

ESTRUCTURA Y COMPOSICIÓN DE LAS COMUNIDADES DE MACRÓFITAS ACUÁTICAS DE LAS LAGUNAS DE QUEXIL, SACNAB, YAXHÁ, PETENCHEL, SACPUY, SALPETÉN Y

Fátima Reyes Morales

Herbario -USCG- Centro de Estudios Conservacionistas
-CECON-, Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia,
Universidad de San Carlos de Guatemala -USAC-.
fatimarys3@gmail.com.

PALABRAS CLAVE: macrófitas, profundidad, comunidad,
composición, turbidez, pendiente.

KEY WORDS: macrophytes, depth, community, composition,
turbidity, slope.



• RESUMEN

Se estudió la composición y distribución de las comunidades macrófitas acuáticas en siete lagunas del departamento de El Petén, Guatemala, durante los años 2008 y 2009. Las macrófitas acuáticas fueron recolectadas en parcelas de 25m² ubicadas desde la orilla hacia el centro de cada laguna. Adicionalmente, se tomaron datos de tipo de sustrato, hábito de la planta y profundidad máxima a la que se desarrolla. Se recolectaron 26 especies de macrófitas (15 emergentes, seis sumergidas, cuatro libremente flotadoras y una enraizada con hojas flotantes), distribuidas desde la orilla hasta los 3.4 m de profundidad. La composición de las comunidades de macrófitas estuvo asociada con el tipo de sustrato, pendiente y turbidez. La baja riqueza por sitio puede ser reflejo de la baja diversidad de sustratos y hábitats debido a la pendiente de cada laguna. La transparencia del agua también determina la máxima profundidad de colonización y distribución de las macrófitas en los ecosistemas acuáticos.

• ABSTRACT

Composition of aquatic macrophytes communities in Quexil, Sacnab, Yaxhá, Petenchel, Sacpuy, Salpetén and Macanché lagoons, El Petén. The composition and depth distribution of aquatic macrophytes communities were studied in seven lagoons in El Petén department, Guatemala. Data were surveyed in 2008 and 2009 in order to determine possible gradients in community composition. The macrophytes were sampled in 25 m² plots placed from shallow to deep waters. Additionally, substrate type, plant lifeform and maximum depth of distribution data were collected from each plot. A total species richness of 26 taxa was found, including 15 emergent, six submerged, four free floating, and one rooted with floating leaves, which were distributed from the shore to 3.4m depth. Macrophytes composition was associated with habitat parameters such as substrate type, slope and turbidity. The low richness of macrophytes per site may reflect a poor diversity of substrates and habitats, caused by the slope of the bottom of each gap. The maximum depth distribution and colonization by macrophytes were related with water transparency.

• INTRODUCCIÓN

El término "macrófitas acuáticas" se refiere a un grupo diverso de organismos fotosintéticos acuáticos que se han adaptado para crecer y desarrollarse en diversos hábitats en los ambientes acuáticos (Lot y Novelo, 2004; Bonilla-Barbosa, 2007; Roldán y Ramírez, 2008; Bonilla-Barbosa, 2010). En el mundo existen aproximadamente 2443 especies de macrófitas acuáticas, dentro de las cuales se incluyen las macroalgas (Charophyta), las briofitas, los helechos y las angiospermas (monocotiledóneas y dicotiledóneas) (Margalef, 1983; Chambers *et al.*, 2008). El ensamble de estos grupos define la composición y la estructura de las comunidades de macrófitas en aguas epicontinentales. La composición

de una comunidad acuática también está definida por la relación que existe entre los factores físicos del medio, como tipo de sustrato, luz, presión hidrostática, profundidad, batimetría, y la composición de las especies (Crow, 2002; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

Las comunidades de plantas acuáticas se pueden organizar mediante una clasificación de acuerdo a su hábito o medio de vida de la siguiente forma: hidrófitas libremente flotadoras, enraizadas con hojas flotantes, sumergidas y emergentes (Crow, 2002; Bonilla-Barbosa, 2007; Roldán y Ramírez, 2008; Bonilla-Barbosa, 2010). En los ecosistemas acuáticos las macrófitas contribuyen a la salud y diversidad general de los cuerpos de agua; además, son bioindicadoras

de la calidad del agua; sirven de alimento para otros organismos acuáticos; proveen hábitats para diversas especies; intervienen en la captura y estabilización de sedimentos, entre otros (Sculthorpe, 1967; Barko *et al.*, 1986; Crow, 2002; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

Pese a la importancia de las comunidades de las macrófitas en los ecosistemas acuáticos, es un grupo que ha sido poco estudiado en las regiones tropicales (Roldán y Ramírez, 2008). Debido a lo anterior, el presente trabajo pretende describir la composición de las comunidades de macrófitas de algunas lagunas de El Petén. Adicionalmente, analizar la distribución de las plantas sumergidas, en función de la profundidad a la cual fueron recolectadas.

• MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron siete lagunas, las cuales están ubicadas en la zona norte de Guatemala, entre las coordenadas (-90.066°, -89.320° N) y (17.315°, 16.859° W) (Fig. 1). La ubicación y el número de puntos de muestreo en la zona litoral de cada cuerpo de agua, se delimitó con base en el área superficial de cada laguna (Cuadro 1). La selección y ubicación de los puntos de muestreo se realizó con base en la diversidad de hábitats, en donde se tomó en cuenta el tipo de sustrato, profundidad y tipo de vegetación de la ribera, y en los posibles impactos humanos debidos a actividades y/o usos existentes en las lagunas y en zonas circundantes (potreros, poblados

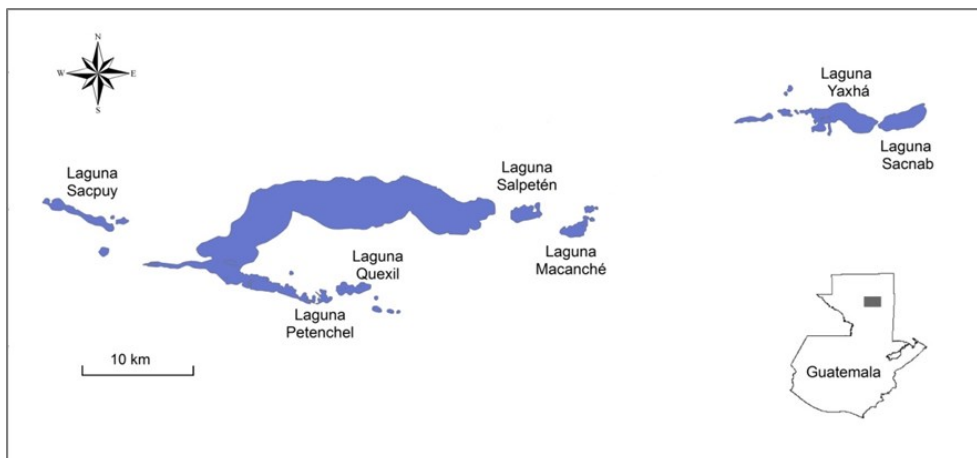


Figura 1: Mapa de ubicación de las lagunas estudiadas, Petén, Guatemala.

LAGUNA	ALTITUD (msnm)	ÁREA (km ²)	PROFUNDIDAD (m)		PUNTOS DE MUESTREO
			PROMEDIO	MÁXIMA	
Quexil	125	2.2	12.5	35	3
Sacnab	180	5.3	-	13	3
Yaxhá	180	9.5	17	27	3
Petenchel	114	1.5	1.4	5	4
Sacpuy	140	3.5	2	4	5
Salpetén	200	3.0	11	36	6
Macanché	175	2.3	28	60	9

Cuadro 1: Características de los sitios de muestreo, Petén, Guatemala. Datos de Cowgill *et al.* (1966), Castañeda (1995) y Brenner *et al.* (2002).



o bosque) (Cirujano *et al.*, 2005; Reyes *et al.*, 2009).

La clasificación de las plantas acuáticas por tipo de hábito se hizo de acuerdo a las siguientes categorías: plantas emergentes, sumergidas, libremente flotadoras y enraizadas con hojas flotantes (Crow, 2002; Roldán y Ramírez, 2008). Para la caracterización del tipo de sustrato se tomaron en cuenta las siguientes categorías: rocoso (incluye gravas, guijarros), arenoso (incluye arenas finas y gruesas) y lodoso (incluye limo y arcilla) (Kaufmann & Whittier, 1997; Barbour *et al.*, 1999; Margalef, 1983; Kalff, 2002). La pendiente de la zona litoral se determinó visualmente por medio de una escala de cinco niveles: plana, ligeramente suave, suave, moderada y fuerte (Margalef, 1983; Duarte & Kalff, 1986; Kalff, 2002). La turbidez del agua se evaluó visualmente conforme a la siguiente clasificación: transparente, ligeramente turbia, turbia y muy turbia (Margalef, 1983; Barbour *et al.*, 1999; Kalff, 2002).

La colecta de los ejemplares de macrófitas fue manual (Haynes, 1984; Ceska & Ceska, 1986; Ramos, 2004; Cirujano *et al.*, 2005) y la identificación se basó en la Flora de Guatemala, Flora de Nicaragua, la Flora Mesoamericana y el Manual de Plantas de Costa Rica (Standley & Steyermark, 1946, 1958; Davidse *et al.*, 1994, 1995; Stevens *et al.*, 2001; Hammel *et al.*, 2003a, b). Los ejemplares botánicos colectados se depositaron en el Herbario de la Universidad San Carlos de Guatemala (USCG) del Centro de Estudios Conservacionistas de la Universidad San Carlos de Guatemala.

Se realizó la descripción general de los datos encontrados en los sitios de estudio y un análisis gráfico directo de la distribución de cada especie según la profundidad a la cual fue recolectada y el hábito. Asimismo, se elaboró un listado taxonómico de las especies encontradas en las lagunas estudiadas, con su respectivo hábito acuático y sustrato.

