

Polibotánica

ISSN electrónico: 2395-9525

polibotanica@gmail.com

Instituto Politécnico Nacional

México

<http://www.polibotanica.mx>

ACUMULACIÓN DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS POR COMUNIDADES DE HIDRÓFITAS EN EL LAGO TOCHAC, HIDALGO, MÉXICO

PHOSPHORUS ACCUMULATION WITHIN THE SEDIMENTS OF HYDROPHYTES COMMUNITIES IN THE TOCHAC LAKE, HIDALGO, MEXICO

Quiroz-Flores, A. de J.; M.G. Miranda-Arce, P. Ramírez-García Armora, y A. Lot-Helgueras

ACUMULACIÓN DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS POR COMUNIDADES DE
HIDRÓFITAS EN EL LAGO TOCHAC, HIDALGO, MÉXICO.

PHOSPHORUS ACCUMULATION WITHIN THE SEDIMENTS OF HYDROPHYTES
COMMUNITIES IN THE TOCHAC LAKE, HIDALGO, MEXICO.

ACUMULACIÓN DE FÓSFORO EN SEDIMENTOS POR COMUNIDADES DE HIDRÓFITAS EN EL LAGO TOCHAC, HIDALGO, MÉXICO

PHOSPHORUS ACCUMULATION WITHIN THE SEDIMENTS OF HYDROPHYTES COMMUNITIES IN THE TOCHAC LAKE, HIDALGO, MEXICO

Quiroz-Flores, A. de J.;
M.G. Miranda-Arce,
P. Ramírez-García Armora,
y A. Lot-Helgueras

ACUMULACIÓN DE
FÓSFORO EN SEDIMENTOS
POR COMUNIDADES DE
HIDRÓFITAS EN EL LAGO
TOCHAC, HIDALGO,
MÉXICO

PHOSPHORUS
ACCUMULATION WITHIN
THE SEDIMENTS OF
HYDROPHYTES
COMMUNITIES IN THE
TOCHAC LAKE, HIDALGO,
MEXICO

POLIBOTÁNICA

Instituto Politécnico Nacional

Núm. 46: 23-240. Julio 2018

DOI:
10.18387/polibotanica.46.15

A. de J. Quiroz-Flores/ ajquiroz@ib.unam.mx
*Departamento de Botánica, Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México.
Tercer Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria,
CP 04510, Ciudad de México, México.*

M.G. Miranda-Arce
*Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa.
Apdo. Postal 55-535 CP 09640, Ciudad de México, México.*

P. Ramírez-García Armora
A. Lot-Helgueras
*Departamento de Botánica, Instituto de Biología
Universidad Nacional Autónoma de México.
Tercer Circuito Exterior s/n, Ciudad Universitaria, CP 04510,
Ciudad de México, México.*

RESUMEN: El lago de Tochac en el estado de Hidalgo, es un cuerpo de agua que por su extensión y por su flora acuática presente se considera como un relicto importante del gran sistema de lagos que antigua mente existían en la Cuenca de México. Sin embargo, durante las últimas décadas diversos factores entre los que sobresalen las actividades antropogénicas, han promovido en el lago cambios significativos en la morfología, la profundidad, la calidad del agua, la cantidad de nutrimentos en los sedimentos y la distribución de las hidrófitas. El presente estudio se condujo con el propósito de evaluar la acumulación de fósforo total y fósforo extractable en sedimentos con ausencia y presencia de hidrófitas de la zona litoral durante el periodo de secas. Los resultados obtenidos muestran que los contenidos de fósforo en los sedimentos con presencia de hidrófitas tienen diferencias significativas con aquellos sedimentos en los que la vegetación acuática está ausente, lo que permite suponer que la presencia de hidrófitas al aportar materia orgánica fácilmente biodegradable, contribuye a la acumulación del fósforo en los sedimentos.

Palabras clave: hidrófitas, fósforo, sedimentos, Tochac, Hidalgo.

