

**DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL -DICA-
INFORME DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL LAGO ATITLÁN 2016**

Responsable: Licda. Ana Isabel Arriola de León Régil (*Técnico en Manejo del Tul - Unidad de Calidad Ambiental*); MSc. Elsa María Reyes Morales (*Jefe Depto. de Investigación y Calidad Ambiental*).

Antecedentes

El término *macrófitas*, *hidrófitas* o *plantas acuáticas* se refiere al grupo de plantas macroscópicas que tienen sus estructuras vegetativas creciendo permanente o periódicamente en ambientes acuáticos. Las macrófitas incluyen macroalgas de las divisiones Chlorophyta, Xanthophyta, Rhodophyta y Cyanobacteria; también Bryophyta, Pteridophyta y Spermatophyta (Thomaz *et al.*, 2011).



Figura. 1 Planta acuática del género *Hydrilla* en el lago Atitlán (DICA, 2016).

El papel de las plantas acuáticas dentro de los ecosistemas, es esencial. Entre sus funciones podemos mencionar (Posada García & López Muñoz, 2011; Thomaz *et al.*, 2011):

- Modifican las características fisicoquímicas del agua y sedimentos.
- Participan en los ciclos de los nutrientes.
- Pueden formar parte del alimento de invertebrados y vertebrados, como biomasa viva y como detritus.
- Proporcionan hábitat y/o sitios de reproducción a otros organismos como el plancton, peces, aves, entre otros.
- Modifican la estructura espacial del paisaje acuático al aumentar la complejidad del hábitat.
- Poseen valor paisajístico.

Según su forma de vida, las macrófitas se pueden clasificar como (Cardona *et al.*, 2010):

A. Fijas al sustrato:

- Emergentes: se encuentran en suelos sumergidos o expuestos donde el nivel freático se encuentra a 50 cm o más de la superficie del suelo, en caso de estar sumergidas, pueden alcanzar hasta 1.5 m de profundidad (Fig. 2 [a y b]).
- De hojas flotantes: Habitan suelos sumergidos donde la profundidad puede variar desde 25 cm hasta 3.5 m. Los órganos reproductivos generalmente son aéreos o flotantes (Fig. 2 [c y d]).
- Sumergidas: Habitan profundidades variables encontrándose hasta los 10-11 m. Las hojas se encuentran sumergidas con órganos reproductivos aéreos, flotantes o sumergidos (Fig. 2 [e y f]).

- B. Flotantes libres: se encuentran en lugares con escaso movimiento o pocas corrientes. Son muy variables en cuanto a su morfología y anatomía (Fig. 2 [g y h]).

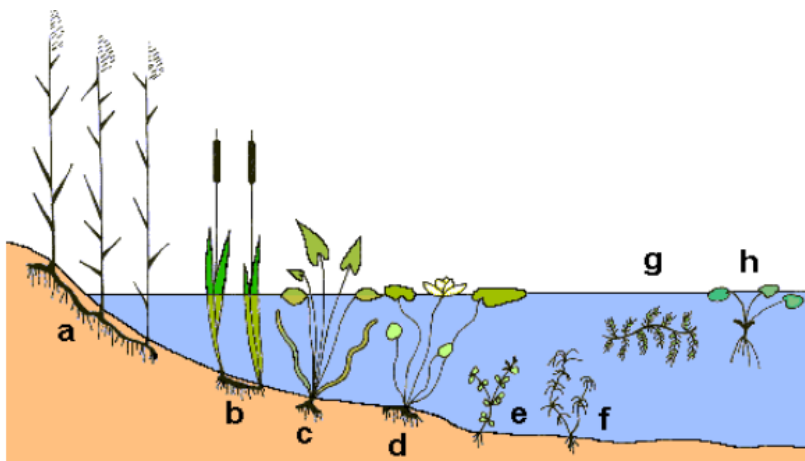


Figura 2 Clasificación de las macrófitas según su forma de vida (González, s.f.).

Las plantas acuáticas como bioindicadores

Un *bioindicador* es un organismo o grupo de organismos que se emplean para conocer cualidades de un ecosistema, ya que están vinculadas con las condiciones ambientales; por lo que su presencia y abundancia reflejan la integridad y el estado del ecosistema completo. Las plantas acuáticas son excelentes bioindicadores por las siguientes características (García Murillo *et al.*, 2009):

- Se pueden observar con facilidad.
- Son sedentarias.
- Responden rápidamente las variaciones o modificaciones de las condiciones fisicoquímicas del ambiente.

- Son sensibles a la presencia de contaminantes.
- Acumulan las sustancias tóxicas en sus órganos.
- Su presencia se relaciona con procesos ecológicos significativos.
- Son de fácil colecta e identificación.
- Se encuentran distribuidos ampliamente en los hábitats acuáticos.

Así mismo, las plantas acuáticas responden a ciertas presiones fisicoquímicas como la reducción de la transparencia del agua, variación de la mineralización y la eutrofia; y a presiones hidromorfológicas como la variación del régimen de caudal en ríos, del nivel del agua en lagos, cambios en la duración del periodo de inundación en humedales y la variación de las características morfológicas del vaso en lagos (Cirujano *et al.*, 2005).



Figura 2 Variación de la vegetación acuática en el sitio de muestreo “Isla de los gatos” durante el 2016 (DICA, 2016).

Justificación

Debido a que las plantas acuáticas pueden utilizarse para evaluar el estado ecológico de un cuerpo de agua (Cirujano *et al.*, 2005), es importante conocer la composición y abundancia relativa de las principales especies de macrófitas que habitan en el lago Atitlán; para conocer la diversidad de vegetación acuática y para evaluar el efecto que los cambios, de origen natural y antropogénico, ocasionan en las comunidades vegetales.

Entre las funciones del Departamento de Investigación y Calidad Ambiental (Acuerdo Gubernativo 78-2012), se encuentra formular y ejecutar proyectos de investigación científica que permitan entender y atender mejor el complejo ecosistema lacustre y su cuenca hidrográfica, verificar el grado de avance técnico de los mismos y elaborar los informes técnicos que correspondan. Lo antes expuesto con el fin de proponer planes de manejo integrado de los recursos naturales del lago, promoviendo un uso sustentable de los mismos, beneficiando el medio ambiente y a los pobladores de la cuenca.

Objetivos

- Identificar las especies de plantas acuáticas presentes en 10 sitios de muestreo en el lago Atitlán.
- Evaluar los cambios en la abundancia y diversidad de la vegetación acuática a lo largo del año.
- Incrementar el número de especímenes del herbario de AMSCLAE, con ejemplares colectados los sitios de muestreo del lago Atitlán.

Materiales y métodos

Durante el 2016, se muestrearon 10 sitios ubicados en el lago Atitlán (Cuadro1) (Fig. 4). Los sitios se establecieron con base en las condiciones morfológicas y a las actividades que se realizan en la zona litoral. Los sitios muestreados durante el presente año, son en conjunto los sitios que se muestrearon independientemente durante los años 2013, 2014 y 2015.

Cuadro 1. Ubicación de los sitios de muestreo dentro del lago Atitlán, 2016.