• RESULTADOS

COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

La flora de las lagunas está constituida por 26 especies de macrófitas estrictamente acuáticas (Cuadro 2), incluidas en 23 géneros y 16 familias. La diversidad de especies estuvo conformada por 24 especies de angiospermas (cinco dicotiledóneas y de 19 monocotiledóneas), un alga y un helecho. Con relación a las formas de vida se registraron 15 especies de macrófitas emergentes, seis sumergidas, cuatro libremente flotadoras y una enraizadas con hojas flotantes. Las familias más diversas fueron Cyperaceae con seis especies y Poaceae con cinco. El tipo de sustrato que predominó en todas las lagunas y en donde la mayoría de las especies de macrófitas se desarrollan fue el lodoso (Cuadro 2).

DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

La distribución de la macrófitas acuáticas en los sitios de estudio fue muy variado, *Cladium jamaicense* fue la única que se registró en todas las lagunas, la segunda especie con mayor distribución fue *Eleocharis interstincta*, hubo varias macrófitas que solo estuvieron presentes en uno o dos sitios (Cuadro 2).

La laguna Macanché fue el sitio que presentó la mayor riqueza de especies (15) seguida de la laguna Petenche (14 especies); los sitios con la menor riqueza fueron Yaxhá y Quexil con ocho y nueve especies, respectivamente (Cuadro 2).

En la figura 2 se puede observar el perfil de distribución de las macrófitas sumergidas y de acuerdo con la profundidad máxima a las que fueron recolectadas.

La profundidad máxima a la que las macrófitas acuáticas se desarrollan varió mucho entre los sitios de estudio (Fig. 3). Dentro de cada laguna, las especies del hábito sumergido se encontraron a profundidades mayores en relación a las especies

C&C:2015:06

FAMILIA	ESPECIE	SITIOS DE MUESTREO							SUSTRATO			
		Ma	Pe	Qx	Sc	Sp	Sl	Yx	Ar	Ro	Lo	
EMERGENTES												
Amaryllidaceae	<i>Hymenocallis littoralis</i> (Jacq.)			x							x	
Cyperaceae	<i>Cladium jamaicense</i> Crantz	X	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
	<i>Cyperus lundellii</i> O'Neill	x			x			x			x	x
	<i>Eleocharis cellulosa</i> Torr.	x	x		x			x		x		x
	<i>Eleocharis geniculata</i> (L.) Roem.								x			x
	<i>Eleocharis interstincta</i> (Vahl)	x	x	x	x	x	x	x	x		x	x
	<i>Fuirena simplex</i> Vahl	x							x		x	x
Fabaceae	<i>Mimosa pigra</i> L.			x	x	x					x	x
Onagraceae	<i>Ludwigia octovalvis</i> (Jacq.) P. H.	x	x					x			x	x
Poaceae	<i>Echinochloa crus-gavonis</i>							x				x
	<i>Leersia hexandra</i> Sw.		x									x
	<i>Paspalum vaginatum</i> Sw.								x		x	
	<i>Phragmites australis</i> (Cav.) Trin.	x	x					x	x	x		x
Pontederiaceae	<i>Pontederia cordata</i> L.				x	x						x
Typhaceae	<i>Typha domingensis</i> Pers.	x		x	x	x	x	x			x	x
ENRAIZADA CON HOJAS FLOTANTES												
Nymphaeaceae	<i>Nymphaea ampla</i> (Salisb.) DC.	x		x				x			x	x
LIBREMENTE FLOTADORAS												
Araceae	<i>Pistia stratiotes</i> L.											x
	<i>Wolffiella welwitschii</i> Monod ,				x							
Lentibulariaceae	<i>Utricularia foliosa</i> L.		x					x	x			x
	<i>Utricularia gibba</i> L.		x	x				x			x	x
Pontederiaceae	<i>Eichhornia crassipes</i> (Mart.)		x									
Salviniaceae	<i>Salvinia minima</i> Baker	x						x				
SUMERGIDAS												
Characeae	<i>Chara</i> sp.	x	x	x	x				x		x	x
Najadaceae	<i>Najas guadalupensis</i> (Spreng.)	x	x					x	x	x	x	x
Potamogetonaceae	<i>Potamogeton illinoensis</i> Morong				x						x	
Ruppiaceae	<i>Ruppia maritima</i> L.	x							x		x	x

CUADRO 2. Especies de plantas acuáticas de los cuerpos de agua de la región maya Tikal - Yaxhá (2008-2009). Macanché (Ma), Petenchel (Pe), Quxxil (Qx), Sacnab (Sc), Sacpuy (Sp), Salpetén (Sl), Yaxhá (Yx). Arenoso (Ar), Rocoso (Ro), Lodoso (Lo)



emergentes, sin embargo, en algunos casos ocurrió lo contrario (Fig. 3A y B). Algunas de las especies emergentes que se registraron en profundidades menores a los 0.50 m fueron *H. littoralis*, *C. jamaicense*, *C. lundellii*, *F. simplex*, *L. octovalvis*, *E. crus-pavonis*, *L. hexandra*, *P. vaginatum* y *P. australis*, las restantes se pudieron encontrar a profundidades mayores de 0.5m.

