frecuentes visitantes, que lo utilizan para esparcimiento con opciones de consumo de alimentos y para realizar ejercicio en el andador que rodea a la laguna, lo que obliga a las entidades públicas responsables a mantener la calidad ambiental de la laguna para proteger la salud de la población por su uso recreativo de contacto secundario (DOF,

1998). A este uso y normatividad asociada se suman las condiciones de conexión hidráulica limitada y de recepción de escurrimientos en la laguna, en una ciudad con manejo inadecuado e ineficiente de deshechos (Ayuntamiento de Centro, 2009). En este contexto, la laguna principal del parque se evaluó en función de su estado sanitario, trófico y de biodiversidad de la macrofauna acuática, para resolver dos preguntas: 1) si la degradación ambiental de la laguna se ha incrementado con respecto al estado registrado por Rodríguez (1996) y 2) si sus niveles de contaminación rebasan los valores permisibles para las aguas de reúso en servicios al público con contacto indirecto u ocasional. Para esta última pregunta se aclara que la laguna de La Pólvora no recibe aguas residuales, pero al cumplir la función de uso de contacto secundario se puede aplicar su normatividad para cubrir el propósito de proteger al medio ambiente y la salud de la población (DOF, 1998).

Métodos

El parque La Pólvora se ubica al sureste de la ciudad de Villahermosa, Tabasco, México (17º 58′ 56″ - 17º 58′ 45″ N; 92º 55′ 30″ y 92º 55′ 31″ O) a 2 msnm. El sistema lagunar ubicado dentro del parque La Pólvora es un ecosistema de contacto que estuvo conectado con las lagunas Mayito y Curahueso (Peña Marshall, datos no publicados). En el presente, el parque incluye dos embalses aislados entre sí, que suman un área de 50 150 m^2 (figura 1). El embalse principal fue rehabilitado totalmente en 1985,

Figura 1. Ubicación de los sitios de muestreo de la laguna del parque La Pólvora.

mientras que el segundo embalse no, aunque el andador bordea ambos embalses con bordes de cemento, mientras que el segundo embalse no. La rehabilitación se efectuó porque los embalses perdían su nivel de agua (Rodríguez, 1996). La laguna principal de La Pólvora, con una extensión de 40 650 m^2, descarga al río Grijalva mediante un canal construido para mantener un nivel similar de agua durante todo el año, aunque ésta ha recibido agua del río Grijalva durante las inundaciones, por ejemplo en 2007. El parque está rodeado de edificios de oficinas de gobierno y educativas, así como del mercado de La Sierra, los cuales no descargan aguas residuales en la laguna La Pólvora, pero sí influyen en la calidad del agua de la misma por escorrentía.

El muestreo se realizó en el embalse principal en la temporada de mínima inundación (marzo de 2009), para generar una evaluación rápida del estado actual de su condición ambiental en la temporada en donde se registra la menor variabilidad espacial debido al mínimo efecto de las escorrentías. El diseño de muestreo incluyó tres sitios de muestreo, en donde se recolectó agua, macrofauna epibentónica y peces. Cada sitio de muestreo estuvo delimitado dentro de un triángulo, que sirvió para demarcar tres subsitios equidistantes (figura 1) y obtener repeticiones por sitio de los parámetros del agua y de la macrofauna colectada. Para calificar la calidad del agua con respecto a la normatividad mexicana vigente (DOF, 1998) y calcular los índices de la calidad del agua (Water Quality Index-WQI) (Ott, 1970) y del estado trófico (IET) de Carlson (1977), se cuantificaron 12 parámetros fisicoquímicos y biológicos (cuadro 1), los cuales se midieron *in situ* o a través de las técnicas propuestas por SCOR-UNESCO (1966), APHA (1992) y EPA (1990). Ambos índices, WQI e IET, se calcularon para medir la condición ambiental del agua. En el punto central del triángulo se obtuvo la muestra de agua para la determinación de los coliformes fecales, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y los parámetros físicos (cuadro 1). Mientras, en los tres subsitios equidistantes se recolectó agua a una profundidad media para obtener una muestra compuesta para determinar los otros cinco parámetros fisicoquímicos incluidos (cuadro 1). Las muestras de agua se conservaron en hielo a temperatura de 4 °C y fueron analizados en laboratorio dentro de los tiempos establecidos por las técnicas y normas mencionadas con anterioridad en este párrafo.

Cuadro 1. Parámetros fisicoquímicos medidos en la laguna del parque La Pólvora (* = medidos *in situ*).

