

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL-DICA- INFORME DE VEGETACIÓN ACUÁTICA EN EL LAGO DE ATITLÁN 2015

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

Los macrófitos, hidrófitos o plantas acuáticas son aquellas que desarrollan su ciclo de vida parcial o total, en cuerpos de agua continentales o marinos; se pueden observar a simple vista y se incluyen plantas vasculares, briófitos, algas filamentosas y en algunos casos cianobacterias (Giménez, 2009; Posada & López, 2011). Son el grupo de plantas que se ha adaptado completamente al medio acuático y sus ciclos de vida están ligados a éste (Garret, 2002).

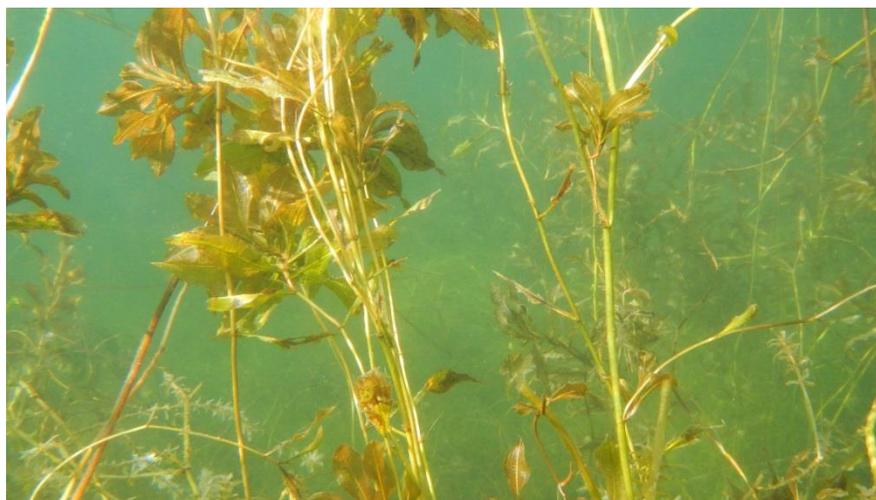


Figura 1 Planta acuática del género *Potamogeton* en cantón Pahuacal, aldea Cerro de Oro (DICA, 2015).

Las plantas acuáticas juegan un papel esencial en los ecosistemas acuáticos, ya que cumplen funciones dentro de las cuales se pueden mencionar (Ríos, 2007; Giménez, 2009; Posada & López, 2011):

- Son la base de la cadena trófica
- Proporcionan alimento y hábitat o refugio para otros organismos como plancton, peces, aves, mamíferos, artrópodos, insectos, crustáceos, macroinvertebrados, entre otros.
- Aumentan la cantidad de oxígeno ya que son productores primarios
- Condicionan las propiedades fisicoquímicas del agua y la estructura de otras comunidades bióticas debido al intercambio entre los ecosistemas terrestres y acuáticos.
- Poseen valor paisajístico
- Ayudan en la depuración del agua ya que absorben sólidos y minerales disueltos

Las plantas acuáticas son comúnmente utilizadas como *bioindicadores* ya que permiten establecer el “estado de salud” de los ecosistemas acuáticos. Esto se debe a que son organismos sensibles a los cambios que se producen en parámetros como la salinidad, pH, temperatura, turbidez, mineralización, transparencia del agua, penetración de luz, composición del sedimento, disponibilidad de carbono inorgánico (Barko *et. al.*, 1986; García *et.al.*, 2009; Giménez, 2009), así como a la variación del nivel del agua en lagos o cambios en el régimen de inundación en humedales (Cirujano *et. al.*, 2005).

Las plantas acuáticas también responden lenta y progresivamente a los cambios en las concentraciones de nutrientes y a la eutrofia a través de los años, por lo que funcionan como integradores de las condiciones medioambientales a lo largo del tiempo (Melzer, 1999, Cirujano *et. al.*, 2005). La presencia o ausencia de ciertas especies, así como su abundancia, nos dan información de cómo se encuentra un hábitat y permiten, mediante análisis más complejos, establecer los problemas específicos que afectan los ecosistemas (García *et.al.*, 2009).



Figura 2 Variación en la abundancia de vegetación acuática en Cerro de Oro de febrero a septiembre (DICA, 2015).

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

A. Fijas al sustrato:

- a. 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. 3 [a y b]).
- 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. 3 [c y d]).
- c. Sumergidas: Habitan profundidades variables encontrándose hasta los 10-11 m. Las hojas se encuentran sumergidas con órganos reproductivos aéreos, flotantes o sumergidos (Fig. 3 [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. 3 [g y h]).

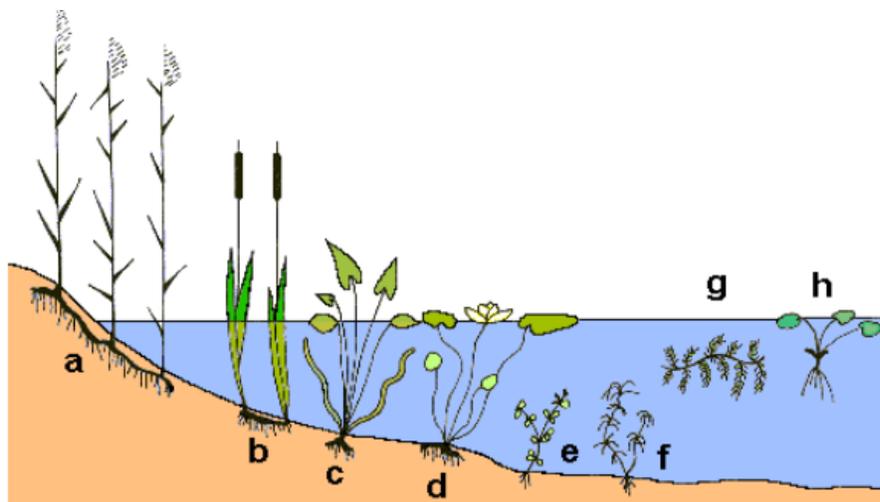


Figura 3 Clasificación de las macrófitas según su forma de vida (González, s.f.).