• DISCUSIÓN

COMPOSICIÓN Y DIVERSIDAD DE ESPECIES

Se considera que la composición de especies en el área de estudio fue baja en comparación con otros estudios realizados con macrófitas acuáticas en el trópico (Lot y Novelo, 1988; Ramos y Novelo, 1993; León & Morales, 2000; Crow, 2002; Chambers *et al.*, 2008). Esto pudo deberse a las características propias de la región e incluso de cada laguna; así como de algunos factores ambientales dentro de los cuales se pueden mencionar la pendiente del fondo, el tipo de sustrato y la transparencia del agua (Chambers & Kalff, 1985; Zimmerman *et al.*, 1994; Caffrey *et al.*, 2007; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

Las macrófitas acuáticas de la mayoría de las lagunas estuvieron dominadas por las hidrófitas emergentes, siendo *C. jamaicense*, *Eleocharis* spp., *T. domingensis*, *M. pigra* y *L. octovalvis* las más importantes. Estas especies generalmente son muy abundantes y dominantes, sobre todo cuando los ecosistemas acuáticos están muy alterados por actividades humanas, debido al alto ingreso de nutrientes (Kiersch *et al.*, 2003; Roldán y Ramírez, 2008).

Dentro de las especies sumergidas la más abundante y dominante fue *Najas* sp., que crece en asociación con el alga macrofita *Chara*, ambas son especies muy comunes y de amplia distribución en el trópico, ya que se desarrollan muy bien en aguas poco profundas, claras, duras y eutrofizadas (Roldán y

Ramírez, 2008).

Las macrófitas libremente flotadoras y las enraizadas con hojas flotantes fueron las menos abundantes y diversas en el área de estudio, solo se recolectaron cinco especies; además estuvieron poco distribuidas entre los sitios de muestreo. Las plantas más comunes de las libremente flotadoras fueron *E. crassipes* y *P. stratiotes*, a menudo estas especies desarrollan grandes poblaciones causando problemas como malezas o plagas principalmente cuando son áreas poco profundas, eutrofizadas y cálidas (Roldán y Ramírez, 2008), sin embargo, en el área de estudio no se dio el caso. Las macrófitas enraizadas con hojas flotantes son plantas que crecen en aguas poco profundas y sus hojas flotan sobre la superficie del agua, la especie más común y abundante es *N. ampla* (Roldán y Ramírez, 2008), sin embargo en el área de estudio la presencia de esta especie fue rara.

No todas las especies recolectadas se encontraban arraigadas al fondo del cuerpo de agua. Especies como *C. jamaicense*, *P. vaginatum*, *P. australis*, entre otras, pueden formar inmensos islotes flotantes creando otro tipo de sustrato en donde otras especies de plantas emergentes pueden crecer arraigadas (Crow, 2002; Roldán y Ramírez, 2008), tales como *C. lundellii*, *F. simplex* y *L. octovalvis*.

En los sitios de estudio no se registraron especies leñosas acuáticas, solamente arbustos como *M. pigra*, especie que crece tanto a la orilla de los ecosistemas acuáticos como dentro de ellos. También hay otras especies que son terrestres pero que se pueden desarrollar en lugares húmedos y persistir en el agua, incluso sumergidas por un período corto, sin presentar cambios morfológicos evidentes (Crow, 2002; Bonilla-Barbosa *et al.*, 2000; Bonilla-Barbosa, 2007; Roldán y Ramírez, 2008), algunos ejemplos son *Asclepias curassavica* L. (Apocynaceae) y *Phyla stoechadifolia* (L) Small (Verbenaceae), sin embargo en este estudio solo se incluyeron las especies

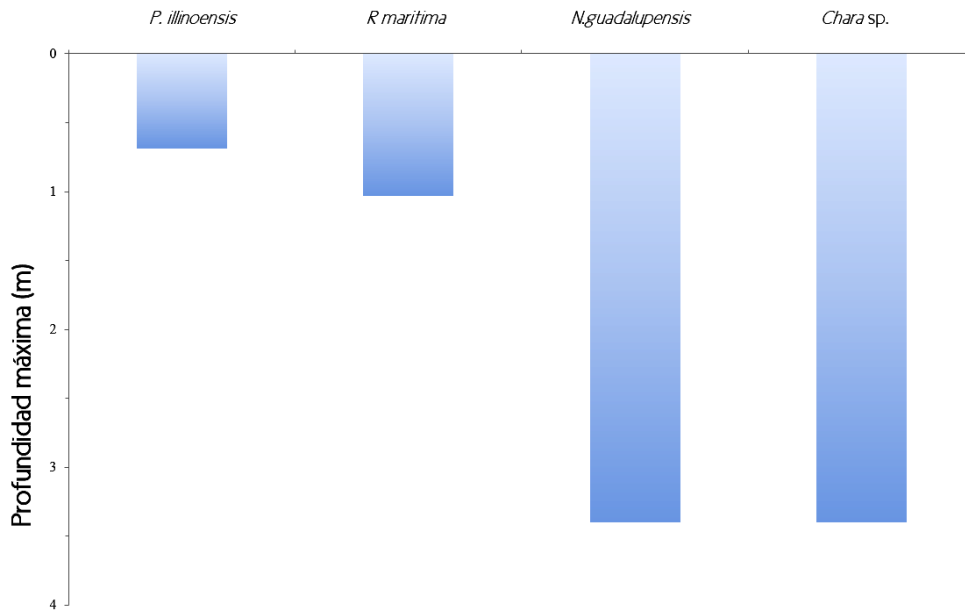


Figura 2. Perfil de las profundidades máximas a las cuales fueron recolectadas las macrófitas sumergidas en la zona de estudio, Petén, Guatemala. Septiembre 2008–Abril 2009.

acuáticas estrictas.