Parámetro	Norma
Temperatura*	NMX-AA-007-SCFI-2000
pH*	NMX-AA-008-SCFI-2011
Profundidad*	NMX-AA-014-1980
Trasparencia*	NMX-AA-014-1980
Oxígeno disuelto*	NMX-AA-012-SCFI-2001
Conductividad*	PROY-NMX-AA-093-SCFI-2009
Sólidos suspendidos totales	NMX-AA-034-SCFI-2001
Nitratos	NMX-AA-079-SCFI-2001
Fósforo total	NMX-AA-079-SCFI-2001
Clorofila *a*	SCOR-UNESCO, 1966
DBO_5	NMX-AA-028-SCFI-2001
Coliformes fecales	NMX-AA-42-1987

La macrofauna se recolectó con una red agallera de 50 m de largo por 2 m de alto y luz de malla de 3", una red de barra tipo Renfro con una abertura de boca de 1.8 m y una luz de malla de 0.8 mm, una atarraya con un diámetro de 2.8 m y luz de malla de 1" y redes de cuchara con un área de 0.117 m^2 y luz de malla de 1 mm. La red agallera se dejó una hora. En cada sitio de muestreo se efectuaron tres repeticiones en los lados del triángulo con la red tipo Renfo y seis repeticiones en los subsitios equidistantes y lados del triángulo con la atarraya. La macrofauna distribuida en la orilla se capturó con tres redes de cuchara simultáneamente durante diez minutos.

Los moluscos y peces fueron determinados a nivel específico (Burch, 1982; Thompson, 1984; Weber, 1992; Armbruster, 2004; Miller *et al*., 2005). La literatura sobre insectos acuáticos y crustáceos se omitió, porque no fueron capturados en este muestreo. El factor de condición de los peces se calculó con la fórmula $K = W/L^3$ (Lagler *et al*., 1984), en donde W = peso húmedo (g) y L = longitud total (cm).

Resultados

En la laguna La Pólvora, los valores de la temperatura son característicos de lagos cálidos tropicales (25-26 °C). Asimismo, la profundidad (de 0.6 a 3.5 m), conductividad eléctrica (261-312 μS/cm) y trasparencia del agua (0.4-0.5 m) con mínima variación indicaron que es un embalse somero limnético productivo.

El intervalo del pH (de 7.0 a 7.8) y de sólidos suspendidos fluctuaron mínimamente y son adecuados como fuentes de abastecimiento para uso público urbano y para servicios al público con contacto indirecto u ocasional.

Los valores del oxígeno disuelto (de 5.1 a 7.0 mg/l) representaron una buena condición para la vida acuática en humedales y superó el límite inferior permisible como fuente de abastecimiento para uso público urbano. Asimismo, los registros de la DBO_5 (2-3 mg/l) no superaron el límite máximo permisible para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional. En este sentido, los contenidos de nitratos (0.060 a 0.076 mg/l) reflejaron la ausencia de descargas de aguas residuales de origen doméstico, además de que no superaron el límite para fuentes de abastecimiento para uso público urbano.

Los valores de fósforo total (0.116-0.126 mg/l) y clorofila *a* (de 69 a 101 μg/l) correspondieron con la condición hipereutrófica; no obstante, los valores de PT resultaron inferiores al del lineamiento de calidad del agua de fuentes de abastecimiento para uso público urbano.

Los registros de coliformes fecales variaron de 7 500 a 15 000 NMP/100 ml, y superaron el límite permisible para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional.

La laguna fue calificada con buena calidad del agua (WQI = 72). Los parámetros fisicoquímicos que determinaron el aumento en el valor del índice fueron la saturación de oxígeno disuelto (78%), el potencial de hidrógeno (7.42), los contenidos de nitratos (0.07 mg/l), el fósforo total (0.12 mg/l) y el cambio de la temperatura (0.25 °C). En contraste, las bacterias de coliformes fecales (13 000 NMP/100 ml), la transparencia (0.41 m), los contenidos de sólidos (188 mg/l) y la demanda bioquímica del oxígeno (2.86 mg/l) definieron la disminución en el valor del índice.

El embalse resultó hipereutrófico (IET = 73), con valores promedio de transparencia de 0.41 m, de contenido de fósforo total de 0.12 mg/l y de concentración de clorofila *a* de 85.44 μg/l.

En La Pólvora se recolectaron 184 especímenes pertenecientes a tres familias, cuatro géneros y cuatro especies de moluscos y cinco familias, ocho géneros y 11 especies de peces (cuadro 2). El gasterópodo exótico *Thiara tuberculata* dominó con el 64% de la abundancia total, seguido por el gasterópodo *Pomacea flagellata* y el pez loricárido exótico *Pterygoplichthys pardalis*, que juntos sumaron 17%. El restante 19% de la abundancia total estuvo representado por las otras 12 especies recolectadas (cuadro 2). La mayoría de los

peces capturados fueron adultos, ya que solamente tres especímenes de *Dorosoma anale* y cuatro de *Thorichthys pasionis* fueron juveniles. Los peces *Paraneetroplus bifasciatus* (L = 324.05 ± 18.67 cm y W = 18.25 ± 0.46 g) y *Pterygoplichthys pardalis* (L = 259.2 ± 4.99 cm y W = 25.61 ± 0.26 g) fueron las dos especies con mayor talla y peso promedio. El valor reducido de diversidad (H' = 1.42 bits/individuos) se relacionó con los valores bajos del factor de condición ($K \leq 0.113$) (cuadro 2) en las 11 especies de peces, la ausencia de insectos acuáticos, macrocrustáceos y peces de la familia Poeciliidae, así como el número bajo de especies de cíclidos capturados (cuadro 2). El valor de equitatividad (J = 0.52) fue reflejo de la dominancia numérica del caracol *Thiara tuberculata*, y la semejanza en la abundancia de las restantes 14 especies de moluscos y peces.