Justificación

Debido a que las plantas acuáticas pueden utilizarse para evaluar el estado ecológico de un cuerpo de agua, 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 seis 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 recolectados en seis sitios del Lago Atitlán.

Materiales y métodos

El monitoreo de vegetación acuática se ha realizado desde el año 2013, evaluando la diversidad y abundancia de macrófitas en distintos sitios de muestreo (Anexo 1). Durante el 2015, se muestrearon seis sitios ubicados en el Lago Atitlán (Fig. 4). Los sitios se establecieron con base en las condiciones morfológicas y a las actividades que se realizan en la zona litoral, siendo los sitios más perturbados los ubicados en la desembocadura del río Quiscab, San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó; y los sitios menos perturbados Cerro de Oro, San Pablo y San Juan La Laguna.

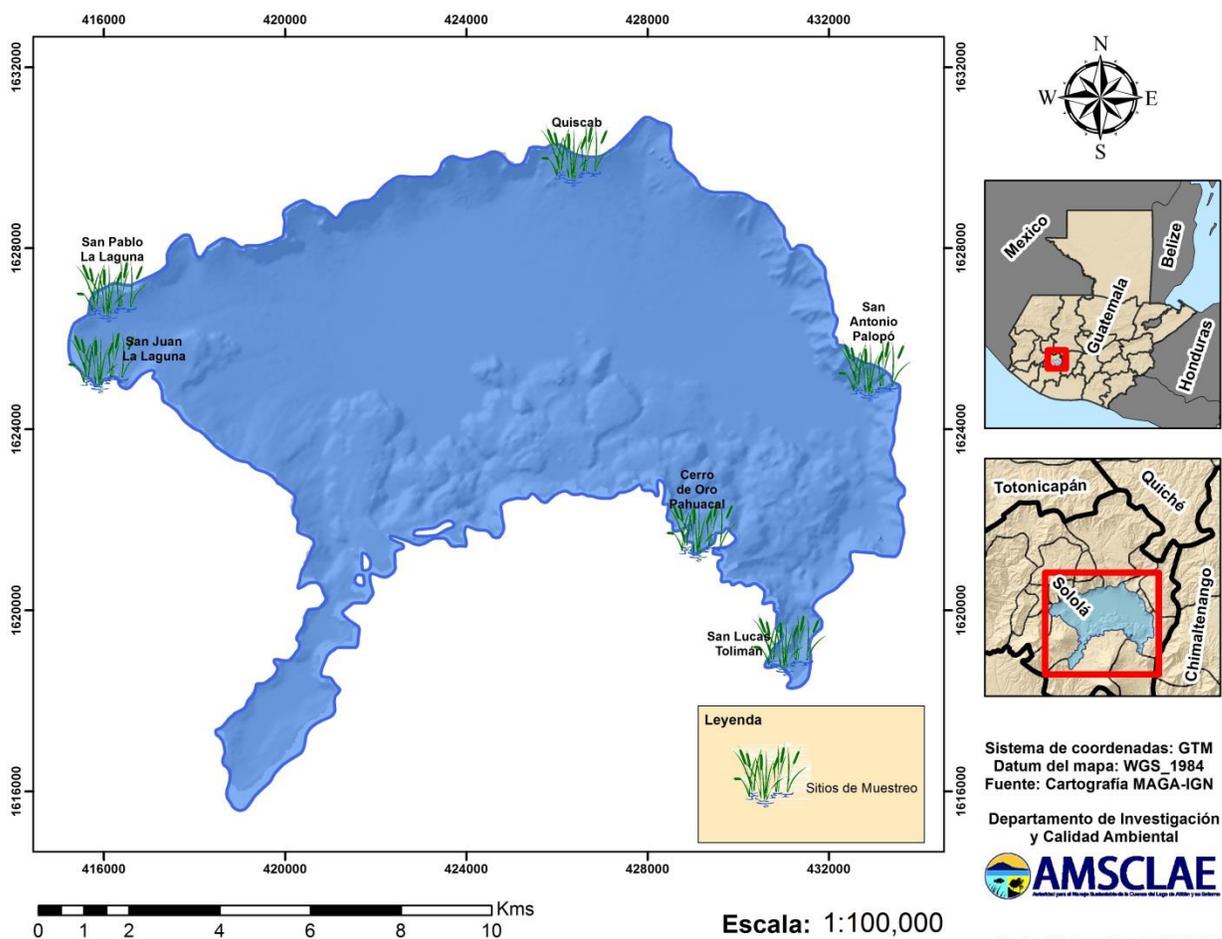


Figura 4 Ubicación de los sitios de muestreo de vegetación acuática del lago Atitlán (DICA, 2015).

Equipo y materiales

Equipo de campo

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

Equipo de laboratorio

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

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 2015, se realizaron cuatro muestreos, correspondiendo éstos a los meses de febrero, abril, junio y septiembre. Durante los muestreos, se evaluó la vegetación acuática en los seis 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 (Fig. 5).



Figura 5. Colecta de vegetación acuática en San Juan La Laguna (DICA, 2015).



Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

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

Cuadro 1. 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 recolectados 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.



Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

Resultados y discusión

En el año 2013 se registraron 12 especies distintas pertenecientes a 10 familias, mientras que durante el 2014 se reportaron 30 especies distribuidas en 20 familias; lo que se debe a que no son los mismos sitios de muestreo (Anexo 1). En el monitoreo de vegetación acuática realizado durante el 2015, se identificaron 17 especies de plantas acuáticas en los seis sitios de muestreo (Cuadro 2), pertenecientes a 13 familias (Fig. 6), registrándose por primera vez la especie del género *Phragmites*. Las familias más diversas fueron Potamogetonaceae, Poaceae, Cyperaceae y Asteraceae, las demás familias únicamente contaron con un género o especie.

Cuadro 2. Listado taxonómico de vegetación acuática y su presencia en cada sitio de muestreo durante el 2015. Emergente (E), Sumergida (S), Flotante libre (F).

FAMILIA / Genero/ Especie	Estrato	Cerro de Oro	Quiscab	San Antonio Palopó	San Juan La Laguna	San Lucas Tolimán	San Pablo La Laguna
ASTERACEAE							
Gen. Indet.	E				X		
<i>Wedelia sp.</i>	E				X		
SALVINIACEAE							
<i>Azolla filliculoides</i>	F				X	X	X
CERATOPHYLLACEAE							
<i>Ceratophyllum demersum</i>	S				X		
CHARACEAE							
<i>Chara sp.</i>	S				X		
CYPERACEAE							
<i>Cyperus sp.</i>	E				X		
<i>Schoenoplectus californicus</i>	E	X	X	X		X	X
PONTEDERIACEAE							
<i>Eichhornia crassipes</i>	F	X	X		X		X
<i>Hydrilla verticillata</i>	S	X	X	X	X	X	X
<i>Hydrocotyle umbellata</i>	E				X		X
POACEAE							
Gen. Indet.	E	X			X	X	X
<i>Phragmites sp.</i>	E	X	X		X	X	X
POLYGONACEAE							
<i>Polygonum sp.</i>	E				X		
POTAMOGETONACEAE							
<i>Potamogeton illinoensis</i>	S	X					
<i>Potamogeton pectinatus</i>	S			X			
TYPHACEAE							
<i>Typha domingensis</i>	E				X	X	
ARACEAE							
<i>Wolffia sp.</i>	F		X				X

Fuente: DICA, 2015

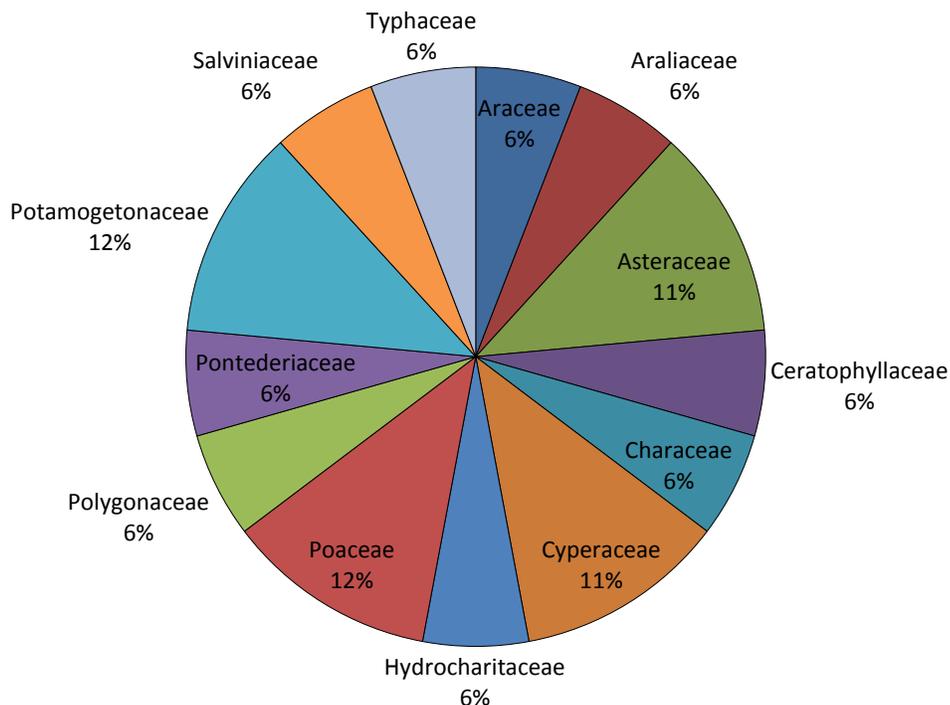


Figura 6 Composición de la vegetación acuática en los sitios de muestreo durante el 2015 (DICA, 2015).

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, ya que éste descarga grandes cantidades de sedimentos y desechos sólidos en el lago. Además, se encuentra afectado por las actividades de extracción de arena en el delta del río Quiscab. La temperatura promedio en el sitio fue de 23.6 °C, el oxígeno disuelto de 7.07 mg/L y el pH de 7.75.



Figura 7 Sitio de muestreo “Quiscab” (DICA, 2015).

Durante el 2015, en este sitio se registraron cinco especies, siendo *Hydrilla verticillata* y *Schoenoplectus californicus* las más dominantes, con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) y 4 (abundante) con un porcentaje de cobertura >70% y 50–70% respectivamente. *Eichhornia crassipes* y *Wolffia sp.* se presentaron únicamente una vez durante los muestreos, con una abundancia de 1 (rara) en el mes de abril y de 2 (ocasional) en el mes de septiembre, con un porcentaje de cobertura de < 1% y 1 – 10% respectivamente (Fig. 8).