Sitio de muestreo	Municipio	Coordenadas	
		X	Y
Quiscab	Sololá	426430	1630113
San Pablo	San Pablo La Laguna	416191	1627096
Uxlabil	San Juan La Laguna	415915	1625066
Fondo Bahía Santiago	Santiago Atitlán	418980	1615794
Isla de los Gatos	Santiago Atitlán	422511	1621463
Cerro de Oro – Pahuacal	Santiago Atitlán	428893	1621635
Cerro de Oro - Tzanhuacal	Santiago Atitlán	429057	1621271
Entrada San Lucas	San Lucas Tolimán	430870	1616036
Relleno	San Lucas Tolimán	431143	1618358
San Antonio	San Antonio Palopó	433083	1625403

Fuente: DICA, 2016.

Equipo y materiales

Equipo de campo

Vehículo y combustible
Bolsas herméticas
GPS
Maskin tape y marcadores indelebles
Cámara subacuática
Binoculares

Equipo de laboratorio

Papel periódico
Prensa para herborización
Papel texcote
Etiquetas
Papel manila y periódico
Guías de identificación

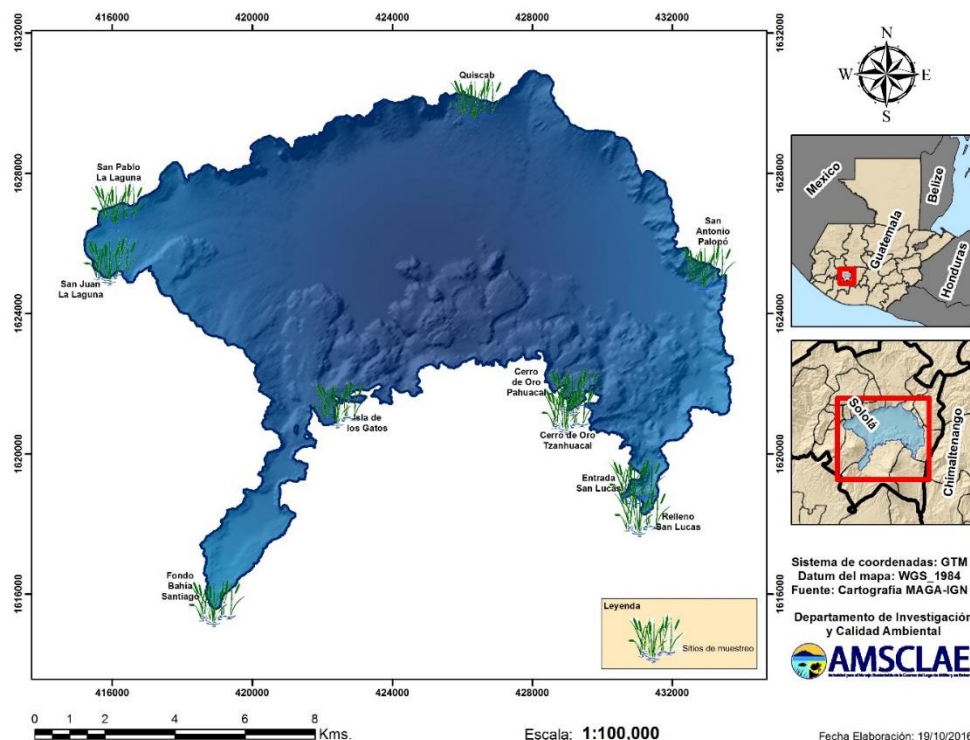


Figura 4 Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática del lago Atitlán (DICA, 2016).

Método

Para realizar el monitoreo de macrófitas, se utilizó la Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua sobre los Protocolos de muestreo y análisis de macrófitos del 2005 (Cirujano *et al.*, 2005).

Frecuencia de muestreo

Durante el 2016, se realizaron dos muestreos, correspondiendo éstos a la época seca (marzo) y lluviosa (septiembre). Durante los muestreos, se evaluó la vegetación acuática en los 10 sitios de muestreo.

Procedimientos

Con base en la Metodología para el establecimiento del Estado Ecológico según la Directiva MARCO del Agua, se realizó un transecto perpendicular a un punto específico en tierra, de aproximadamente 50 metros, tomando todas las especies de vegetación acuática que se encontraron.

Los especímenes colectados se conservaron en bolsas herméticas rotuladas para su determinación en laboratorio (Fig. 5). En cada sitio se anotó la profundidad, la abundancia relativa (Cuadro 2), tipo de costa, tipo de planta y nombre común (Anexo 1). Se tomaron fotografías con ayuda de una cámara subacuática (Cirujano *et al.*, 2005).

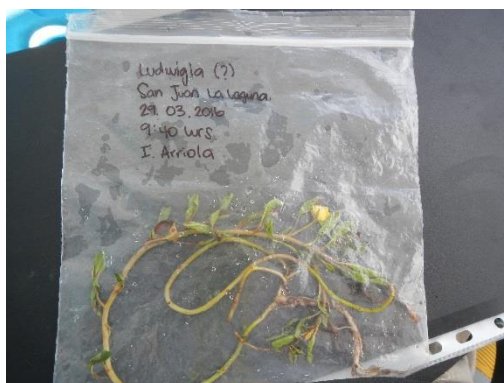


Figura 5 Ejemplar de *Ludwigia* sp. colectado en el sitio Uxlabil en San Juan La Laguna (DICA, 2016).

Cuadro 2. Escala de cobertura para la cuantificación de vegetación acuática

Escala	Abundancia de cada especie	Porcentaje de cobertura (%)
	Descriptor	Clase
1	Rara	Individuos aislados
2	Ocasional	1 – 10 %
3	Frecuente	10 – 50 %
4	Abundante	50 – 70%
5	Muy abundante (dominante)	> 70 %

Fuente: Cirujano *et al.*, 2005.

Los ejemplares colectados fueron herborizados para ser posteriormente identificados y almacenados. Cada espécimen fue colocado entre hojas de papel periódico y fue prensado durante algunas semanas, cambiando el papel periódico frecuentemente.

Resultados y discusión

En el lago Atitlán se han registrado hasta el momento 33 especies distintas a partir del 2013. Durante el 2016, se registraron 24 especies distintas en los 10 sitios de muestreo (Cuadro 3). *Hydrilla verticillata* es la única especie presente en todos los sitios de muestreo. *Schoenoplectus californicus* y *Typha domingensis* son dos especies que estuvieron presentes en la mayoría de los sitios.

Las 24 especies identificadas se encuentran distribuidas en 18 familias (Fig. 6), siendo Araceae la más diversa con tres especies distintas: *Lemna valdiviana*, *Spirodela polyrhiza* y *Wolffia* sp. Las familias Hydrocharitaceae, Potamogetonaceae y Cyperaceae son las siguientes más diversas con dos especies cada una. El resto de las familias únicamente cuentan con una especie.

