

INFORME ANUAL

EVALUACIÓN DE LA  
**CALIDAD AMBIENTAL**  
DEL LAGO ATITLÁN **2024**



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



AMSCLAE





## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

### EVALUACIÓN DE LA CALIDAD AMBIENTAL DEL LAGO ATITLÁN, 2024

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); Ing. José Ismael Ordóñez (Técnico en Calidad de Agua); Domingo Francisco Ujpán Cholotio (Técnico en Sistemas de Información); Ing. Natanaél Xaminez de la Cruz (Técnico en Climatología); Inga. Agra. Irma Raquel González Turcios (Técnico en Manejo de tul); Br. Jaqueline Graciela Rodríguez Samol (Asistente de Laboratorio).

#### RESUMEN

Los distintos programas de monitoreo ambiental a cargo del departamento de investigación y calidad ambiental - DICA- tienen como propósito evaluar de forma sistemática la calidad ambiental de los recursos hídricos de la cuenca del lago Atitlán, mediante la recolección de datos y análisis de laboratorio, para generar y brindar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca. El lago Atitlán es uno de los lagos más importantes del país, por la superficie que ocupa y por las diversas actividades antrópicas que se desarrollan en su alrededor. Los distintos programas de monitoreo ambiental comprenden una serie de mediciones de campo y en laboratorio, para la evaluación del grado de contaminación de los cuerpos de agua (lago y ríos) y las condiciones climáticas. La información que se genera en cada programa de monitoreo se utiliza para la implementación de programas o estrategias que garanticen 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.

#### INTRODUCCIÓN

El lago Atitlán es uno de los principales destinos turísticos del país y sus aguas son el principal recurso hídrico de la región, que además son utilizadas para diversos usos. El agua del lago es fuente de bienestar y un elemento esencial para la vida. La cuenca del lago Atitlán presenta la característica particular de no tener drenaje superficial, es decir, es una cuenca endorreica. El drenaje es subterráneo, principalmente, hacia la subcuenca del río Madre Vieja (Baldizón, et. al, 1994). El área de estudio se ubica en la cuenca del lago de Atitlán, la cual tiene un área de 546.03 km<sup>2</sup>, una profundidad máxima de ~324 m y un volumen de 125 km<sup>3</sup> (Reyes Morales et al., 2018).

El lago Atitlán es uno de los recursos naturales más valiosos para el país por su paisaje por su cultura, ser un sitio sagrado para los pueblos mayas, por la calidad de sus aguas, los recursos pesqueros, el turismo, su uso recreacional, las artesanías elaboradas con tul y muchos otros beneficios económicos y sociales. En la actualidad el lago está en un proceso de eutrofización relacionado con el ingreso continuo de sedimentos, nutrientes, materia orgánica, agroquímicos, desechos sólidos y aguas residuales. La eutrofización, es el proceso de contaminación que



## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

produce efectos irreversibles en los ecosistemas acuáticos debido a la proliferación de algas y la consecuente reducción de biodiversidad. Esto pone 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.

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA-, 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), es el responsable de la investigación científica institucional, incluyendo el monitoreo permanente de los recursos hídricos de la cuenca del lago Atitlán y el clima. En este informe se presentan los principales resultados de los distintos programas de monitoreo ambiental del DICA que tienen por objetivo evaluar la calidad ambiental del lago Atitlán de forma sistemática, mediante la recolección de datos y análisis de laboratorio, y así generar y brindar información técnica y científica necesaria para guiar los procesos de gestión del lago y su cuenca.

