

ESTADO DEL LAGO ▀
ATITLAN
INFORME
2013



WWW.UNIDOSPORLAGOATITLAN.ORG

Unidos por el Lago Atitlán



UNIDOS POR EL LAGO ATITLÁN

Unidos por el Lago Atitlán es un proyecto financiado por la Agencia de los Estados Unidos para el Desarrollo Internacional (USAID -United States Agency for International Development-) en respuesta a las necesidades de parte de los administradores de los recursos naturales y los tomadores de decisiones de entender mejor las dinámicas del lago Atitlán y los mecanismos que contribuyen al deterioro del mismo. En colaboración con organizaciones locales de conservación, el proyecto actualmente ha logrado establecer capacidad local para conservación del Lago a través del montaje de un laboratorio bien equipado y la capacitación de un grupo de jóvenes científicos guatemaltecos en monitoreo de la salud del Lago a través del tiempo.

Los objetivos del proyecto son:

- Capacitar a las generaciones futuras de jóvenes científicos guatemaltecos para desarrollar monitoreos y comunicar resultados a las comunidades locales.
- Desarrollar un sistema de monitoreo a largo plazo que pueda ser utilizado para medir parámetros físicos (temperatura, claridad), químicos (nutrientes y oxígeno), y biológicos (composición de algas y zooplancton) para determinar el estado del Lago y lograr predecir cambios en un futuro.
- Desarrollar una base de datos con información existente del Lago y ríos que se encontrará disponible para todas las partes interesadas trabajando en la conservación del lago Atitlán.
- Crear un laboratorio ambiental sostenible en

la cuenca del lago Atitlán con instrumentación especial para mediciones físicas, químicas y biológicas del Lago y ríos para lograr evaluar aspectos críticos de su salud.

- Comunicar los descubrimientos científicos a actores locales y tomadores de decisiones para alentar el manejo apropiado del Lago y su cuenca.

Los resultados del proyecto son:

- El desarrollo de un modelo conceptual cuenca-lago que será utilizado como la base para estrategias a largo plazo.
- Información científica, con control de calidad, disponible para informar a los actores cómo desarrollar nuevas políticas acerca de la conservación del Lago.
- Capacitación a estudiantes y futuros tomadores de decisiones en el uso de estrategias de manejo, basadas en ciencia, para la recuperación de ecosistemas y de la cuenca.
- Creación de un laboratorio ambiental sostenible en la cuenca del lago Atitlán con la capacidad de realizar muestreos y análisis estándares de calidad de agua.
- El control de calidad de los datos disponibles para que la comunidad de la cuenca pueda tomar decisiones adecuadas.
- Información para la población local sobre los problemas, sus causas y algunas alternativas que pueden ser implementadas en la cuenca para la recuperación del Lago.

Período del proyecto: Febrero 2012 a septiembre 2014
Área geográfica: Cuenca del lago Atitlán
Participantes: Universidad de Nevada-Reno, Universidad del Valle de Guatemala, Universidad Rafael Landívar, Universidad de California-Davis e Instituto de Investigación de los Desiertos.



Foto: Instructores y estudiantes que participaron en la expedición científica del lago Atitlán, 2012.

EQUIPO DEL PROYECTO Y AUTORES

Investigadores Principales



Dr. Sudeep Chandra
 Director de Proyecto -Unidos por el Lago Atitlán-
 Profesor Asociado de Limnología y Conservación
 Departamento de Recursos Naturales y Ciencias Ambientales
 University of Nevada, Reno
 sudeep@cabnr.unr.edu
 Limnología, Ecología béntica, Procesos ecosistémicos.



Dra. Eliška Rejmánková
 Profesora
 Departamento de Ciencias y Políticas Ambientales.
 University of California, Davis
 erejmankova@ucdavis.edu
 Ecología acuática y humedales, Procesos ecosistémicos.



Dra. Margaret Dix
 Directora del Laboratorio de Análisis y Monitoreo, Centro de Estudios Atitlán, Sololá.
 Universidad del Valle de Guatemala.
 margaret.dix@gmail.com
 Limnología y Ecología



Nancy Giron, M.Sc.
 Investigadora
 University of Nevada, Reno
 nmgiron@gmail.com
 Manejo de Cuencas, Educación Ambiental



Virginia Mosquera Salles, M.Sc.
 Investigadora
 IARNA-Universidad Rafael Landívar
 vickymosquera@hotmail.com
 Calidad de Agua y Monitoreo de la Cuenca



Dr. Jiří Komárek
 Profesor
 Instituto de Botánica de la Academia de Ciencias de la República Checa.
 University of South Bohemia, República Checa
 komarek@butbn.cas.cz
 Ficología, taxonomía de algas verdes y cianobacteria.



Dra. Jaroslava Komárková
 Profesora
 Centro de Biología de la Academia de Ciencias de la República Checa.
 Instituto de Hidrobiología, República Checa
 jarkakom@seznam.cz
 Hidrobiología, Ecología del fitoplancton de aguas dulces



Dr. Rene Henery
 Investigador
 Departamento de Recursos Naturales y Ciencias Ambientales
 University of Nevada, Reno
 renehenery@gmail.com
 Ecología de Cuencas, Restauración y administración .



Dr. Alan Heyvaert
 Profesor Asistente de Investigación
 División de Ciencias Hidrológicas
 Desert Research Institute
 Alan.Heyvaert@dri.edu
 Paleolimnología



Annie Caires, M.Sc.
 Investigadora
 University of Nevada, Reno
 acaires@cabnr.unr.edu
 Ecología béntica

EQUIPO DEL PROYECTO Y AUTORES

Investigadores Postdoctorales



Dra. Lidia Tanaka
Investigadora Post-doctoral
Departamento de Recursos Naturales y Ciencias Ambientales
University of Nevada, Reno
tanaka.lidia@gmail.com
Limnología, Fitoplancton, Dinámica de nutrientes



Dr. Clinton Davis
Investigador Post-doctoral
Departamento de Recursos Naturales y Ciencias Ambientales
University of Nevada, Reno
Clinton.Davis@dri.edu
Limnología, Ecología béntica, Ecología de algas

Investigadores Estudiantes de Posgrado



Alecia Brantley
Programa de Posgrado en Hidrología
University of Nevada, Reno
aleciaabrantley@ufl.edu
Bacterias heterotróficas, Calidad de Agua



Emily Carlson
Programa de posgrado en Suelos y Biogeoquímica
University of California, Davis
emcarlson@ucdavis.edu
Laboratorio de análisis químico



Stephanie Castle
Programa de posgrado en Ecología,
Departamento de Ciencias y Políticas Ambientales
University of California, Davis
stcastle@ucdavis.edu
Ecología de humedales, Procesos ecosistémicos,
Investigación

ÍNDICE

El lago Atitlán y su cuenca	1
Lago Atitlán: Mapa de localización y puntos de muestreo	2
Propiedades Físicas	4
Temperatura superficial del Lago	5
Perfiles de temperatura	6
Perfiles de oxígeno disuelto	7
Transparencia (profundidad Secchi)	8
Análisis de núcleos de sedimentos en Atitlán	9
Nutrientes	10
Nutrientes en el agua del Lago	11
Ingreso de nutrientes por aguas residuales	14
Nutrientes en suelos	15
Biología	16
Plancton: algas verdes, cianobacteria y bacteria heterotrófica: rol y diferencias en los sistemas acuáticos	17
Perifiton	18
Distribución estacionaria de fitoplancton	19
Fitoplancton: densidades estacionarias y cambios con profundidad	20
Limitación de bacteria por nutrientes	21
Fijación de nitrógeno por cianobacteria	22
Taxonomía de Lyngbya	23
Macrófitas litorales del Lago	24
Pronóstico basado en cambios de fitoplancton	26
Pesquería en Atitlán	27
Educación y divulgación	30

EL LAGO ATITLÁN Y SU CUENCA

El lago Atitlán se localiza en el departamento de Sololá, en el altiplano de Guatemala (latitud 14° 42 Norte y 91° 12 Oeste) y forma parte de una caldera que se originó debido a una erupción ocurrida hace 84,000 años. La cuenca tiene una extensión de 541 km² y en la parte sur el paisaje es dominado por tres volcanes; de ellos, el volcán Atitlán cuenta con la mayor elevación (3535m). El Lago (18x12km) ocupa un poco menos de la mitad de la caldera con una elevación superficial de 1562 metros sobre el nivel del mar, ocupando aproximadamente un área de 137km² y con un volumen de 24km³. Las paredes de la parte norte de la caldera (de grandes pendientes) se sumergen a una profundidad máxima de aproximadamente 320m cerca del centro, formando el lago más profundo de Centro América. La profundidad promedio del Lago es de 188m y las áreas litorales y bahías someras más grandes se localizan en el sur de la cuenca, en la bahía de Santiago Atitlán.

Los ríos Quiscab y San Francisco son los dos principales ríos tributarios de este lago endorreico, o sin salida superficial aparente. Por lo tanto, el agua de lluvia o

escorrentía que fluye hacia el Lago y recolectada a través de la cuenca es retenida por largos períodos de tiempo, saliendo finalmente del sistema a través de evaporación o filtración. La forma del Lago, y el “Xocomil”, como los habitantes locales llaman a los fuertes vientos de la tarde, contribuyen a la formación de espirales (remolinos) y a la mezcla del agua superficial.

El Lago es un ícono cultural con 19 comunidades y 244,000 personas (Censo 2009) que ocupan 1% de la cuenca, la cual proporciona recursos económicos a los mismos. El turismo representa el principal ingreso y fuente de trabajo, además de proporcionar otros recursos a través de cultivos comerciales, leña, pesca, elaboración de artesanías con subproductos del Lago y oportunidades de recreación. Por lo menos, cuatro municipalidades se abastecen de agua potable directamente de la orilla del Lago. Étnicamente, tres grupos indígenas Kaqchiqueles, Tz’utujiles y K’iche’s ocupan la región, además de una población multinacional que se ha establecido en los alrededores del Lago, produciendo una mezcla de culturas y tradiciones.