Las especies sumergidas están organizadas de acuerdo a sus requerimientos de luz; las especies que tienen una mayor tasa fotosintética de luz baja pueden encontrarse en zonas más profundas (Lampert & Sommer, 2007). *Chara sp.* y *N. guadalupensis* fueron las especies que se recolectaron a mayores profundidades en toda el área de estudio; sin embargo, todas las especies registradas del hábito sumergido pueden encontrarse a profundidades mayores a las reportadas en este estudio (Kiersch *et al.*, 2003; Chambers *et al.*, 2008).

DISTRIBUCIÓN DE ESPECIES

Las diferencias de riqueza de especies en cada sitio de muestreo y la profundidad máxima a la que se recolectaron las macrófitas, pudo deberse a las características físicas propias de cada laguna. Los factores que determinan la profundidad máxima en la cual las macrófitas sobreviven (excluyendo la profundidad donde la presión hidrostática es más importante) son según la mayoría de autores (Chambers & Kalff 1985; Zimmerman *et al.*, 1994

Lewis, 1996; Kiersch *et al.*, 2003; Caffrey *et al.*, 2007; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008; Sorrell *et al.*, 2012), los siguientes: **1)** Transparencia del agua e intensidad de la luz en la columna de agua, la cual disminuye exponencialmente con la profundidad del agua. **2)** La calidad de los sedimentos, respecto a la estabilidad, contenido de materia orgánica, de oxígeno y el tipo de materiales minerales, por ejemplo, arcilla, limo y arena. **3)** La calidad del agua con referencia a la producción primaria de las especies presentes, la cual depende de la concentración de los nutrientes (fosfatos y nitratos), dióxido de carbono, pH y la variación del contenido de oxígeno. **4)** El oleaje, las corrientes de agua, el área y pendiente de la zona litoral y los predadores.