Discusión

La Pólvora es una laguna cálida tropical y somera, según los criterios de Carp (1972), y Salas y Martino (2001), en donde el potencial de hidrógeno, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, DBO_5, nitratos y fósforo total, cumplieron con la normatividad vigente para uso recreativo de contacto secundario y fuente de abastecimiento para uso público urbano (DOF, 1998; LFDMA, 2009). Sin embargo, el contenido de fósforo total se ha incrementado al doble en los últimos 15 años, lo cual se refleja en que la condición hipereutrófica obtenida en este estudio difirió a la oligotrófica reportada en La Pólvora, con una concentración de fósforo total de 0.05 mg/l (Rodríguez, 1996). La condición hipereutrófica en La Pólvora coincidió con lo registrado para muchos lagos

Cuadro 2. Abundancia, peso y talla de la fauna distribuida en la laguna La Pólvora. El factor de condición de los peces se calculó con la fórmula $K = W/L^3$, en donde W = peso húmedo (g) y L = longitud total (cm). En los moluscos se midió el largo de la concha (cm) y en peces la longitud total (cm).

Familia	Especie	Abundancia	*K*
Moluscos			
Ampullaridae	*Pomacea flagellata* (Say, 1827)	19	-
Hidrobidae	*Pyrgophorus coronatus* (Pfeiffer, 1840)	2	-
Thiaridae	*Thiara tuberculata* (Muller, 1774)	118	-
	T. granifera (Lamarck, 1822)	2	-
Peces			
Clupeidae	*Dorosoma anale* Meek, 1904	4	0.021 ± 0.003
Characidae	*Astyanax aeneus* (Günter, 1860)	1	0.111
Ariidae	*Cathorops aguadulce* (Meek, 1904)	1	0.088
Loricariidae	*Pterygoplichthys pardalis* (Castelnau, 1855)	13	0.016 ± 0.001
Cichlidae	*Amphilophus robertsoni* (Regan, 1905)	1	0.113
	Oreochromis niloticus (Linnaeus, 1758)	1	0.104
	Paraneetroplus bifasciatus (Steindachner, 1864)	7	0.047 ± 0.004
	Paraneetroplus synspilus (Hubbs, 1935)	2	0.039 ± 0.032
	Theraps heterospilus (Hubbs, 1936)	3	0.017 ± 0.012
	Thorichthys meeki Brind, 1918	2	0.011 ± 0.004
	T. pasionis (Rivas, 1962)	8	0.015 ± 0.749

urbanos (Quiros, 2000; Schueler y Simpson, 2001; González *et al*., 2004; Quiroz *et al*., 2004; Hansen *et al*., 2007; Panigrahi *et al*., 2007; Oliva *et al*., 2008).

En contraste con los seis parámetros anteriores, los contenidos de coliformes fecales superaron el límite permitido (1 000 NMP/100 ml) para los servicios al público con contacto indirecto u ocasional, y la protección de la vida acuática en humedales de México (DOF, 1998; LFDMA, 2009) y la normatividad en otros países (NC, 1999), lo que representa un riesgo para la salud humana y ecológica (Mallin *et al*., 2000). Como hipótesis, el origen de las coliformes fecales puede ser por escorrentía, pues el contenido de nitratos (< 4.0 mg/l) indica que la laguna no recibe descargas de origen urbano (Groffman *et al*., 2004). Contradictoriamente al significado del contenido elevado de coliformes fecales, el índice de la calidad de agua, WQI, que tiene un enfoque de salud pública (Ott, 1970), caracterizó a la laguna La Pólvora con buena calidad ambiental. La calificación de buena calidad también se atribuyó a los valores altos de saturación del oxígeno disuelto, que en La Pólvora se interpretan en la elevada producción fotosintética, como se ha reportado en otros ecosistemas (Panigrahi *et al*., 2007). En cambio, los valores de coliformes fecales, sólidos totales y la trasparencia del agua influyeron en la disminución de la calificación del WQI.

El número de especies de moluscos resultó similar a lo reportado para la laguna del Pozo (Granados y Ramos, 1997) y menor al Parque Estatal Agua Blanca (Rangel *et al*., 2004). Los moluscos *Pomacea flagellata*, *Pyrgophorus coronatus* y *T. granifera* capturados en La Pólvora han sido frecuentemente registrados en otros ecosistemas lénticos de la región (Rangel y Gamboa, 2000; Sánchez *et al*., 2012a).