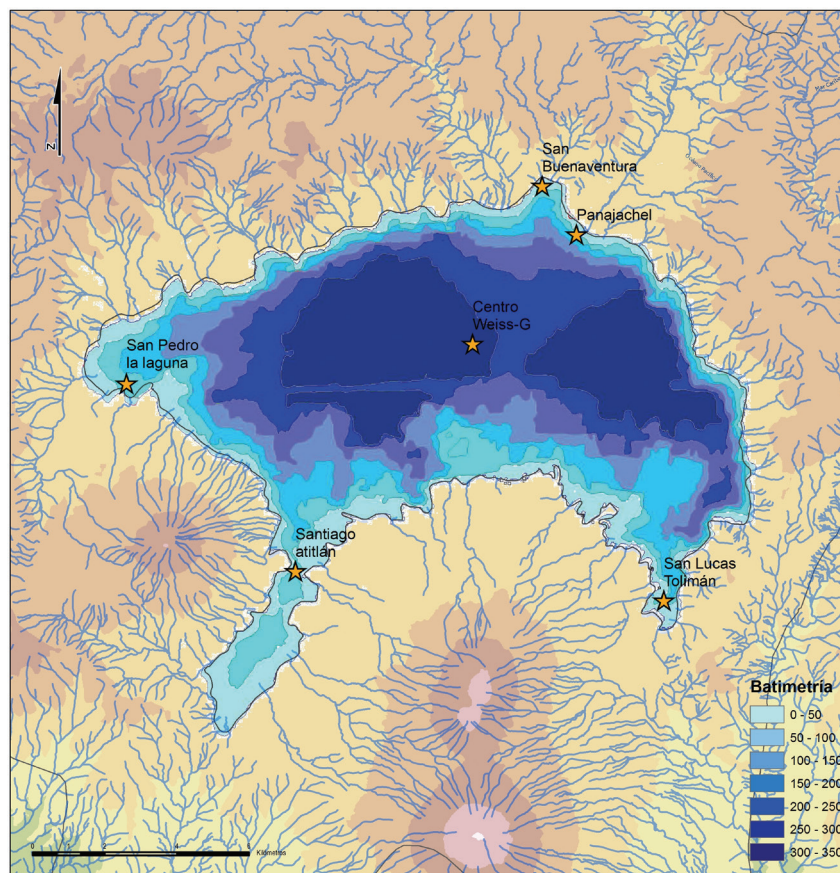
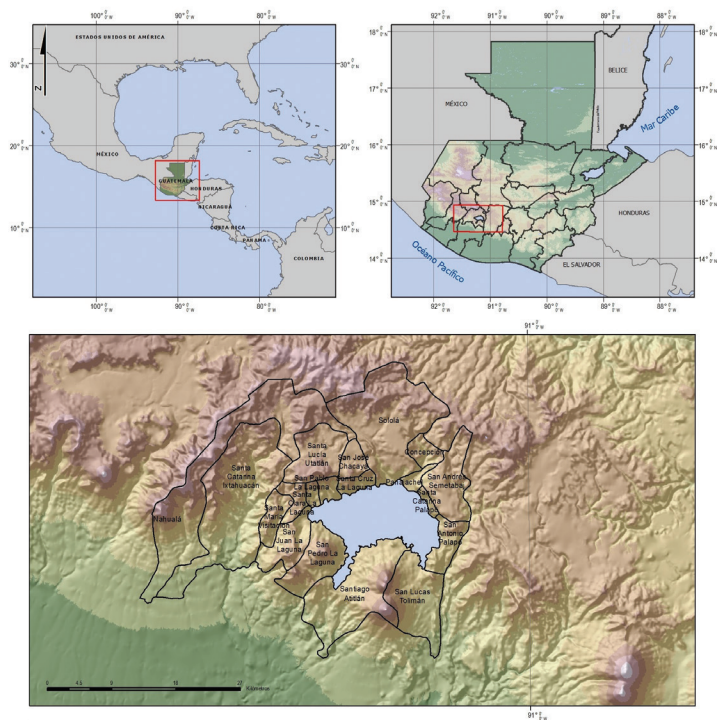


Unidos por el Lago Atitlán



ESTADO DEL LAGO

LAGO ATITLÁN: MAPA DE LOCALIZACIÓN Y PUNTOS DE MUESTREO



Proyección del mapa digital: UTM, zona 15, DATUM NAD 27.
 Proyección del mapa impreso: Coordenadas Geográficas, Esferoide de Clarke 1866.
 Fuente: MAGA, IGN, AMSCLAE
 Elaborado por: Laboratorio SIG IARNA
 Guatemala, enero de 2013

Leyenda

- ★ muestreo
- ▭ División departamental
- ▭ Cuerpo de agua

Elevación (msnm)

0 - 500
500 - 1.000
1.000 - 1.500
1.500 - 2.000
2.000 - 2.500
2.500 - 3.000
3.000 - 3.500
3.500 - 4.200

ATITLÁN
2013

Unidos por el Lago Atitlán



ESTADO DEL LAGO

ESTADO DEL LAGO ▀
ATITLAN
INFORME
2013

PROPIEDADES FÍSICAS

WWW.UNIDOSPORLAGOATITLAN.ORG

Unidos por el Lago Atitlán

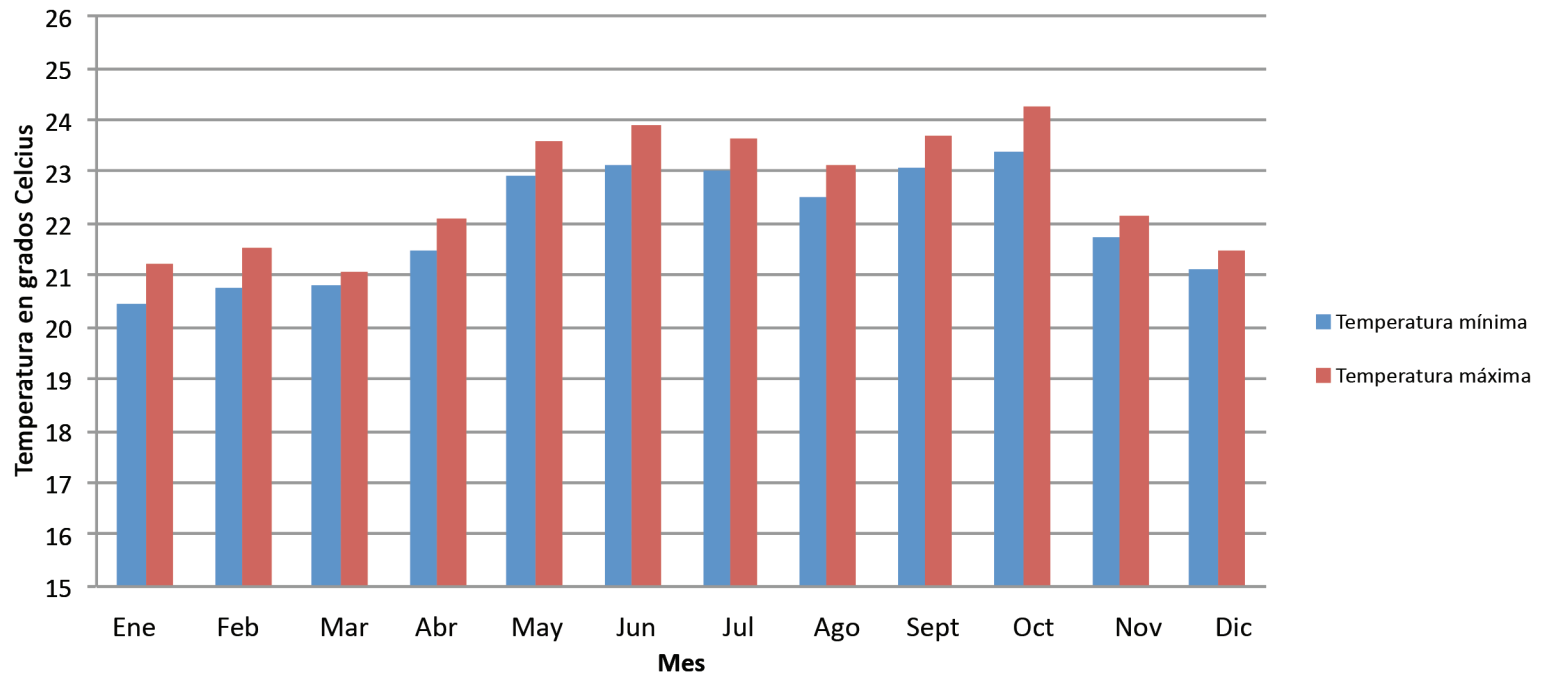


TEMPERATURA SUPERFICIAL DEL LAGO

El lago Atitlán es un lago de montaña, localizado en los trópicos, por lo que tiene aguas más cálidas que las temperaturas de otros ecosistemas de tamaño y profundidad similar. En 2012, la temperatura superficial promedio, 0 a 10 metros en seis sitios, oscilaba entre

20.5 a 24.3°C. La temperatura máxima observada fue de 26.5°C en San Buenaventura, en octubre, y la mínima de 20.1°C en San Lucas Tolimán, en enero. En general, las temperaturas superficiales son más altas desde mayo hasta octubre.

Temperatura superficial (0-10 m) lago Atitlán, enero-diciembre, 2012

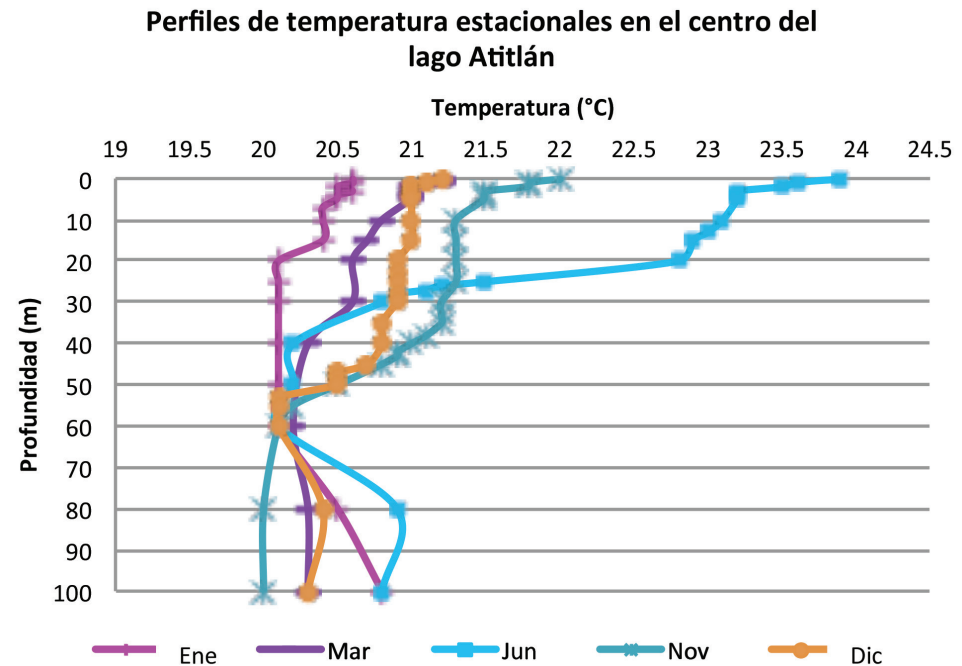


PERFILES DE TEMPERATURA

Los perfiles de temperatura permiten establecer si el lago se encuentra estratificado, con una capa de agua más cálida -el epilimnio- localizado sobre una capa de agua más fría -hipolimnio-. Esto es importante para entender como los nutrientes se encuentran distribuidos en la columna de agua. Cuando las temperaturas son uniformes desde la superficie hasta el fondo, también los nutrientes tienden a encontrarse distribuidos uniformemente. Estos perfiles pueden ser diferentes en diferentes sitios del Lago.