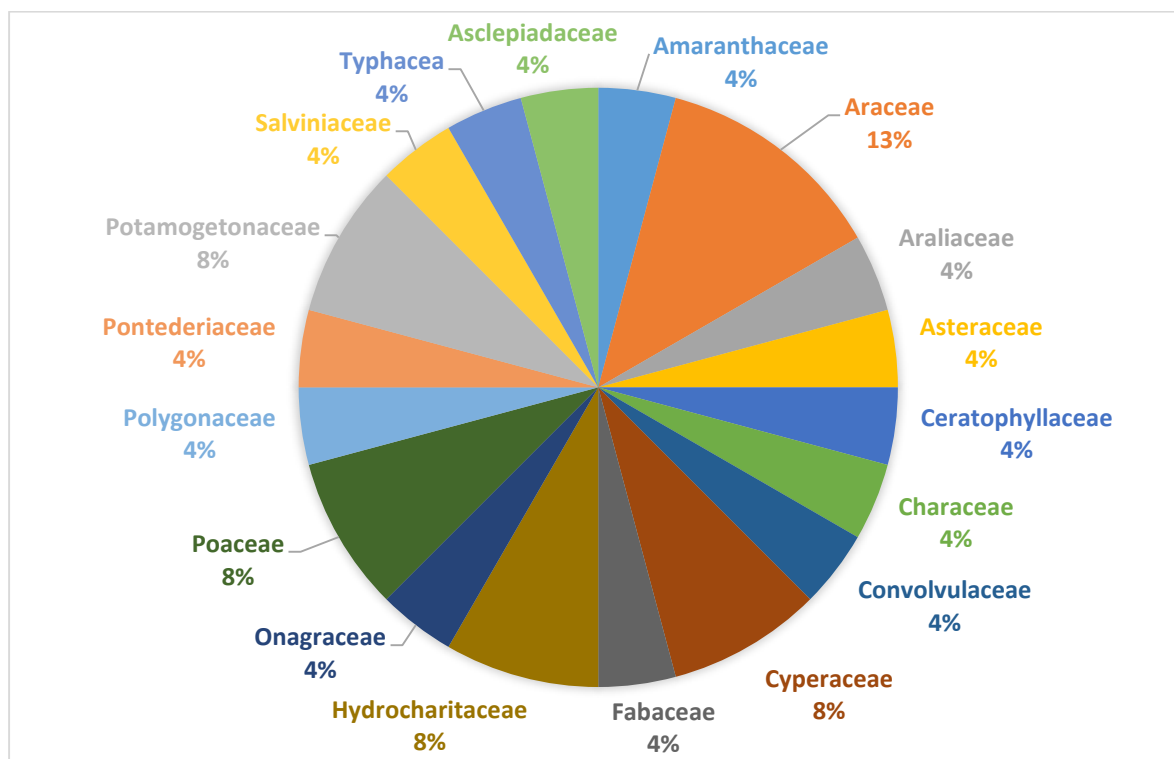


Figura 6. Composición de la vegetación acuática en los sitios de muestreo durante el 2016 (DICA, 2016).

Cuadro 3 Listado taxonómico de vegetación acuática y su presencia en cada sitio de muestreo. Emergente (E), Sumergida (S), Flotante libre (F), Asociada a vegetación acuática (A).

Familia/Especie	Estrato	Relleno	Fondo Bahía Santiago	Pahuacal	Tzanhuacal	Isla de los Gatos	Quiscab	San Antonio	Uxlabil	Entrada San Lucas	San Pablo
Amaranthaceae											
<i>Habenaria repens</i>	E		X								
Araceae											
<i>Lemna valdiviana</i>	F					X					
<i>Spirodela polyrhiza</i>	F		X			X					
<i>Wolffia sp.</i>	F	X	X			X					
Araliaceae											
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	E		X			X			X		
Asclepiadaceae											
<i>Asclepias curassavica</i>	E					X					
Asteraceae											
<i>Wedelia sp.</i>	E			X		X			X		
Ceratophyllaceae											
<i>Ceratophyllum demersum</i>	S				X	X			X	X	
Characeae											
<i>Chara sp.</i>	S					X					
Convolvulaceae											
<i>Ipomoea sp.</i>	A			X					X	X	
Cyperaceae											
<i>Cyperus sp.</i>	E		X		X	X					X
<i>Schoenoplectus californicus</i>	E	X	X	X	X		X	X		X	X
Fabaceae											
<i>Fabaceae</i>	E			X		X			X	X	

Familia/Especie	Estrato	Relleno	Fondo Bahía Santiago	Pahuacal	Tzanhucal	Isla de los Gatos	Quiscab	San Antonio	Uxlabil	Entrada San Lucas	San Pablo
Hydrocharitaceae											
<i>Egeria densa</i>	S					X					
<i>Hydrilla verticillata</i>	S	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Onagraceae											
<i>Ludwigia octovalvis</i>	E		X						X		
Poaceae											
<i>Phragmites sp.</i>	E		X	X		X	X		X	X	
<i>Poaceae</i>	E				X				X		X
Polygonaceae											
<i>Polygonum sp.</i>	E			X							
Pontederiaceae											
<i>Eichhornia crassipes</i>	F	X	X			X	X		X	X	X
Potamogetonaceae											
<i>Potamogeton illinoensis</i>	S			X	X			X			
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S				X			X			
Salviniaceae											
<i>Azolla filliculoides</i>	F	X	X			X					
Typhaceae											
<i>Typha domingensis</i>	E	X	X	X		X			X	X	

Fuente: DICA, 2016

Sitio 1: Quiscab

El sitio se encuentra ubicado al lado de la desembocadura del río Quiscab (Fig. 7). La morfología de la orilla es tipo “playa” y se encuentra fuertemente impactado por el río, por las descargas de grandes cantidades de sedimentos y desechos sólidos que son arrastrados por el río y llegan al lago. Además, se encuentra afectado por las actividades de extracción de arena en el delta del río Quiscab. La temperatura del agua en el sitio fue de 23.3 °C, el oxígeno disuelto de 6.42 mg/L y el pH de 9.01.



Figura 7. Sitio de muestreo Quiscab, Sololá (DICA, 2016).

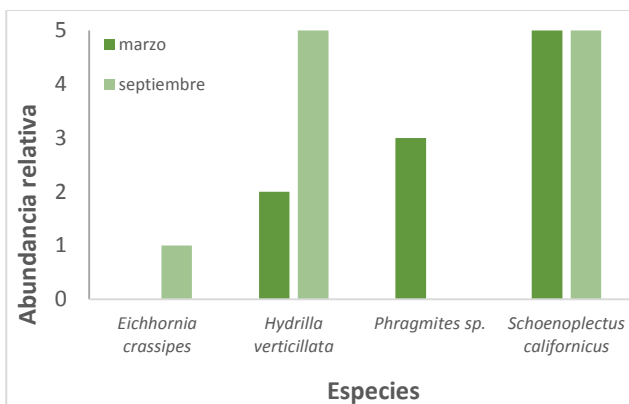


Figura 8. Abundancia relativa de macrófitas en el sitio Quiscab durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016, en el sitio se identificaron cuatro especies distintas siendo *S. californicus* el más dominante con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) para ambos muestreos. *H. verticillata* se pudo observar durante el mes de septiembre con una abundancia de 5 (muy abundante), sin embargo, en marzo se encontró en una menor abundancia relativa con un valor de 2 (ocasional). *Phragmites sp.* y *Eichhornia crassipes* se encontraron únicamente una vez, la primera en marzo con una abundancia relativa de 3 (frecuente) y la segunda en septiembre con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 8).

Sitio 2: San Pablo

El sitio se encuentra ubicado en una pequeña bahía de San Pablo La Laguna (Fig. 9). La morfología de la orilla es “terreno con pendiente”. Al estar dentro de una bahía, es un sitio protegido principalmente del viento y las corrientes. Dentro del área se encuentran varios troncos sumergidos. El sitio presentó una temperatura de 23.7 °C, 6.81 mg/L de oxígeno disuelto y 9.06 de pH.