## MATERIALES Y MÉTODOS

### Sitios de muestreo

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental para evaluar la eutrofización de los recursos hídricos de la cuenca del lago Atitlán ha realizado desde el 2013 el monitoreo de la calidad de agua del **lago Atitlán** (centro del lago (WG), Panajachel (WP) y Santiago Atitlán (SA) y **ríos** (San Francisco (SF), Quiscab (QS), Tzununá (TZ), La Catarata (CA) y San Buenaventura (SB)) midiendo mensualmente más de doce parámetros, incluyendo **físicos** (transparencia, radiación fotosintéticamente activa (PAR), oxígeno disuelto (OD), saturación de oxígeno (% O<sub>2</sub>), temperatura del agua y ambiental (T°C), conductividad (ce), sólidos disueltos totales (TDS), turbidez, potencial de hidrógeno (pH), ficocianinas y clorofila *a*), **químicos** (demanda bioquímica de oxígeno (DBO), fósforo total (PT), fosfatos (PO<sub>4</sub>), nitratos (NO<sub>3</sub>) y amonio (NH<sub>4</sub>)), y **biológicos** (fitoplancton (FP), coliformes totales (Col. Tot.), coliformes fecales (Col. Fec. y *Escherichia coli* (*E. coli*)), en la superficie (ríos) y a distintas profundidades (ej., lago Atitlán a 0, 10, 20, 30, 40, 50, 60, 80, 100, 150, 200, 250 m y la profundidad máxima).

Adicionalmente, se tiene un monitoreo permanente de las comunidades acuáticas tales como vegetación acuática en diez sitios de muestreo (Quiscab, San Pablo, Uxlabil, Fondo Bahía Santiago, Isla de los Gatos, Pahuacal, Tzanhuacal, Entrada San Lucas, El Relleno y San Antonio Palopó), peces y fitoplancton, cianobacterias principalmente, para detectar posibles florecimientos algales que pongan en riesgo la salud de la población aledaña al lago Atitlán.

Así mismo, se evalúa la carga bacteriana en las fuentes de agua para consumo humano de las municipalidades de Santiago Atitlán (SA), San Lucas Tolimán (SLT) y San Pedro La Laguna (SPeL), así como, los principales poblados y playas de uso recreacional (Playa Jucanyá, Playa Peña de Oro, Playa pública de Panajachel, El Jaibal, Playa Cerro



## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Tzankujil, Playa Las Cristalinas, Muelle San Pedro La Laguna, Playa Dorada, Playa pública de San Lucas Tolimán, Chicamán, Playa pública de San Antonio Palopó y Las Termales) en los doce municipios lindantes al lago Atitlán.

Finalmente, se cuenta con una red hidrométrica que incluye el monitoreo de escalas limnimétricas ubicadas en Santiago Atitlán, Cerro de Oro y Panajachel, así como una red meteorológica que cuenta con catorce estaciones meteorológicas ubicadas en la Municipalidad Santa Lucia Uatatlán, Alcaldía auxiliar en la aldea Barraneché - Totonicapán, Centro Educativo Comunitario Maya Tjob'al Tzolojya' en Sololá, Finca Santa Victoria en San Andrés Semetabaj, Municipalidad San José Chacayá, Biblioteca Comunitaria Rija'tzuul Na'ooj en San Juan La Laguna, Hotel Emanuel en San Lucas Tolimán, Hotel Jardines del Lago en Panajachel, Sololá, Hotel Tiosh Abaj en Santiago Atitlán, Hotel Terrazas del Lago en San Antonio Palopó, Cerro de Oro, Hotel El Dragon en San Marcos La Laguna, Escuela del Caserio Xeabaj II Santa Rita en Nahualá para monitorear las condiciones climáticas de la cuenca, la oscilación del nivel del lago y los caudales de cinco ríos tributarios.

## RESULTADOS

Los hallazgos del deterioro de la calidad de agua de los recursos hídricos de la cuenca del lago Atitlán se ha convertido en motivo de preocupación a nivel local y nacional, debido al crecimiento de la población humana, la expansión de la actividad agrícola y la vulnerabilidad ante el cambio climático. En la actualidad todos los ríos de las microcuencas de la cuenca del lago Atitlán están contaminados y arrastran los contaminantes al lago Atitlán comprometiendo la calidad del agua del lago como fuente de agua para consumo humano y uso recreacional y la biodiversidad de las comunidades acuáticas.