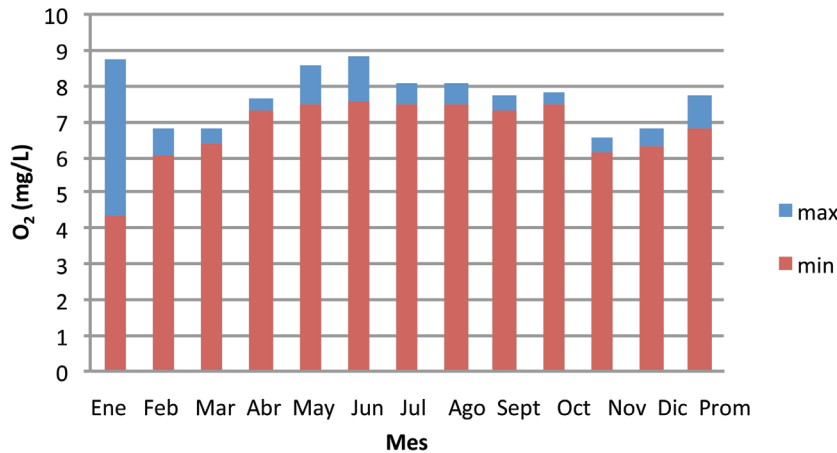
En la gráfica, se muestran los perfiles para el centro del Lago (estación Weiss G). Donde se evidencia que, durante todos los meses del 2012 el Lago no presentó temperaturas uniformes desde la superficie hasta el fondo, indicando que el agua del mismo no se mezcló completamente. El Lago se estratificó claramente en junio, con el epilimnio extendiéndose hasta 20m de profundidad y el hipolimnio comenzando a los 40m de profundidad. En San Lucas Tolimán, la columna de agua fue isotérmica, en enero, indicando que en este sitio el agua se mezcló completamente.



PERFILES DE OXÍGENO DISUELTO

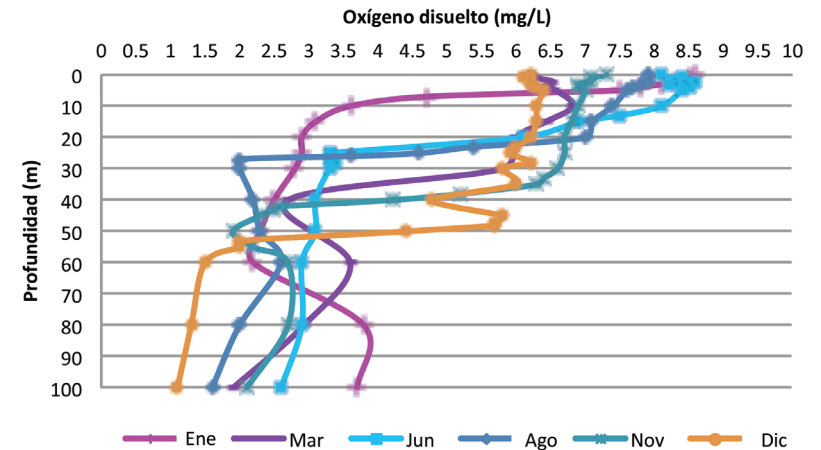
La gráfica muestra cambios en el oxígeno disuelto de la superficie durante el 2012. Los meses con las concentraciones máximas fueron enero, mayo y junio; las concentraciones mínimas se encontraron en enero. Las concentraciones promedio indican que el agua superficial del Lago se encuentra bien oxigenada y en buenas condiciones para los peces.

Concentraciones de oxígeno disuelto (mg/L) 0-10 mts. Centro Weiss G, lago Atitlán, ene-dic., 2012



De manera similar a la temperatura, los lagos también se pueden estratificar químicamente. En la gráfica se muestran los perfiles de oxígeno para el centro del Lago. Niveles altos de oxígeno usualmente indican niveles altos de clorofila y mayor fotosíntesis, en consecuencia, se puede sugerir dónde se puede encontrar las densidades más altas de fitoplancton. Es importante notar que, en agosto y diciembre, el oxígeno disuelto a profundidades de 80m o más se encontraba por debajo de los 2mg/L, indicando condiciones de lento deterioro en el Lago. Esto no es una buena señal y fue más frecuente en el 2012 que en el 2011.

Perfiles de oxígeno disuelto en el centro del lago Atitlan año 2012



TRANSPARENCIA (PROFUNDIDAD SECCHI)

La claridad del Lago se mide utilizando un disco Secchi, el cual se sumerge en el agua hasta que no es visible. La profundidad a la cual el disco ya no puede ser visto es la medida de transparencia Secchi. Esto permite comparar a través del tiempo cómo la claridad del Lago ha cambiado. La reducción en claridad indica cambios en la cantidad de partículas suspendidas en la columna de agua; estas partículas pueden ser sedimentos trasladados por escorrentía o plancton. La gráfica muestra cambios mensuales en la claridad del lago Atitlán desde el año 2010 a 2012, promediado para 5 sitios, y los compara

con profundidades registradas por Weiss en 1968-69 en los mismos sitios. Se muestra claramente una marcada reducción en claridad desde un promedio de 10.7m en 1968-69 hasta 6, 5.3 y 5.6m en 2010, 2011 y 2012, respectivamente. La reducción es menor en el período de agosto a octubre cuando existe una alta entrada de sedimentos al Lago. Los cambios más notorios son en el período de diciembre a julio cuando la mayoría de la materia suspendida, probablemente plancton, se ha incrementado debido al aumento de nutrientes disponibles.

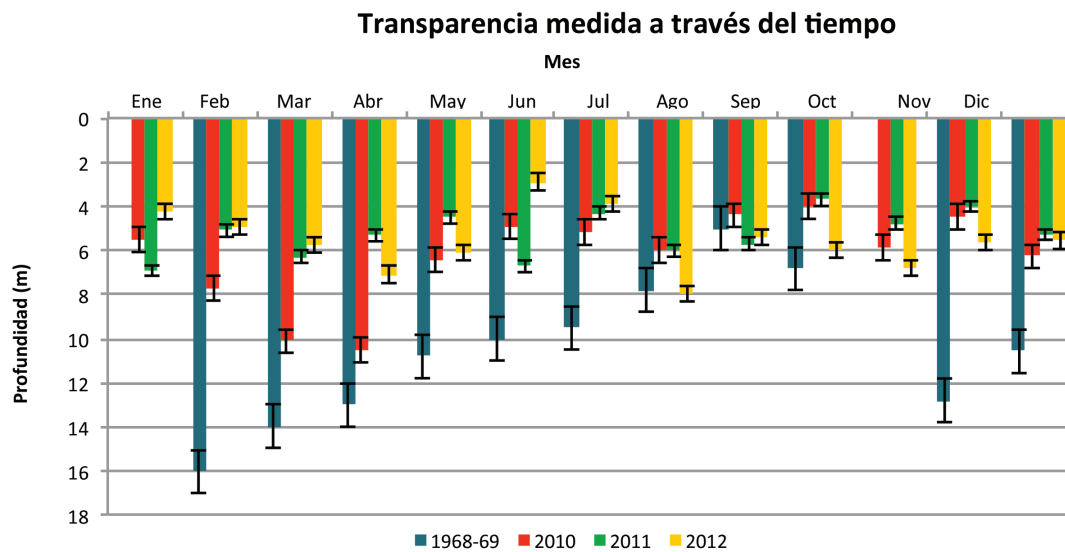


Figura 1. Juan Estuardo Bocel, un estudiante del proyecto utiliza el disco Secchi, instrumento para medir transparencia a través del tiempo.

ANÁLISIS DE NÚCLEOS DE SEDIMENTOS EN ATITLÁN

El análisis de núcleos de sedimentos, da la oportunidad de reconstruir cambios históricos en las condiciones ambientales del Lago y su cuenca circundante. El objetivo principal del trabajo paleolimnológico en el lago Atitlán es recolectar un grupo de núcleos representativos de la parte profunda cerca del centro y analizar las características biogeoquímicas de dichas muestras que puedan mostrar los cambios en el Lago y en su cuenca a través de las últimas décadas. Los núcleos de sedimentos fueron recolectados con éxito en la parte más profunda del Lago (~320m). Estos núcleos presentaban material negro superficial en los

primeros 3cm (sin olor a hidrógeno de sulfuro) seguido por una transición a una típica composición tipo-gris aproximadamente a una profundidad entre 3-4cm de sedimentos. La mayoría de la textura del núcleo presenta un material fino limoso-arcilloso, intercalada por bandas claras y oscuras y horizontes intermitentes de sedimentos con granos más gruesos. El análisis microscópico muestra diferentes capas de fragmentos de vidrio volcánico y concentraciones de frústulas de diatomeas. Otros análisis biogeoquímicos se encuentran actualmente en proceso.



Figura 2. Estudiantes e investigadores evalúan las características del núcleo al ser tomado en el centro del lago Atitlán.



Figura 3. Análisis microscópico de fragmentos de vidrio volcánico en los sedimentos del lago Atitlán

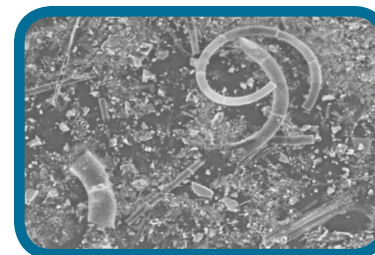


Figura 4. Micrografía electrónica de barrido. Imagen de diatomeas en sedimento y detritus en Atitlán (800X).



Figura 5. Bandas por deposición(cm) en los núcleos del centro del Lago.

ESTADO DEL LAGO ▀
ATITLAN
INFORME
2013

NUTRIENTES

WWW.UNIDOSPORLAGOATITLAN.ORG

Unidos por el Lago Atitlán



NUTRIENTES EN EL AGUA DEL LAGO

El agua del Lago se compone de varios químicos provenientes de diferentes fuentes -hierro y aluminio proveniente de las rocas; carbón del plancton microscópico; fósforo del detergente de lavado; nitrógeno de la descomposición de hojas, plantas, etc.- La vida depende de muchos de estos compuestos químicos, por lo tanto es importante conocer cuáles nutrientes se encuentran presentes en el agua del Lago. El nitrógeno y el fósforo son dos elementos muy importantes para la vida. El nitrógeno se puede encontrar en las proteínas y en los músculos y es excretado en los residuos; el fósforo se encuentra en el ADN, pared celular y también es utilizado para energía por todos los organismos. Pero, no todos los nutrientes son necesitados en las mismas concentraciones por los organismos. En general, se necesita de más carbón que de nitrógeno y de más nitrógeno que de fósforo.

Las plantas y otras formas de vida no pueden tomar estos dos químicos importantes en sus formas elementales, ni tampoco se encuentran disponibles en la naturaleza en dicha forma. Por este motivo se analizan nitratos (NO_3), amonio (NH_4) y fosfatos (PO_4), éstas son las formas de nitrógeno (N) y fósforo (P) que las plantas y el plancton pueden absorber. También se analiza nitrógeno total (TN) y fósforo total (TP), el cual es la medición de todas las posibles fuentes de nitrógeno y fósforo en el agua que provienen de ambas fuentes vivas y muertas. Los ejemplos incluyen: plancton vivo, hojas en descomposición, partículas de sedimento

en la columna de agua, aguas residuales en el Lago, etc. Aunque muchas de estas fuentes se encuentran compuestas por moléculas orgánicas grandes, pueden ser una fuente de alimentación para las bacterias y otros descomponedores, los cuales pueden luego liberar una forma de nitrógeno y fósforo inorgánica y más biodisponible. Todo lo anterior es medido en partes por billón (ppb): que significa que el valor reportado es por cada billón de partículas en el sistema (agua, oxígeno sales, etc.).