ABSTRACT: Located in the state of Hidalgo, the Tochac Lake is a body of water, which, due to its extension and aquatic flora, is considered an important relic of the great lake system that existed in the great basin of the central plateau of Mexico since ancient times. However, during the last decades several factors, anthropogenic activities standing out among them, have caused significant changes in the lake's morphology, depth, water quality, nutrient quality of the sediments and the distribution of hydrophytes. The aim of this work is to evaluate the accumulation of total phosphorus and extractable phosphorus found in the sediments with absence and presence of hydrophytes of the littoral zone during the dry season. The obtained results show that the phosphorus contents with presence of hydrophytes in the sediments display significant differences compared to those sediments in which the aquatic

vegetation is absent, which in turn, allows to suppose that the presence of hydrophytes, which provide easily biodegradable organic matter, contributes to the accumulation of phosphorus within the sediments.

Key words: hydrophytes, phosphorus, sediments, Tochac, Hidalgo.

INTRODUCCIÓN

El lago de Tochac es un relicto relativamente conservado del gran sistema de lagos que existían antiguamente en la Cuenca de México (Legorreta, 2009). Desde el punto de vista florístico, Tochac junto con el lago de Tecocomulco, representan el último hábitat y refugio de algunas especies de fanerógamas acuáticas endémicas y en peligro de extinción de México como *Nymphoides fallax* y *Sagittaria demersa* (Lot, 2005).

Actualmente, alrededor del lago de Tochac, los terrenos se destinan al cultivo de maíz, cebada, haba y frijol (Legorreta, 2009). Algunos agricultores con el objetivo de ganarle terreno al lago, han construido en las riberas, bordos de hasta tres metros de alto, lo que genera que el nivel de la columna de agua en las zonas litorales ubicadas al este y oeste cambie drásticamente a lo largo del año. Por otra parte, en el poblado de Lázaro Cárdenas cercano al lago, existe una cooperativa pesquera que captura carpa (*Cyprinus carpio*) con red agallera durante la temporada aprobada por las autoridades de la Secretaría de Agricultura, Ganadería, Desarrollo Rural Pesca y Alimentación (SAGARPA); como complemento de las actividades socioeconómicas, algunos pescadores después de revisar sus redes y coleccionar los individuos capturados durante la mañana, por la tarde, sacan de los corrales su ganado vacuno y lanar, para pastorear las gramíneas y plantas acuáticas que crecen en la ribera del lago, propiciando con esta actividad el fenómeno de azolvamiento, así como una contaminación difusa intermitente por la entrada de los lixiviados del estiércol que es depositado a la orilla del lago (Collins y McGonigle, 2008).

En diversos estudios (Sas y Ahlgren, 1989; Quiroz *et al.*, 2014), se señala que el fósforo es un factor clave en el fenómeno de eutrofización y que la liberación de este nutriente desde los sedimentos es un estudio obligado sobre todo en cuerpos de agua someros (Ingall y Jahnke, 1997). Autores como Clavero (Clavero *et al.*, 1999), han estudiado el contenido de fósforo en el sedimento superficial y lo utilizan como un índice de eutrofización progresiva.

Autores como Faulkner (Faulkner y Richardson, 1989) y Reddy (Reddy *et al.*, 1999), han descrito los mecanismos físicos y químicos de retención del fósforo en humedales artificiales y naturales, señalando que el fósforo puede ser retenido en forma de ortofosfatos en el sustrato vía adsorción y precipitación.

Para el caso de las comunidades de hidrófitas, la eutrofización induce un cambio en la composición florística debido a que las especies originales son reemplazadas por aquellas que se comportan como malezas al aumentar el contenido de nutrimentos en el medio ambiente (Quiroz *et al.*, 2014).

El objetivo de este estudio, es cuantificar el contenido de fósforo total y fósforo extractable de los sedimentos en la zona litoral con presencia y con ausencia de asociaciones o comunidades de hidrófitas durante la estación de sequía, para así examinar el papel que tienen las hidrófitas en la acumulación del fósforo en los sedimentos.