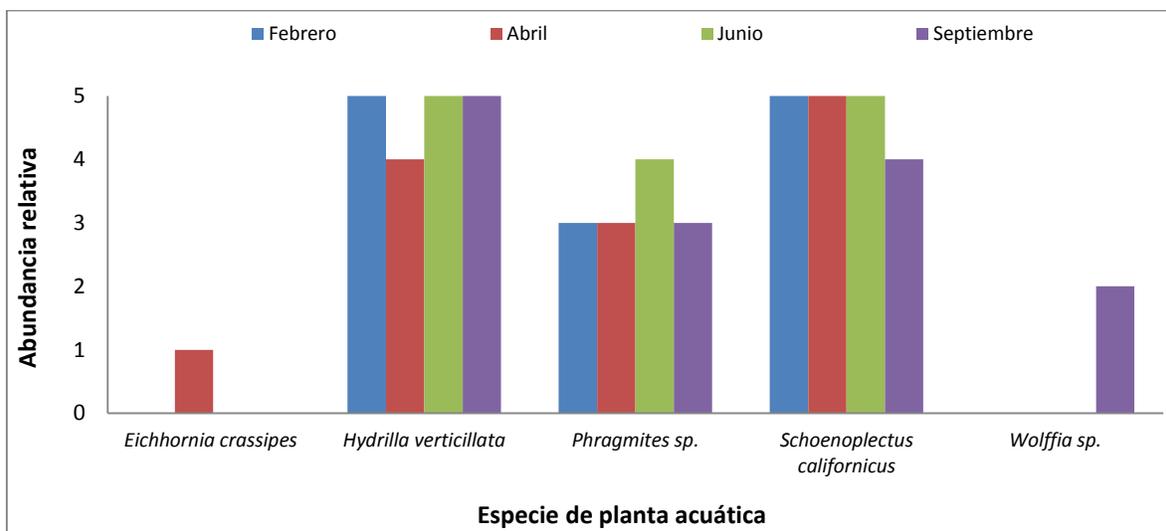


Figura 8 Abundancia relativa de macrófitas en el sitio Quiscab durante el 2015 (DICA, 2015).

Sitio 2: San Lucas Tolimán

El sitio se encuentra ubicado en la entrada de la bahía de San Lucas Tolimán (Fig. 9). 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 Atitlán para la comunidad. El sitio presentó una temperatura promedio de 23.55 °C, 5.92 mg/L de oxígeno disuelto y 7.75 de pH.



Figura 9 Sitio de muestreo “San Lucas Tolimán” (DICA, 2015).

Durante el 2015, en este sitio se registraron seis especies, siendo *H. verticillata* y *Typha domingensis* las más dominantes durante todo el año con una abundancia relativa de 5 (muy abundante) y más del 70% de cobertura. Las especies *Phragmites sp.* y *S. californicus* se registraron durante el año con una abundancia relativa entre 2 (ocasional) y 3 (frecuente) con una cobertura entre el 1-10% y 10-50% respectivamente. *Azolla filliculoides* y Poaceae se registraron únicamente una vez durante el año en los meses de junio y febrero respectivamente (Fig. 10).

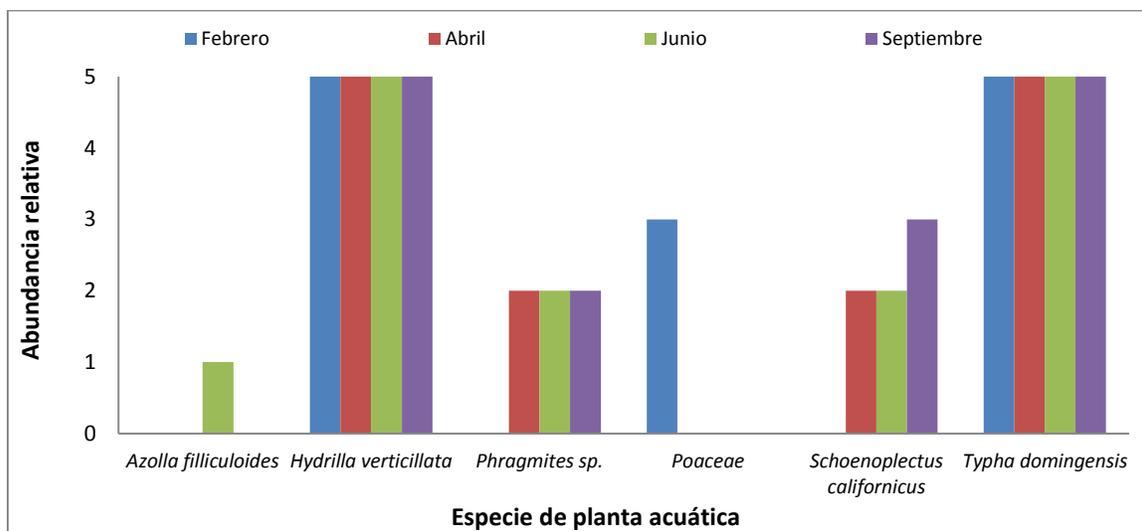


Figura 10 Abundancia relativa de macrófitas en San Lucas Tolimán durante el 2015 (DICA, 2015).

Sitio 3: 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. 11). En el sitio se registró una temperatura promedio de 23.9 °C, 8.35 mg/L de oxígeno disuelto y un pH de 7.74.



Figura 11 Sitio de muestreo en San Antonio Palopó (DICA, 2015).

Durante el 2015, en este sitio se registraron únicamente tres especies de las cuales *H. verticillata* y *Potamogeton pectinatus* fueron los más dominantes con abundancias de 5 (muy abundante) y 4 (abundante) con >70% y 50-70% de cobertura respectivamente. *S. californicus* presentó una menor abundancia con un valor de 3 (frecuente) lo que representa una cobertura del 10-50%. Este fue el sitio con menor diversidad de vegetación acuática (Fig. 12).