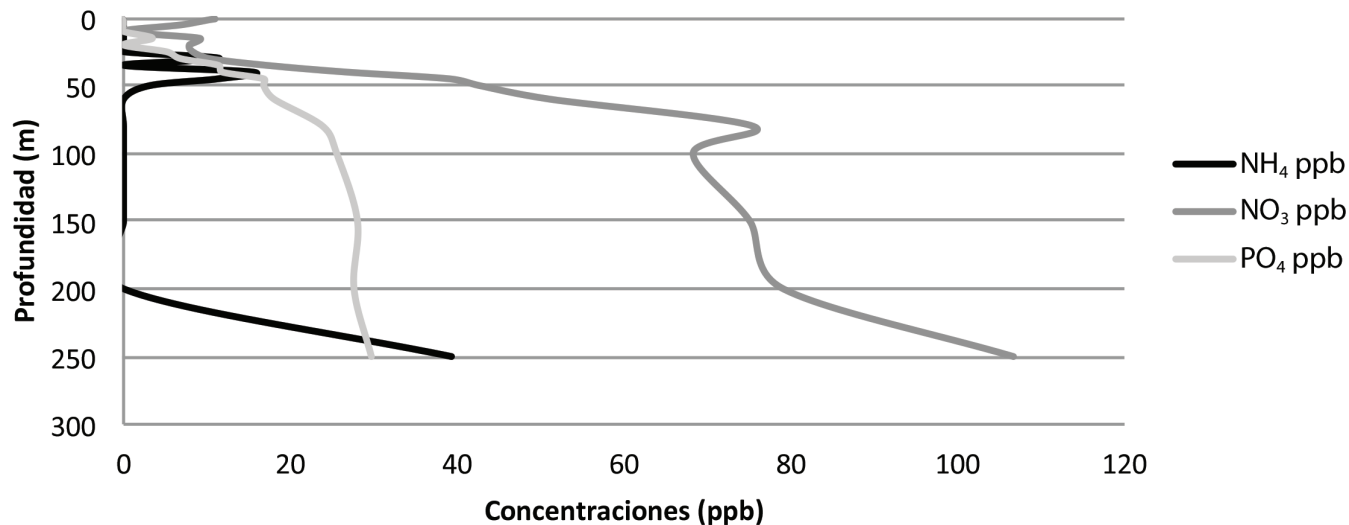
Observar una fotografía de la concentración de los nutrientes en un punto determinado en el tiempo puede ser útil para analizar el estado del Lago en el momento, pero existen formas de analizar los datos de los nutrientes químicos que puede dar mucha más información. Una forma es observar el perfil a profundidad -tomar muestras de agua a diferentes profundidades- y comparar las concentraciones de nutrientes. De dicha forma podemos observar como las concentraciones cambian a través de las profundidades. En el lago Atitlán se realiza tomando varias muestras: en la superficie, 5, 10, 15, 20, 25, 30, 35, 40, 45, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250 y 300 metros. Otra forma de analizar las concentraciones de nutrientes es a través de comparaciones entre muestras tomadas en diferentes puntos en el tiempo. De esta forma, se pueden observar tendencias estacionales, así como cambios a través de largos períodos de tiempo.

NUTRIENTES EN EL AGUA DEL LAGO

Generalmente, la concentración de nutrientes en un lago se incrementa con la profundidad y son mayores en el hipolimnio que en el epilimnio (ver página 6). Esto es en parte porque los organismos planctónicos, que se encuentran en mayor abundancia en el epilimnio, utilizan la mayor parte de los nutrientes y, en parte, por el hundimiento y acumulación en el hipolimnio de organismos muertos del lago y partículas de suelo. Las concentraciones de amonio son cercanas a cero en toda la columna, con excepción de los 30 y 50 metros y en la

parte más profunda del hipolimnio. Esto es debido a la liberación de amonio como producto residual e indica una concentración de plancton en la zona entre 30-50m liberando amonio. Esto también se puede observar en los datos de nitrato y fosfato, donde las concentraciones son más bajas en estas profundidades que en la superficie y en las zonas profundas. Esto indica que el plancton se encuentra absorbiendo nitrato y fosfato en las profundidades de 30-50m y liberándolo al momento de morir y hundirse al fondo.

**Nitrógeno (amonio, nitrato) y fósforo (orto)
concentración de nutrientes a través de profundidades
en el centro del Lago**

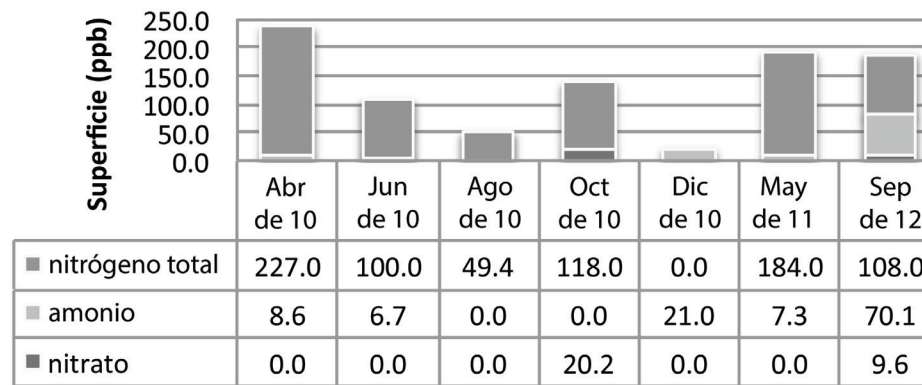


NUTRIENTES EN EL AGUA DEL LAGO

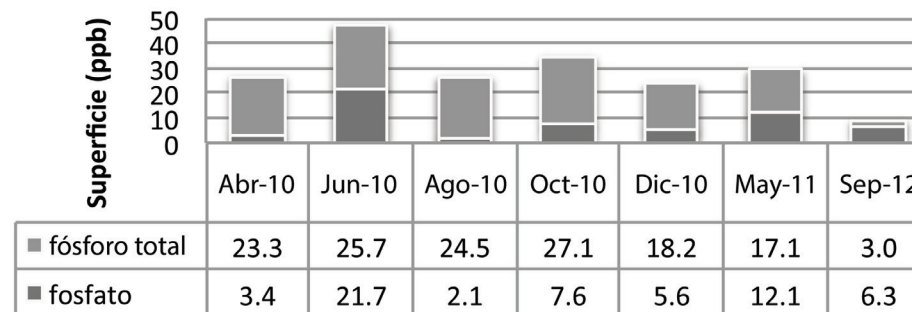
Las gráficas muestran las concentraciones de nitrógeno y fósforo en la superficie del Lago en diferentes períodos. Estas gráficas también muestran cómo el amonio y el nitrato forman una porción del nitrógeno total, lo

mismo para fosfato y fósforo total. Por el momento, no se cuenta con suficientes datos para poder hacer algún tipo de predicción o asunción clara. Se tomarán más datos en muestreos futuros.

Niveles de nitrógeno



Niveles de fósforo



INGRESO DE NUTRIENTES POR AGUAS RESIDUALES

Todas las aguas residuales provenientes de diferentes fuentes (humana, agrícola o industrial) deben someterse a un tratamiento apropiado antes de poder descargarse a aguas públicas sin ocasionar daño. El tratamiento de aguas residuales utiliza procesos químicos, físicos y biológicos para poder remover los contaminantes del agua y típicamente, se trabajan en tres etapas: (1) primario, remover los sólidos en suspensión a través de sedimentación y/o filtración; (2) secundario, el cual remueve materia orgánica disuelta biodegradable a través de degradación microbiana; y (3) terciario, remoción de nutrientes inorgánicos, nitrógeno y fósforo. La triste realidad es que únicamente del 3-5% aproximadamente del agua residual en América Latina recibe algún tipo de tratamiento (Oakley, conversación personal) y tratamientos terciarios (remoción de nutrientes) es casi inexistente. La entrada de aguas sin tratamiento, ricas en nutrientes y carbono fácilmente biodegradable es muy peligrosa, especialmente en lagos

limpios como el lago Atitlán. Dicha entrada de aguas sin tratamiento promueve el crecimiento indeseado de algas y cianobacterias y contribuye a la proliferación de bacterias heterotróficas.

En años recientes no se ha podido observar ninguna mejora aparente en el manejo de las aguas residuales alrededor del Lago, a pesar del florecimiento de cianobacteria en el 2009. Actualmente, todavía se encuentran descargas visibles directas en lugares como Panajachel, Santa Catarina Palopó y Santa Cruz La Laguna (Figura 6). Los ríos San Francisco y Quiscab contribuyen también significativamente a la descarga de nutrientes directamente al Lago. La tabla 1 proporciona concentraciones promedio de las aguas residuales y de las aguas de los ríos. Los resultados confirman que el ingreso de aguas residuales al Lago promueven el crecimiento algal y bacteriológico.



Figura. 6. Afluente de aguas residuales no tratadas en Santa Cruz La Laguna.

	PO ₄ -P	TP	NO ₃ -N	NH ₄ -N	TN
AGUA RESIDUAL					
Panajachel	2846	2850	223	8094	16300
Santa Cruz La Laguna	3200		26	3240	
Santa Catarina Palopó	5555		179	3835	
San Lucas Tolimán (pilas)	1850	2200	11		1100
RÍOS					
San Francisco	138	2958	1702	54	2495
Quiscab	160	1508	1009	83	1635
Otros ríos	92	370	692	40	1197

Tabla 1. Concentraciones promedio de nutrientes en afluentes de aguas residuales y agua de ríos, presentado en µg/L. Datos de mediciones tomadas en intervalos irregulares durante 2010-2012.

NUTRIENTES EN SUELOS

Los suelos pueden ser divididos en “especies” individuales distintivas, conocidas como series de suelos, basadas en las características de los mismos y otros criterios geológicos y ambientales. Existen cuatro series diferentes de suelos alrededor del lago Atitlán: (1) Serie “Atitlán”, localizado en la parte sur del Lago entre Santiago y Cerro de Oro; (2) Serie “Patzité”, al este de Cerro de Oro hasta San Marcos; (3) Serie “Camanchá”, una pequeña área en la parte noroeste del Lago; y, (4) Serie “Tolimán”, en la parte oeste del Lago hasta Santiago (para más información, ver el documento “Clasificación de los suelos de Guatemala” elaborado por el Ministerio de Agricultura- SCIDA- IAN). Todos estos suelos tienen algo en común -son formados por sustrato volcánico-. Los suelos volcánicos cuentan con muchas propiedades distintivas que los separan de los demás suelos. Una de las propiedades más importantes para la agricultura es la alta capacidad de adsorción de fósforo. Los suelos volcánicos pueden actuar como esponjas permanentes, tomando el fósforo de fertilizantes y evitando la accesibilidad del mismo a las plantas. Cuando los suelos

son introducidos al Lago a través de deslizamientos, la adsorción puede ser revertida y el fósforo es liberado al agua, incrementando la carga de nutrientes en el mismo.