Figura 9. Sitio de muestreo ubicado en San Pablo La Laguna (DICA, 2016).

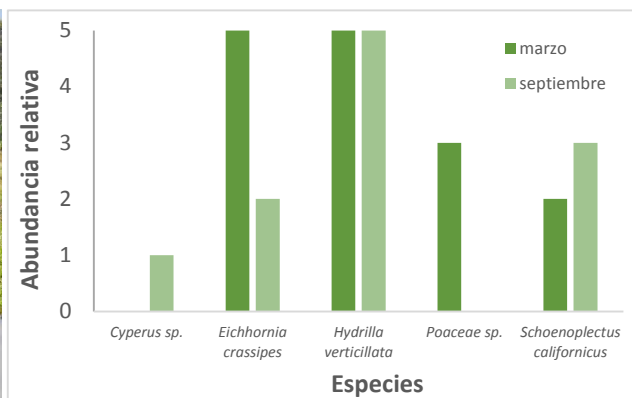


Figura 10. Abundancia relativa de macrófitas en el sitio San Pablo durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016, en el sitio de muestreo se identificaron cinco especies distintas, siendo *H. verticillata* la más dominante, con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) en ambos monitoreos. *E. crassipes* presentó una alta abundancia con un valor de 5 (muy abundante) en marzo, sin embargo, en septiembre su abundancia disminuyó a un valor de 2 (ocasional). *S. californicus* se mantuvo con abundancias entre 2 y 3 (ocasional y frecuente respectivamente); mientras que *Cyperus sp.* y *Poaceae sp.* se registraron únicamente en una fecha de muestreo (septiembre y marzo) con una abundancia relativa de 1 y 3 (rara y ocasional) respectivamente (Fig. 10).

Sitio 3: Uxlabil, San Juan La Laguna

El sitio se encuentra ubicado en la bahía de San Juan La Laguna (Fig. 11). La morfología de la orilla es “terreno con pendiente”. Es un sitio protegido de la acción del viento, además de contar con algunas estructuras sumergidas que sirven de barrera física para protección de la vegetación acuática. En el sitio se reportó una temperatura de 23.6 °C, 7.0 mg/L de oxígeno disuelto y 9.06 de pH.

Durante el 2016, se reportaron 11 especies para este sitio de muestreo, siendo *H. verticillata*, *T. domingensis* y *Phragmites sp.* las más abundantes con un valor de 5 (muy abundante), 4 (abundante) y 3 (frecuente) respectivamente. *Ceratophyllum demersum* y *Ludwigia sp.* se reportaron únicamente en marzo, ambas con una abundancia relativa de 2 (ocasional); mientras que *Fabaceae sp.* e *Ipomoea sp.* se reportaron en septiembre, ambas con una abundancia de 1 (rara) (Fig. 12).



Figura 11. Sitio de muestreo “Uxlabil” en San Juan La Laguna (DICA, 2016).

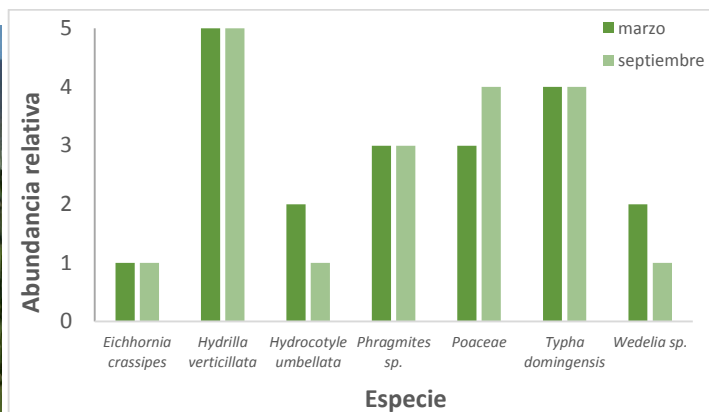


Figura 12 Abundancia relativa de macrófitas en el sitio Uxlabil, San Juan La Laguna durante el 2016 (DICA, 2016).

Sitio 4: Fondo Bahía de Santiago Atitlán

El sitio se encuentra ubicado en la bahía de Santiago Atitlán (Fig. 13). La morfología de la orilla es “terreno con pendiente”. Por ubicarse en una bahía, es un sitio protegido de la acción del viento y las corrientes. Es importante mencionar que las poblaciones de tul (hembra y macho) en la zona, son muy importantes, ya que son manejadas por pobladores del municipio. En el sitio se reportó una temperatura de 22.6 °C, 7.75 mg/L de oxígeno disuelto y 8.97 de pH.

Durante el 2016, se reportaron 12 especies distintas en este sitio de muestreo. Las especies más dominantes son *T. domingensis*, *H. verticillata* y *E. crassipes* con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) y 4 (abundante). *Azolla filliculoides* y *Wolffia sp.* se encontraron en ambos muestreos con abundancias entre 2 (ocasional) y 4 (abundante). Las especies *Ludwigia sp.*, *Phragmites sp.* y *Spirodela polyrhiza* se reportaron únicamente en septiembre con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 14).



Figura 13. Sitio “Fondo de la bahía de Santiago Atitlán (DICA, 2016).

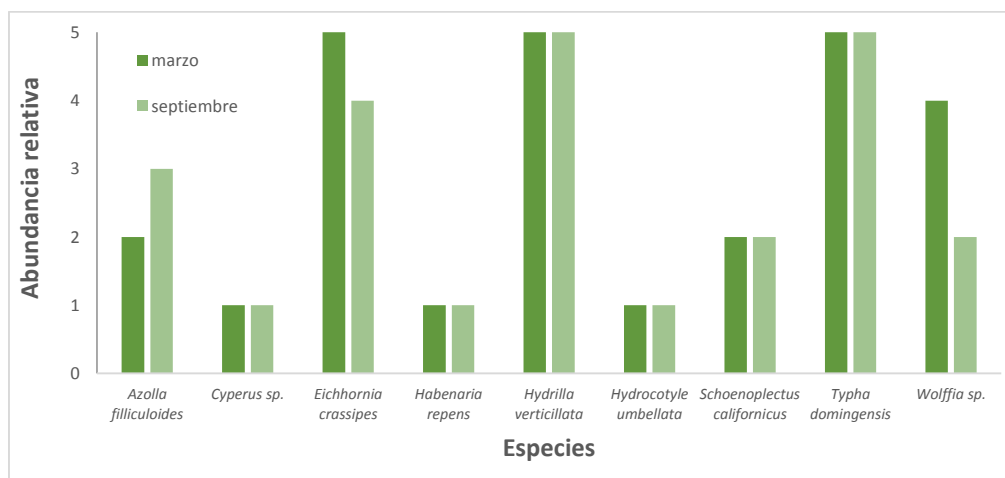


Figura 14. Abundancia relativa de macrófitas en fondo de la bahía de Santiago Atitlán durante el 2016 (DICA, 2016).