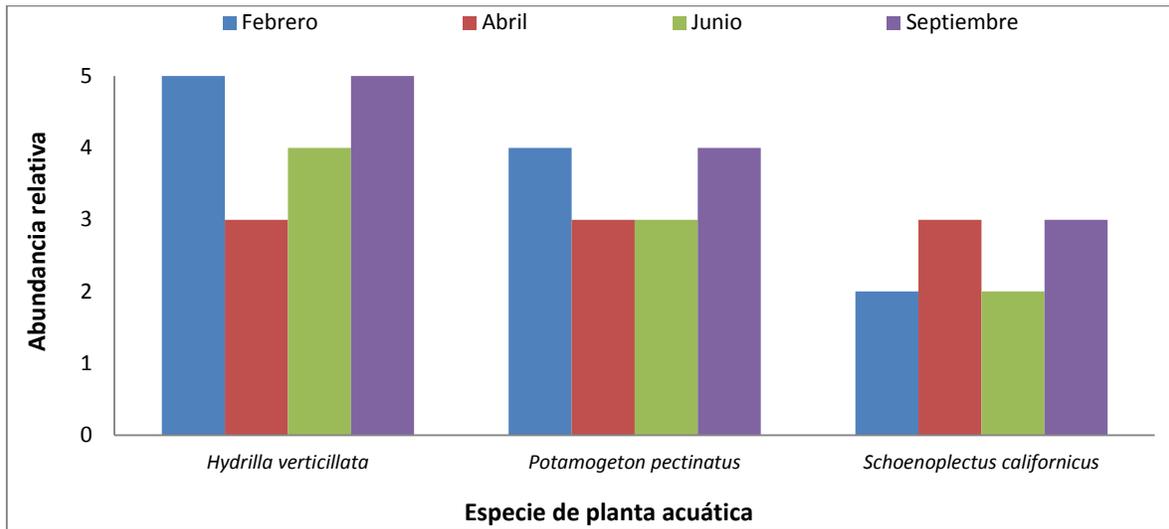


Figura 12 Abundancia relativa de macrófitas en San Antonio Palopó durante el 2015 (DICA, 2015).

Sitio 4: San Pablo La Laguna

El sitio se encuentra ubicado en una pequeña bahía de San Pablo La Laguna (Fig. 13). 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 promedio de 23.92 °C, 8.1 mg/L de oxígeno disuelto y 7.83 de pH.



Figura 13 Sitio de muestreo en San Pablo La Laguna (DICA, 2015).

En el sitio de muestreo, se registraron ocho especies, siendo las más dominantes *H. verticillata* y *E. crassipes* con una abundancia de 5 (muy abundante) y más del 70% de cobertura. *S. californicus* se registró durante todo el año con una abundancia de 3 (frecuente) mientras que *A. filliculoides* se registró únicamente en abril y en septiembre con una abundancia de 2 (ocasional). *Hydrocotyle umbellata*, *Phragmites sp.* y *Wolffia sp.* únicamente se registraron una vez en los meses de febrero, abril y septiembre respectivamente (Fig. 14).

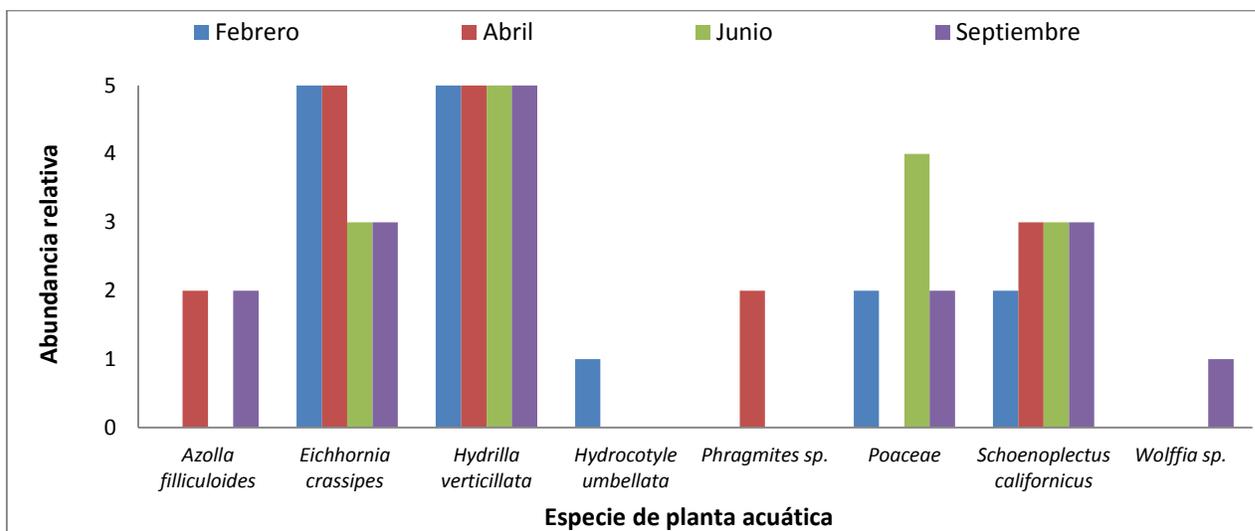


Figura 14 Abundancia relativa de macrófitas en San Pablo La Laguna (DICA, 2015).