El nitrógeno es introducido a los suelos a través de un número limitado de mecanismos. Los microorganismos de los suelos pueden fijar nitrógeno atmosférico, transformándolo a formas más accesibles en la zona biológicamente activa. Pero aún más importante, el nitrógeno se incorpora a través de deposición atmosférica -lluvia, gases en el aire seco y relámpagos-. La contaminación del aire, proveniente de carros, industria y el humo de los fuegos, actúa para incrementar la deposición. El reciclaje de los residuos de las plantas regresa el nitrógeno a los suelos, o en el caso de las legumbres y otras especies fijadoras de nitrógeno, introduce nitrógeno nuevo a los suelos. En el caso de un deslizamiento o lluvias muy fuertes una gran cantidad de nitrógeno será liberado a la columna de agua del Lago.

Series de Suelos	% Carbono orgánico	µg NH ₄ /g suelos	µg NO ₃ /g suelos	µg PO ₄ /g suelos	% PO ₄ adsorción
Atitlán	1.8-25.1 (7.4)	11.8-25.4 (16.4)	15.9-435.0 (130.1)	1.0-27.9 (10.5)	35.5-83.2 (55.6)
Tolimán	1-9.8 (7.3)	5.2-20.9 (14.7)	20.5-384.3 (111.1)	5.2-60.2 (8.0)	19.3-98.8 (50.0)
Patzité	2.8-24.1 (7.3)	6.0-19.0 (14.8)	11.9-1000.0 (110.5)	0.6-56.5 (8.8)	0-96.9 (51.5)
Camanchá	3.4-12.2 (7.3)	8.3-13.9 (7.8)	10.1-112.2 (61.1)	2.4-7.5 (4.9)	24.7-69.9 (47.3)

Tabla 2. Las muestras de suelos fueron tomadas de las series de suelos en áreas cultivadas (maíz y café), bosques y deslizamientos. Los nutrientes presentados en la tabla muestran los rangos en cada serie de suelo, los promedios encontrados en paréntesis. El amonio, nitrato y fosfato representan la porción disponible para las plantas. El porcentaje es la cantidad dada de una solución de 100 partes por mil de fosfato retenido por el suelo, este es el porcentaje de fertilizante no disponible para las plantas.

ESTADO DEL LAGO ▀
ATITLAN
INFORME
2013

BIOLOGÍA

WWW.UNIDOSPORLAGOATITLAN.ORG

Unidos por el Lago Atitlán



PLANCTON: ALGAS VERDES, CIANOBACTERIA Y BACTERIA HETEROTRÓFICA, ROL Y DIFERENCIAS EN LOS SISTEMAS ACUÁTICOS

El término PLANCTON se refiere al grupo de organismos flotantes o sin habilidad de movilizarse, de tamaño predominantemente microscópico (visible únicamente bajo microscopio) y adaptados a permanecer en la columna de agua de hábitats acuáticos. Algas y cianobacterias son los componentes autótrofos del plancton, también llamados fitoplancton, los cuales son capaces de utilizar la luz solar y el dióxido de carbono del aire para producir carbono orgánico. Este proceso es llamado fotosíntesis, la cual produce como subproducto el oxígeno. De hecho, la totalidad del fitoplancton en todas sus formas produce aproximadamente el 70% del suministro de oxígeno mundial. Existen diferencias importantes entre alga y cianobacteria: a) muchas cianobacterias tienen la capacidad de fijar nitrógeno, es decir, "comer" nitrógeno del aire (ver página 22), un proceso que le da ventaja a la cianobacteria sobre las algas en los lagos cuando sus aguas contienen niveles bajos de nitrógeno en relación al fósforo presente; b) el zooplancton se alimenta preferiblemente de algas, y por lo tanto, la dominancia de cianobacterias puede ser perjudicial al crecimiento del zooplancton y, por ende, a la producción de peces; c) se sabe que muchas cianobacterias son productoras de toxinas que pueden ser extremadamente dañinas para la salud de animales y humanos.

Además de algas, cianobacterias y zooplancton, la comunidad de bacterias heterotróficas forman un componente importante del plancton. El término heterotrófico se refiere a un organismo que no puede

utilizar la energía del sol y depende de fuentes de carbono orgánico externas; los heterótrofos consumen oxígeno. Las bacterias heterotróficas representan el componente biológico más importante en la degradación de materia orgánica en sistemas acuáticos y su biomasa constituye una gran fracción del total de la biomasa planctónica.

El carbono orgánico para las bacterias heterotróficas puede proceder, ya sea de organismos muertos del lago (ver Fig. 7), o de fuentes externas. Una de dichas fuentes externas son las aguas residuales no tratadas, las cuales se ha demostrado, promueven el crecimiento de bacterias heterotróficas (ver página 11). Cuando el consumo de oxígeno, debido al crecimiento rápido de heterótrofos, supera la producción de oxígeno por autótrofos, las condiciones anóxicas (sin oxígeno) resultantes pueden conllevar a varias situaciones, incluyendo la muerte de peces y la liberación de fósforo de los sedimentos.

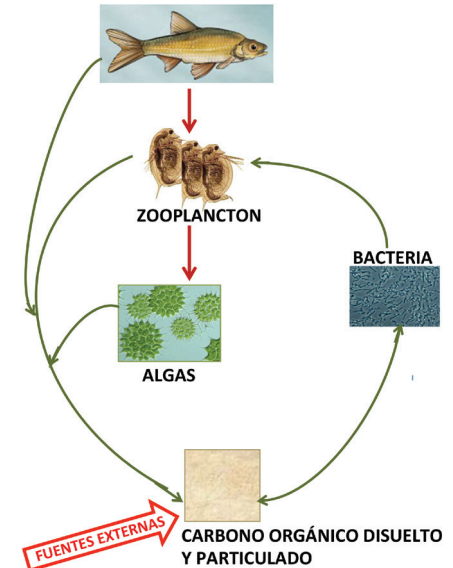


Fig. 7. Células muertas de peces, zooplancton y algas proveen de material rico en carbono orgánico que puede promover el crecimiento de bacterias, que a su vez proveen de alimentación adicional al zooplancton.

PERIFITON

El perifiton es una comunidad de microorganismos que viven en sustratos sumergidos, como rocas o vegetación acuática. Estas comunidades se encuentran en su mayoría compuestas por algas y cianobacterias. Sin embargo, las bacterias heterotróficas, los hongos y los protozoos también se consideran parte del perifiton. Algas y cianobacterias contribuyen a la producción primaria de los sistemas acuáticos y son fuente importante de alimentación para macroinvertebrados y peces.

Las especies individuales en la comunidad de perifiton pueden ser un importante indicador de calidad de agua. Debido a su forma de vida sedentaria y ciclos de vida relativamente cortos, el perifiton puede incorporar rápidamente las condiciones físicas y químicas del sitio. Las diatomeas (un tipo de alga especial) es uno de los indicadores más sensibles de calidad de agua. También existen tipos especiales de cianobacterias, por ejemplo *Nostochopsis*, que son excelentes indicadores de agua limpia. Se encontró *Nostochopsis* (Fig. 8) en pequeñas colonias en las rocas localizadas cerca de Cerro de Oro en el 2010 pero los intentos en 2012 para confirmar su presencia no fueron positivos.

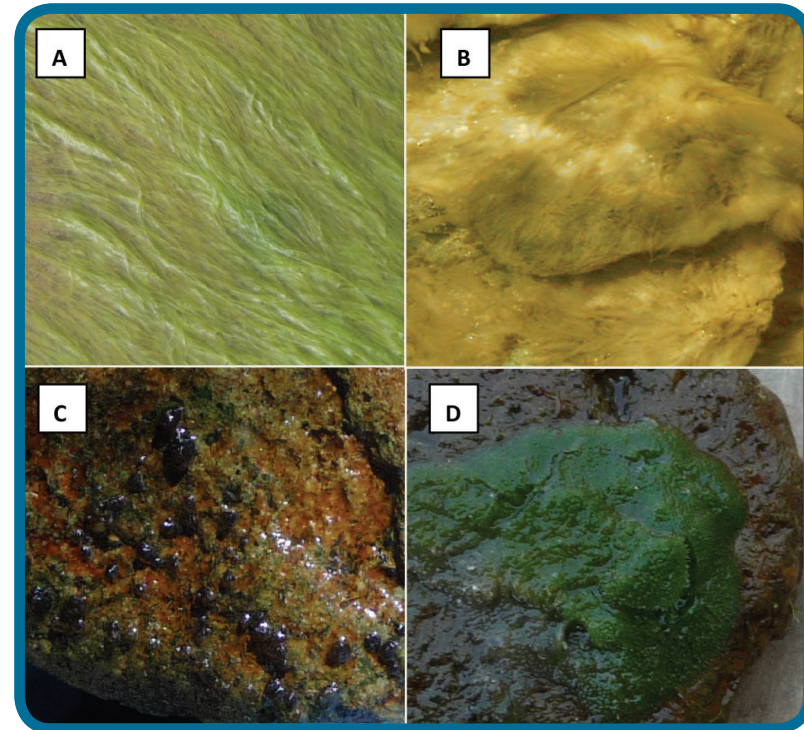


Figura 8. Ejemplos de diferentes tipos de perifiton del lago Atitlán. A: Alga verde filamentosa (*Cladophora* sp.); B: Diatomeas (*Gomphoneis* sp.); C: Colonias negras de cianobacterias (*Nostochopsis* sp.); D: colonia de un "musgo acuático", Bryozoa -un tipo especial de animales invertebrados acuáticos-. Crédito de fotografía: Veselá 2010.