Sitio 5: Isla de los gatos

El sitio se encuentra ubicado en una bahía de Santiago Atitlán (Fig. 15). La morfología de la orilla es “terreno con pendiente”. Es un sitio con una alta diversidad de vegetación acuática ya que se encuentra en un sitio protegido de la acción de los vientos y las corrientes. En el sitio se reportó una temperatura de 23.3 °C, 8.46 mg/L de oxígeno disuelto y 8.69 de pH.

Durante el 2016, se registraron un total de 16 especies en este sitio de muestreo. Las más abundantes fueron *A. filiculoides*, *H. verticillata* y *T. domingensis* con abundancias relativas de 5 (muy abundantes). Las especies *C. demersum*, *Egeria densa*, *E. crassipes*, *Lemna valdiviana*, *S. polyrhiza* y *Wolffia sp.* se reportaron en ambos muestreos, pero con abundancias relativas menores a 3 (frecuente). Las especies *Asclepias curassavia*, *Chara sp.*, *Cyperus sp.*, *Fabaceae sp.*, *Hydrocotyle umbellata*, *Phragmites sp.* y *Wedelia sp.* se registraron únicamente en septiembre con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 16).



Figura 15. Sitio “Isla de los gatos” en Santiago Atitlán (DICA, 2016).

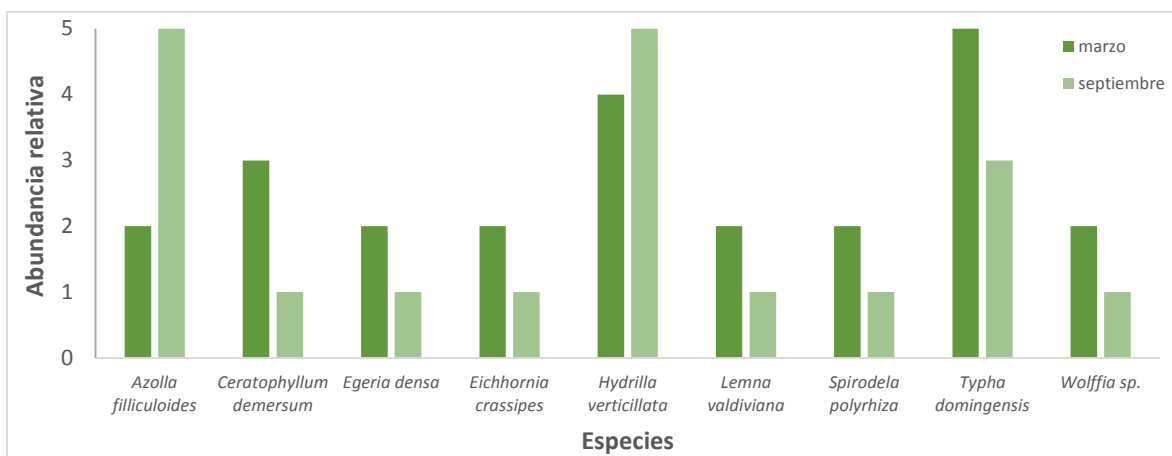


Figura 16. Abundancia relativa de macrófitas en la Isla de los gatos durante el 2016 (DICA, 2016).

Sitio 6: Pahuacal, Cerro de Oro

El sitio de muestreo se encuentra ubicado en el cantón Pahuacal de la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán (Fig. 17). La morfología de la orilla es de tipo “afloramiento rocoso”, es una zona protegida de la acción de vientos y corrientes y se encuentra rodeado por chalets. Es una zona poco impactada por actividades de origen antropogénico. En el sitio se reportó una temperatura de 24.8 °C, 12.79 mg/L de oxígeno disuelto y 9.49 de pH.



Figura 17. Sitio ubicado en Pahuacal, Santiago Atitlán (DICA, 2016).

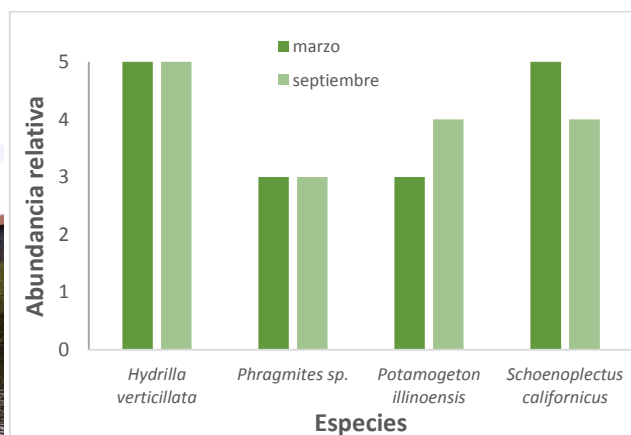


Figura 18. Abundancia relativa de macrófitas en Pahuacal durante el 2016 (DICA, 2016).

En el sitio se reportaron nueve especies durante el 2016. Las especies más abundantes fueron *H. verticillata* y *S. californicus* con una abundancia relativa de 5 (muy abundante). *Phragmites sp.* y *Potamogeton illinoensis* se registró en ambos muestreos con abundancias relativas de 3 (frecuente) y 4 (abundante) respectivamente. Las especies *Fabacea sp.*, *Ipomoea sp.*, *Polygonum sp.*, y *Wedelia sp.* se reportaron únicamente en septiembre con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 18).

Sitio 7: Tzanhuacal, Cerro de Oro.

El sitio de muestreo se encuentra ubicado en el cantón Tzanhuacal de la aldea Cerro de Oro, Santiago Atitlán (Fig. 19). La morfología de la orilla es de tipo “afloramiento rocoso”, es una zona protegida de la acción de vientos y corrientes, ya que se encuentra en una bahía. Es una zona poco impactada por actividades de origen antropogénico. En el sitio se reportó una temperatura de 23.6 °C, 10.03 mg/L de oxígeno disuelto y 9.27 de pH.



Figura 19. Sitio ubicado en Tzanhuacal, Santiago Atitlán (DICA, 2016).

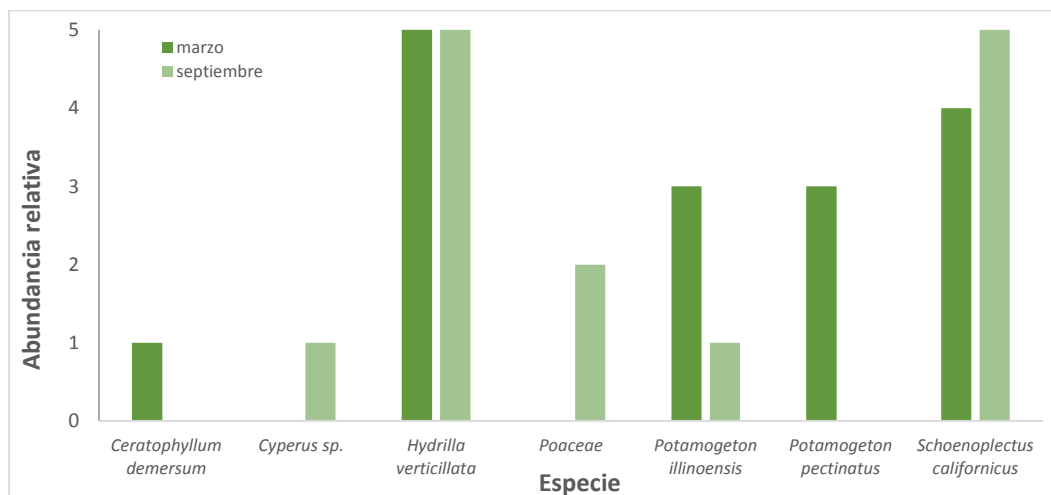


Figura 20. Abundancia relativa de las macrófitas en Tzanhuacal durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016 se reportaron siete especies en el sitio de muestreo. Las más abundantes fueron *H. verticillata* y *S. californicus* con una abundancia relativa de 5 (muy abundante). En ambos muestreos se reportó *P. illinoensis* con una abundancia relativa de 3 (frecuente). Las especies *C. demersum* y *P. pectinatus* se reportaron únicamente en marzo con una abundancia relativa de 1 (rara) y 3 (frecuente) respectivamente. *Cyperus sp.* y *Poaceae sp.* se registraron en septiembre únicamente, con una abundancia relativa de 1 (rara) y 2 (ocasional) respectivamente (Fig. 20).