MATERIAL Y MÉTODOS

Área de estudio. El lago de Tochac se localiza en la parte sur del municipio de Apan, en el estado de Hidalgo, México (fig. 1). Entre los 19°32'50" de latitud Norte y 98°12'10" de longitud

Oeste, a una altitud de 2480 m s.n.m. Tiene una forma alargada y ocupa aproximadamente 7.5 hectáreas, con un clima templado subhúmedo con lluvias en verano. Temperatura media anual de 10 a 16°C y una precipitación total anual de 500 a 800 mm (INEGI, 2009). Las tofoformas que rodean el área de estudio son el cerro de Zotoluca y Tompeatillo (Legorreta, 2009). Las rocas ígneas extrusivas del periodo Neógeno y Cuaternario son de tipo toba ácida, basalto, andesita, brecha volcánica básica, riolita y riolacita. En la zona, dominan cinco tipos de suelos: Feozem, Vertisol, Leptosol, Durisol y Umbrisol (INEGI, 2009).

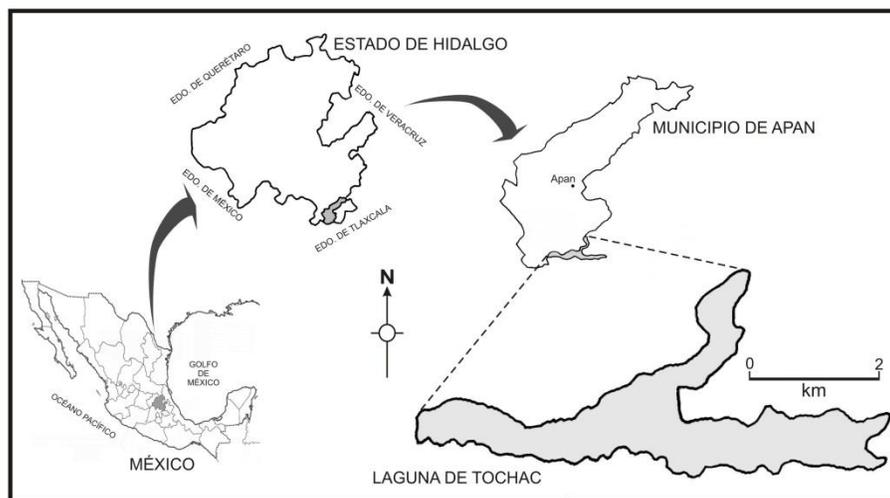


Fig. 1. Lago de Tochac en el estado de Hidalgo.

Sedimentos. Se eligieron ocho estaciones de muestreo, cuatro con presencia de hidrófitas y cuatro con ausencia de vegetación acuática. La toma de muestras de sedimentos se efectuó durante la época de secas (marzo y mayo de 2015); la ubicación de los sitios de muestreo se determinó utilizando un GPS 12 marca Garmin. En cada estación, las muestras por triplicado se colectaron con la ayuda de una barrena para toma de núcleos inalterados hasta una profundidad de 20 cm (Richardson *et al.*, 1978). Los núcleos contenidos en tubos de PVC extraídos de la barrena, se depositaron en una hielera para ser transportados al laboratorio en un lapso de tiempo no mayor a 24 horas.

Una vez en el laboratorio, las muestras se secaron a 60°C, se molieron y tamizaron a través de una malla de 2 mm de abertura (Richardson *et al.*, 1978) y se les practicaron los siguientes análisis: fósforo total por el método de digestión por vía húmeda (O'Halloran y Cade-Menun, 2008) con un bloque digestor marca Tecator modelo 1007 y cuantificación colorimétrica por la técnica del ácido ascórbico; fósforo asimilable por el método de Mehlich-3 y cuantificación colorimétrica por la técnica del ácido ascórbico (Mehlich, 1984).

Flora. Se llevaron a cabo las colectas de las plantas acuáticas en las mismas estaciones en que se tomaron las muestras de sedimentos, las cuales se ubicaron en los extremos este (19° 38.9' 20" y 98° 25.8' 92") y oeste (19° 37.1' 21" y 98° 29.2' 67") del lago. Se describe la forma de vida de las hidrófitas de acuerdo a la clasificación modificada y ampliamente difundida por Sculthorpe (1985), como enraizada emergente (EE), enraizada de hoja flotante (EHF), enraizada de tallos postrados (ETP), libre flotadora (LF).