La ausencia de crustáceos contrastó con la amplia distribución y dominancia numérica del anfípodo *Hyalella azteca*, así como de los carideos *Potimirin mexicana* y *Macrobrachium acanthurus*, registrada en los ecosistemas lénticos de la región y fuera de ella (Alcocer *et al*., 2000; Mejía-Ortíz *et al*., 2001; Hart y Lovvorn, 2005; Álvarez *et al*., 2005; Velasco *et al*., 2005; Pereira y García, 2006; Barba y Sánchez, 2007; Sánchez *et al*., 2007; Sánchez *et al*., 2012a). La ausencia de insectos acuáticos, anfípodos y poecilidos se atribuye a la ausencia de macrofitas acuáticas, ya que su distribución está asociada con hábitat estructurados como macrófitas acuáticas y troncos hundidos (Meschiatti *et al*., 2000; Velasco *et al*., 2005; Rocha-Ramírez *et al*., 2007; Montalvo-Urgel *et al*., 2010; Sánchez *et al*., 2012b), pues son tolerantes a condiciones adversas de salinidad, temperatura, pH y concentraciones de oxígeno disuelto (Alcocer *et al*., 2000; Álvarez *et al*., 2005).

La riqueza específica y la diversidad de peces en la laguna La Pólvora fue menor en comparación con las 19 especies registradas en la laguna del Pozo (Granados y Ramos, 1997) y mayor a lo reportado para el lago urbano del parque Tezozómoc, los lagos Zempoala y Tonatiahua, y los lagos de Chapultepec (Alcocer *et al*., 2007; Quiroz *et al*., 2007; Sánchez *et al*., 2007). La dominancia de especies de las familias Cichlidae y Poeciliidae ha sido frecuentemente reportada en los ecosistemas acuáticos en la provincia Usumacinta (Vega-Cendejas, 2001; Minckley *et al*., 2005; Rodiles-Hernández *et al*., 2005; Macossay-Cortez *et al*., 2011), lo cual coincidió para la primera familia en La Pólvora, pero contrastó en el mismo ecosistema debido a la ausencia de pecílidos.

Las capturas del caracol viajero *Thiara tuberculata,* del pez diablo *Pterygoplichthys pardalis* y de la tilapia *Oreochromis niloticus* destacaron por ser especies exóticas que representaron el 20% del total de especies y el 71% de la abundancia total de la macrofauna, lo cual es un indicador importante en ecosistemas acuáticos continentales, en donde su permanencia se considera una de las causas de la extinción de especies nativas, lo que tiene diversos efectos en el funcionamiento y servicios que ofrecen estos lagos urbanos, independientemente de su origen (Comité Asesor Nacional sobre Especies Invasoras, 2010).

La baja diversidad faunística e incremento de especies invasoras ha sido correlacionada con la condición hipereutrófica en otros ecosistemas acuáticos (Jewett *et al*., 2005; Moreno y Callisto, 2006). Además, la baja diversidad se ha relacionado a la mala calidad del agua, ya que el estrés ha sido relacionado con cambios metabólicos e incremento de la energía requerida para mantener la homeostasis y obtener alimento por su baja disponibilidad (Sadauskas-Henrique *et al*., 2011).

Conclusiones

La condición de buena calidad del agua definida para la laguna La Pólvora a través del WQI enmascaró el problema de salud asociado con la elevada concentración de coliformes fecales. El origen de estos coliformes fecales es principalmente por escorrentía, ya que los valores de NO_3 y los datos de construcción del parque indican que la laguna no se rellena con aguas residuales. El cumplimiento de las normas en la mayoría de los parámetros (OD, SST, pH, DBO_5 y PT) indica que la calidad del agua es adecuada con la normatividad vigente para el uso recreativo de contacto secundario, con la excepción de que los valores de coliformes fecales representan un riesgo sanitario. El aumento al doble del contenido de fósforo total y del estado trófico registrado en la laguna La Pólvora 15 años antes, la condición hipereutrófica, los bajos valores de diversidad de macrofauna epibentónica y de peces, el porcentaje de especies exóticas, y los valores bajos del factor de condición de las 11 especies de peces indican que esta laguna está en un proceso de degradación ambiental. Esta evaluación rápida sustenta la necesidad de generar un monitoreo para apoyar el programa de manejo de este parque.

Agradecimientos

A las autoridades de la Maestría en Ciencias Ambientales y a la coordinación de la Coordinación de Vinculación y Servicios por su apoyo en esta investigación efectuada en el curso de Limnología de dicho posgrado.