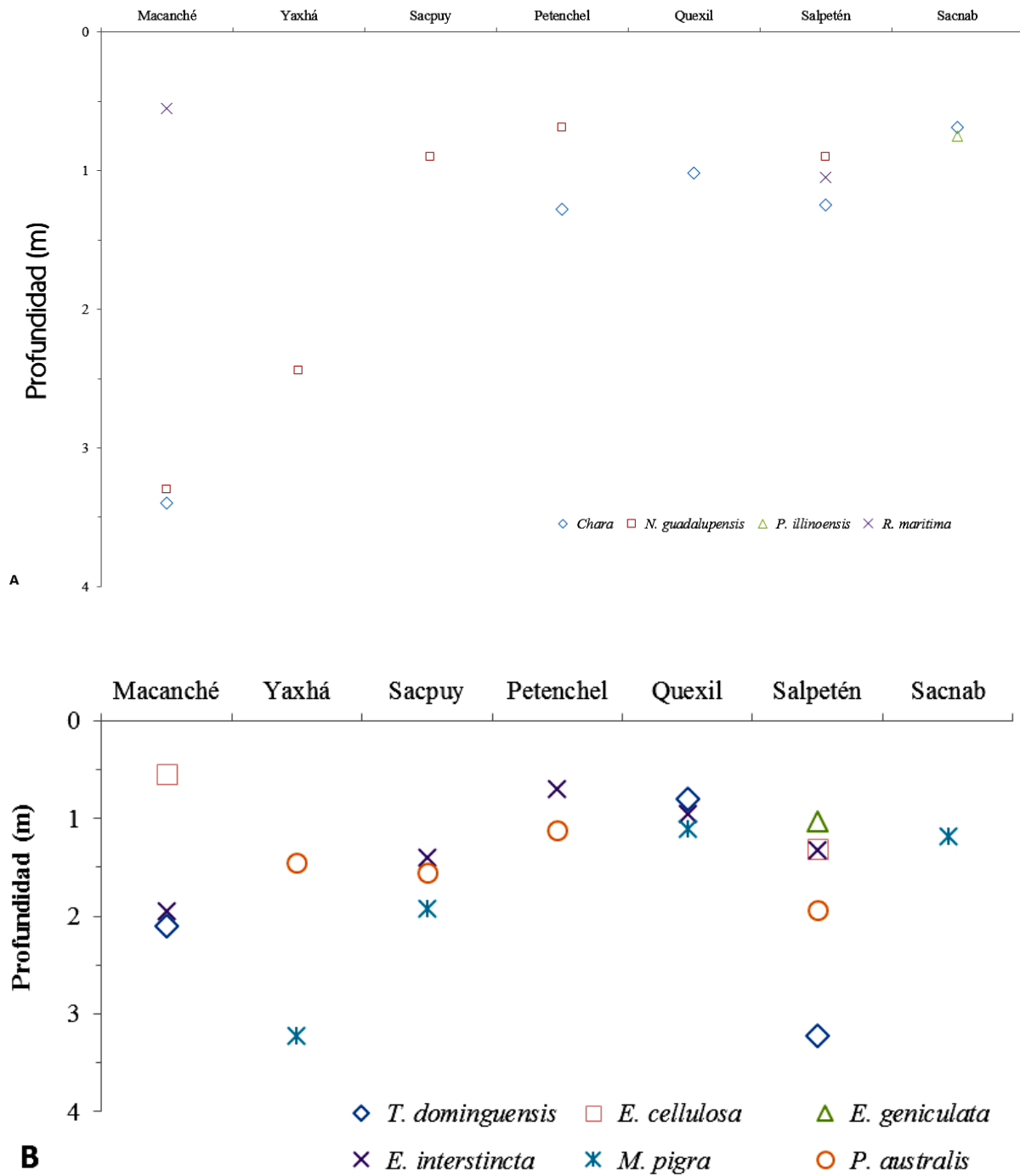


Figura 3. Distribución de las macrófitas sumergidas (A) y emergentes (B) en cada una de las lagunas de estudio, Petén, Guatemala. Septiembre 2008 – Abril 2009.

La pendiente del litoral influye en la estabilidad física de los sedimentos, un litoral ligeramente inclinado (< 5%) permite la deposición de materiales finos, mientras que en un litoral con una pendiente fuerte ($\geq 15 - 20\%$) hay erosión, derrumbes y transporte de sedimentos (Margalef, 1983; Duarte & Kalff, 1986; Kalff, 2002), reduciendo el establecimiento y desarrollo de las macrófitas. Esto podría explicar porque la laguna Quexil y la Laguna Yaxhá, las cuales en algunos puntos de la zona litoral la pendiente era muy alta (Deevey *et al.*, 1980; Brezonik & Fox, 1974; Basterrechea, 1988), tuvieron una menor diversidad de macrófitas.

Las lagunas estudiadas se encuentran dentro de una región cárstica, por tanto, debido a su naturaleza química y origen, la turbidez y las concentraciones de sales son altas (Brezonik & Fox, 1974; Basterrechea, 1988; Brenner *et al.*, 2002). La turbidez del agua limita el ingreso de la luz en el fondo, restringiendo la profundidad a la cual las plantas sumergidas pueden crecer, ya que la tasa fotosintética decrece por encima de cierta intensidad de luz, varias especies de macrófitas requieren más del 3% de intensidad de luz para desarrollarse (Margalef, 1983; Canfield *et al.*, 1985; Chambers & Kalff, 1985; Kalff, 2002; Lampert & Sommer, 2007). Por lo tanto, la riqueza de especies (principalmente las macrófitas sumergidas) y la profundidad máxima en donde las macrófitas podían colonizar en los sitios de estudio, también pudieron verse afectadas por la transparencia del agua.

El establecimiento de las macrófitas acuáticas en el fondo depende principalmente del tipo de sustrato y de la cantidad de materia orgánica (Duarte & Kalff, 1986; Palma *et al.*, 1986). En sustratos arenosos y rocosos, la acción del viento y el oleaje desprende con facilidad las plantas, dificultando el enraizamiento (Acosta-Arce y Agüero-Alvarado, 2006), por lo cual los sustratos lodosos y con abundante materia orgánica, favorecen el desarrollo de las plantas

acuáticas.

En conclusión, la pendiente del fondo, el tipo de sustrato y la transparencia del agua fueron los factores que principalmente determinaron la composición de las comunidades y la distribución de las especies en las zonas profundas y en los sitios de estudio. Los cambios en la composición de las comunidades de macrófitas desde la orilla hasta las zonas más profundas, entre y dentro de los sitios de estudio, se da por la tendencia de las especies a distribuirse a diferentes profundidades y a las condiciones que necesitan para su crecimiento y establecimiento en la zona litoral, tales como la pendiente, la intensidad de la luz y tipo de sedimento.

• AGRADECIMIENTOS

Este trabajo fue posible gracias al financiamiento de la Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología (SENACYT), el Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología (CONCYT), por medio del Fondo Nacional de Ciencia y Tecnología (FONACYT). Se agradece al Herbario USCG, al Centro de Estudios Conservacionistas (CECON) y a todas aquellas personas e instituciones que apoyaron de una u otra forma en el desarrollo de esta investigación para que llegara a término.

• LITERATURA CITADA

- Acosta-Arce, L. y R. Agüero-Alvarado. 2006. Malezas acuáticas como componentes del Ecosistema Agronomía Mesoamericana, 17: 213-219.
- Barko, J.W., M.S. Adams & N.S. Clesceri. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: a review. *Journal of Aquatic Plant Management*, 21: 1-10.
- Barko, J.W., M.S. Adams & N.S. Clesceri. 1986. Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: a review. *Journal of Aquatic Plant Management*, 21: 1-10.