Sitio 8: San Lucas Tolimán

El sitio se encuentra ubicado en la entrada de la bahía de San Lucas Tolimán (Fig. 21). La morfología de la orilla es “aluvión” y se encontraron estructuras sumergidas (muros de piedra). El sitio está fuertemente impactado por el viento y existe cierta influencia de origen antropogénico debido al bombeo de agua del lago para la comunidad. El sitio presentó una temperatura de 23.4 °C, 8.18 mg/L de oxígeno disuelto y 9.15 de pH.



Figura 21. Sitio ubicado en la entrada a la bahía de San Lucas Tolimán (DICA, 2016).

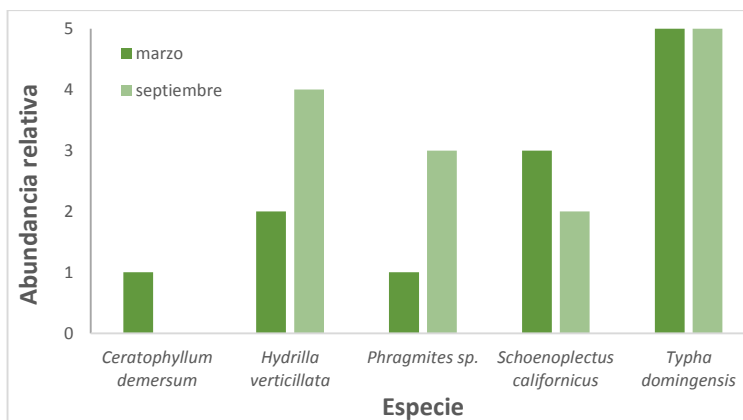


Figura 22. Abundancia relativa de macrófitas en la entrada a la bahía de San Lucas Tolimán durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016, en este sitio de muestreo se registraron ocho especies distintas, siendo las más dominantes *T. domingensis* e *H. verticillata* con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) y 4 (abundante). Las especies *Phragmites sp.* y *S. californicus* se registraron en ambos muestreos con abundancias de 3 (frecuente). *C. demersum*, *E. crassipes*, *Fabaceae sp.* e *Ipomoea sp.* se registraron únicamente en uno de los muestreos, septiembre a excepción de *C. demersum* que se registró en marzo, con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 22).

Sitio 9: Relleno, San Lucas Tolimán.

El sitio se encuentra ubicado en la bahía de San Lucas Tolimán en el área conocida como “el relleno” (Fig. 23). La morfología de la orilla es “aluvión”. El sitio está fuertemente impactado por actividades de origen antropogénico ya que en la orilla se encuentran los lavaderos públicos de San Lucas, así mismo, regularmente personas lavan ropa en la orilla del lago en este sitio. Al ubicarse en una bahía, el sitio está protegido de la acción del viento y corrientes. El sitio presentó una temperatura de 23.0 °C, 10.77 mg/L de oxígeno disuelto y 9.41 de pH.



Figura 23. Sitio ubicado en el relleno, San Lucas Tolimán (DICA, 2016).

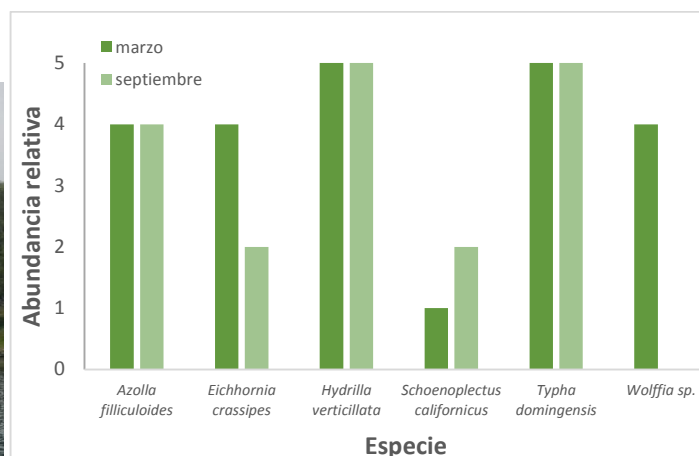


Figura 24. Abundancia relativa de macrófitas en el relleno, San Lucas Tolimán durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016, se registraron un total de seis especies en este sitio de muestreo. Las especies que dominaron el sitio son *H. verticillata* y *T. domingensis* con una abundancia relativa de 5 (muy abundante). *A. filliculoides*, *E. crassipes* y *S. californicus* se registraron en ambos muestreos con una abundancia relativa de 4 (abundante), 4 (abundante) y 2 (ocasional) respectivamente. *Wolffia sp.* se registró únicamente en marzo con una abundancia relativa de 4 (abundante) (Fig. 24).

Sitio 10: San Antonio Palopó

El sitio se encuentra ubicado cerca del límite municipal entre San Antonio y Santa Catarina Palopó. La morfología de la orilla es “terreno con pendiente” y se encontró una estructura sumergida (casa). El sitio está fuertemente impactado por el viento y existe cierta influencia de origen antropogénico debido a la presencia de cultivos de hortalizas en la orilla (Fig. 25). En el sitio se registró una temperatura de 23.9 °C, 8.68 mg/L de oxígeno disuelto y un pH de 9.22.



Figura 25. Sitio ubicado en San Antonio Palopó (DICA, 2016).

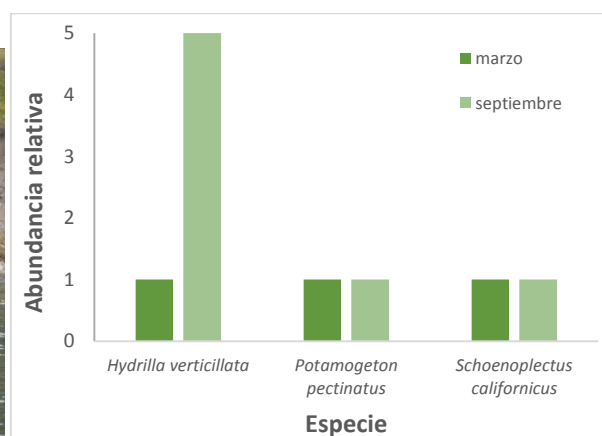


Figura 26. Abundancia relativa de macrófitas en San Antonio Palopó durante el 2016 (DICA, 2016).