Sitio 5: San Juan La Laguna

El sitio se encuentra ubicado en la bahía de San Juan La Laguna (Fig. 15). 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 un promedio de temperatura del agua de 23.68 °C, 7.98 mg/L de oxígeno disuelto y 7.81 de pH.



Figura 15 Sitio de muestreo en San Juan La Laguna (DICA, 2015).

Durante el 2015 se registraron 13 especies en el sitio de muestreo, siendo las más abundantes *Chara sp.*, *E. crassipes*, *H. verticillata*, *Phragmites sp.*, y *T. domingensis* (Fig. 16), con abundancias relativas de 3 (frecuente), 3 (frecuente), 5 (muy abundante), 4 (abundante) y 3 (frecuente) respectivamente. *Wedelia sp.* y *Polygonum sp.* se registraron tres veces durante el año con abundancias de 3 (frecuente) en abril y 2 (ocasional) en abril y junio respectivamente. Las especies que se registraron dos veces durante el año, fueron especies de las familias Poaceae y Asteraceae, *Cyperus sp.* y *A. filliculoides*; ésta la última se registró con una abundancia 4 (abundante) en septiembre.

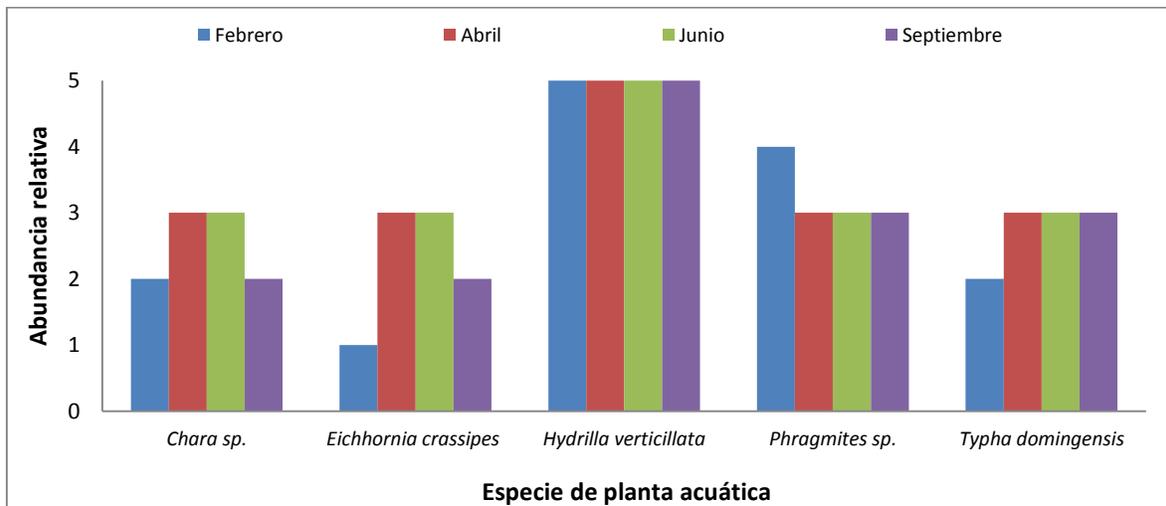


Figura 16 Abundancias relativas de macrófitas en San Juan La Laguna (DICA, 2015).

Sitio 6: 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 promedio, en el sitio se reportó una temperatura del agua de 24.32 °C, 8.92 mg/L de oxígeno disuelto y 7.81 de pH.



Figura 17 Sitio de muestreo en Pahuacal, Cerro de Oro (DICA, 2015).

Durante el año 2015, en el sitio de muestreo se registraron seis especies distintas, siendo las más dominantes *H. verticillata*, *S. californicus*, *P. illinoensis* y *Phragmites sp.* con abundancias de 5 (muy frecuente) y 4 (frecuentes) (Fig. 18). *E. crassipes* se reportó únicamente en los meses de febrero y septiembre con una abundancia de 2 (ocasional) a 1 (rara) respectivamente. Se reportó una especie de la familia Poaceae en el mes de septiembre con una abundancia de 1 (rara) equivalente a < 1% de cobertura.

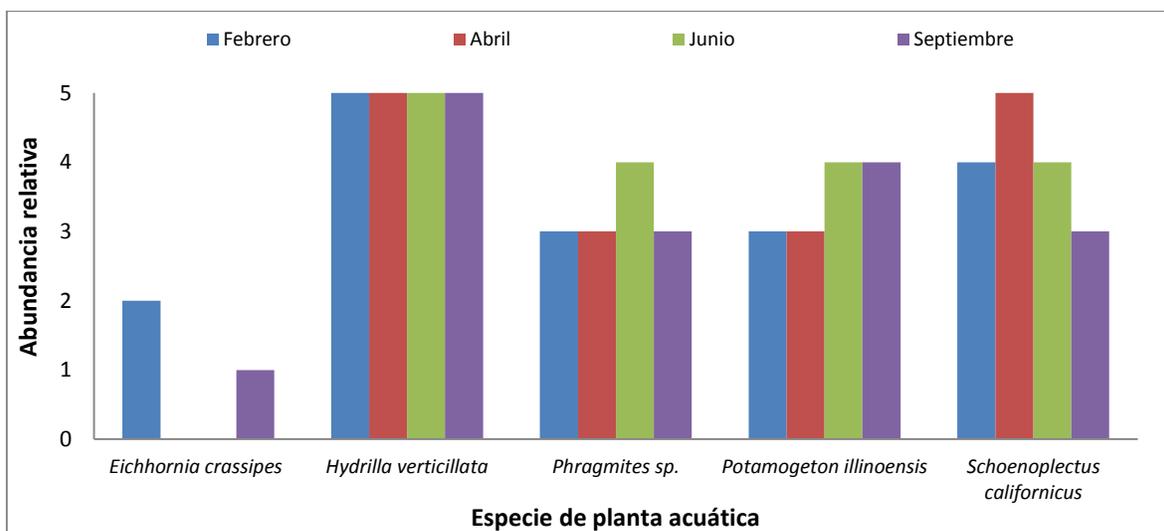


Figura 18 Abundancia relativa de las macrófitas en Cerro de Oro (DICA, 2015).

