

**ESTUDIO COMPARATIVO DE ALGUNAS VARIABLES FISICOQUÍMICAS  
DEL AGUA EN CANALES SECUNDARIOS DE XOCHIMILCO CON Y SIN  
*EICHHORNIA CRASSIPES* (MARTIUS) SOLMS-LAUBACH**

**Agustín Quiroz-Flores<sup>1</sup>, María Guadalupe Miranda-Arce<sup>2</sup> y Antonio Lot-Helgueras<sup>1</sup>**

<sup>1</sup>Laboratorio de Vegetación Acuática. Instituto de Biología  
Universidad Nacional Autónoma de México. Tercer Circuito Exterior s/n. Ciudad  
Universitaria, Delegación Coyoacán. Apartado Postal 70-233. CP 04510, México, DF.

<sup>2</sup>Departamento de Hidrobiología, Universidad Autónoma Metropolitana-Iztapalapa  
Av. San Rafael Atlixco núm. 186, Col. Vicentina CP 09340, Iztapalapa, México, DF.

**RESUMEN**

Las plantas vasculares acuáticas cuando muestran un crecimiento excesivo, tienen la capacidad de modificar algunas propiedades físicas y químicas de los cuerpos de agua en donde se establecen afectando el equilibrio del ecosistema acuático. *Eichhornia crassipes* (lirio acuático) es considerado una maleza por su gran capacidad de adaptación a diversos hábitats. En la zona lacustre de Xochimilco, el lirio acuático se utiliza como abono verde en el sistema de cultivo chinampero y se le extrae mecánicamente en forma permanente debido a que puede obstruir completamente los canales secundarios que rodean las parcelas. Los canales secundarios, denominados localmente "apantles", tienen una gran importancia para los agricultores ya que contribuyen a que el suelo presente una continua humidificación.

El objetivo de nuestro estudio es determinar si existen cambios significativos en las propiedades fisicoquímicas del agua en canales secundarios de Xochimilco debido a la presencia de lirio acuático.

Los datos físicos y químicos obtenidos en las muestras de agua colectadas en canales secundarios de Xochimilco, nos muestran que la presencia de lirio acuático disminuye significativamente el potencial de hidrógeno, la temperatura subsuperficial y los niveles de oxígeno disuelto, propiciando con esto último, que los compuestos químicos más oxidados muestren una tendencia a reducirse y que por tanto disminuyan los niveles de nitratos y se incrementen los de amonio. El fósforo reactivo disuelto, junto con el resto de los parámetros considerados en este estudio, no mostraron diferencias significativas, sin embargo, son notables los altos niveles de fósforo reactivo disuelto cuantificados.

**Palabras clave:** lirio acuático, Xochimilco, hidrófitas, nitrógeno, fósforo.

**ABSTRACT**

When aquatic vascular plants show excessive growth, they have the capacity to modify certain physical and chemical properties of the water bodies in which they become established, affecting the balance of the aquatic

ecosystem. *Eichhornia crassipes*, water hyacinth, is regarded as a weed because of its capacity to adapt to various habitats. In the Xochimilco Lake zone (México, D.F.), where water hyacinth can completely obstruct secondary channels that surround the parcels, it is extracted mechanically on a permanent basis and used as green manure. These channels, locally called as “apantles,” are very important to the peasants, because they give constant humidity to the soil.

The aim of our study was to determine if there are significant differences in physico-chemical properties of the water between secondary channels due the presence of water hyacinth. Physical and chemical data obtained from water samples collected in these channels showed that the presence of water hyacinth significantly decreased hydrogen potential, subsurface temperature and dissolved oxygen levels, the latter causing oxidized chemical compounds to diminish, therefore decreasing nitrate levels and increasing ammonium levels. Dissolved reactive phosphorus, together with the rest of the parameters considered in this study, did not show any significant differences. Nevertheless, it is necessary to point out the high levels of dissolved reactive phosphorus quantified.