Durante el 2016, se registraron tres especies en este sitio de muestreo siendo *H. verticillata* la más dominante con una abundancia relativa de 5 (muy abundante). En el sitio también se registraron *P. pectinatus* y *S. californicus* en ambos muestreos, con una abundancia relativa de 1 (rara) (Fig. 26).

La productividad, distribución y composición de las especies de las comunidades de macrófitas, está influenciada por la interacción de diversos factores ambientales, principalmente la luz, la temperatura del agua, la composición del sedimento y la disponibilidad de carbono inorgánico. La luz y la temperatura son importantes para determinar la morfología y distribución, así como la productividad y la composición de especies. Los sedimentos son una fuente importante de nutrientes, principalmente nitrógeno, fósforo y micronutrientes, los cuales se encuentran relativamente menos disponibles en la superficie del agua en la mayoría de los ecosistemas acuáticos (Barko *et al.*, 1986).

De todas las especies registradas durante el 2016, únicamente *H. verticillata* se encontró en todos los sitios de muestreo y en la mayoría de lugares dominando las poblaciones de macrófitas (Fig. 27). *Hydrilla* es una de las plantas acuáticas invasoras que más problemas ha generado a nivel mundial. Esto puede deberse a su facilidad para adaptarse y a su gran capacidad de crecimiento y de producción de semillas, así como, a la facilidad que posee para multiplicarse vegetativamente mediante fragmentación, formación de turiones y tubérculos (García Murillo *et al.*, 2009).

En varios países a nivel mundial ha causado problemas en los ecosistemas acuáticos y en las actividades humanas. Es una especie invasora y ha sido catalogada por expertos como la “maleza acuática perfecta” por su capacidad para colonizar todos los ambientes donde es introducida (García Murillo *et al.*, 2009). En el lago Atitlán ha generado problemas a la población para navegación y por colonizar zonas de recreación (playas).



Figura 27. *Hydrilla verticillata* en el lago Atitlán (DICA, 2016).

Otra especie que se encontró dominando algunos sitios muestreados durante el 2016, fue la ninfa o jacinto de agua *E. crassipes* (Fig. 28). Esta es una especie que por sus características fisiológicas y reproductivas es considerada un peligro ya que transforma los ecosistemas acuáticos que invade y ocasiona importantes pérdidas económicas en las actividades humanas, principalmente por navegación y abastecimiento de agua.

La ninfa se multiplica vegetativamente mediante estolones, pero también puede propagarse por semillas (García Murillo *et al.*, 2009). Generalmente habita en aguas tranquilas o con poco movimiento como canales, charcas poco profundas y estacionales, lagos, presas, ríos y pantanos y aguas con altos contenidos de nutrientes o eutótrofas (Posada García & López Muñoz, 2011; García Murillo *et al.*, 2009; Garret, 2002). Cuando su población es muy grande, puede causar graves problemas de oxigenación afectando a las demás comunidades de organismos acuáticos. Es ampliamente utilizada a nivel mundial para depuración de agua y se ha comprobado su eficiencia para retener metales pesados (Posada García & López Muñoz, 2011).



Figura 28. *Eichhornia crassipes* en el lago Atitlán (DICA, 2016).

En el lago Atitlán, el tul es manejado por pobladores de los distintos municipios. Comúnmente se conocen como tul hembra (*T. domingensis*) y tul macho (*S. californicus*). Durante el 2016, ambas especies se registraron en los sitios de muestreo con abundancias de 5 (muy abundante). *T. domingensis* (Fig. 29[a]) es una planta que crece naturalmente en aguas salobres a dulces, en pantanos, marismas, zanjas y áreas inundadas (Posada García & López Muñoz, 2011; Garret, 2002). Es refugio y alimento para otras poblaciones de organismos (aves acuáticas en Atitlán), estabiliza las orillas de los cuerpos de agua y evita inundaciones (Posada García & López Muñoz, 2011; de McVean, 2006). En la zona, presenta una gran importancia socioeconómica ya que es las hojas se cortan, secan y se usan para hacer petates finos y sopladores, y la parte lanosa de las flores se usa para rellenar almohadas (de McVean, 2006)

El tul macho *S. californicus* (Fig. 29 [b]) comúnmente se encuentra en humedales, orillas de ríos y desembocadura de arroyos. Está completamente adaptada al medio acuático y puede adaptarse y desarrollarse en suelos de inundación permanente. Debido a sus rizomas, son eficientes para retener nutrientes y de suelo, estabilizando la costa (Plan ceibal, s.f.). En el lago Atitlán, las hojas de esta planta se cortan, se secan y se tejen para hacer sopladores, petates y canastas. En algunas ocasiones se utilizan para amarrar cangrejos (de McVean, 2006).



Figura 29. [a] *Typha domingensis* y [b] *Schoenoplectus californicus* en el lago Atitlán (DICA, 2016).

Otra planta con una alta presencia en ciertos sitios de muestreo es el helecho de agua o *A. filliculoides* (Fig. 30). Esta especie se desarrolla en aguas estancadas o con poca corriente, charcas, lagunas, ciénagas o embalses (Posada García & López Muñoz, 2011; García Murillo *et al.*, 2009). Tiene una gran capacidad de crecimiento y multiplicación vegetativa en ambientes con altas concentraciones de nutrientes. Así mismo, se reproduce sexualmente por esporas. Debido a su carácter invasivo, representa un riesgo para la biodiversidad de los hábitats que coloniza (García Murillo *et al.*, 2009).



Figura 30. *Azolla filliculoides* en el lago Atitlán (DICA, 2016).

Según su forma de vida, el 50% de las macrófitas identificadas durante el 2016 son emergentes (12 especies); 25% son sumergidas (6 especies), 21% flotantes (5 especies) y 4% asociadas a la vegetación (1 especie) (Fig. 31). Las plantas emergentes obtienen principalmente sus nutrientes de los sedimentos a través de sus raíces ya que se encuentran enraizadas al sustrato. Las plantas sumergidas arraigadas obtienen sus nutrientes del sustrato y/o del agua que habitan (Granéli & Solander, 1988), sin embargo, si éstos fueran limitados en el agua, pueden obtenerlos exclusivamente del sedimento (Barko *et al.*, 1986). La disponibilidad de nutrientes en el agua entonces, es un factor limitante para las plantas acuáticas sumergidas y no arraigadas al sustrato, y para las flotantes, más no para las fijas al sustrato.

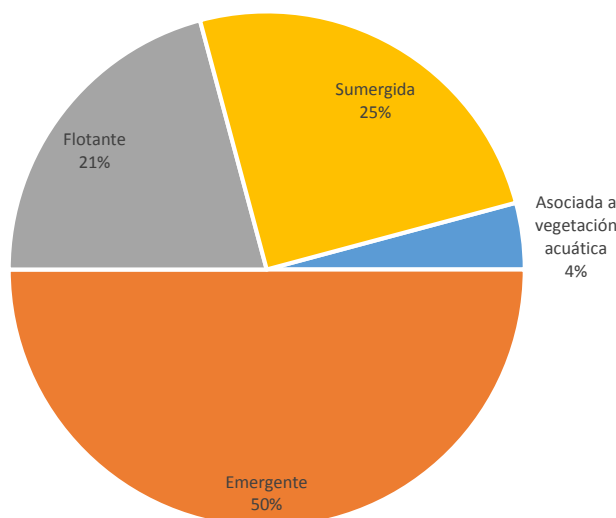


Figura 31. Composición de la vegetación acuática según su forma de vida (DICA/AMSCLAE, 2016).