Recibido: 11/03/10
Aceptado: 09/04/12

Referencias

ALCOCER, J.E., ESCOBAR-BRIONES, E., PERALTA, L., and ÁLVAREZ F. Population structure of the macrobenthic amphipod *Hyalella azteca* Saussure (Crustacea: Peracarida) on the littoral zone of six crater lakes. In *Modern approaches to the study of Crustacea*. Escobar-Briones, E. y Alvarez, F. (editors). New York: Kluwer Academic/Plenum, 2000, pp. 111-115.

ALCOCER, J., LUGO, A., VILACLARA, G., SÁNCHEZ, M.R. y CHÁVEZ, M. Los lagos de Chapultepec, ciudad de México. *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. De La Lanza, G. (compilador). México, D.F.: AGT editor, S.A., 2007, pp. 113-124.

ÁLVAREZ, F., VILLALOBOS-HIRIART, J.L. y ROBLES, R. Crustáceos. Capítulo 8. *Biodiversidad del estado de Tabasco*. Bueno, J., Álvarez, F. y Santiago, S. (editores). México, D.F.: Instituto de Biología UNAM-Conabio, 2005, pp. 177-194.

APHA. *Standard methods for the examination of water and wastewater*. Washington, D.C.: APHA, AWWA, WPCF, Joint Editorial Board, 1992, 1397 pp.

ARMBRUSTER, J.W. Phylogenetic relationships of the suckermouth armoured catfishes (Loricariidae) with emphasis on the Hypostominae and the Ancistrinae. *Zoological Journal of the Linnean Society*. Vol. 141, 2004, pp. 1-80.

AYUNTAMIENTO DE CENTRO. *Prontuario Estadístico Municipal de Centro*. Villahermosa, México: Secretaría Técnica, H. Ayuntamiento de Centro, 2009, 140 pp.

BARBA, E. and SÁNCHEZ, A.J. A new record of *Hyalella azteca* Saussure, 1858 (Amphipoda, Hyalellidae) from the Lerma-Chapala basin, mexican Pacific coast. *Crustaceana*. Vol. 80, No. 5, 2007, pp. 625-630.

BIRCH, S. and McCASKIE, J. Shallow urban lakes: a challenge for lake management. *Hydrobiologia*. Vol. 396, No. 14, February, 1999, pp. 365-378.

BURCH, J.B. *Freshwater snails* (*Mollusca: Gastropoda*) *of North America*. Cincinnati: Environmental Protection Agency, 1982, 294 pp.

CARLSON, E.R. A trophic state index for lakes. *Limnology and Oceanography*. Vol. 22, No. 2, March, 1977, pp. 361-369.

CARP, E. (editor). *Proceedings of the International Conference on the Conservation of Wetlands and Waterfowl*. Ramsar, Iran, 30 January-3 February 1971, IWRB, Slimbridge, UK, 1972, 303 pp.

CLEMENTE, J.M., MAZEO, N., GORGA, J., and MEERHOFF, M. Succession and collapse of macrozoobenthos in a subtropical hypertrophic lake under restoration (Lake Rodó, Uruguay). *Aquatic Ecology*. Vol. 39, No. 4, December, 2005, pp. 455-464.

COMITÉ ASESOR NACIONAL SOBRE ESPECIES INVASORAS. *Estrategia nacional sobre especies invasoras en México, prevención, control y erradicación*. México, D.F.: Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad, Comisión Nacional de Áreas Protegidas, Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2010.

DOF. NORMA OFICIAL MEXICANA NOM-003-ECOL-1997. Límites Máximos Permisibles de Contaminantes para las Aguas Residuales Tratadas que se Reusen en Servicios al Público. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F.: Secretaría de Medio Ambiente, Recursos Naturales y Pesca, 21 de septiembre de 1998.

ELÍAS-FERNÁNDEZ, G., NAVARRETE-SALGADO, N.A., FERNÁNDEZ-GUZMÁN, J.L. y CONTRERAS-RIVERO, G. Crecimiento, abundancia y biomasa de *Poecilia reticulata* en el lago urbano del Parque Tezozomoc de la ciudad de México. *Revista Chapingo. Serie Ciencias Forestales y del Ambiente*. Vol. 12, núm. 2, julio-diciembre 2006, pp. 155-159.

EPA. *Protecting Natural Wetlands. A guide to stormwater best management practices*. Washington, D.C.: Environmental Protection Agency, 1990, 71 pp.

GONZÁLEZ, E.J., ORTAZ, M., PEÑA HERRERA, C. y MATOS, M.L. Fitoplancton de un embalse tropical hipereutrófico (Pao-Cachinche, Venezuela): abundancia, biomasa y producción primaria. *Interciencia*. Vol. 29, núm. 10, octubre 2004, pp. 548-555.

GRANADOS, A.A. y RAMOS, J.L. Biodiversidad de la laguna del Pozo del Centro de Interpretación y Convivencia con la Naturaleza "Yumka". *Revista de Divulgación*. Universidad Juárez Autónoma de Tabasco. Núm. 3-4, enero-junio 1997, pp. 68-73.