Durante el año 2024, en el programa de monitoreo de **salubridad**, el 77 % de las fuentes de agua para consumo humano, el 81 % de las playas para uso recreacional y el 100 % de los puntos ubicados en los poblados presentaron valores altos de coliformes totales y *Escherichia coli* (Fig. 1, arriba). En general, para ambos parámetros, coliformes totales y *Escherichia coli*, el comportamiento de los valores reportados desde el 2014 a la fecha son similares (Fig. 1, abajo), la amplia distribución de los datos está asociado al sitio (municipio) y tratamiento de la muestra (poblado, uso recreacional o consumo humano).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

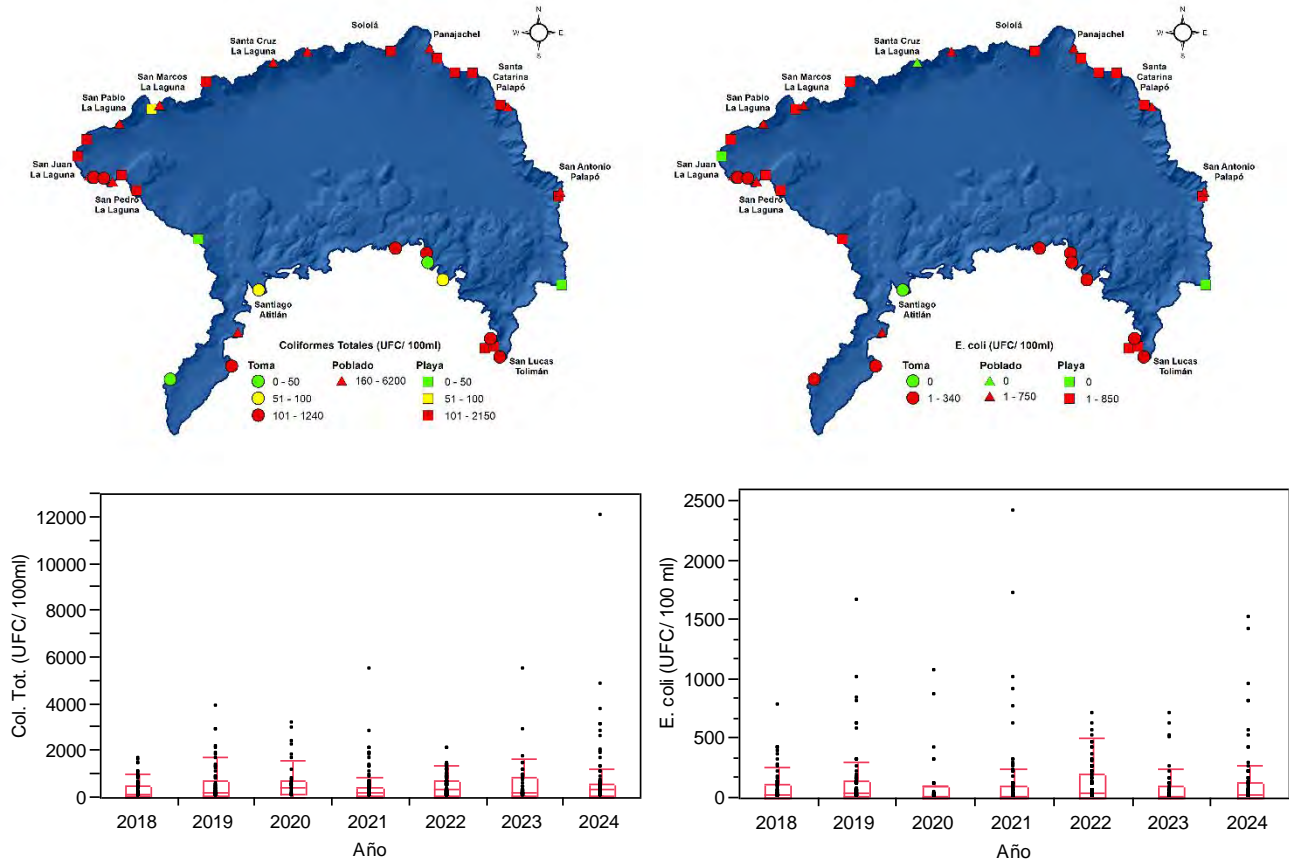


Figura 1. Variación espacial y temporal de coliformes totales (Izquierda) y *Escherichia coli* (Derecha) en el lago Atitlán. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2018 - 2024).

Durante el 2024 se registraron 15 especies de **plantas acuáticas** estrictas en diez sitios de muestreo (Fig. 2, arriba-izquierda), las cuales corresponden a diez familias. *Hydrilla verticillata*, *Typha dominguensis* y *Schoenoplectus californicus* fueron las especies que, como en años anteriores, presentaron la mayor abundancia y dominancia en la mayoría de los sitios de muestreo. En el programa de restauración de la zona litoral del lago Atitlán, durante el 2024 se realizaron 18 **siembras de tul** a la orilla del lago Atitlán, para un total de 900 macollas de tul (Fig. 2, arriba-derecha). La riqueza de especies y el esfuerzo de siembra de tul durante los últimos diez años muestra una variación significativa en el tiempo, por ejemplo, durante el 2014 se registraron once especies de macrófitas mientras que en el 2015 solo cinco (Fig. 2, abajo-izquierda). Respecto al Tul, el valor promedio de los metros lineales sembrados de tul oscila alrededor de los 100 y 150 metros lineales, sin embargo, ha habido eventos donde se han llegado a sembrar más de 300 metros lineales, como fue en el 2017 (Fig. 2, abajo-derecha).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