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).

La única especie que se registró en los seis sitios de muestreo fue el “pashte” (*Hydrilla verticillata*) (Fig. 19). La *Hydrilla* es una de las plantas invasoras que más problemas ha causado a nivel mundial. Posee una gran capacidad de crecimiento y de producción de semillas, además fácilmente se multiplica vegetativamente por fragmentación, formación de turiones y tubérculos. Es una especie que transforma los ecosistemas que coloniza y causa problemas a la actividad humana (García *et al.*, 2009), en el lago Atitlán éstos pueden ser interferencia en la navegación y recreación. La *Hydrilla* es una especie exótica que bajo condiciones óptimas, puede crecer hasta una pulgada diaria. Presenta ciertas ventajas que le permiten ser más eficiente al colonizar ecosistemas: puede tolerar poca

penetración de luz (1% o menos); puede establecerse en aguas hasta de 15 m de profundidad; tolera un amplio rango de calidad de agua encontrándose en aguas con diferentes concentraciones de nutrientes, tolera hasta 7 g/L de salinidad y un amplio ámbito de pH. Puede desarrollarse en aguas que presenten bajas concentraciones de sulfatos, cloruros, nitratos y hierro (Robinson, 2002).



Figura 19. “Pashte” *H. verticillata* en Cerro de Oro (DICA, 2015).

En el lago Atitlán, se han cultivado a lo largo de los años el “tul hembra” *Typha domingensis* (Fig. 20 [a]) y el “tul macho” *Schoenoplectus californicus* (Fig. 20 [b]). Son especies cuyo uso por las comunidades que viven alrededor del lago, ha fomentado su propagación por toda la zona litoral del lago. *T. domingensis* puede tolerar diferentes grados de salinidad, encontrándose en aguas salobres y dulces, en pantanos, zanjas y áreas inundadas (Posada & López, 2011). Puede habitar aguas ligeramente eutróficas (Giménez, 2008), zonas húmedas aunque no presenten agua (de MacVean, 2006), en algunos casos, puede presentar adaptaciones para tolerar condiciones extremas de pH y salinidad, así como niveles considerables de metales pesados y nutrientes, sin embargo no tolera la exposición a concentraciones extremadamente altas de éstos (Mufarrege, 2012).

El “tul macho” *S. californicus* es otra de las especies más abundantes en el lago Atitlán. Esta especie habita en humedales, orillas de ríos y aguas estancadas ya que tolera diversos grados de corrientes. Es una especie muy adaptada al medio acuático y puede desarrollarse en suelos de inundación permanente de más de 1 m de profundidad. Pude adaptarse a ciertos niveles de salinidad (hasta 5 g/L) aunque tolera agua con mayor grado de salinidad únicamente por periodos cortos (Plan Ceibal, s.f.; Neill, 2007).



Figura 20 [a] Tul hembra *T. domingensis* en San Juan La Laguna y [b] Tul macho *S. californicus* en Quiscab (DICA, 2015).

Otra especie relativamente abundante registrada para el lago Atitlán fue la ninfa o jacinto de agua *Eichhornia crassipes* (Fig. 21). Esta especie es exótica y habita generalmente aguas tranquilas o de ligero movimiento como arroyos, ríos, pantanos, canales, entre otros. Generalmente está asociada a aguas con altos niveles de nutrientes. Se multiplica vegetativamente de forma muy activa mediante estolones, aunque puede propagarse por semillas (Posada & López, 2011; García *et.al.*, 2009). Es una especie cuyas características fisiológicas y reproductivas la convierten en un organismo muy peligroso ya que transforma los ecosistemas que coloniza ocasionando problemas en actividades humanas, como la navegación, turismo, abastecimiento de agua potable, entre otros (García *et.al.*, 2009). Al encontrarse en grandes superficies de agua, causa problemas de oxigenación afectando el resto de la biota acuática. A pesar de esto, es una de las especies más utilizadas como filtro biológico, ya que sus raíces retienen todo tipo de metales pesados (García & Posada, 2011).



Figura 21 Ninfa *E. crassipes* en San Pablo La Laguna (DICA, 2015).

En relación a la forma de vida, durante el 2015, el 53% de las plantas acuáticas identificadas en los seis sitios de muestreo, fueron emergentes (Fig. 22). Las especies emergentes obtienen sus nutrientes principalmente de los sedimentos y las especies sumergidas arraigadas obtienen los nutrientes del

sustrato y/o del agua que tiene contacto con las estructuras de las plantas (Granéli & Solander, 1988), aunque pueden obtener todos sus nutrientes exclusivamente del suelo, si éstos llegaran a ser limitantes en el agua (Barko, *et al.*, 1986). La concentración de nutrientes disponibles en el agua, puede ser un factor limitante para las plantas sumergidas que no están fijadas al sustrato y para las flotantes (*i.e.* *E. crassipes*) más no para las emergentes y sumergidas fijadas, que pueden obtener los nutrientes del sustrato parcial o totalmente, según la disponibilidad de estos en el agua.

