



AMSCLAE

**INFORME
MONITOREO
LIMNOLÓGICO
2025**



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

INFORME “MONITOREO LIMNOLÓGICO 2025”

Diciembre, 2025

Encargada: MSc. Elsa María de Fátima Reyes Morales (Jefa del departamento de investigación y calidad ambiental). Responsables: Licda. Flor Mayarí Barreno Ortiz (Encargada de Laboratorio); Licda. Jacqueline Rodríguez Samol (Asistente de laboratorio); Ing. José Ismael Ordóñez (Técnico en Calidad de Agua); Domingo Francisco Ujpán (Técnico en Sistemas de Información); Ing. Natanaél Xamínez de la Cruz (Técnico en Climatología); Inga. Agra. Irma Raquel González Turcios (Técnico en Manejo de tul).

INTRODUCCIÓN

Según el artículo 13 del Reglamento de la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago Atitlán y su Entorno -AMSCLAE- (Acuerdo Gubernativo 78-2012) el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- es un órgano técnico operativo de la Subdirección Técnica, responsable de la investigación científica institucional, del monitoreo permanente del lago, los recursos hídricos de la cuenca y el clima, así como de la calidad ambiental de la cuenca mediante la evaluación permanente del impacto ambiental de las diversas acciones que en ésta se desarrollan y de fomentar la gestión integrada de riesgos. El departamento de investigación y calidad ambiental realiza el monitoreo permanente del lago y su calidad del agua con el objetivo de generar y brindar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca.

Desde el 2013 se realiza un monitoreo sistemático de las condiciones físicas, químicas y biológicas del lago Atitlán. En el monitoreo limnológico se realizan varias mediciones fisicoquímicas y biológicas en tres sitios de muestreo, con el fin de alcanzar una mejor comprensión del comportamiento del lago a lo largo de la columna de agua y a través del tiempo. Con los resultados se ha evidenciado que el ingreso de nutrientes provenientes de distintas fuentes y las variaciones climáticas, han deteriorado la calidad del agua. Esto se ha visto reflejado en la reducción de la transparencia, las concentraciones de oxígeno en el fondo del lago, florecimientos de algas más frecuentes, y presencia de coliformes y *Escherichia coli* en todo el lago, sobre todo en zonas cercanas a centros urbanos (Panajachel).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

OBJETIVOS

General

Generar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca.

Específicos

Evaluuar en forma sistemática la calidad del agua del lago Atitlán, a través de un programa de monitoreo de variables físicas, químicas y biológicas.

Ampliar la base de datos de calidad de agua con datos confiables que permitan analizar en el tiempo el estado del lago y sus tendencias.

MATERIALES Y MÉTODOS

Área de estudio

El monitoreo de la calidad del agua del lago de Atitlán se realizó en la segunda semana de cada mes en tres sitios de muestreo WG (centro del lago), WP (Panajachel) y SA (Santiago Atitlán), las cuales corresponden a las definidas por el profesor Charles Weiss (1968) (Fig. 1). Los muestreos se realizan todos los meses del año y en coordinación con el personal del Centro de Estudios Atitlán de la Universidad del Valle de Guatemala Altiplano (CEA-UVG).

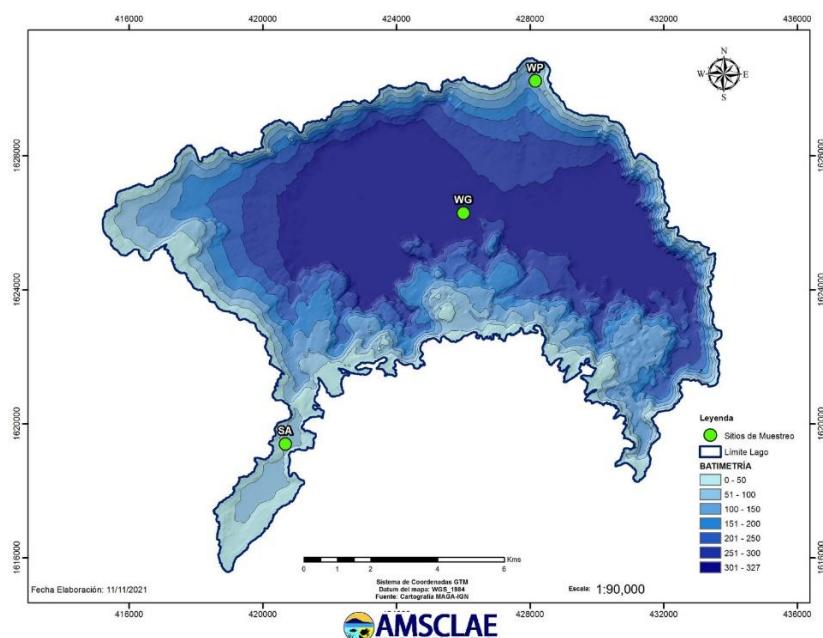


Figura 1. Mapa de ubicación de los sitios de muestreo. (DICA/AMSCLAE, 2023).



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Muestreo de parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Las mediciones de los parámetros físicos *in situ* (oxígeno disuelto, saturación de oxígeno, temperatura, conductividad, turbidez, potencial de hidrógeno y clorofila a) durante el 2025 se realizaron con la sonda multiparamétrica YSI del Centro de Estudios Atitlán (CEA-UVG). Las mediciones *in situ* se realizan siguiendo los procedimientos operacionales estandarizados del POE - 3 “Parámetros *in situ*”.

En cada estación se midió transparencia con el disco Secchi y se recolectaron muestras de agua con la botella tipo Van Dorn a distintas profundidades (0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250 m y la profundidad máxima) para realizar análisis químicos (Fósforo Total (PT), Fosfatos (PO_4), Nitratos (NO_3) y Amonio (NH_4)), microbiológicos (Coliformes totales (Col. Tot.) y *Escherichia coli* (*E. coli*) (Fig. 2). Para los parámetros de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Sólidos Disueltos Totales (TDS), Turbidez (FAU), *E. coli* y Coliformes Totales las muestras de agua se tomaron en las profundidades de 0, 5, 10, 15, 20 y 30 m de profundidad. Esto debido a la capacidad del laboratorio en reactivos, cristalería y personal. Los análisis de laboratorio se realizaron siguiendo los procedimientos operacionales estandarizados del laboratorio de calidad de aguas de la AMSCLAE.