- Barbour, M.T., J. Gerritsen, B.D. Snyder & J.B. Stribling. 1999. Rapid bioassessment protocols for use in streams and wadeable rivers: periphyton, benthic macroinvertebrates and fish. EPA 841-B-99-002. EEUU: Environmental Protection Agency, Office of Water. 339p.
- Basterrechea, M. 1988. Caracterización limnológica preliminar de 32 lagunas en Guatemala. *Revista de Biología Tropical*, 36(1): 115-122.
- Bonilla-Barbosa, J. R. 2007. Flora acuática vascular. p. 113-128. In I. Luna, J. J. Morrone y D. Espinosa (eds.), *Biodiversidad de la Faja Volcánica Transmexicana*. Universidad Nacional Autónoma de México y Comisión Nacional para el Conocimiento y Uso de la Biodiversidad. México D. F., México.
- Bonilla-Barbosa, J. R. 2010. Capítulo 4. Flora y vegetación acuáticas vasculares. p. 49-68. In J. R. Bonilla-Barbosa, V. M. Mora, J. Luna-Figueroa, H. Colín y S. Santillán-Alarcón (eds.), *Biodiversidad, conservación y manejo en el Corredor Biológico Chichinautzin. Condiciones actuales y perspectivas*. Centro de Investigaciones Biológicas, Universidad Autónoma del Estado de Morelos, Consejo de Ciencia y Tecnología del Estado de Morelos y Gobierno del Estado de Morelos. Cuernavaca, México.
- Bonilla-Barbosa, J. R., J. A. Viana-Lases y F. Salazar-Villegas. 2000. Listados Florísticos de México. XX. Flora acuática de Morelos. México: Instituto de Biología, Universidad Nacional Autónoma de México. 45p.
- Brezonik, P. & J. Fox. 1974. The Limnology of Selected Guatemalan Lakes. *Hydrobiologia*, 45(4): 467 - 487.
- Brenner, M., M. Rosenmeier, D. Hodell, J. Curtis, F. Anselmetti y D. Ariztegui. 2002. Limnología y paleolimnología de Petén, Guatemala. *Revista Universidad del Valle de Guatemala*, 12: 2-9.
- Caffrey, A. J., M. V. Hoyer & D. E. Canfield. 2007. Factors affecting the maximum depth of colonization by submersed macrophytes in Florida lakes. *Lake and Reservoir Management*, 23: 287-297.
- Castañeda, C. 1995. *Sistemas Lacustres de Guatemala: Recursos que mueren*. Guatemala: Editorial Universitaria. 196 p.
- Canfield, D., K. Langeland, S. Linda & W. Haller. 1985. Relations between water transparency and maximum depth of macrophyte colonization in lakes. *Journal of Aquatic Plant Management*, 23: 25-28.
- Chambers, P.A. & J. Kalff. 1985. Depth distribution and biomass of submersed aquatic macrophyte communities in relation to Secchi depth. *Can. Journal of Fisheries and Aquatic Science*, 42: 701-709.
- Chambers, P. A., P. Lacoul, K. J. Murphy & S. M. Thomaz. 2008. Global diversity of aquatic macrophytes in freshwater. *Hydrobiologia*, 595: 9-26.
- Ceska, A. & O. Ceska. 1986. More on the techniques for collecting aquatic and marsh plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 73: 825 - 827.
- Cirujano, S., J. Cambra y C. Gutiérrez. 2005. Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la directiva Marco del Agua. Protocolos de muestreo y análisis para macrofitos. España: Confederación Hidrográfica del Ebro, Comisaría de aguas. 43 p.
- Cowgill, U. M., C. E. Goulden, G. E. Hutchinson, R. Patrick, A. A. Racek & M. Tsukada. 1966. The History of Laguna de Petenxil: A Small Lake in Northern Guatemala. EEUU: *Memoirs of the Connecticut Academy of Arts and Sciences*. 126 p.
- Crow, G. 2002. *Plantas acuáticas del Parque Verde y el valle del río Tempisque, Costa Rica*. Costa Rica: Instituto Nacional de Biodiversidad (INBio). 296 p.
- Davidse, G., M. Sousa S. y A.O. Chater (eds.). 1994. *Flora Mesoamericana*. Vol. 6. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum. 543 p.
- Davidse, G., M. Sousa S. y A.O. Chater (eds.). 1995. *Flora Mesoamericana*. Vol. 1. México: Universidad Nacional Autónoma de México, Missouri Botanical Garden, The Natural History Museum. 470 p.
- Deevey, E. S., M. Brenner, M. Flannery & G. Yezdani. 1980. Lakes Yaxhá and Sacnab, Petén, Guatemala: Limnology and hydrology. *Archiv für Hydrobiologie*, 57: 419-460.
- Duarte, M. & J. Kalff. 1986. Littoral slope as a predictor of the maximum biomass of submerged macrophyte communities. *Limnology and Oceanography*, 31(5): 1072-1080.
- Hammel, B. E., M. H. Grayum, C. Herrera y N. Zamora Villalobos (eds.). 2003a. *Manual de Plantas de Costa Rica. Gimnospermas y Monocotiledóneas (Agavaceae-Musaceae)*. *Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 92(2): i-xviii, 1-694.