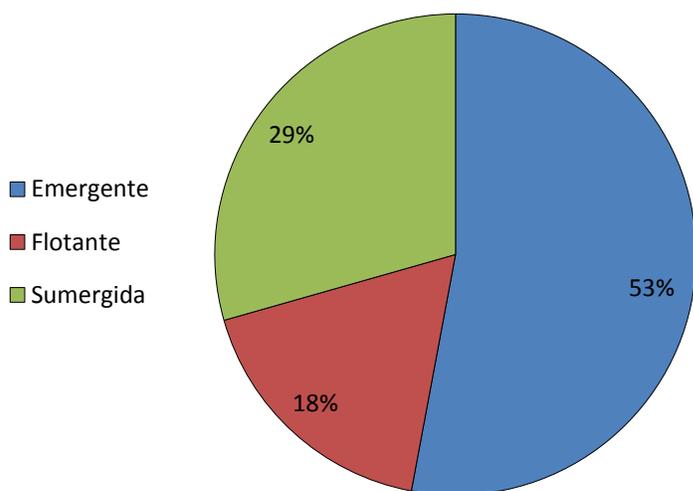


Figura 22 Composición de la vegetación acuática identificada en el 2015 según su forma de vida (DICA, 2015).

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.

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).

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.



Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

Conclusiones

- El sitio con mayor diversidad de vegetación acuática durante el 2015 fue San Juan La Laguna con un total de 13 especies reportadas. En los sitios de San Pablo La Laguna, Cerro de Oro, San Lucas Tolimán y Quiscab se identificaron ocho, seis, seis y cinco especies respectivamente. El sitio con menor diversidad fue en San Antonio Palopó con tres especies.
- Durante el 2015 se identificaron 17 especies, pertenecientes a 13 familias, siendo *Potamogetonaceae*, *Poaceae*, *Asteraceae* y *Cyperaceae* las familias más diversas.
- Los sitios con mayor perturbación evidente, San Antonio Palopó y Quiscab, fueron los sitios con menor diversidad de vegetación acuática, debido principalmente al tipo de sustrato y al tipo de costa presente en el sitio.
- Las especies más abundantes durante el 2015 fueron *Hydrilla verticillata*, *Typha domingensis*, *Schoenoplectus californicus* y *Eichhornia crassipes*, lo que puede estar asociado al nivel de tolerancia que estas especies tienen a ciertas condiciones medioambientales y a una calidad de agua regular a mala.
- En el 2015 las especies emergentes fueron las más abundantes, lo que puede deberse a que éstas pueden tomar sus nutrientes tanto del sustrato como del agua que las rodea.
- En el 2015 se registró una especie nueva que no fue reportada durante los años anteriores, siendo del género *Phragmites* sp.
- Se tienen 13 sitios de muestreo incluidos dentro del programa de monitoreo de vegetación acuática, los cuales se seguirán visitando para evaluar en el tiempo si hay variaciones en la composición de la comunidad como respuesta a la degradación de la calidad del agua del lago Atitlán y a las perturbaciones antrópicas.

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.
- Analizar el potencial de remoción de nutrientes de las especies de vegetación acuática presentes en el lago Atitlán, para su uso en tratamiento terciario de aguas residuales.



Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno

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 2015, 19 de octubre, de <http://es.scribd.com/doc/43550452/Plantas-acuaticas>
4. Cirujano, S., Cambra, J. y Gutiérrez, C. (2005). *Protocolos 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. Giménez, PT. (2009). *Guía visual de campo Macrófitos de la Cuenca del Ebro*. Cemeyká: España.
9. González, AM. (s.f.). *Hidrófitas: plantas acuáticas* [en línea]. Recuperado 2015, 19 de octubre, de http://www.biologia.edu.ar/botanica/tema3/tema3_4hidrofita.htm#homoiohídricas
10. 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.
11. Granéli, W. y Solander, D. (1988). *Influence of aquatic macrophytes on phosphorus cycling in lakes*. Suecia: Hydrobiologia 170: 245-266.
12. Melzer, A. (1999). *Aquatic macrophytes as tolos for lake management*. Hydrobiología 395/396: 181-190. Kluwe Academic Publishers: Holanda.
13. Mufarregge, M. (2012). *Tolerancia y eficiencia de Typha domingensis Pers. en la retención de metales y nutrientes de efluentes industriales* [en línea]. Recuperado 2015, 19 de octubre, de <http://bibliotecavirtual.unl.edu.ar:8180/tesis/bitstream/1/406/1/Tesis.pdf>
14. Neill, RH. (2007). *California Bulrush Schoenoplectus californicus (C.A. Mey.) Palla*. USDA NRCS, Louisiana Plant Materials Center, Galliano, Louisiana: USA.
15. Plan Ceibal. (s.f.). *Junco Schoenoplectus californicus* [en línea]. Recuperado 2015, 21 de octubre, de http://contenidos.ceibal.edu.uy/fichas_educativas/_pdf/ciencias-naturales/reino-vegetal/027-junco.pdf
16. Posada, JA. y López, MT. (2011). *Plantas Acuáticas del Altiplano del Oriente Antioqueño, Colombia*. Universidad Católica de Oriente: Colombia.
17. 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.
18. Ríos Palencia, MM. (2007). *Caracterización y distribución de las macrófitas acuáticas del lago de Atitlán en Sololá, Guatemala y su relación con los niveles de contaminación acuática física y química que podrían afectar en su diversidad, abundancia y distribución*. Universidad Rafael Landívar: Guatemala.
19. Robinson, M. (2002). *Hydrilla: an invasive aquatic plant* [en línea]. Consultado 2014, 27 de noviembre, de <http://www.mass.gov/eea/docs/dcr/watersupply/lakepond/factsheet/hydrilla.pdf>

Anexo 1 Sitios de muestreo de vegetación acuática durante el 2013 y 2014 (DICA, 2015).