Las muestras fueron transportadas en hieleras a 4 °C aproximadamente (APHA-AWWA-WPCF, 1992; WHO, 2000). Los análisis de nutrientes se realizaron a 24 °C, 48 h después de tomada la muestra. Las muestras colectadas para los análisis microbiológicos fueron procesadas inmediatamente al ingresar al laboratorio ya que no pueden ser almacenadas para su posterior análisis por más de 24 h.

Muestreo de Fitoplancton

Las muestras de fitoplancton recolectadas fueron integradas, es decir, que son recolectadas desde la superficie hasta los 30 m de profundidad mediante una manguera de 30 m de largo, recolectando un volumen de (~3.4 L). La recolección y el análisis de las muestras de fitoplancton se realizaron siguiendo los procedimientos operacionales estandarizados del POE - 2 “Recolección y preservación de muestras” y POE - 12 “Análisis de plancton”, POE - 19 “Registro de muestras ingresadas al laboratorio”. La recolecta de fitoplancton solo se realiza en los primeros metros de profundidad (zona fótica), ya que es en esta región donde se encuentra la mayor densidad de algas, debido a la disponibilidad de nutrientes, oxígeno y radiación fotosintéticamente activa (luz). Las muestras ya analizadas y procesadas fueron almacenadas en el laboratorio de la AMSCLAE como referencia.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



Recolección de muestras de agua



Medición de parámetros *in situ*



Recolección de muestras de fitoplancton

Figura 2. Registro fotográfico del monitoreo limnológico

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Transparencia

La transparencia del agua es la capacidad de penetración de la luz solar en un cuerpo de agua, profundidad que está determinada por la cantidad de materia, tanto suspendida como disuelta, y densidad de algas presentes en el agua. La medida de la transparencia de la columna de agua es importante para identificar las zonas óptimas para el desarrollo de la actividad fotosintética y, por tanto, de la vida acuática. La transparencia del lago de Atitlán durante el año 2025 osciló entre los 4 y 11 m de profundidad, con un promedio de 7.6 m. En la figura 3 se observa la oscilación y disminución de la transparencia del lago Atitlán a través del tiempo, desde el estudio realizado por Weiss en los años 60 hasta noviembre de 2025.

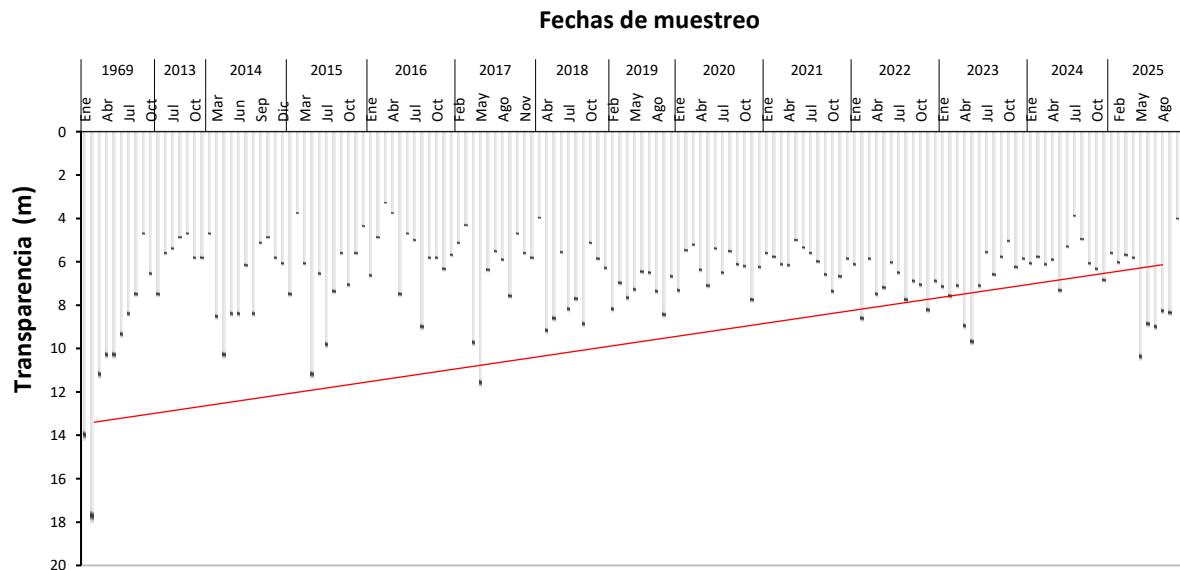


Figura 3. Registro histórico de transparencia (m) en el centro (WG) del lago Atitlán.
(DICA/AMSCLAE, 2025).

Los cambios de la transparencia de todo el lago en los últimos años podría deberse a la alta densidad de algas en los primeros metros de profundidad y alto ingreso de sedimentos producto de actividades antropogénicas tales como cambio del uso del suelo, extracción de material en los cauces de los ríos, incendios forestales, entre otros. Así mismo condiciones climáticas/ambientales, mezcla de las aguas profundas y aguas superficiales y al aumento de la productividad de las algas en la columna de agua (Löffler, 2004; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008; Reynolds, 2004a), estos sedimentos suspendidos en la columna de agua reducen la cantidad de luz que penetra a la columna de agua y por consiguiente la transparencia.



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Temperatura (°C) y Oxígeno disuelto (mg/L)

La temperatura en el lago nos permite comprender la estratificación térmica de la columna de agua, la cual se refiere al fenómeno cuando las aguas de la superficie se calientan y forman una capa caliente que se encuentra encima de las aguas más profundas y frías. Cuando la temperatura se iguala en ambas zonas desaparece con ella la estratificación, este fenómeno puede ser ocasionado por los vientos que enfrián la capa superficial (Roldán y Ramírez, 2008). Después de la temperatura, el oxígeno disuelto es uno de los factores más importantes que debe ser medido en el agua. En la figura 4, se observa la variación espacial (profundidad) y temporal (meses) de los valores de la temperatura y oxígeno disuelto durante el 2025 en el centro del lago (WG).

La dinámica de la estratificación térmica del lago Atitlán durante el 2025 fue similar en los meses de abril a noviembre, en los meses de enero a marzo la estratificación se rompió debido al descenso de la temperatura en el ambiente y al aumento de la velocidad de los vientos. La temperatura del epilimnion (capa superficial) (0 - 30m) en el centro del lago (WG) oscilo entre los 21 y 24°C. Entre los 30 y 35 metros de profundidad se observa la termoclina (línea invisible en la que ocurre un rápido descenso de la temperatura), y por debajo de esa profundidad el hipolimnion, con una temperatura por debajo de los 21°C (capa profunda). La baja variación de la temperatura en aguas superficiales y profundas ($\pm 3^{\circ}\text{C}$) podría indicar que el calor logra distribuirse hacia las capas profundas del lago, excepto los meses más fríos. Es probable que la acción del viento y otras fuerzas generadoras de turbulencia distribuyan el calor de la superficie a las capas profundas durante el día y la noche (Löffler, 2004; Reynolds, 2004b; Lampert & Sommer, 2007; Roldán y Ramírez, 2008).