GROFFMAN, P.M., LAW, N.L., BELT, K.T., BAND, L.E., and FISHER, G.T. Nitrogen fluxes and retention in urban watershed ecosystems. *Ecosystems*. Núm. 7, 2004, pp. 393-403.

HANSEN, A.M., VAN AFFREDEN, M. y TORRES-BEJARANO, F. Saneamiento del vaso Cencalli, Villahermosa, Tabasco. I. Contaminación y reúso de sedimentos. *Ingeniería Hidráulica de México*. Vol. XXII, núm. 4, octubre-diciembre de 2007, pp. 87-102.

HART, E.A. and LOVVORN, J.R. Patterns of macroinvertebrate abundance in inland saline wetlands: a trophic analysis. *Hydrobiologia*. Vol. 541, 2005, pp. 45-54.

JEWETT, E.B., HINES, A.H., and RUIZ, G.M. Epifaunal disturbance by periodic low levels of dissolved oxygen: native *vs.* invasive species response. *Mar. Ecol. Prog. Ser*. Vol. 304, December, 2005, pp. 31-44.

LAGLER, K.F., BARDACH, J.E., MILLER, R.R., and MAY, P.D.R. *Ictiología*. México, D.F.: John Wiley & Sons, Inc., 1984, 489 pp.

LEE, S.Y., DUNN, R.J.K., YOUNG, R.A., CONNOLLY, R.M., DALE, P.E.R., DEHAYR, R., LEMCKERT, C.J., McKINNON, S., POWELL, B., TEASDALE, P.R., and WELSH, D.T. Impact of urbanization on coastal wetland structure and function. *Austral Ecology*. Vol. 31, No. 2, 2006, pp. 149-163.

LFDMA. Ley Federal De Derechos en Materia de Agua. *Diario Oficial de la Federación*. México, D.F.: Comisión Nacional del Agua, 13 de noviembre de 2008, 2009.

MACOSSAY-CORTEZ, A., SÁNCHEZ, A., FLORIDO, R., HUIDOBRO, L., and MONTALVO, H. Historical and environmental distribution of ichthyofauna in the tropical wetland of Pantanos de Centla. *Acta Ichthyologica et Piscatoria*. Vol. 41, No. 3, 2011, pp. 229-245, DOI: 10.3750/AIP2011.41.3.11.

MALLIN, M.A., WILLIAMS, K.E., CARTIER-ESHAM, E., and LOWE, R.P. Effect of human development on bacteriological water quality in coastal watersheds. *Ecological Applications*. Vol. 10, No. 4, August, 2000, pp. 1047-1056.

MCKINNEY, R.A. and CHARPENTIER, M.A. Extent, properties, and landscape setting of geographically isolated wetlands in urban southern New England watersheds. *Wetlands Ecol Manage*. Vol. 17, No. 4, August, 2009, pp. 331-344.

MEJÍA-ORTÍZ, L.M., ÁLVAREZ, F., ROMÁN, R., and VICCON-PALE, J.A. Fecundity and distribution of freshwater prawns of the genus *Macrobrachium* in the Huitzilapan river, Veracruz, México. *Crustaceana.* Vol. 74, No. 1, 2001, pp. 69-77.

MESCHIATTI, A.J., ARCIFA, M.S., and FENERICH-VERANI, N. Fish communities associated with macrophytes in Brazilian floodplain lakes. *Environmental Biology of Fishes*. No. 58, 2000, pp. 133-143.

MILLER, R.R., MINCKLEY, W.L., and NORRIS, S.M. *Freshwater fishes of Mexico*. Chicago: The University of Chicago Press, 2005, 490 pp.

MINCKLEY, W.L., MILLER, R.R., BARBOUR, C.D., SCHMITTER-SOTO, J.J., and NORRIS, S.M. Historical Ichthyogeography. *Freshwater fishes of Mexico*. Miller, R.R., Minckley, W.L., and Norris, S.M. (editors). Chicago: The University of Chicago Press, 2005, pp. 24-27.

MONTALVO-URGEL, H., SÁNCHEZ, A.J., FLORIDO, R. y MACOSSAY-CORTEZ A. Lista de crustáceos distribuidos en troncos hundidos en el humedal tropical pantanos de Centla, al sur del Golfo de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*. Vol. 81, octubre de 2010, pp. S121- S131.

MORENO, P. and CALLISTO M. Benthic macroinvertebrates in the watershed of an urban reservoir in southeastern Brazil. *Hydrobiologia*. Vol. 560, No. 1, May, 2006, pp. 311-321.

MUSTAPHA, M.K. Assessment of the water quality of Oyun reservoir, Offa, Nigeria, using selected physico-chemical parameters. *Turkish Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*. Vol. 8, No. 2, November, 2008, pp. 309-319.