**Key words:** water hyacinth, Xochimilco, hydrophytes, nitrogen, phosphorus.

## INTRODUCCIÓN

El lirio acuático (*Eichhornia crassipes*) es una planta libre flotadora miembro de la familia de las Pontederiaceae, que ocupa un lugar sobresaliente entre las comunidades de hidrófitas de agua dulce. Su distribución en México es sumamente amplia debido a

que crece en una gran diversidad de hábitats dulceacuícolas localizados desde el nivel del mar hasta los 2 250 metros de altitud (Miranda y Lot, 1999). Con relación a la biodisponibilidad de nitrógeno y fósforo, el lirio acuático puede establecerse y sobrevivir en cuerpos de agua con niveles muy bajos de nitratos y de fosfatos (Moran, 2006).

En las regiones fuera de su área natural de distribución, el lirio acuático es considerado como una maleza sobre todo en hábitats lénticos, debido a que no existen en el lugar de introducción los controles y balances naturales que regulan el crecimiento y la agresividad de la especie, que sí están presentes en el lugar de origen. Su gran rapidez de crecimiento, su poder de propagación y su capacidad de adaptación, le permiten cubrir, en un corto plazo, la superficie de los cuerpos de agua que invaden (Niño y Lot, 1983). Los extensos tapetes de lirio acuático no sólo modifican la calidad del agua, sino que su efecto trasciende a otros aspectos del medio, desde los ecológicos y de salud pública hasta los sociales, económicos y políticos (Niño y Lot, 1983; Olvera, 1989).

En la zona sureste de la cuenca de México se localiza Xochimilco, población que practica, desde la época prehispánica, un sistema agrícola denominado de chinampa o cultivo de ciénega y en el que las plantas acuáticas tienen un papel importante (Lot y Novelo, 2004). La chinampa es una parcela de cultivo rodeada por canales con una profundidad promedio de 1.50 metros y uno a tres metros de ancho, llamados localmente como “apantles”, los cuales tienen una gran importancia para los agricultores ya que contribuyen a que el suelo presente una continua humidificación. Estos canales someros, normalmente se unen a un canal principal más profundo

(dos a cuatro metros) y más ancho (cinco a 10 metros), llamado “acalote” (Lot *et al.*, 1979). Como sistema intensivo de cultivo, la chinampa permite tener hasta cuatro cosechas anuales (Rojas, 1983). Entre las plantas acuáticas asociadas al cultivo chinampero destaca el lirio acuático, el cual es utilizado como abono verde y como forraje (Quiroz *et al.*, 1982).

Las malezas acuáticas han sido estudiadas ampliamente en otros países, por lo que existe bastante información en la literatura científica (Olvera, 1989). Sin embargo, en nuestro país, a pesar de que se está trabajando en muchos frentes para combatir, controlar y utilizar las malezas acuáticas, la información se encuentra muy dispersa y en muchos casos no se cuenta con la investigación básica que permita programar de manera efectiva el control y aprovechamiento de las malezas acuáticas.

El objetivo de nuestro estudio es determinar si existen cambios significativos en las propiedades físicas y la química básica del agua en canales secundarios o “apantles” de Xochimilco, con lirio acuático y sin lirio acuático durante un periodo trimestral.

## MÉTODOS

La zona de estudio abarcó dos canales secundarios que se encuentran conectados al canal de Tultengo, cerca de la laguna del Toro en Xochimilco, Distrito Federal. Los canales de 100 metros de longitud, se subdividieron en tres sitios de trabajo (uno a cada 25 metros de distancia); en cada sitio (réplicas) se establecieron tres estaciones de muestreo permanente (repeticiones). En cada estación se tomaron muestras de agua semanalmente durante un periodo trimestral