El perfil de oxígeno disuelto muestra patrones de altas concentraciones de oxígeno en los primeros 30 m de profundidad (6.5 – 7.5 mg/L), luego hay una capa entre los 30 y 60 m de profundidad donde la concentración de oxígeno oscila entre los 3 y 6 mg/L y a partir de los 60 m de profundidad las condiciones se vuelven anóxicas <3 mg/L. La oxiclina (línea imaginaria donde ocurre un descenso del oxígeno) se puede observar entre los 25 y 30 metros de profundidad. A diferencia de la temperatura, durante el 2025 no hubo una mezcla del oxígeno a lo largo de la columna de agua durante los meses de enero y febrero. La capa superficial puede presentar concentraciones mayores de oxígeno debido a la acción del viento y otras fuerzas generadoras de turbulencia (Lampert & Sommer, 2007); así como por los procesos de fotosíntesis del fitoplancton y de las macrófitas, que se encuentran restringidas al epilimnion (González, 1988). Las capas profundas como no están en contacto directo con la atmósfera, no hay un intercambio directo de oxígeno, además, hay un mayor consumo del oxígeno disuelto por bacterias, debido a la degradación de la materia orgánica que ingresa al lago por la acción del viento o por las descargas de aguas residuales y los afluentes (Lampert & Sommer, 2007).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

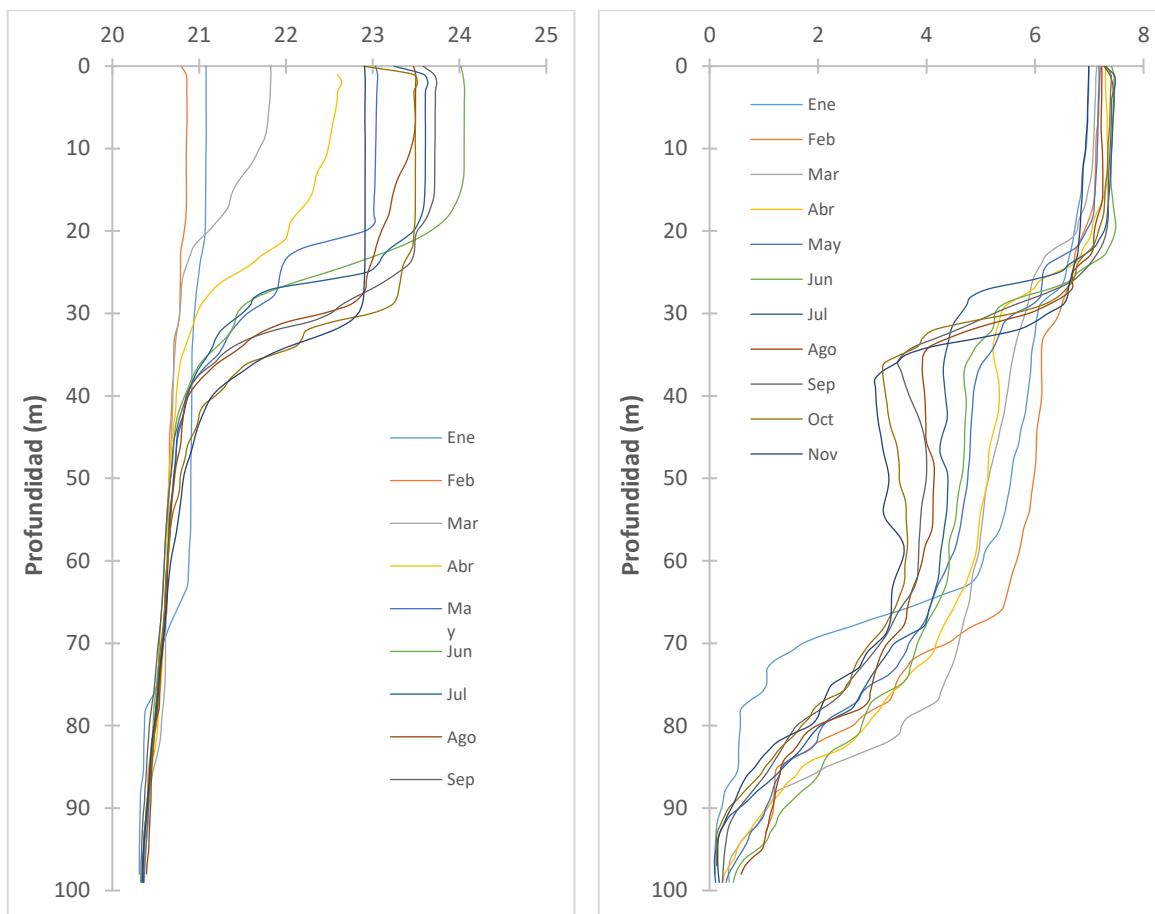


Figura 4. Variación temporal de la Temperatura (°C) y Oxígeno disuelto en el centro (WG) del lago Atitlán. (Fuente: DICA-AMSCLAE, 2025).

Clorofila α ($\mu\text{g/L}$)

La clorofila α es un pigmento de color verde que se encuentra en todos aquellos organismos que contienen cloroplastos en sus células y llevan a cabo la fotosíntesis, lo que incluye a las plantas y a diversas algas (Roldán y Ramírez, 2008). Por lo tanto, la clorofila es indicadora de la densidad de algas en la superficie del lago. En la figura 5, se puede observar la variación espacial (profundidad) y temporal (meses) de la clorofila α ($\mu\text{g/L}$) en el centro (WG) del lago Atitlán en los primeros metros de profundidad, que es donde ocurren los procesos de fotosíntesis y hay penetración de luz.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