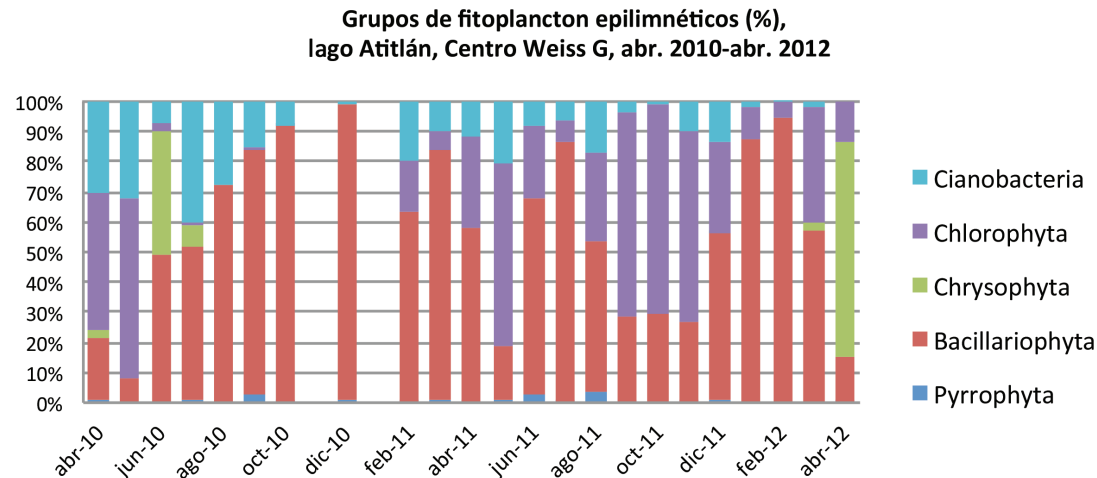
DISTRIBUCIÓN ESTACIONARIA DEL FITOPLANCTON

Los resultados del período de abril 2010 a 2012 (ilustrado parcialmente en la gráfica) muestran que la abundancia relativa de organismos que pertenecen a los diferentes grupos cambia, pero no necesariamente se repiten de año en año. Las diatomeas (Bacillariophyta), especialmente *Aulacoseira granulata* y *Fragillaria crotonensis* fueron dominantes la mayoría del tiempo, exceptuando de abril/mayo 2010, mayo 2011 y de abril a agosto 2012. En junio 2010 y de marzo/mayo a julio 2012, un alga verde (Chlorophyta) *Mougeottia* fue dominante. En junio 2010 y en abril 2012, pero no en el 2011, existía abundancia de Chrysophyta, *Dinobryon divergens*. Dichos resultados muestran que el plancton de Atitlán representa un sistema dinámico y se necesita de más información para poder presentar cambios a largo plazo.

La cianobacteria en el Lago es representada principalmente por *Lyngbya robusta* y *Microcystis spp.* *L. robusta* es la especie que ha formado periódicamente los florecimientos en el Lago desde el 2009. Dicha especie ha mostrado una mayor abundancia de julio a octubre 2010, mayo y junio 2011 y en el período de abril a junio, agosto y septiembre 2012.



Figura 9. El plancton presentado incluye *Aulacoseira granulata*, *Lyngbya robusta* y *Microcystis aeruginosa*, lago Atitlán, noviembre 2010.



FITOPLANCTON: DENSIDADES ESTACIONARIAS Y CAMBIOS CON PROFUNDIDAD

A través del año, la densidad del fitoplancton (medido por métodos de conteo del número total de organismos en un volumen determinado de agua) ha cambiado dramáticamente partiendo de un valor de aproximadamente 12,000 organismos por litro en agosto hasta valores por arriba de los 500,000 organismos por litro en junio. El número de organismos encontrados también cambia a través de diferentes profundidades como se muestra en la primer gráfica para 5 y 10 metros. Esto también se ilustra por los cambios en volumen de *Lyngbya robusta* en diferentes profundidades en mayo del 2012.

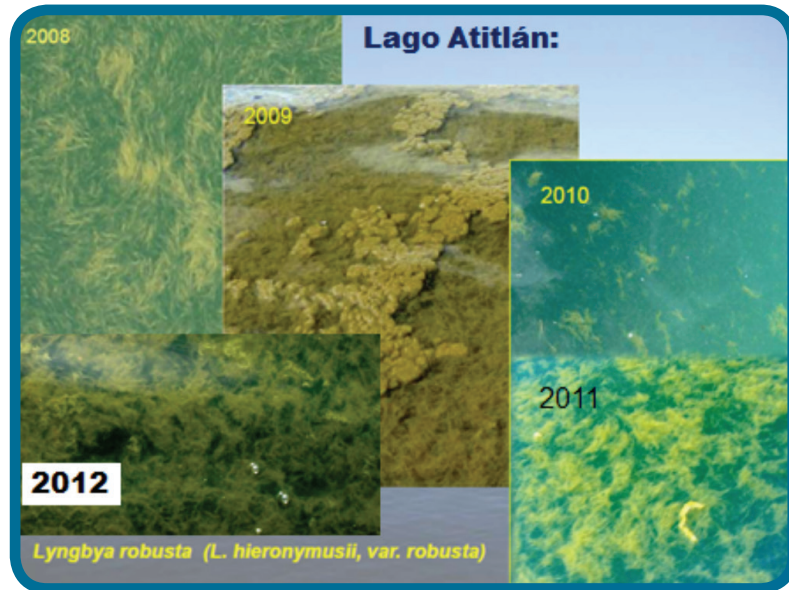
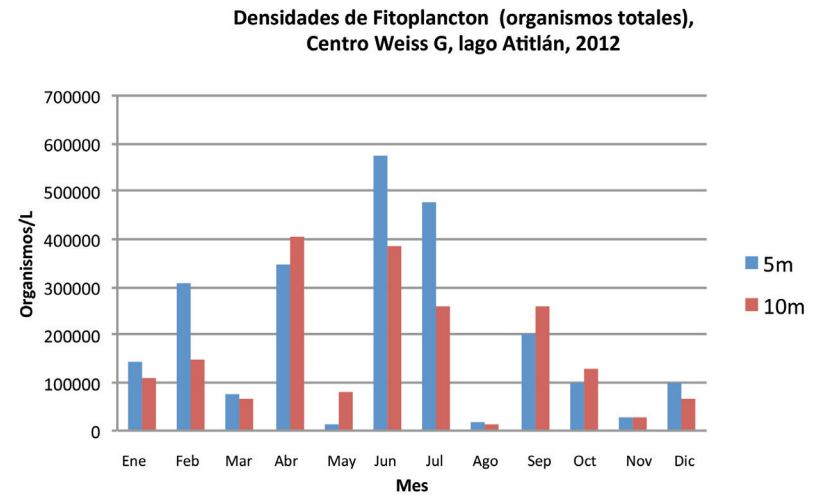
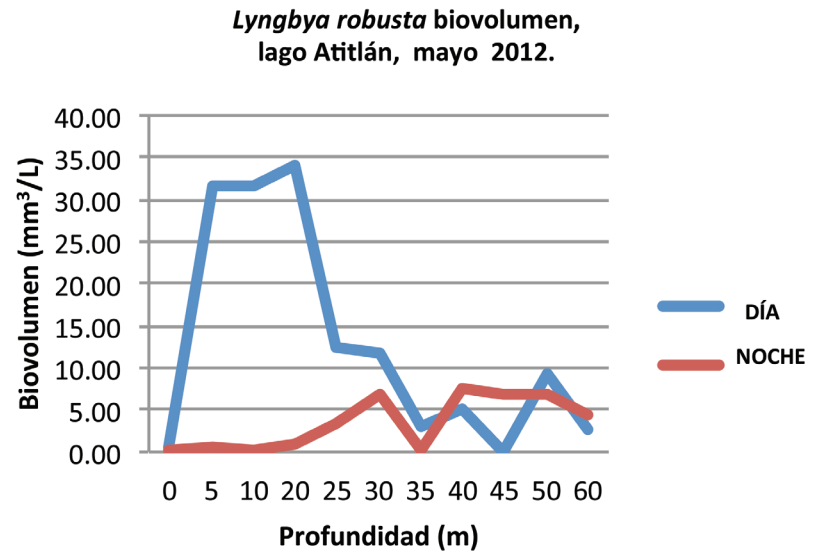


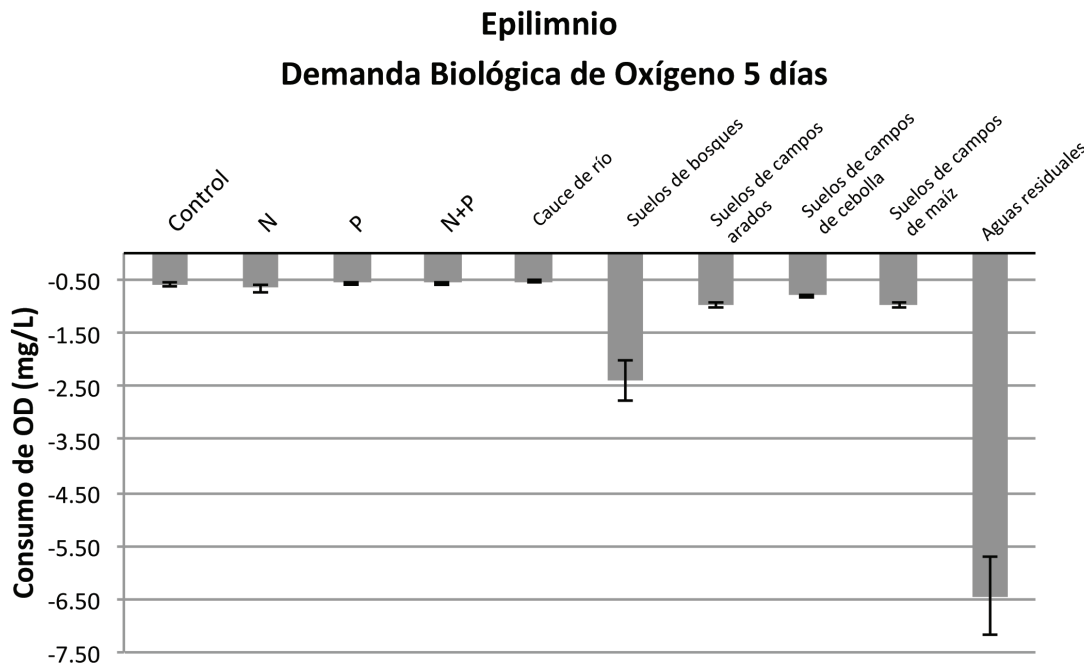
Figura 10. Apariencia de *Lyngbya robusta*, lago Atitlán, 2009 a 2012.



LIMITACIÓN DE BACTERIAS POR NUTRIENTES

Se puede determinar el requerimiento de nutrientes por bacterias al añadir nutrientes al medio y observar como dichos nutrientes estimulan el metabolismo bacteriano. Un indicador de metabolismo bacteriano es la tasa de respiración. En este experimento, se midió la respuesta de la tasa de respiración bacteriana a la adición de nutrientes, suelos y aguas residuales. Más específicamente, el agua fue recolectada del epilimnio y las bacterias naturales del medio fueron responsables del cambio en los niveles de oxígeno. En la figura a continuación se muestra los resultados del consumo de

oxígeno por las bacterias en respuesta a los tratamientos de adición realizados en septiembre 2012. El tratamiento de aguas residuales estimuló un alto crecimiento en las tasas de respiración bacteriana. Esto se observa como la mayor reducción en el oxígeno disponible dentro de las botellas experimentales. Sin embargo, los suelos de bosques no perturbados también estimularon un crecimiento significativo de la respiración bacteriana. Ambos, los suelos de bosque y las aguas residuales, son ricos en carbono, nitrógeno y fósforo.