(octubre-diciembre de 2005, inicio de la estación de sequía), a una profundidad de 30 cm con la ayuda de una botella tipo Van Dorn con capacidad para 2.7 litros. Todas las muestras para el análisis químico fueron pasadas a través de un filtro Millipore de 0.45  $\mu\text{m}$ . Un lote de muestras se depositó en recipientes de polipropileno de un litro de capacidad y se les agregó 1 mL de ácido sulfúrico concentrado como conservador, para finalmente ser almacenado en un refrigerador a baja temperatura; un segundo lote de muestras se depositó en recipientes de polipropileno y se refrigeró sin conservador. Se midió *in situ* a la misma hora durante los tres meses de muestreo, conductividad, temperatura, oxígeno disuelto y potencial de hidrógeno, con un equipo de campo marca *Corning* modelo Check-mate 90; los carbonatos, bicarbonatos, calcio y magnesio se cuantificaron al momento de la colecta por método volumétrico. Así mismo, al momento de la colecta se cuantificaron los nitritos por el método de diazosisación con la ayuda de un colorímetro de campo marca *Hach*, modelo DR/890. Una vez en el laboratorio, las muestras conservadas con ácido sulfúrico fueron neutralizadas con hidróxido de sodio 0.1 N y se les cuantificaron: nitratos, amonio y fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos); a las muestras conservadas solamente con refrigeración se les cuantificaron: cloruros, sulfatos, sodio y potasio solubles, de acuerdo con los métodos oficiales recomendados por Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater (APHA, 1998). A los datos obtenidos se les aplicaron las pruebas estadísticas de normalidad de Lilliefors y homoscedasticidad de Bartlett. Posteriormente, para determinar algún patrón de variación, se evaluaron las diferencias significativas entre sitios de estudio con base en un análisis de varianza de

una vía (ANDEVA). Aquellas variables que no mostraron normalidad, se les realizó una prueba no paramétrica a través del análisis de varianza de una vía de Kruskal-Wallis. En todos los casos se utilizó el programa Statistica for Windows 2000.

### RESULTADOS

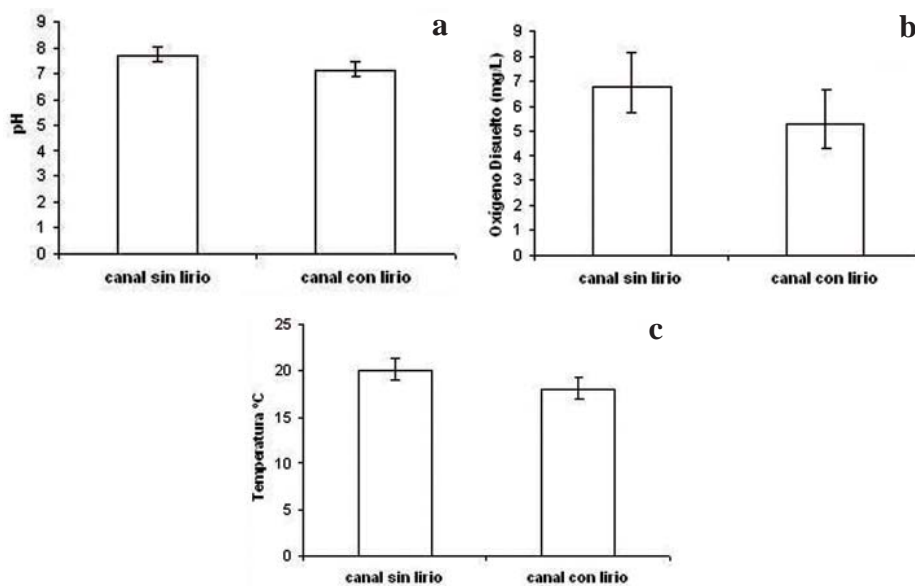
Los valores promedio obtenidos de los análisis físicos y químicos de las muestras del canal sin lirio y canal con lirio, se muestran en la tabla 1. Se observaron diferencias significativas en el pH o potencial de hidrógeno entre el canal con lirio y el canal sin lirio ( $H_{(1,106)} = 37.68$ ;  $p < 0.001$ ), con valores que tienden a la alcalinidad, sobre todo en las estaciones con ausencia de lirio. Así mismo, existieron diferencias significativas para el oxígeno disuelto ( $F_{(1,106)} = 5.54$ ;  $p = 0.02$ ) y para la temperatura subsuperficial ( $H_{(1,106)} = 11.54$ ;  $p < 0.001$ ); en ambos casos, el canal con lirio presentó valores inferiores a los mostrados por el canal sin lirio (Fig. 1). No se observaron diferencias significativas para el resto de los parámetros físicos y químicos considerados en este estudio. Sin embargo, consideramos importante señalar que de entre los parámetros analizados, cabe destacar los altos niveles de fósforo reactivo disuelto (ortofosfatos) cuantificados en la zona de estudio (tabla 1), situación que junto con los altos niveles de nitrógeno inorgánico detectados, ha contribuido a que especies de hidrófitas oportunistas como el lirio acuático (70 kg/m<sup>2</sup> peso húmedo, Novelo, comunicación personal) y la comunidad de lemnáceas progresen rápidamente.