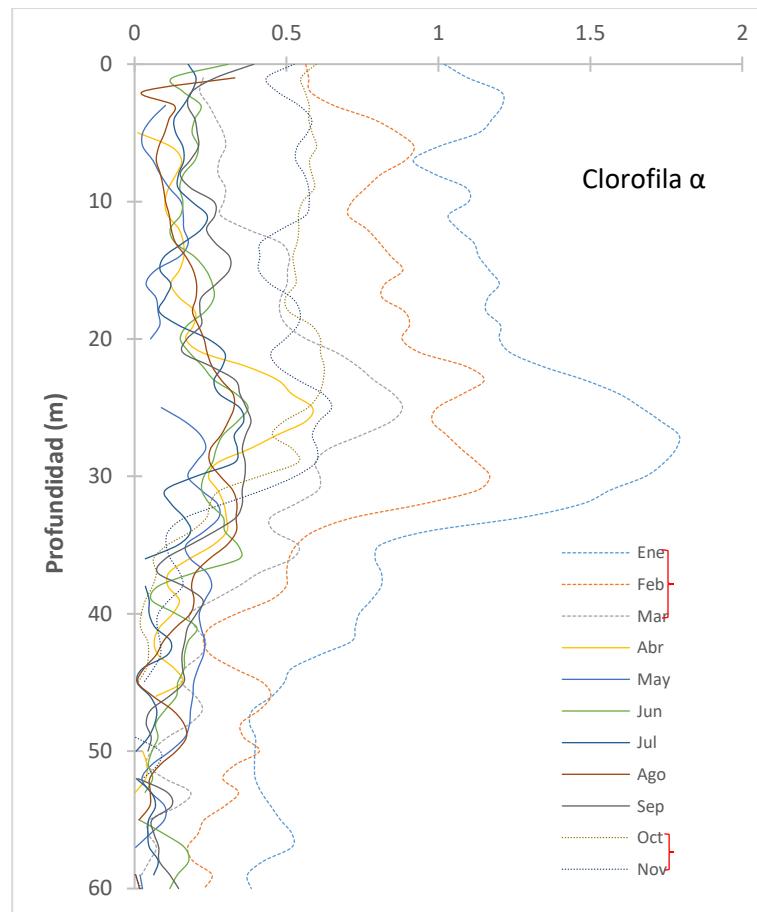


Figura 5. Variación temporal de Clorofila - α ($\mu\text{g}/\text{L}$) y transparencia (m) en el centro (WG) del lago Atitlán. (Fuente: DICA-AMSCLAE, 2023).



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Durante el 2025 las concentraciones de clorofila α fueron bajas, se registraron valores entre 0 y 2 $\mu\text{g/L}$, siendo enero, febrero, marzo, octubre y noviembre los meses con mayor concentración. La variación de la concentración de clorofila α a lo largo del año puede corresponder a florecimientos de algas, aunque no necesariamente de cianobacterias, sino que pueden ser florecimientos de otros grupos de fitoplancton, como diatomeas o algas pardas, las cuales en algunos meses del año sus densidades en los conteos son bastante elevadas (Fig. 6 y 7). La alta densidad de fitoplancton durante estos meses también se vio reflejado en la disminución de la transparencia, a mayor densidad de algas menor transparencia.

Fitoplancton

Diversidad

Durante el 2025, se registraron 42 géneros de fitoplancton, distribuidos en cinco clases: *Bacillariophyceae* (15) (diatomeas), *Charophyceae* (4) (algas pardas o quebradizas), *Chlorophyceae* (12) (algas verdes), *Cyanophyceae* (10) (cianobacterias) y *Dinophyceae* (1) (dinoflagelados).

Abundancia relativa y densidad

Las diatomeas (*Bacillariophyceae*) dominan el ensamble de fitoplancton durante los meses fríos (dic - ene) y el resto de los meses las algas pardas (*Charophyceae*) (Fig. 6) y cianobacterias. La densidad del fitoplancton (Org./L) y cianobacterias en cada sitio de muestreo ha sido bastante dinámico en los últimos años. Durante el 2025 se puede apreciar que las densidades de las algas y cianobacterias en el lago Atitlán fueron bajas (< 20,000 Org./L) (Fig. 7). Estos cambios pueden estar asociados a las condiciones climáticas y a la disponibilidad de nutrientes en el agua. La alta presencia de diatomeas en los meses de enero y febrero (Fig. 7) puede estar asociada a que estos organismos prefieren aguas frías y con presencia de viento, característico de meses como diciembre a febrero, donde existe mezcla en las aguas del lago. El lago Atitlán presenta en sus primeros 30 metros, una temperatura promedio de 21.8 °C y está fuertemente influenciado por viento tanto norte como sur. Las algas verdes y pardas están asociadas a altas concentraciones de nutrientes y aguas más cálidas (Ochaeta, 2014); mientras que las cianobacterias además de estas dos condiciones, se ve favorecida por un aumento de la radiación solar y por la presencia de poco viento (Ochaeta, 2014; Bellinger & Sigee, 2010; Janse et.al., 2006), así como las anomalías climáticas (Fenómeno del niño o niña).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

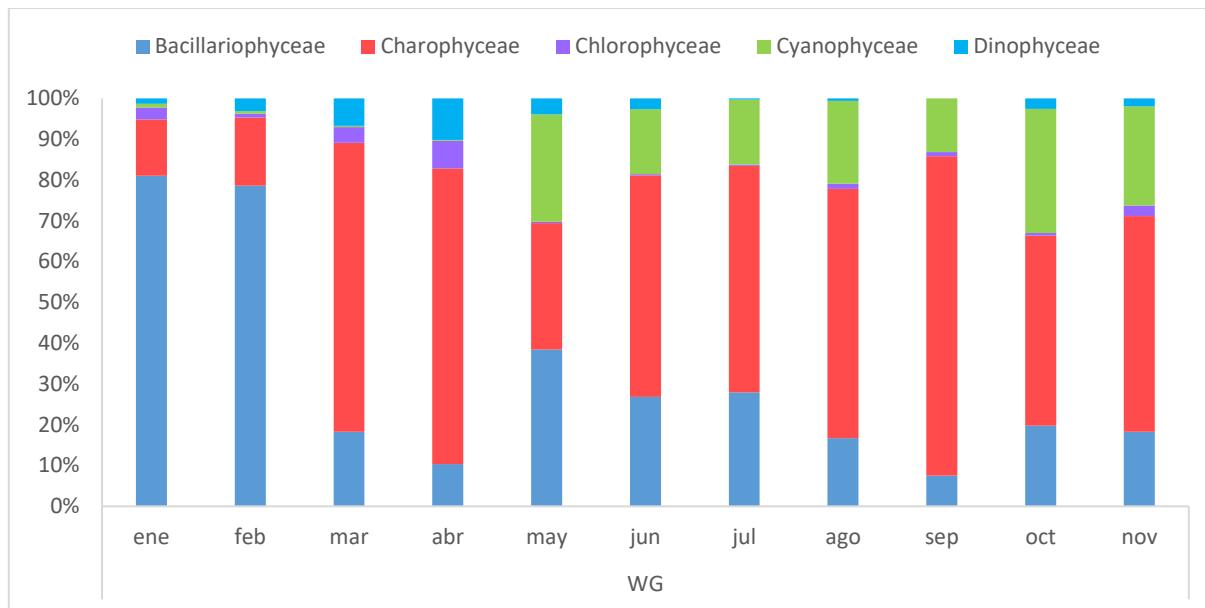


Figura 6. Abundancia relativa del ensamble de fitoplancton en el centro del lago Atitlán (WG) durante el 2025 (DICA/AMSCLAE, 2025).