Análisis estadísticos. Finalmente, a los resultados obtenidos de los análisis de fósforo total y fósforo extractable, se les aplicó un análisis estadístico de Kruskal Wallis (ANOVA) para observar las diferencias significativas entre los sitios con vegetación y sin vegetación. Los análisis estadísticos se realizaron con la ayuda del programa Statistica 7.0. (NCSS, 2004)

RESULTADOS

Flora. En la tabla 1, se muestran las especies representativas de la zona este y oeste del lago de Tochac. Las zonas litorales ubicadas al este y oeste del lago son las áreas en donde durante la época de secas se establecen espontáneamente las comunidades de hidrófitas. El establecimiento ocurre sobre todo en aquellas áreas en donde los pobladores han construido bordos de hasta tres metros de altura a la orilla de la laguna y que han dado origen a dos canales de 400 metros de largo.

Tabla 1. Elementos importantes, forma de vida y distribución de las hidrófitas del lago de Tochac, Hgo.

Familia	Especie	Forma de vida	Localidad
Apiaceae	<i>Hydrocotyle ranunculoides</i>	EE	zona este y oeste
	<i>Lilaeopsis schaffneriana</i>	EE	zona este
Araceae	<i>Lemna gibba</i>	LF	zona este y oeste
Cyperaceae	<i>Eleocharis macrostachya</i>	EE	zona oeste
	<i>Schoenoplectus americanus</i>	EE	zona este
Marsileaceae	<i>Marsilea ancylopoda</i>	EE	zona este
Menyanthaceae	<i>Nymphoides fallax</i>	EHF	zona este
Onagraceae	<i>Ludwigia peploides</i>	ETP	zona este y oeste

Sedimentos. En la tabla 2, se muestran los valores promedio e intervalo del fósforo total y fósforo extractable de los sedimentos analizados en este estudio. Para el mes de marzo el lago de Tochac tuvo un promedio de fósforo total en las zonas con vegetación de 0.1558%, con un máximo de 0.1983% y un mínimo de 0.1183%; en las zonas sin vegetación tuvo un promedio de 0.0716%, con un máximo de 0.1234% y un mínimo de 0.0153%. Se determinó la existencia de diferencias significativas del contenido de fósforo total entre las zonas con vegetación y sin vegetación en Tochac ($H(1;24) = 16.3$; $P < 0.0001$).

El lago de Tochac para el mes de marzo tuvo un promedio de fósforo extractable en las zonas con vegetación de 203.7 mg/Kg, con un máximo de 292.0 mg/Kg y un mínimo de 128.5 mg/Kg; en las zonas sin vegetación tuvo un promedio de 129.5 mg/Kg, con un máximo de 246.0 mg/Kg y un mínimo de 64.2 mg/Kg. Se determinó la existencia de diferencias significativas del contenido de fósforo extractable entre las zonas con vegetación y sin vegetación en Tochac ($H(1;24) = 7.1$; $P < 0.008$).

Para el mes de mayo el lago de Tochac tuvo un promedio de fósforo total en las zonas con vegetación de 0.1306%, con un máximo de 0.2071% y un mínimo de 0.0756%; en las zonas sin vegetación tuvo un promedio de 0.0686%, con un máximo de 0.1164% y un mínimo de 0.0078%. Se determinó la existencia de diferencias significativas del contenido de fósforo total entre las zonas con vegetación y sin vegetación en Tochac ($H(1;24) = 14.1$; $P < 0.0002$).

El lago de Tochac para el mes de mayo tuvo un promedio de fósforo extractable en las zonas con vegetación de 205.3 mg/Kg, con un máximo de 286.4 mg/Kg y un mínimo de 127.2 mg/Kg; en las zonas sin vegetación tuvo un promedio de 150.6 mg/Kg, con un máximo de 243.9 mg/Kg y un mínimo de 107.7 mg/Kg. Nuevamente se determinó la existencia de diferencias significativas del contenido de fósforo extractable entre las zonas con vegetación y sin vegetación en Tochac ($H(1;24) = 6.7$; $P < 0.001$).

Tabla 2. Promedio \pm desviación estándar, e intervalo de los parámetros analizados en las muestras de sedimento.