### DISCUSIÓN

Los valores de pH del canal sin lirio muestran una tendencia hacia los valores alcalinos, situación que podríamos asociar a la acción de la comunidad fitoplanctónica, ya que de acuerdo con Ponnampertuma (1984), por medio de la fotosíntesis se promueve que la superficie del agua esté supersaturada con oxígeno molecular y disminuyan los niveles de dióxido de carbono. La temperatura presentó diferencias espaciales, debido a que el lirio acuático genera un efecto de sombra sobre la superficie del agua (72 individuos/m<sup>2</sup>, Novelo, comunicación personal), efecto reportado por otros autores (Awino, 2006; Olvera, 1989). La comunidad de lirio acuático al actuar como barrera física, afecta el intercambio gaseoso entre la atmósfera y la superficie del agua del canal secundario, además de disminuir notablemente la velocidad de la corriente. Tales condiciones propician que los niveles de oxígeno disuelto cuantificados en el canal con lirio sean inferiores a los observados en el canal sin lirio (tabla 1), generándose una situación similar a lo reportado por varios autores (Rai y Datta, 1979; Lung'ayia *et al.*, 2001). La tendencia a que se incremente la anaerobiosis, propicia, por una parte, que los compuestos químicos más oxidados, como los nitratos y sulfatos, muestren valores menores a los mostrados por el canal sin lirio; y por otra parte promueve que se eleven ligeramente los niveles de amonio (tabla 1). Cabe destacar el caso del fósforo reactivo disuelto, el cual, aunque no mostró diferencias significativas en relación al factor sitio, sus niveles de concentración son extremadamente elevados en ambos canales. Sobre todo si los comparamos con otros cuerpos de agua ubicados en la parte noreste de la cuenca de México, como sería

**Tabla 1.** Promedio y desviación estándar de los parámetros analizados en las muestras del canal sin lirio y el canal con lirio.

Parámetro	Canal sin lirio	Canal con lirio
Amonio (mg/L)	0.49± 0.04	0.51 ± 0.04
Bicarbonato (mg/L)	418.2 ± 17.3	418.9 ± 2.10
Calcio (mg/L)	4.5 ± 0.50	4.6 ± 0.51
Cloruro (mg/L)	113.2 ± 2.30	112.5 ± 1.40
Conductividad (µS/cm)	745.3 ± 67.1	757.7 ± 45.9
Magnesio (mg/L)	19.3 ± 1.00	18.9 ± 0.90
Nitratos (mg/L)	0.19 ± 0.10	0.16 ± 0.05
Nitritos (mg/L)	0.021 ± 0.06	0.029 ± 0.09
Fósforo reactivo disuelto (mg/L)	4.1 ± 0.49	4.2 ± 0.41
Oxígeno disuelto (mg/L)	6.8 ± 1.05	5.3 ± 1.36
Potasio (mg/L)	24.1 ± 1.20	23.8 ± 1.10
Potencial de hidrógeno	7.7 ± 0.36	7.1 ± 0.21
Sodio (mg/L)	138.2 ± 1.50	139.5 ± 1.40
Sulfato (mg/L)	7.4 ± 0.15	5.0 ± 0.05
Temperatura (°C)	20.0 ± 1.36	18.0 ± 0.98



**Fig. 1.** Promedio y desviación estándar obtenidos para pH (a), oxígeno disuelto (b) y temperatura (c) en el canal sin lirio y canal con lirio.

el caso del lago de Tecocomulco, en donde De la Lanza y Hernández (2005), reportan 0.1 mg/L de ortofosfatos, contra 4.2 mg/L obtenidos en este estudio. La procedencia de estos valores tan altos se deben, por una parte, a las actividades agrícolas que se desarrollan en la zona, y por otra parte a que el área recibe aguas residuales tratadas provenientes de la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales del Cerro de La Estrella (Sidaner, 1993).