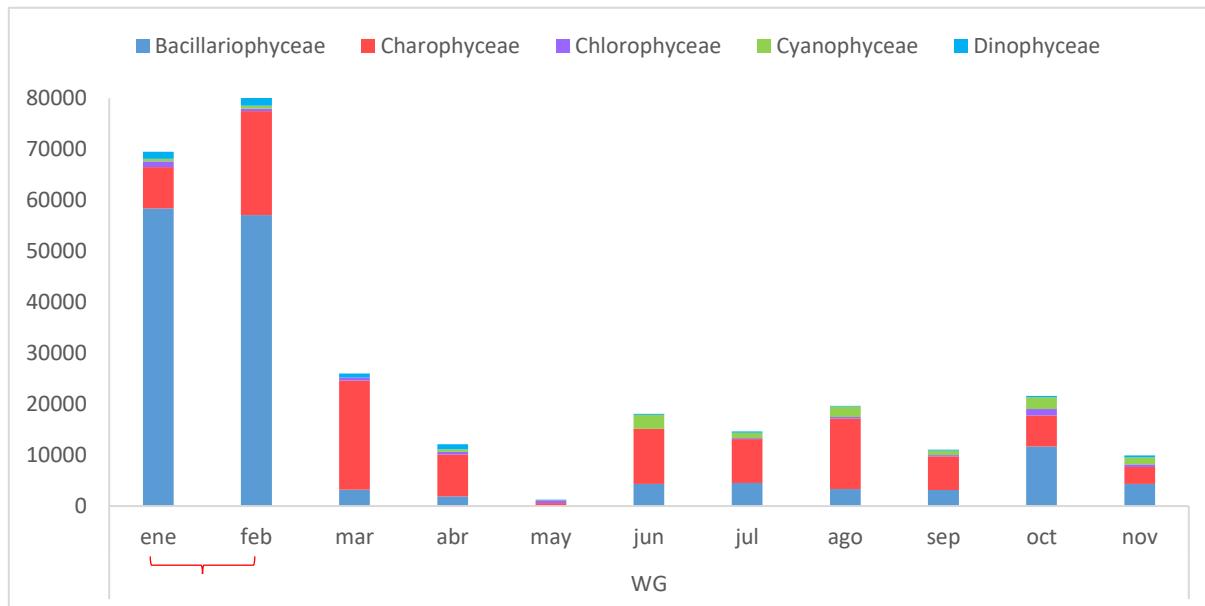


Figura 7. Variación temporal de fitoplancton (Org/L) en el centro (WG) del lago Atitlán durante el 2025. (DICA/AMSCLAE, 2025).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Las densidades (Cel./L) de cianobacterias durante el 2025 fue bajo durante primer semestre y con presentó un pico durante el mes de junio (Fig. 8). Este incremento puntual podría deberse a dos fenómenos: 1. ingreso de los nutrientes luego de las primeras lluvias de la temporada en el mes de mayo, 2. el fenómeno del polvo del Sahara, el cual es una de las fuentes naturales de material particulado de mayor importancia a nivel nacional y deposición atmosférica de nutrientes.

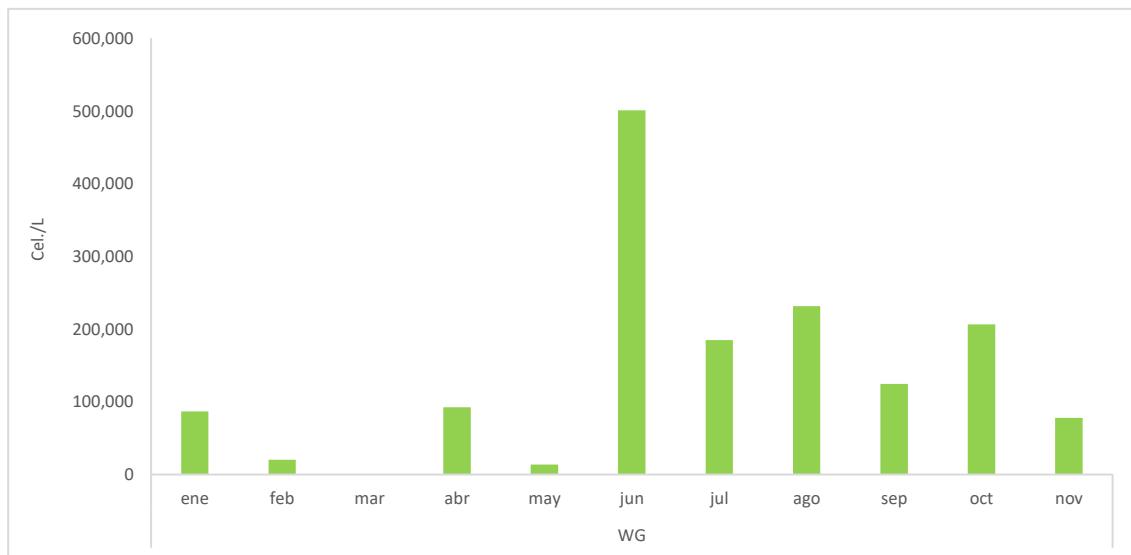


Figura 8. Densidad (Cel./L) de cianobacterias en el centro (WG) del lago Atitlán.
(DICA/AMSCLAE, 2025).