NC. *Lugares de Baño en Costa y en Masas de Aguas Interiores. Requisitos Higiénicos Sanitarios. Norma Cubana*. La Habana: Oficina Nacional de Normalización, 1999, 13 pp.

OLIVA, M.M.G., RODRÍGUEZ, R.A., LUGO, V.A. y SÁNCHEZ, M.M.R. Composición y dinámica del fitoplancton en un lago urbano hipertrófico. *Hidrobiológica*. Vol. 18, Suplemento I, 2008, pp. 1-13.

OTT, W.R. *Environmental Indices: Theory and practice*. Ann Arbor, USA: Science Publisher Inc., 1970, 591 pp.

PANIGRAHI, S., ACHARYA, B.C., PANIGRAHY, R.C., NAYAK, B.K., BANARJEE, K., and SARKAR, S.K. Anthropogenic impact on water quality of Chilika lagoon RAMSAR site: a statistical approach. *Wetlands Ecol. Manage*. Vol. 15, No. 2, April, 2007, pp. 113-126.

PEREIRA, G. y GARCÍA J.V. Comunidad de crustáceos de la confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, Estado Amazonas. *Evaluación Rápida de la Biodiversidad de los Ecosistemas Acuáticos en la Confluencia de los ríos Orinoco y Ventuari, Estado Amazonas (Venezuela)*. Lasso, C.A., Señarìs, J.C., Alonso, L.E. y Flores A. (editores). Boletín RAP de Evaluación Biológica 30. Washington D.C.: Conservation International, 2006, pp. 107-113.

QUIROZ, C.H., MOLINA, I.M., RODRÍGUEZ, J.G. y DÍAZ, M. Los lagos Zempoala y Tonatiahua del Parque Nacional Lagunas de Zempoala, Morelos. *Las aguas interiores de México: conceptos y casos*. De la Lanza, G. (compilador). México, D.F.: AGT Editor, S.A., 2007, pp. 141-167.

QUIROZ, C.H., MORA, L.M.Z., ASTUDILLO, I.M. y GARCIA, J.R. Variación de los organismos fitoplanctónicos y la calidad del agua en el lago de Chapala, Jalisco, México. *Acta Universitaria*. Vol. 14, núm. 1, abril de 2004, pp. 47-58.

QUIROS, R. La eutrofización de las aguas continentales de Argentina. *El agua en Iberoamérica: acuíferos, lagos y embalses*. Fernández, A. (editor). Buenos Aires: CYTED, Subprograma XVII, Aprovechamiento y Gestión de Recursos Hídricos, 2000, pp. 43-47.

RANGEL, L.J. y GAMBOA, J. Gasterópodos epicontinentales de la "Reserva de la Biosfera Pantanos de Centla", Tabasco. *Universidad y Ciencia*. Vol. 15, núm. 30, enero de 2000, pp. 129-140.

RANGEL, L.J., GAMBOA, J. y ALEGRÍA, R.F. Diversidad malacológica en la Región Maya. II. "Parque Estatal Agua Blanca", Tabasco, México. *Acta Zoológica Mexicana*. Vol. 20, núm. 1, 2004, pp. 55-62.

ROCHA-RAMÍREZ, A., RAMÍREZ-ROJAS, A., CHÁVEZ-LÓPEZ, R., and ALCOCER, J. Invertebrate assemblages associated with root masses of *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms-Laubach 1883 in the Alvarado Lagoonal System, Veracruz, Mexico. *Aquatic Ecology*. Núm. 41, 2007, pp. 319-333.

RODILES-HERNÁNDEZ, R., GONZÁLEZ-DÍAZ, A.A. y CHAN-SALA, C. Lista de Peces Continentales de Chiapas, México. *Hidrobiológica*. Vol. 15, núm. 2, Especial, agosto de 2005, pp. 245-253.

RODRÍGUEZ, E. Clasificación limnológica de lagunas continentales. *Revista de Divulgación de la División Académica de Ciencias Biológicas*. Núm. 2, enero-junio de 1996, pp. 26-33.

SALAS, H.J. y MARTINO, P. *Metodologías simplificadas para la evaluación de eutroficación en lagos cálidos tropicales*. Lima: Centro Panamericano de Ingeniería Sanitaria y Ciencias del Ambiente. OPS/CEPIS/PUB/01. 2001, pp. 1-62.

SÁNCHEZ, A.J., FLORIDO, R., MACOSSAY-CORTEZ, A., CRUZ-ASCENCIO, M., MONTALVO-URGEL, H. y GARRIDO A. Distribución de macroinvertebrados acuáticos y peces en cuatro hábitat en Pantanos de Centla, sur del Golfo de México. *Recursos Costeros del Sureste*. Sánchez, A.J., Chiappa-Carrara, X. y Pérez, B. (editores). Mérida, México: CONCYTEY, 2012a, en prensa.