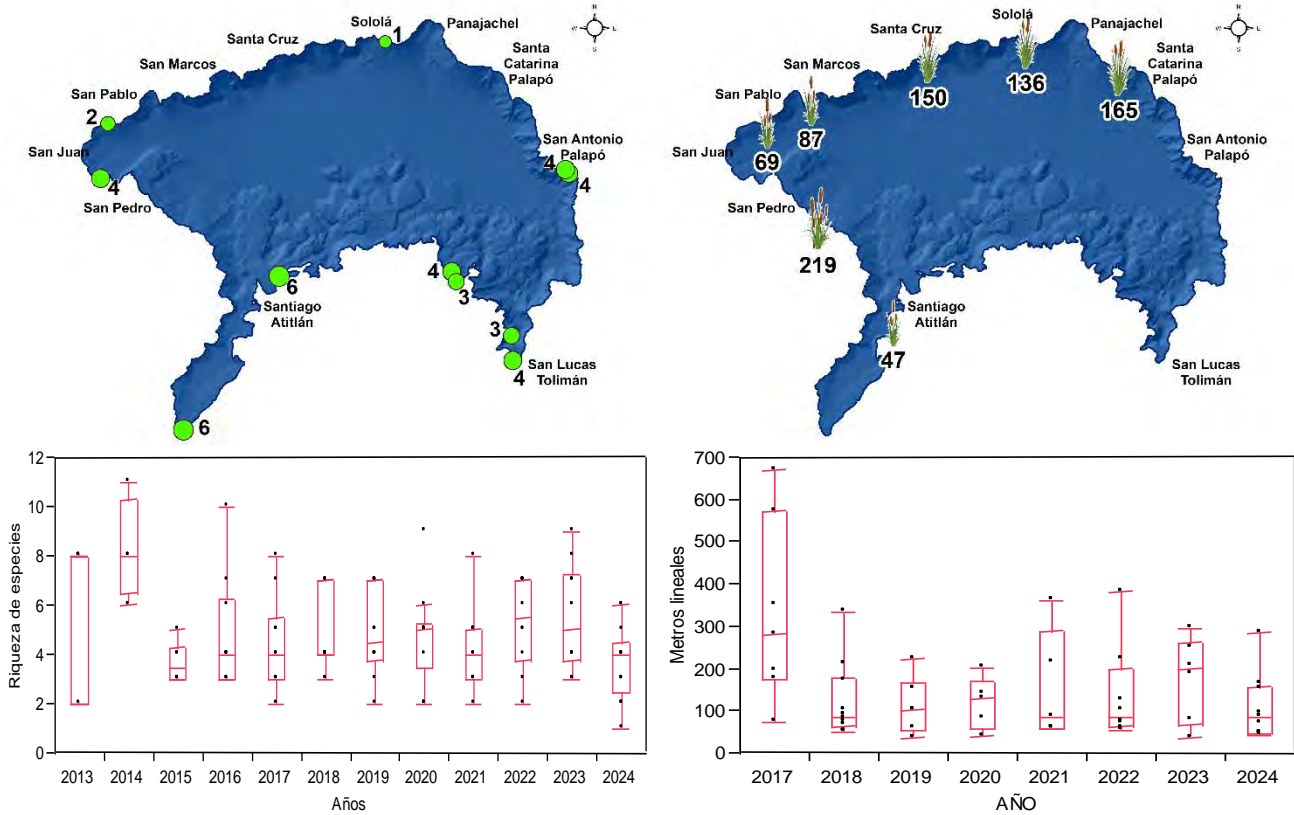


Figura 2. Distribución espacial y temporal de la riqueza de vegetación estrictamente acuáticas y esfuerzo de siembras de tul (m<sup>2</sup>) en el lago Atitlán. Fuente: DICA/AMSCLAE, 2024)

Las condiciones **climáticas** de la cuenca del lago Atitlán desde el 2014 hasta octubre del 2024 se reportan en la figura 3. Las condiciones climáticas de la cuenca del lago Atitlán durante el 2024 en general fueron cálidas con temperaturas máximas promedio de 28°C, una precipitación máxima de 508 mm, radiación solar máxima de 1385 W/m<sup>2</sup> y UV máxima de 13 unidades y vientos fuertes de hasta 54 km/h en dirección sursudeste. Los meses más fríos fueron enero, febrero y marzo, los meses más calurosos y con mayor radiación solar y un alto índice UV fueron de marzo a septiembre. Los meses con mayor precipitación fueron desde junio hasta octubre. Los vientos que predominaron a lo largo del año fueron SSE (sursudeste) WSW (suroeste) S (sur).





DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

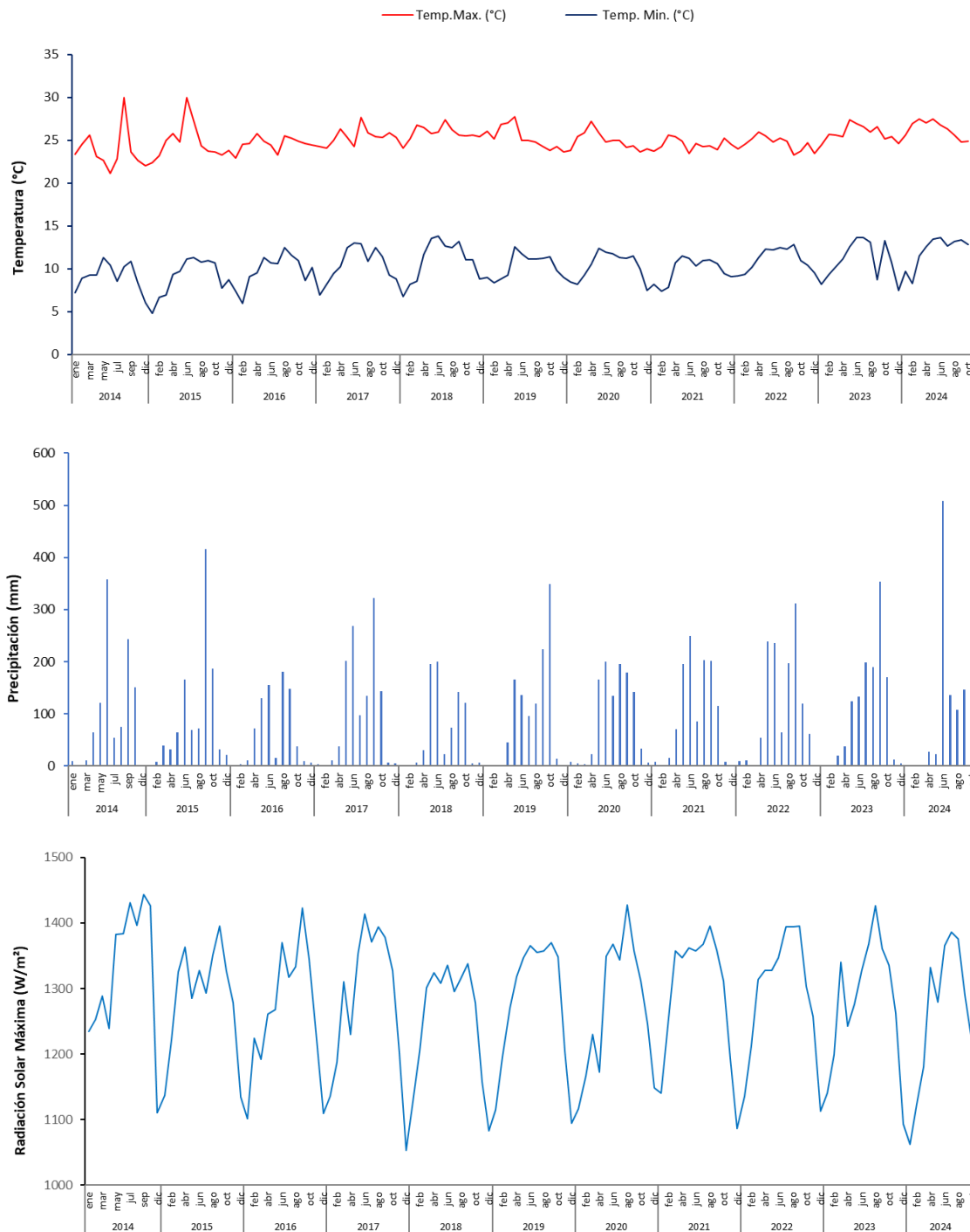


Figura 3. Comportamiento de la temperatura, precipitación, radiación solar y UV, velocidad y dirección del viento dentro de la Cuenca del lago Atitlán 2014-2024 (AMSCLAE/DICA, 2024)