Nutrientes

El fósforo se encuentra en el agua en dos formas principales, ortofosfatos y polifosfatos, los cuales pueden ser absorbidos por las plantas acuáticas y el fitoplancton. Los fosfatos son muy reactivos e interactúan con muchos cationes para formar compuestos insolubles que precipitan (e.g. hierro). El nitrógeno puede ser utilizado por algas y plantas en las formas de nitritos, nitratos, ion amonio y nitrógeno molecular. Las cuatro formas es como la toman la mayoría de las plantas y algas; sin embargo, la última forma puede ser también utilizada por organismos procariotas (bacterias y cianobacterias) (Roldán y Ramírez, 2008). En la figura 9, se observa el comportamiento de las concentraciones de nitratos, amonio, fosfatos y fósforo total durante el 2025. En la superficie (0 - 30 m) las concentraciones de los nutrientes fueron menores en relación a las zonas profundas o partir de los 30 m de profundidad. La baja concentración de fosfatos y nitratos en la capa superficial se debe a la actividad primaria de las algas.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

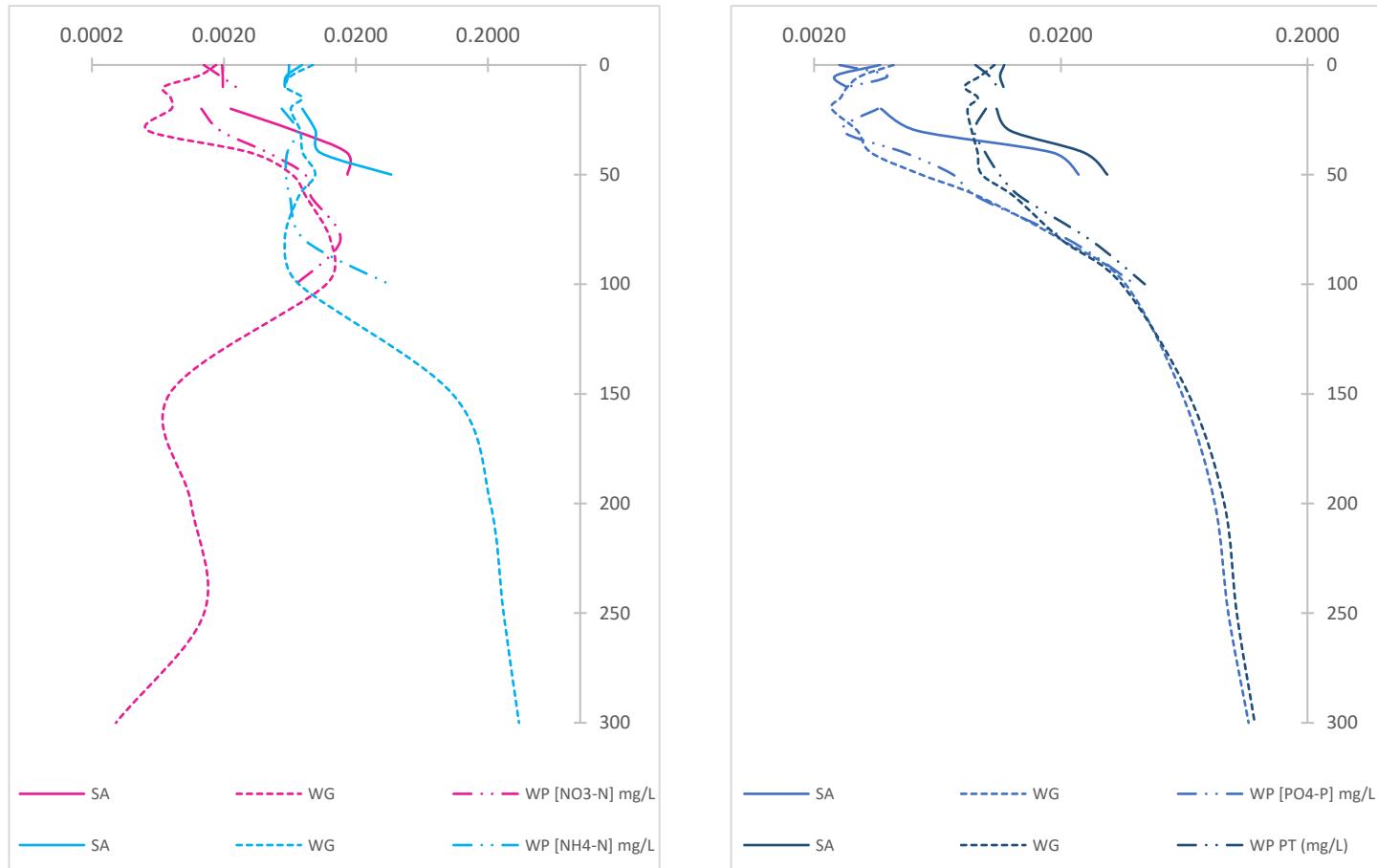


Figura 9. Variación espacial de la concentración (\log_{10}) de nutrientes (Nitratos [0.002 - 0.04 NO₃-N], Amonio [0.003 - 0.4 NH₄-N], Fosfatos [0.001 - 0.12 PO₄-P] y Fósforo total [0.002 - 0.12 PT] (mg/L)) en el centro (WG) del lago (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2025).



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Demanda Bioquímica Oxígeno (DBO) (mg/L) y *E. coli*

La DBO es una forma de medir la cantidad de materia orgánica presente en el agua. Si la cantidad de materia orgánica es alta, mayor será el consumo de oxígeno disuelto y por ende el valor de DBO. En la figura 10, se observan los valores promedios de DBO por sitio de muestreo, siendo mayores en Panajachel.

Los coliformes son indicadores de polución de origen fecal, como resultado de una contaminación reciente por heces humanas o animales. Los valores de *E. coli*, fueron más altos en Panajachel (WP) comparado con Santiago Atitlán (SA) y el centro del lago (WG) (Fig. 10).

Algunos de los factores que pueden estar ocasionando contaminación por materia orgánica y fecal en el lago Atitlán son: escorrentía pluvial, descarga de aguas residuales (tratadas o no), y contaminación de las aguas subterráneas por aguas residuales. Todo lo anterior ocurre actualmente en los principales ríos tributarios de la cuenca del lago Atitlán (e.i., Río San Francisco, Quiscab, La Catarata, Tzununá y San Buenaventura) y en descargas puntuales o difusas. Debido a la escorrentía pluvial contaminada, todos los ríos que ingresan al lago Atitlán están altamente cargados de nutrientes, materia orgánica, sustancias tóxicas, bacterias y otros patógenos (*E. coli* y coliformes) y sedimentos, contribuyendo a la degradación de la calidad del agua del lago Atitlán. La descarga de aguas residuales con nulo o deficiente tratamiento de los cascos urbanos y áreas rurales se considera una de las principales causas que contaminan el lago Atitlán. Este tipo de contaminación no solo afecta a la flora y fauna del lago, sino que modifica la calidad del agua que es utilizada para uso recreacional o para consumo humano por las municipalidades de San Lucas Tolimán, Santiago Atitlán y San Pedro La Laguna.