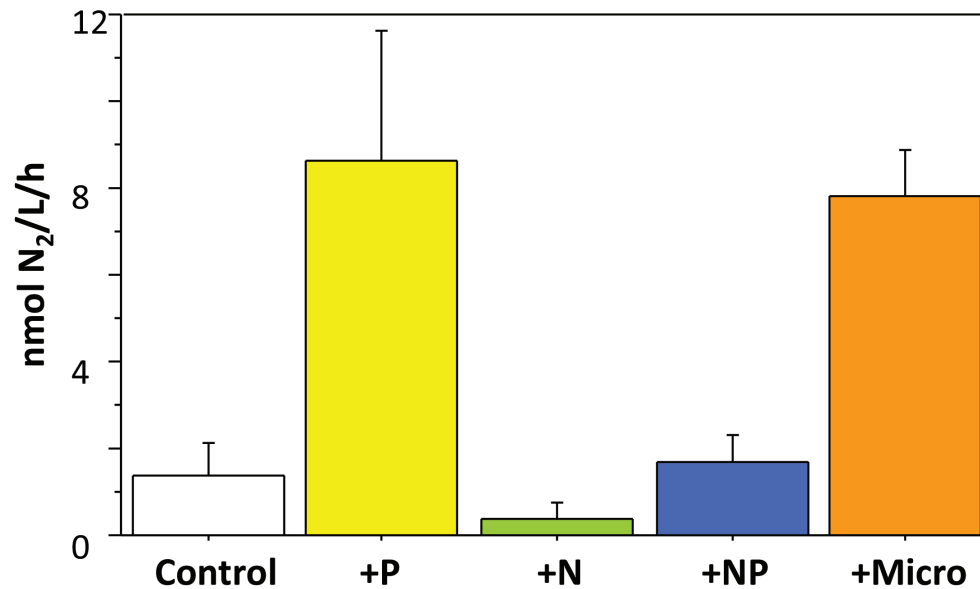


Demanda biogeoquímica de oxígeno de las bacterias epilimnéticas del lago Atitlán. El 22 de septiembre se recolectó agua del epilimnio de las siguientes profundidades: 0, 5, 15, 25m, y luego se mezclaron. La gráfica muestra el consumo de oxígeno disuelto en respuesta a tratamientos de adición en un lapso de 5 días, incubación oscura por un período de N=5.

FIJACIÓN DE NITRÓGENO POR CIANOBACTERIA

El fitoplancton del Lago se compone por algas verdes y algas verde-azules (cianobacterias), (ver página 19). La cianobacteria principal presente en el Lago, *Lyngbya (Limnoraphis) robusta* es capaz de fijar nitrógeno. La fijación de nitrógeno es un proceso a través del cual las bacterias convierten nitrógeno libre en el aire a amonio y lo utilizan como su fuente de alimentación. La

capacidad de fijar nitrógeno le da a las cianobacterias ventaja sobre las algas verdes en sistemas con nitrógeno limitado. *Limnoraphis robusta* fija nitrógeno durante la noche y/o durante condiciones de bajos niveles de oxígeno y el bioensayo presentó que la fijación mejora con la adición de fósforo y microelementos, especialmente hierro.



Fijación de nitrógeno por *Limnoraphis robusta*. +P, +N, +NP and +Micro corresponde a enriquecimiento con fósforo, nitrógeno, fósforo y nitrógeno combinado y microelementos respectivamente. Una proporción de 3:1 utilizado para la conversión de nanomol de etileno a nanomol de nitrógeno.

TAXONOMÍA DE LYNGBYA

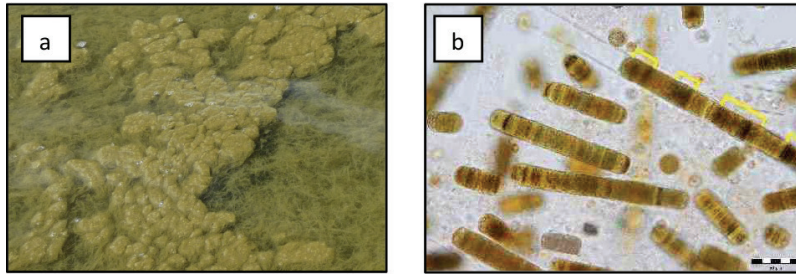


Figura 11a: Florecimiento denso de *Limnoraphis robusta* en el lago Atitlán, noviembre 2009 (foto Rejmánková); 11b: Inicio de la desintegración de tricomas a hormogonias al final del período vegetativo, aerótopos (vesículas de gas) se encuentran marcadas en amarillo (foto Komárek).

La cianobacteria planctónica filamentosa, la cual recientemente se ha incrementado en abundancia en el lago Atitlán y formó el florecimiento del 2009 fue identificada tentativamente como *Lyngbya robusta* (Fig. 11a). La *Lyngbya* es un género de cianobacteria que forma filamentos largos sin ramificación dentro de capas de mucílago y puede formar nudos o tapetes. El filamento se rompe y cada grupo de células (hormogonias) forman un nuevo filamento. Este género contiene aproximadamente 60 especies marinas y de aguas dulces que crecen en bentos (fondo del lago) y en perifiton (unido a rocas o tallos de plantas). Únicamente cuatro especies (incluyendo *L. robusta*) viven, mezcladas con otras especies, en el *fitoplancton*. Una evaluación de *Lyngbya robusta* del lago Atitlán basada en criterios filogenéticos, morfológicos y ecológicos (evaluación polifásica) muestra que el aislamiento entre las cuatro especies planctónicas y las otras especies del género de *Lyngbya* es tal que permite el establecimiento de un nuevo género *Limnoraphis* (Komárek et al 2013). La tira aislada de *Lyngbya* (*Limnoraphis*) *robusta* se encuentra en la colección CCALA (Třeboň) y la PCC (Paris). La característica única que separa a las especies de *Limnoraphis* de las

de *Lyngbya* es la formación de aerótopos (vesículas de gas que permite a la cianobacteria controlar su flotabilidad) situada irregularmente en las células (Fig. 11b). Además, *Limnoraphis robusta* no cuenta con los genes para la producción de toxinas y es capaz de fijar nitrógeno a pesar de la falta de heterocistes (ver página 22). Además, contienen altas cantidades de pigmentos carotenoides, la cual causa el color café inusual de la nata macroscópica en la superficie del agua.

El género *Limnoraphis*, en particular *L. robusta* de los trópicos, difiere de todas las demás especies de cianobacteria formadoras de florecimientos de otros géneros por ciertas características importantes. En concordancia con los resultados, se desarrolla en reservorios grandes, oligo-mesotróficos con un creciente contenido de fósforo. Las concentraciones de nitrógeno en el epilimnio es típicamente bastante bajo. Es interesante denotar que el primer registro de la *Lyngbya* (*Limnoraphis*) planctónica en Guatemala fue en septiembre de 1983 en el lago de Amatitlán (registros sin publicar de la OMS, Cronberg, comunicación personal). Aparentemente dichas especies en Amatitlán fueron remplazadas por *Microcystis*.

MACRÓFITAS LITORALES DEL LAGO

Además de fitoplancton y otras plantas pequeñas visibles únicamente bajo el microscopio, el ecosistema acuático también está formado por plantas grandes llamadas macrófitas. Éstas normalmente son componentes claves para zonas someras del Lago, llamada zona litoral. Las macrófitas cuentan con diferentes formas de crecimiento, dependiendo de las especies: flotante, emergente y sumergida. Las especies emergentes tales como el tul (*Schoenoplectus californicus*) pueden crecer en un rango limitado de profundidad; rara vez a más de 2-3m, aunque algunos individuos con longitud mayor a 7m pueden ser encontrados a profundidades mayores de 5m. El crecimiento de las macrófitas sumergidas tales como *Hydrilla verticillata* se encuentra limitada por la cantidad de luz que puede penetrar a la columna de

agua, y usualmente no crecen a mayor profundidad de 6-8m. Las macrófitas proveen de alimento y refugio a invertebrados, peces y pájaros y de carbono orgánico a bacterias. Su tallo, raíces y hojas sirven como sustrato para el perifiton (ver página 18). Ciertos procesos biogeoquímicos en la columna de agua y sedimentos son, en gran parte, influenciados por la presencia/ausencia y el tipo de macrófitas (Fig. 12). Algunas macrófitas contribuyen directamente a las sociedades humanas al proveer de comida, biomasa y material de construcción (tul). Las macrófitas en sistemas de manejo pueden ser utilizadas para mejorar la calidad de agua en procesos de tratamiento terciario de aguas residuales (ver página 14).

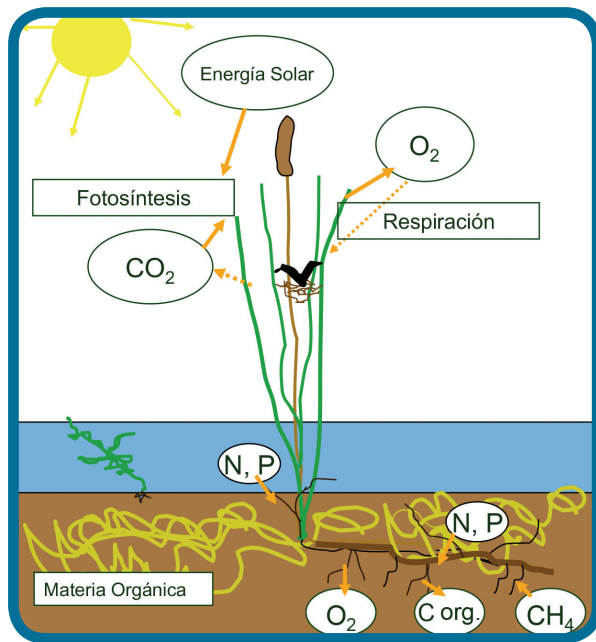


Figura 12. Las plantas utilizan la energía proveniente del sol, carbono, dióxido del aire, agua y nutrientes para producir biomasa disponible para los consumidores. Después de morir, la materia orgánica provee de carbono orgánico y nutrientes a los descomponedores. Los tallos y las hojas funcionan como conducto de gases, moviendo aire rico en oxígeno a las raíces y liberando metano.

MACRÓFITAS LITORALES DEL LAGO

El lago Atitlán, debido a sus grandes pendientes, contiene una proporción relativamente baja de áreas someras apropiadas para el crecimiento de macrófitas. Las bahías someras se encuentran dominadas por macrófitas sumergidas (*Hydrilla verticillata*, *Egeria densa* y *Potamogeton* spp). *Schoenoplectus californicus* es la macrófita emergente más frecuente. En ciertos lugares donde se recibe una alta carga de nutrientes, tales como las áreas cercanas a las pilas en la bahía de

San Lucas Tolimán, o en ciertas áreas de la bahía de Santiago, *Schoenoplectus* está siendo reemplazada por *Typha domingensis*. Los datos recolectados en abril del 2012 (Tabla 3) muestran las especies dominantes y su biomasa correspondiente.

Entre las especies de macrófitas presentes en el Lago, varias, tales como *Eichhornia crassipes* (ninfa), *Hydrilla verticillata* y *Egeria densa* no son nativas y son invasivas.