Lago	Mes	Sitio	Fósforo total %	Fósforo aprovechable mg/Kg
Tochac	Marzo	con vegetación	0.1558 \pm 0.031 0.1183 – 0.1983	203.7 \pm 51 128.5 – 292.0
		sin vegetación	0.0716 \pm 0.032 0.0153 – 0.1234	129.5 \pm 62.3 64.2 – 246.0
	Mayo	con vegetación	0.1306 \pm 0.033 0.2071 – 0.0756	205.2 \pm 51.5 286.4 – 127.2
		sin vegetación	0.0686 \pm 0.030 0.1164 – 0.0078	150.6 \pm 39.5 243.9 \pm 107.7

DISCUSIÓN

Los valores de fósforo total y fósforo extractable en los sedimentos con hidrófitas son altos si los comparamos con otros estudios similares (Clavero *et al.*, 1999) y de acuerdo al criterio de Malstrom citado por Richardson (Richardson *et al.*, 1978), el nivel de fósforo en los sedimentos está por arriba ($\geq 0.04\%$) de la cantidad necesaria para sostener la producción vegetal. Sin embargo, si los comparamos con los datos que han sido reportados por Hernández (Hernández *et al.*, 2007) para la cantera oriente de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM ($> 0.2\%$ fósforo total) y por Quiroz (datos no publicados) para el lago de Tecocomulco en zonas con vegetación acuática (0.2395% fósforo total y 308.8 mg/Kg fósforo aprovechable), los valores son menores. Suponemos que la diferencia se debe a que tanto en la cantera oriente como en el lago de Tecocomulco existe una mayor extensión y diversidad de hidrófitas (Lot, 2005).

Las diferencias significativas entre los sitios de muestreo con y sin vegetación acuática, nos permite suponer que la presencia de las hidrófitas disminuye la velocidad de las escorrentías superficiales provenientes de las zonas agrícolas que rodean a la laguna las cuales se caracterizan por sus elevados contenidos de fertilizantes fosfatados, tal acción facilitará que los sólidos suspendidos ricos en fósforo se depositen en el sedimento de la zona litoral (Cronk y Siobhan, 2001), mitigando la entrada de fósforo al sistema lagunar. Por otra parte, las comunidades de hidrófitas tienen la capacidad de absorber el fósforo de la columna de agua y una vez concluido el ciclo vital del órgano (hojas) o del organismo vegetal, aportaran materia orgánica a los sedimentos anaeróbicos, tal condición físico química del sedimento facilitará la acumulación temporal del fósforo ya que la mineralización de la materia orgánica en un medio anaerobio es muy lenta (Kirk, 2004).

Durante la estación de lluvias las formas de vida enraizada emergente y de hojas flotantes desaparecen debido a que el nivel de la columna de agua se eleva hasta dos metros de altura en un plazo de tiempo muy corto. La situación anterior propicia que solamente las comunidades con forma de vida libre flotadora sobrevivan al interior de los canales y en la zona abierta de la laguna permanezca exclusivamente el tular de *Schoenoplectus americanus* en forma de manchones aislados. En el resto de la zona ribereña en donde no hay presencia de bordos, los agricultores de manera permanente se encargan de eliminar manualmente a las plantas acuáticas que se establecen en las orillas del lago.

CONCLUSIONES

Los contenidos de fósforo en los sedimentos con presencia de hidrófitas muestran diferencias significativas con aquellos sedimentos en los que la vegetación acuática está ausente, lo que permite suponer que la presencia de hidrófitas al aportar materia orgánica fácilmente biodegradable, contribuye a la acumulación del fósforo en los sedimentos.

Los elevados contenidos de fósforo en los sedimentos de la zona litoral, nos sugieren de manera indirecta la eutrofización del lago de Tochac (Clavero *et al.*, 1999).

Es necesario mitigar el proceso de eutrofización generado por los fertilizantes utilizados en los cultivos agrícolas que rodean la ribera del lago de Tochac, una alternativa sería el permitir que especies de hidrófitas como *Hydrocotyle ranunculoides*, *Ludwigia peploides* y *Schoenoplectus americanus* se establezcan espontáneamente en las riberas del lago, situación que actualmente no prospera debido a que los pobladores de la región continuamente eliminan a las comunidades de hidrófitas.

AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen a Felipe Villanueva quien preparó la figura 1.

LITERATURA CITADA

- Clavero, V., Izquierdo, J. J., Palomo, L., Fernández, J. A., y Niell, F. X. (1999). Water management and climate changes increases the phosphorus accumulation in the small shallow estuary of the Palmones River (southern Spain). *Science of the Total Environment*, 228(2-3), 193-202.
- Collins, A. L., y McGonigle, D. F. (2008). Monitoring and modeling diffuse pollution from agriculture for policy support: UK and European experience. *Environmental Science and Policy*, 11, 97-101.
- Cronk, J. K., y Siobhan, M. (2001). *Wetland Plants, Biology and Ecology*. USA: Lewis Publishers.
- Faulkner, S., y Richardson, C. (1989). *Physical and chemical characteristics of freshwater wetland soils*. Tennessee: Lewis Publishers.
- Hernández, O., Quiroz, A., Ramírez-García, P., y Lot, A. (2007). Paisaje lacustre: ecología de la vegetación acuática. En: A. Lot (Ed.), *Guía ilustrada de la Cantera Oriente: caracterización ambiental e inventario biológico*. (pp. 45-59). México: Coordinación de la Investigación Científica, Secretaría Ejecutiva de la Reserva Ecológica del Pedregal de San Ángel de Ciudad Universitaria, UNAM.
- INEGI. (2009). *Prontuario de Información geográfica municipal de los Estados Unidos Mexicanos*. Apan, Hidalgo.
- Ingall, E., y Jahnke, R. (1997). Influence of water-column anoxia on the elemental fractionation of carbon and phosphorus during sediment diagenesis. *Marine Geology*, 139(1-4), 219-229.
- Kirk, G. (2004). *The Biogeochemistry of Submerged Soils*. New York, NY: John Wiley and Sons.
- Legorreta, J. (2009). *Ríos, lagos y manantiales del Valle de México*. México: Universidad Autónoma Metropolitana-Azcapotzalco.
- Lot, A. (2005). Vegetación Acuática de la Laguna de Tecocomulco. En: R. Huízar, E. Jiménez, y C. Juárez (Eds.), *La Laguna de Tecocomulco, Geo-Ecología de un Desastre*. (pp. 141-147). México: Instituto de Geología, UNAM.

Recibido:
4/julio/2017

Aceptado:
8/marzo/2018

- Mehlich, A. (1984). Mehlich 3 soil test extractant: A modification of Mehlich 2 extractant. *Communications in Soil Science and Plant Analysis*, 15(12), 1409–1416.
- NCSS. (2004). Statistical Software.
- O'Halloran, I. P., y Cade-Menun, B. J. (2008). Total and Organic Phosphorus. En: M. R. Carter and E. G. Gregorich (Eds.), *Soil Sampling and Methods of Analysis* (Second Edi, pp. 271–273). Boca Raton, Fla. U.S.A.: CRC Press.
- Quiroz, A., Ramírez-García, P., y Lot, A. (2014). Variación anual de la biomasa de *Nymphoides fallax* Ornduff en la laguna de Tecocomulco, Hidalgo, México. *Polibotánica*, 37, 93–108.
- Reddy, K. R., Kadlec, R. H., Flaig, E., y Gale, P. M. (1999). Phosphorus Retention in Streams and Wetlands: A Review. *Critical Reviews in Environmental Science and Technology*, 29(1), 83–146.
- Richardson, C. J., Tilton, D. L., Kadlec, J. A., Chamie, J. P., y Wentz, W. A. (1978). Nutrient Dynamics of Northern Wetland Ecosystem. En: R. E. Good, D. F. Whigham, and R. L. Simpson (Eds.), *Freshwater Wetlands, ecological processes and management potential*. (pp. 217–241). New York: Academic Press, Inc.
- Sas, H., y Ahlgren, I. (1989). *Lake restoration by reduction of nutrient loading: expectations, experiences, extrapolations*. (6a ed.). Sankt Augustin: Academia Verlag Richarz.