Por otra parte, el mal manejo de las aguas residuales urbanas y rurales generan altas tasas de contaminación fecal y orgánica a través de la infiltración a los acuíferos subyacentes, contaminando los acuíferos que se utilicen para el abastecimiento de agua potable, incluso pueden conllevar a la contaminación del agua del lago Atitlán (Escobar López & Rodríguez Juárez, 2017). La infiltración de aguas residuales ocurre en áreas urbanas sin sistema de alcantarillado, debido a la presencia de instalaciones de saneamiento in situ (fosas sépticas y letrinas) cuya descarga directa al subsuelo constituye una fuente difusa de contaminación continua al manto freático.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

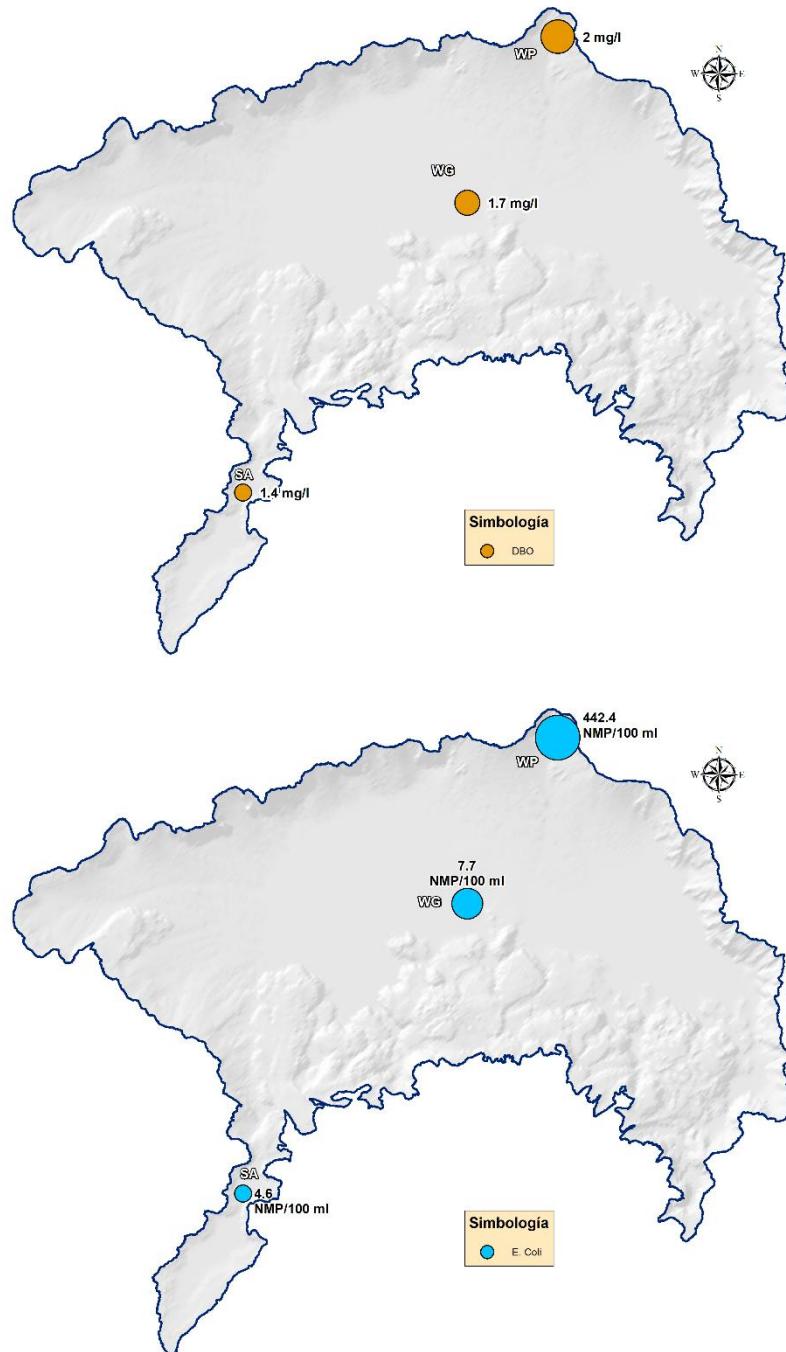


Figura 10. Valores promedio de DBO (mg/L) y *E. coli* en el lago Atitlán. (DICA/AMSCLAE, 2025).



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

CONCLUSIONES

En los últimos años la transparencia del agua, la cantidad de oxígeno disuelto en la superficie y en las zonas profundas y la calidad del agua fisicoquímica y microbiológica ha sido muy cambiante. Las bajas concentraciones de oxígeno disuelto en las zonas profundas, se debe al agotamiento del oxígeno en el agua y está asociado a que son áreas con un limitado intercambio de gaseoso y a procesos de eutrofización. La eutrofización puede estar relacionada con el ingreso continuo de sedimentos por el cambio del uso del suelo y extracción de material de construcción, materia orgánica, residuos y desechos sólidos, agroquímicos y aguas residuales al lago Atitlán. Estas actividades ponen en alto riesgo la calidad del agua tanto para la población humana como para las comunidades acuáticas, ya que hay muchas actividades económicas, sociales, culturales entre otras, que dependen directamente del recurso acuático.

Las concentraciones de nutrientes en el lago Atitlán son relativamente bajas, sin embargo, son suficientes para provocar florecimientos de algas, y peor aún de cianobacterias. Los valores de nitratos en promedio son mayores que fosfatos, sin embargo, en la superficie los valores de nitratos son muy bajos debido a la producción primaria, lo que sitúa al nitrógeno como el elemento limitante. El bajo contenido de nutrientes en la superficie indica que el estrato biológicamente activo se sitúa en los primeros 30 m de profundidad, lo cual es respaldado con los perfiles de clorofila α y ficocianinas. Las aguas más profundas, son aguas con una composición química y física distinta al resto de la columna de agua, debido a la poca actividad fotosintética y mezcla con la capa superficial.

La concentración de clorofila α presenta pocos cambios en la superficie. Existen muchos factores que inciden en la dinámica de la comunidad fitoplanctónica, no obstante, la combinación de varios factores, tales como la disponibilidad de nutrientes, la temperatura y radiación solar, pueden explicar las variaciones de las densidades de fitoplancton en el lago Atitlán.