- Hammel, B. E., M. H. Grayum, C. Herrera & N. Zamora Villalobos (eds.). 2003b. Manual de Plantas de Costa Rica. Monocotiledóneas (Orchidaceae–Zingiberaceae). Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden, 92(3): i–xvi, 1–884.
- Haynes, R. 1984. Techniques for collecting aquatic and marsh plants. *Annals of the Missouri Botanical Garden*, 71:229–231.
- Kalf, J. 2002. *Limnology*. EEUU: Prentice Hall. 592 p.
- Kaufmann, P. R. & T. R. Whittier. 1997. Habitat Characterization. p.1–25. In J. Baker, D. Peck & D. Sutton (eds.). *Environmental Monitoring and Assessment Program Surface Waters: Field Operations Manual for Lakes*. EPA/620/R-97/001. U.S. Environmental Protection Agency, Washington, EEUU.
- Kiersch, B., R. Mühleck & G. Gunkel. 2003. Las macrófitas de algunos lagos alto-andinos del Ecuador y su bajo potencial como bioindicadores de eutrofización. *Revista de Biología Tropical*, 52(4): 829–837.
- Lampert, W. & U. Sommer. 2007. *Limnology: The ecology of lakes and streams*. EEUU: Oxford University Press. 324 p.
- León, B. & J. Morales Can. 2000. The aquatic macrophyte communities of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala. p. 35–40. In B. Bestelmeyer & L. Alonso (eds.). *A Biological Assessment of Laguna del Tigre National Park, Petén, Guatemala*. Conservation International Center for Applied Biodiversity Science, Washington, EEUU.
- Lewis, W.M. 1996. Tropical lakes: how latitude makes a difference. p. 43–64. In F. Schiemer & K.T. Boland (eds.). *Perspectives in tropical limnology*. SPB, La Haya, Holanda.
- Lot, A. y A. Novelo. 1988. El pantano de Tabasco y Campeche: la reserva más importante de plantas acuáticas de Mesoamérica. *Memorias del simposio Ecología de los Ríos Usumacinta y Grijalva*. México: Instituto Nacional de Investigación sobre Recursos Bióticos. 537 – 547 pp.
- Lot, A. y A. Novelo. 2004. *Iconografía y estudio de plantas acuáticas de la ciudad de México y sus alrededores*. México: Universidad Nacional Autónoma de México. 206 p.
- Margalef, R. 1983. *Limnología*. Barcelona: Omega, S.A. 1010 p.
- Palma, C., C. San Martín, M. Rosales, C. Ramírez y L. Zúñiga. 1986. Distribución espacial de la flora y vegetación acuática y palustre del estero Marga-Marga en Chile Central, Chile. *Anales del Instituto de Ciencias del Mar y Limnología*, 14: 125–132.
- Ramos, L. y A. Novelo. 1993. Vegetación y Flora Acuática de la Laguna de Yuriria, Guanajuato, México. *Acta Botánica Mexicana*, 25: 61–79.
- Ramos, F., A. Quiroz, J. Ramírez y A. Lot. 2004. *Manual de hidrobotánica. Muestreo y análisis de la vegetación acuática*. México: Editorial AGT S.A. 158 p.
- Reyes, F., J. Morales, M. Bustamante, G. Ruano y V. Monzón. 2009. Los cuerpos de agua de la Región Maya Tikal-Yaxhá: Importancia de la vegetación acuática asociada, su conservación y el valor desde el uso humano. Informe Final. Secretaría Nacional de Ciencia y Tecnología. Guatemala.
- Roldán, G. y J. Ramírez. 2008. *Fundamentos de Limnología Neotropical*. Colombia: Editorial Universidad de Antioquia. 440 p.
- Sorrell, B.K., C. Tanner & H. Brix. 2012. Regression analysis of growth responses to water depth in three wetland plant species. *AoB Plants*. doi:10.1093/aobpla/pls043
- Standley, P. C. & J. A. Steyermark (eds.). 1946. *Flora of Guatemala. Part IV. Fieldiana, Botany*, 24(4): i–v, 1–493.
- Standley, P. & J. Steyermark (eds.). 1958. *Flora of Guatemala. Part I. Fieldiana, Botany*, 24(1): i–ix, 1–478.
- Stevens, W. D., C. UlloaUlloa, A. Pool & O. M. Montiel Jarquín (eds.). 2001. *Flora de Nicaragua. Monographs in Systematic Botany from the Missouri Botanical Garden*, 85: i–xliv.
- Zimmerman, R.C., A. Cabello-Pasini & R.S. Alberte. 1994. Modeling daily production of aquatic macrophytes from irradiance measurements: a comparative analysis. *Marine Ecology Progress Series*, 114:185–196.