Como en cualquier ecosistema en el que los recursos son limitados, existen otros grupos de organismos que compiten por éstos. En los sistemas lenticos como el Lago de Atitlán, el principal competidor de las plantas acuáticas es el fitoplancton (componente vegetal del plancton), compuesto principalmente por algas y bacterias fotosintéticas (González, 1988). En lagos tropicales y subtropicales, las comunidades de plantas acuáticas afectan las comunidades de fitoplancton debido al efecto sombra, la competencia por nutrientes y la secreción de compuestos alelopáticos¹ (Carballo, 2007) y viceversa.

¹ Compuesto alelopático: son metabolitos secundarios generados y liberados por plantas, que tienen efectos negativos en el fitoplancton, otras plantas y animales, proporcionando a las plantas, beneficios competitivos.

En cuanto a nutrientes, las algas o fitoplancton absorben el fósforo por unidad de área, dos veces más que las macrófitas, por lo que la eficiencia de remoción o asimilación de nutrientes del fitoplancton es mayor que la de las plantas acuáticas. Esto crea una competencia alta por los recursos entre ambos grupos, aun cuando la biomasa de macrófitas por unidad de área, es aproximadamente 30 veces la biomasa de las algas (Granéli & Solander, 1988).

Conclusiones

- El sitio con mayor diversidad de vegetación acuática durante el 2016 fue la Isla de los gatos en Santiago Atitlán con un total de 16 especies reportadas. En el fondo de la Bahía de Santiago, Uxlabil en San Juan La Laguna y Pahuacal en Cerro de Oro se identificaron 12, 11 y nueve especies respectivamente. El sitio con menor diversidad fue en San Antonio Palopó con tres especies distintas.
- Durante el 2016 se identificaron 24 especies distintas pertenecientes a 18 familias, siendo Araceae, Hydrocharitaceae y Potamogetonaceae las familias más diversas.
- Los sitios con mayor perturbación evidente, San Antonio Palopó y Quiscab, fueron los sitios con menor diversidad de vegetación acuática.
- Las especies más abundantes durante el 2015 fueron *H. verticillata*, *T. domingensis*, *S. californicus*, *E. crassipes* y *A. filliculoides*, lo que puede estar asociado al nivel de tolerancia que estas especies a condiciones medioambientales y de calidad de agua y a sus estrategias reproductivas.
- En el 2015 las especies emergentes fueron las más abundantes (50%), lo que puede deberse a que éstas pueden tomar sus nutrientes tanto del sustrato como del agua que las rodea.

Recomendaciones

- Continuar con el monitoreo de vegetación acuática en los sitios de muestreo ya establecidos, con el fin de evaluar la variación de la composición y abundancia de las comunidades de vegetación acuática, así como el efecto de las fluctuaciones del nivel del agua del lago en este importante componente del ecosistema.
- Aumentar la frecuencia de los muestreos, ya que en algunos sitios se pudo observar grandes diferencias en la abundancia y composición de la vegetación acuática en ambos muestreos. Estos cambios pueden deberse a alguna acción de origen antropogénico (extracción de vegetación), sin embargo, es necesario evaluar esos cambios.

Referencias bibliográficas

1. Barko, JW., Adams, MS., y Clesceri, NL. (1986). *Environmental factors and their consideration in the management of submersed aquatic vegetation: a review*. J. Aquat. Plan Manage. 24: 1- 10.
2. Carballo, C. (2007). *Interacciones negativas entre macrófitas flotantes libres y Planktothrix agardhii (Cyanobacteria)*. Uruguay: Universidad de la República. 12 p.
3. Cardona, YT., Cortinez, S., Ortega, N., Tavera, B. (2010). *Plantas acuáticas* [en línea]. Recuperado 2016, 19 de octubre, de <http://es.scribd.com/doc/43550452/Plantas-acuaticas>
4. Cirujano, S; Cambra, J. y Gutiérrez, C. (2005). *Protocolo de muestreo y análisis para macrófitos*. Confederación Hidrográfica del Ebro: España.
5. de MacVean, AL. (2006). *Plantas útiles de Sololá Guatemala*. Universidad del Valle de Guatemala.
6. García Murillo, P; Fernández Zamudio, R. y Cirujano Bracamonte, S. (2009). *Habitantes del agua macrófitos*. Agencia Andaluza del Agua, Junta de Andalucía: España.
7. Garret E, C. (2002). *Plantas acuáticas del Parque Nacional Palo Verde y el valle del río Tempisque, Costa Rica*. Instituto Nacional de Biodiversidad, Santo Domingo de Heredia: Costa Rica
8. González, AM. (s.f.). *Hidrófitas: plantas acuáticas* [en línea]. Recuperado 2016, 19 de octubre, de http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_4hidrofita.htm#homoiohídricas
9. González, A. (1988). *El plancton de las aguas continentales. Secretaría General de la Organización de los Estados Americanos*. Serie de Biología. Monografía 33. Washington DC, EEUU. 130 p
10. Granéli, W. y Solander, D. (1988). *Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes*. Suecia: Hydrobiologia 170: 245-266.
11. Plan Ceibal. (s.f.). *Junco Schoenoplectus californicus* [en línea]. Recuperado 2016, 21 de octubre, de http://contenidos.ceibal.edu.uy/fichas_educativas/_pdf/ciencias-naturales/reino-vegetal/027-junco.pdf
12. Posada García, JA. y López Muñoz, MT. (2011). *Plantas acuáticas del altiplano del oriente antioqueño, Colombia*. Universidad Católica de Oriente: Colombia.
13. Presidencia de la República. (2012, 12 de abril). Reglamento de la Ley de Creación de la Autoridad para el Manejo Sustentable del lago de Atitlán y su entorno/ Decreto Gubernativo No. 78-2012. *Diario de Centro América*, p. 1-6.
14. Thomaz, SM; Esteves, FA; Murphy, KJ; dos Santos, AM; Caliman, A. y Guariento, RD. (2011). *Aquatic macrophytes in the tropics: ecology of populations and communities, impacts of invasions and use by man*. Tropical Biology and conservation management: Vol. IV: Brasil.

Anexo 1. Boleta de colecta de datos de campo utilizada durante el 2016 (DICA, 2016).

BOLETA DE CAMPO		
No. _____ Nombre del sitio: _____		
Fecha (D/M/A): _____ Hora de muestreo: _____		
Coordenadas: _____ y _____ Altitud _____ msnm		
Temperatura del ambiente _____ °C. Temperatura del agua: _____ °C. pH: _____ Conductividad: _____ μS/cm. TDS _____ mg/L. Oxígeno disuelto: _____ mg/L. _____ % Saturación. Condiciones ambientales: _____ Soleado _____ Lluvioso _____ Nublado _____ Otro. Otras medidas: _____		
Escala de abundancia		
Escala	Abundancia	% cobertura
1	Rara	Individuos aislados
2	Ocasional	1-10%
3	Frecuente	10-50%
4	Abundante	50-70%
5	Muy abundante	>70%
Vegetación encontrada		
Número	Nombre	Abundancia
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5
		1 2 3 4 5