En lagos profundos, el fitoplancton constituye el elemento más importante e inicial de la red trófica, que da soporte al resto de comunidades del medio lacustre tales como el zooplancton, macroinvertebrados, zoobentos peces, aves acuáticas y otros microorganismos heterotróficos. Las cianobacterias son organismos procariotas fotosintéticos con un alto potencial para fijar nitrógeno atmosférico (e.g., *Dolichospermum*) que, cuando las condiciones son favorables, pueden incrementar masivamente en el número de células ocasionando cambios en la calidad del agua y efectos negativos sobre la salud humana, debido a la producción de toxinas.



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Algunos de los factores que ocasionan la contaminación del lago Atitlán son: escorrentía pluvial, descarga de aguas residuales (tratadas o no), contaminación de las aguas subterráneas por aguas residuales, ingreso continuo de sedimentos por el cambio del uso del suelo y extracción de material de construcción, materia orgánica, residuos y desechos sólidos y agroquímicos. Por lo tanto, existe la necesidad urgente de controlar este tipo de contaminación para garantizar la disponibilidad, cantidad y calidad de los recursos hídricos dentro de la cuenca del lago Atitlán.

Es importante continuar con los proyectos de saneamiento ambiental, educación ambiental y agroforestales para poder reducir el impacto que tienen estas actividades sobre el lago de Atitlán, principalmente las que puedan afectar la salud de la población. Asimismo, es importante continuar con el programa de monitoreo de forma constante en tiempo y espacio, para tener datos que nos permita comprender el comportamiento del ecosistema del lago Atitlán en el futuro, con el fin de poder tomar o establecer mejores criterios en la toma de decisiones sobre la conservación y manejo de los recursos acuáticos en Guatemala.

Continuar con la ejecución de un plan de manejo integrado de la cuenca del lago Atitlán, con un enfoque participativo y multidisciplinario, fortalecerá las líneas estratégicas en las cuales la AMSCLAE enfoca sus acciones, además garantiza la preservación, conservación y resguardo del lago Atitlán, a través de la buena gestión y manejo de las aguas residuales, residuos y desechos sólidos, suelos, bosques, agua y otros factores en materia de ambiente.



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

REFERENCIAS CONSULTADAS

APHA-AWWA-WPCF (1992) Métodos Normalizados, para el análisis de aguas potables y residuales. Ediciones Díaz de Santos, S.A. España.

Bellinger, E. y Sigee, D. (2010). Freshwater algae: identification and use as bioindicators. Ltd. Chippenham, Wilts: Gran Bretaña. 285 p.

Colon-Gaud, JC., W.E. Kelso & D.A. Rutherford. 2004. Spatial Distribution of Macroinvertebrates Inhabiting Hydrilla and Coontail Beds in the Atchafalaya Basin, Louisiana. Journal of Aquatic Plant Management 42: 85-91

DICA/Clima. 2023. Informe anual de monitoreo climático, 2023. Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca del Lago de Atitlán y su Entorno. Panajachel, Sololá.

Escobar López, H., & Rodríguez Juárez, E. 2017. Calidad de las aguas subterráneas en el municipio de San Pedro la Laguna y sus efectos sobre el cuerpo de agua del lago de Atitlán. Tesis Facultad de Ingeniería, Escuela Regional de Ingeniería Sanitaria y Recursos Hidráulicos: Universidad de San Carlos de Guatemala. 218 p.

González, A. (1988). *El plancton de las aguas continentales*. Washington D.C.: Secretaría General de la Organización Regional de Desarrollo Científico y Tecnológico.

Horne, A. & C. Goldman. 1994. Limnology. McGraw-Hill, Inc., EEUU. 575 pp.

Janse van Vuuren S., Taylor, J., Gerber, A., & van Ginkel, C. (2006). Easy identification of the most common freshwater algae. A guide for the identification of microscopic algae in South African freshwaters. ISBN 0-621-35471-6.

Lampert, W. & U. Sommer. 2007. Limnoecology. Oxford University Press, Oxford, Great Britain. 335pp.

Löffler, H. 2004. The origin of lake basins, p. 8- 60. In P.E. O'Sullivan & C. S. Reynolds (Eds.). The lakes handbook. Blackwell Science Ltd., Cornwall, United Kingdom.

Merritt, R.W., Cummins, K.W., y Berg, M. B. (2008). An introduction to the aquatic insects of North America. United States: Kendall/Hunt Publishing Company.

Meza, A. M., Rubio, J., Dias, L., & Walteros, J. (2012). Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. Caldasia, 34 (2): 443-456.

Ochaeta Constanza, G. (2014). Análisis temporal y espacial de la comunidad de fitoplancton en los puntos Panajachel, Centro Weiss y Santiago en el Lago Atitlán, Sololá, Guatemala, durante



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

el año 2013. Tesis Biol. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia: Universidad de San Carlos de Guatemala. 78 p.

Pokorný, J. & J. Květ. Aquatic plants and lake ecosystems, p. 309 – 340. In P.E. O'Sullivan & C. S. Reynolds (Eds.). The lakes handbook. Blackwell Science Ltd., Cornwall, United Kingdom.

Posey, M.H., C. Wigand, & J.C. Stevenson. 1993. Effects of an Introduced Aquatic Plant, *Hydrilla verticillata*, on Benthic Communities in the Upper Chesapeake Bay. Estuarine, Coastal and Shelf Science, 37 (5): 539-555.

Reynolds, C. 2004a. Lakes, limnology and limnetic ecology: towards a new synthesis, p. 1 – 7. In P.E. O'Sullivan & C. S. Reynolds (Eds.). The lakes handbook. Blackwell Science Ltd., Cornwall, United Kingdom

Reynolds, C. 2004b. Physical properties of water relevant to limnology and limnetic ecology, p. 107 - 114. In P.E. O'Sullivan & C. S. Reynolds (Eds.). The lakes handbook. Blackwell Science Ltd., Cornwall, United Kingdom

Roldan, G. y Ramírez J. (2008). Fundamentos de limnología neotropical. Editorial universidad de Antioquia. 2da. Edición. Colombia. 440 pp.

Springer, M., A. Ramírez & P. Hanson (eds.). 2010. Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I. Rev. Biol. Trop. 58 (Supl 4).

UNESCO. (2009). *Cianobacterias Plantónicas del Uruguay. Manual para la identificación y medidas de gestión*. Sylvia Bonilla (Ed.). Documento Técnico PHI-LAC, No 16.

Weiss, C.M., (1971). Water quality investigations in Guatemala. Lake Atitlán 1968-1970. University of North Carolina. 175pp.

WHO. World Health Organization. (2000). Monitoring Bating Waters – A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programs. London: F & FN Spon.



AMSCLAE

¡SALVAR EL LAGO DE ATITLÁN
ES TAREA DE TODOS!