Especies de plantas	Forma de crecimiento	Rango de profundidad (m)	Biomasa promedio (g PH/m ²)	Cobertura promedio (per m ²)
<i>Azolla filliculoides</i>	flotante	*	60	90%
<i>Eichhornia crassipes</i>	flotante	*	1377	90%
<i>Lemna valdiviana</i>	flotante	*	-	100%
<i>Hydrilla verticillata</i>	sumergido	0.1 - 6.5	362	95%
<i>Egeria densa</i>	sumergido	0.1 - 6.5	-	95%
<i>Schoenoplectus californicus</i>	emergente	1.0 - 7	901	20-40**
<i>Typha domingensis</i>	emergente	0.2 - 4	447	8-16**

Tabla 3. Especies de plantas dominantes presentes en el lago Atitlán incluyendo: forma de crecimiento, rango de profundidad de crecimiento, biomasa promedio por metro cuadrado, y cobertura promedio o número de tallos presentes por metro cuadrado. PH = Peso húmedo, *especies flotantes en aguas superficiales, pero típicamente encontradas en las orillas o en bahías someras o protegidas, ** medido en densidad como número de tallos por metro cuadrado.

PRONÓSTICO BASADO EN CAMBIOS DE FITOPLANCTON

Los indicadores biológicos, con base en la composición de las comunidades de fitoplancton, muestran que la calidad del Lago se deteriora lentamente. El Lago está perdiendo especies típicas de lagos oligotróficos (muy limpios), mientras que las especies indicadoras de condiciones mesotróficas (parcialmente contaminados) están aumentando (Tabla 4). Existe una especial preocupación en el incremento en abundancia de la *Microcystis* y su vitalidad en toda el área del Lago (nota: la *Microcystis* es la cianobacteria dominante en el lago de Amatitlán, conocida por producir cianotoxinas, mientras que la cianobacteria formadora de florecimientos en Atilán, *Lyngbya*, no produce cianotoxinas). Además, otra especie de cianobacteria con potencial a producir toxinas, *Aphanizomenon*, ha sido reportada en varios

sitios del Lago. Amatitlán provee un fuerte ejemplo a largo plazo, si las condiciones actuales continúan con la misma tendencia, de la comunidad de algas y la calidad de agua que podrían esperarse.

Limnólogos alrededor del mundo concuerdan que un prerequisite necesario para la eliminación de florecimientos de cianobacterias es la reducción de la carga de nutrientes al Lago. Las concentraciones dentro del Lago de carbono orgánico, nitrógeno y fósforo deben ser disminuidos no solo hasta niveles donde el crecimiento es limitado, sino más aún hasta que las concentraciones de biomasa sean tan bajas que las cianobacterias sean superadas en la competencia debido a los efectos del incremento de luz.

CIANOBACTERIA	ALGA
DOMINANTE	
<i>Lyngbya (Limnoraphis) robusta</i>	<i>Ceratium hirundinella</i> <i>Dinobryon divergens</i> <i>Mougeotia</i> sp. <i>Aulacoseira granulata</i> <i>Fragilaria crotonensis</i>
COMÚN	
<i>Microcystis aeruginosa</i>	<i>Aulacoseira</i> cf. <i>italica</i> <i>Pediastrum simplex</i> , <i>Coelastrum</i> sp. <i>Oocystis parva/lacustris</i> , <i>Chrysoococcus</i> sp. <i>Staurastrum planctonicum</i> , <i>Oocystis marss.</i> <i>Elakatothrix</i> cf. <i>genevensis</i> <i>Botryococcus</i> cf. <i>braunii</i>
SOLITARIA	
<i>Aphanizomenon</i> sp. <i>Dolichospermum</i> aff. <i>circinale</i>	<i>Pediastrum boryanum</i> , <i>Dicellula</i> sp. <i>Kichneriella</i> spp., <i>Closterium</i> sp. <i>Peridinium</i> sp.

Tabla 4: Especies de algas y cianobacterias dominantes, comunes y solitarias, identificadas por el Dr. Jiří Komárek en abril del 2012.

PESQUERÍA EN ATITLÁN

La historia de la pesquería en Atitlán es complicada debido a la alta cantidad de introducción de especies que ha ocurrido. Aún antes de la época de la conquista, los mayas ya habían introducido pequeños peces como fuente de alimentación. Ellos pescaban principalmente con atarraya cerca de las orillas. Durante la época del presidente Jorge Ubico (1940), muchas especies de alrededor del país fueron introducidas con el propósito de aumentar y mejorar la pesquería. No todas las especies sobrevivieron, pero las que si sobrevivieron, cambiaron el ecosistema del Lago resultando una incertidumbre significativa sobre cuáles especies eran realmente nativas. Además, cíclidos africanos tales como dos especies de tilapia -aún encontradas en el Lago- fueron introducidas.

En 1958, peces de Norte América fueron introducidos para mejorar la pesquería y atraer a pescadores deportivos. Las tres especies que persisten es la blue gill, mojarra negra y lobina negra (todos de la familia Centrarchidae). Irónicamente, el impacto fue tan devastador en las especies nativas que la abundancia de peces en realidad se disminuyó. Los indígenas que pescaban con atarraya tuvieron que cambiar su arte de pesca. La más dañina de las especies introducidas fue la lobina negra, la cual también depredaba los individuos jóvenes de la especie endémica pato poc, *Podylimbus gigas*, empujándolo a la extinción, así como la población de cangrejos nativos, fuente de alimentación de los pájaros acuáticos.

Recientemente, otra especie invasiva del norte ha sido exitosa. La carpa, anteriormente introducida y luego reintroducida en 1999, se encuentra en mayor abundancia gracias al desplazamiento de las condiciones tróficas del Lago a productividades más altas. Hoy en día es argumentable si es el pez más dañino al ecosistema, afectando la calidad de agua a través de la alimentación de caracoles nativos y plantas acuáticas, los cuales compiten ambos con las algas a través de filtración y absorción de nutrientes.

Tipo de pez		Estudio / Año / Captura = X		
Especies	Nombre común	Troy & Summerfelt 1967	PREPAC 2007	Villavicencio 2012
<i>Amphilophus macracanthus</i>	Mojarra negra	X		X
<i>Amatitlania nigrofasciatus</i>	Zebra	X		
<i>Astyanax fasciatus</i>	Pepesca	X	X	X
<i>Cichlasoma urophthalmus</i>	Mojarra común	X		
<i>Cichlasoma godmanii</i>	Mojarra	X		
<i>Cichlasoma trimaculatum</i>	Ixtatahua	X		X
<i>Cyprinus carpio carpio</i>	Carpa	X	X	X
	Agallas azules / Mojarra			
<i>Lepomis gibbosus</i>	Agallas azules / Mojarra	X	X	X
<i>Micropterus salmoides</i>	Lobina negra / Bass	X	X	X
<i>Micropterus dolomieu</i>	Lobina boca pequeña	X		
<i>Oreochromis aureus</i>	Tilapia	X	X	X
<i>Oreochromis mossambicus</i>	Tilapia	X		
<i>Poecilia sphenops</i>	Pupo	X	X	X
<i>Poeciliopsis gracilis</i>	Pupo	X		X
<i>Pomoxis nigromaculatus</i>	Black Crappie	X	X	X
<i>Profundulus guatemalensis</i>	Pupo	X		
<i>Profundulus punctatus</i>	Gulumina	X		
<i>Vieja guttulata</i>	Mojarra Azul	X		

Tabla 5. Peces recolectados en tres diferentes estudios y fechas en el lago Atitlán.

PESQUERÍA EN ATITLÁN

Familia: Centrarchidae



Micropterus salmoides /
Lobina negra / Bass



Lepomis gibbosus / Mojarra /
Blue Gill



Pomoxis nigromaculatum / Crappie



Cyprinus carpio / Carpa / Carp

Familia: Cichlidae



Cichlasoma trimaculatum /
Ixtatahua



Amphilopus macracanthus / Negra



Oreochromis aureus / Tilapia

Familia: Characidae



Astyanax aeneus / Pepesca

Familia: Poeciliidae



Poecilia sphenops / Pupo



Poeciliopsis gracilis / Pupo

Figura 13. Peces del lago Atitlán
recolectados por Villavicencio en 2012

ATITLÁN
2013

Unidos por el Lago Atitlán



ESTADO DEL LAGO

ESTADO DEL LAGO ▀
ATITLAN
INFORME
2013

EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

WWW.UNIDOSPORLAGOATITLAN.ORG

Unidos por el Lago Atitlán



ATITLÁN
2013

Unidos por el Lago Atitlán



ESTADO DEL LAGO

EDUCACIÓN Y DIVULGACIÓN

Con el deseo de motivar y formar a la futura generación de científicos enfocados en temas de manejo de cuencas y conservación de lagos, en abril de 2012 se capacitó a un grupo de 38 participantes. El grupo incluía estudiantes de universidades guatemaltecas y estadounidenses, personal de ONGs y de instituciones gubernamentales locales. Durante dos semanas, un grupo selecto de estos participantes realizó una gira de campo demostrativa en el lago Atitlán. En esta "Expedición Científica" tuvieron la oportunidad de practicar varias actividades para realizar análisis de las características físicas, químicas y biológicas del Lago y de la cuenca. Además, aprendieron técnicas de conservación y principios ecológicos. Las herramientas aprendidas fueron implementadas en mini-proyectos de investigación, algunos de los cuales contribuyeron con valiosa información para futuros estudios.

Adicionalmente, el grupo tuvo oportunidad de participar en dos reuniones comunitarias. La primera convocatoria se realizó en San Lucas Tolimán (42 participantes) y, la segunda, en San Pedro La Laguna (82). Asistieron personas de diferentes sectores de la sociedad, incluyendo líderes comunitarios, autoridades municipales, profesores, estudiantes y otros interesados. Se dio a conocer el proyecto y sus objetivos, además de invitar a los asistentes a participar en diálogos para dar a conocer la percepción local acerca de problemáticas ambientales, la salud del Lago y sus cambios a través del tiempo. La información recolectada de estos eventos mostró que hay conciencia de los cambios (visibles) que están ocurriendo en el Lago: recientes

florecimientos de cianobacteria y fluctuaciones en su nivel. Hay preocupación en aspectos económicos y de salud asociados con el deterioro percibido del Lago. No obstante, no se mostró mucha conexión entre las causas de la problemática. El grupo fue diverso, además, de trans-generacional. Fue interesante observar los temas en común, como la necesidad de implementar buenas prácticas de manejo en la cuenca. Entre lo sugerido se mencionó: conservación de recurso suelo y agua, gobernabilidad y fuerte planificación municipal, educación y concientización ambiental. En una comunidad fue claro el mensaje: es necesario el involucramiento personal y de la comunidad para hacer que las cosas sucedan.





Mayor información Universidad del Valle de Guatemala
Campus Altiplano, Centro de Estudios Atitlán

Km. 137 Caserío Xolbé, Cantón El Tablón, Sololá.

PBX: (502) 7931-0814 ext 1010

www.cea-atitlan.org.gt
www.unidosporlagoatitlan.org

Unidos por el Lago Atitlán