### CONCLUSIÓN

De acuerdo a los resultados obtenidos en este estudio, podemos indicar que la presencia de *Eichhornia crassipes* en los canales secundarios de Xochimilco, disminuye la temperatura subsuperficial, el potencial de hidrógeno y los niveles de oxígeno disuelto. Esto último propicia, por una parte, que los compuestos químicos más oxidados muestren una tendencia a disminuir, como sería el caso de los nitratos y los sulfatos, y que por otra parte tiendan a elevarse los niveles de amonio.

### AGRADECIMIENTOS

Los autores agradecen al M. en C. Pedro Ramírez García-Armora del Instituto de Biología, UNAM, por sus importantes sugerencias para mejorar este manuscrito. Al biólogo Óscar Luis Hernández Martínez y la bióloga Karla Verónica Pedraza Venegas, por su apoyo en la realización de la tabla y gráficas de este manuscrito.

### LITERATURA CITADA

APHA, 1998. *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association.

(ed.). 20th Edition. Washington, USA. 849 p.

Awino, M.O., 2006. "A comparative study of wetlands with and without water hyacinth (*Eichhornia crassipes*) (martius) Solms-Laubach: Pontederiaceae) infestation in Northeastern Lake Victoria. MSc". Thesis Aquatic Ecology. Wageningen. The Netherlands. 200 pp.

De la Lanza, E., y S. Hernández, 2005. "Físicoquímica de la Laguna de Tecocomulco, En: *La Laguna de Tecocomulco Geo-ecología de un Desastre*". Huizar, R., Jiménez, E., y C. Juárez (eds.). Publicación Especial 3. Instituto de Geología, UNAM. pp. 109-128.

Lung'ayia, H., L. Sitoki y M. Kenya, 2001. "The nutrient enrichment of Lake Victoria (Kenyan waters)". *Hydrobiologia*, **458**: 75-82.

Lot, A., A. Novelo y A. Quiroz, 1979. "The Chinampa: An Agricultural System That Utilizes Aquatic Plants". *J. Aquat. Plant. Manage*, **17**: 74-75.

Lot, A. y A. Novelo, 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*. Instituto de Biología, UNAM. 206 pp.

Miranda-Arce, M.G. y A. Lot, 1999. "El lirio acuático, ¿una planta nativa de México?" *Revista Ciencias*. núm. 53. Facultad de Ciencias, UNAM. pp. 50-54.

Moran, P.J., 2006. "Water nutrients, plant nutrients, and indicators of biological control on water hyacinth at Texas

- field sites". *J. Aquat. Plant. Manage.* **44**: 109-114.
- Niño, S. M. y A. Lot, 1983. "Estudio demográfico del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart) Solms: Dinámica de crecimiento en dos localidades selectas de México". *Boletín de la Sociedad Botánica de México*. vol. 11, No. 45.
- Olvera, V., 1989. "Biología y ecología del lirio acuático *Eichhornia crassipes* (Mart.) Solms", En: *Control y aprovechamiento del lirio acuático en México*. G. Díaz (ed.). Serie Divulgación 17. Comisión Nacional del Agua. Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. México. pp. 9-42.
- Ponnamperuma, F.N., 1984. "Effects of flooding on soils". En: *Flooding and Plant Growth*. T. T. Koslowski (ed.). Academic Press, Inc. San Diego, USA. pp. 10-42.
- Quiroz, A., M.G. Miranda y A. Lot, 1982. "Uso potencial de algunas hidrófitas como abono en la zona chinampera de Xochimilco". *Biótica*, **7**(4): 631-633.
- Rai, N. D. y J. Datta, 1979. "The influence of thick floating vegetation (water hyacinth: *Eichhornia crassipes*) on the physicochemical environment of a fresh water wetland". *Hydrobiologia*, **62**: 65-69.
- Rojas, R. T., 1983. *La agricultura chinampera. Compilación histórica*. Universidad Autónoma de Chapingo, Estado de México. México. 229 pp.
- Sidaner, J.G., 1993. "El Rescate Ecológico de Xochimilco", *Memoria Técnica*. Departamento del Distrito Federal. México. 60 p.