SÁNCHEZ, A.J., FLORIDO, R., SALCEDO, M., RUIZ-CARRERA, V., MONTALVO-URGEL, H., RAZ-GUZMAN, A. Macrofaunistic diversity in Vallisneria americana Mich in a tropical wetland, southern Gulf of Mexico. *Diversity of Ecosystems*. Mahamane, A. (editor). Rijeka, Croatia: InTech, 2012b, pp. 1-26.

SÁNCHEZ, M.R., OLIVA, M.G., CASTILLO, J.M. y LUGO, A. Lago urbano del parque Tezozomoc, Distrito Federal. *Las Aguas Interiores de México: Conceptos y Casos*. De la Lanza, G. (compilador). México, D.F.: AGT Editor, S.A., 2007, pp. 125-139.

SADAUSKAS-HENRIQUE, H., SAKURAGUI, M.M., PAULINO, M.G., and FERNANDES, M.N. Using condition factor and blood variable biomarkers in fish to assess water quality. *Environ Monit. Assess.* Vol. 181, No. 1-4, October, 2011, pp. 29-42, DOI 10.1007/s10661-010-1810-z.

SCHUELER, T. and SIMPSON, J. Why urban lakes are different? *Urban Lake Management*. Vol. 3, No. 4, December, 2001, pp. 747-750.

SCOR-UNESCO. *Determination of chlorophyll in sea water*. SCOR-UNESCO. Paris: Technical Papers in Marine Science, 1966, 35 pp.

THOMPSON, F.G. *The Freshwater Snail of Florida: A manual for Identification*. Gainesville: University Press of Florida, 1984, 94 pp.

VEGA-CENDEJAS, M.E. *Contribución al conocimiento taxonómico de los peces que habitan los sistemas acuáticos de la Reserva de Calakmul. Campeche*. Informe Final del Proyecto S177. Mérida, México: CINVESTAV, 2001, 54 pp.

VELASCO, C., SÁNCHEZ, A.J., and FLORIDO, R. A new record of *Uhlorchestia uhleri* (Shoemaker, 1930) (Peracarida, Amphipoda, Talitridae) from the southern Gulf of Mexico. *Crustaceana*. Vol. 78, No. 4, 2005, pp. 499-502.

WEBER, C. Révision du genre *Pterygoplichthys* sensu lato (Pisces, Siluriformes, Loricariidae). *Revue Francaise d'Aquariologie, Herpetologie*. Vol. 19, 1992, pp. 1-36.

Abstract

SÁNCHEZ, A.J., SALCEDO, M.A., MACOSSAY-CORTEZ, A.A., FERIA-DÍAZ, Y., VÁZQUEZ, L., OVANDO, N. & ROSADO, L. Environmental quality of the La Polvora urban lagoon in the Grijalva river watershed. Water Technology and Sciences *(in Spanish). Vol. III, No. 3, July-September, 2012, pp. 143-152.*

Water quality and the diversity of epibenthic macrofauna and fish was analyzed in La Pólvora urban lagoon during low water season. The potential of hydrogen, total suspended solids, dissolved oxygen, biochemical oxygen demand, nitrates and total phosphorus met current Mexican norms for secondary contact recreational use. Nevertheless, values for fecal coliforms exceeded the norms and represented a health risk, although the water quality was classified as good according to the Water Quality Index. The doubling of total phosphorus recorded 15 years earlier in La Pólvora lagoon helps to explain the current hyper-eutrophic state. The diversity of epibenthic macrofauna and fish was lower than other limnetic ecosystems in the region due to the small number of species of mollusks and fish collected as well as the absence of aquatic insects and macrocrustaceans and fish belonging to the Poecillidae family. This lagoon is shown to be undergoing environmental degradation, as indicated by its hyper-eutrophic state, high values for fecal coliforms, low values for diversity of epibenthic macrofauna and fish, the percentage of exotic species and low values for the conditional factor of 11 fish species. These findings suggest the need to review the management program and its operations in this ecosystem.

Keywords*: water quality, trophic state, mollusks, fish, urban lagoon.*

Dirección institucional de los autores

Dr. Alberto J. Sánchez
Dr. Miguel Ángel Salcedo

Diagnóstico y Manejo de Humedales Tropicales, CICART
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n, Zona Cultura, Col. Magisterial,
Vhsa, Centro
86040 Tabasco, México
Teléfono: +52 (993) 3581 500, extensión 6472
alberthoj.sanchez@gmail.com

Alberto A. Macossay-Cortez
Yedith Feria-Díaz
Lucero Vázquez
Natalia Ovando
Leonardo Rosado

Posgrado en Ciencias Ambientales
Universidad Juárez Autónoma de Tabasco
Av. Universidad s/n, Zona Cultura, Col. Magisterial,
Vhsa, Centro
86040 Tabasco, México
Teléfono: +52 (993) 3581 500