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

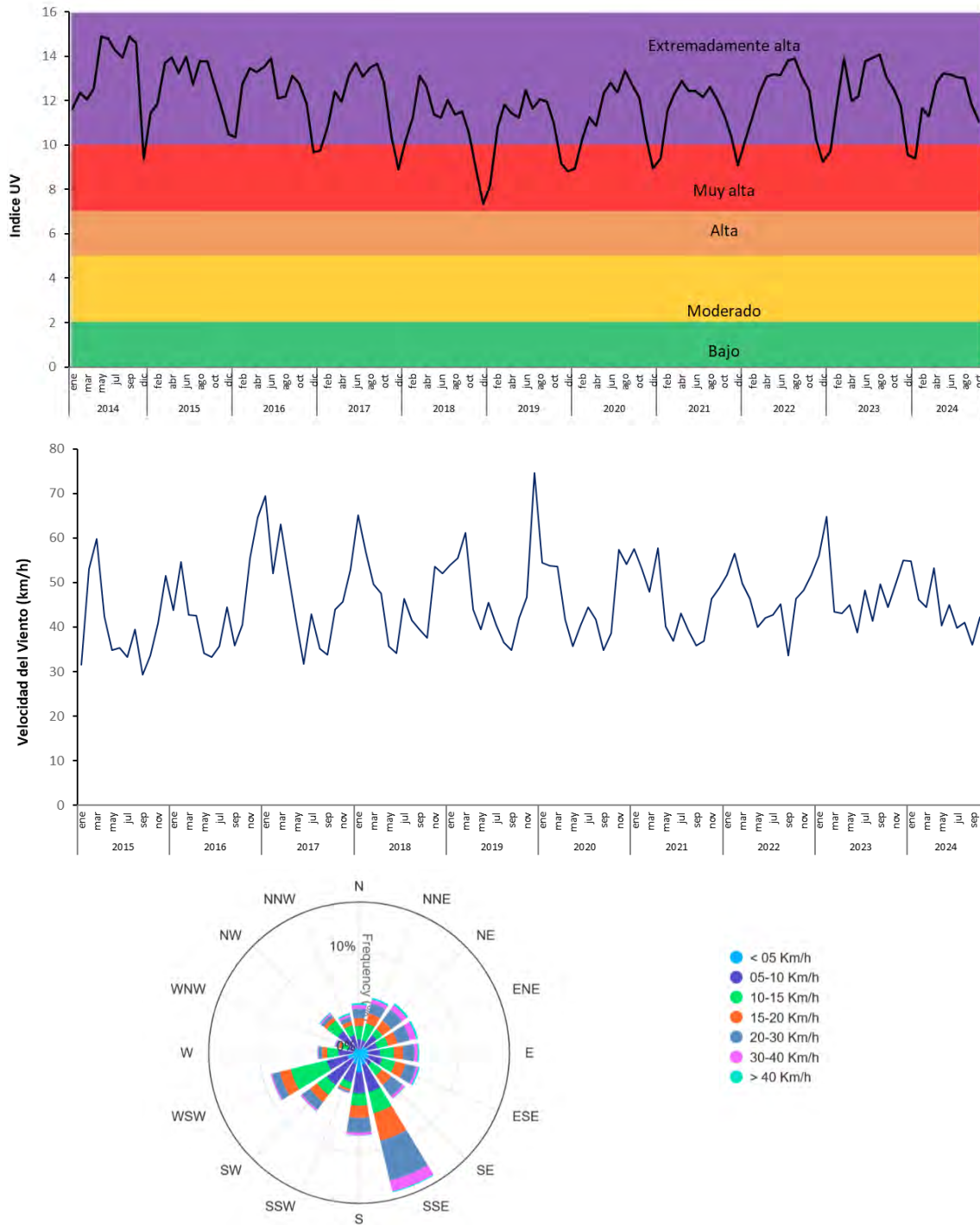


Figura 3. Continuación. Comportamiento de la temperatura, precipitación, radiación solar y UV, velocidad y dirección del viento dentro de la Cuenca del lago Atitlán 2014-2024 (AMSCLAE/DICA, 2024)



DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

El comportamiento de la **oscilación del nivel del agua** del lago Atitlán en el periodo de enero a octubre del año 2024 presentó oscilaciones asociadas al régimen de lluvia y temperatura ambiental. Desde el 2014 se observa una tendencia a la disminución del nivel del lago (Fig. 4). De enero a octubre del 2024 hubo un descenso total del nivel del lago de 0.01 m, producto de la altas temperatura y la evaporación del agua en el lago Atitlán. En los meses de mayo a octubre se ve un incremento en el nivel del lago, típico de la temporada lluviosa. El cambio del nivel del lago desde mayo del 2014 a octubre del 2024, ha sido de 2.90 m.

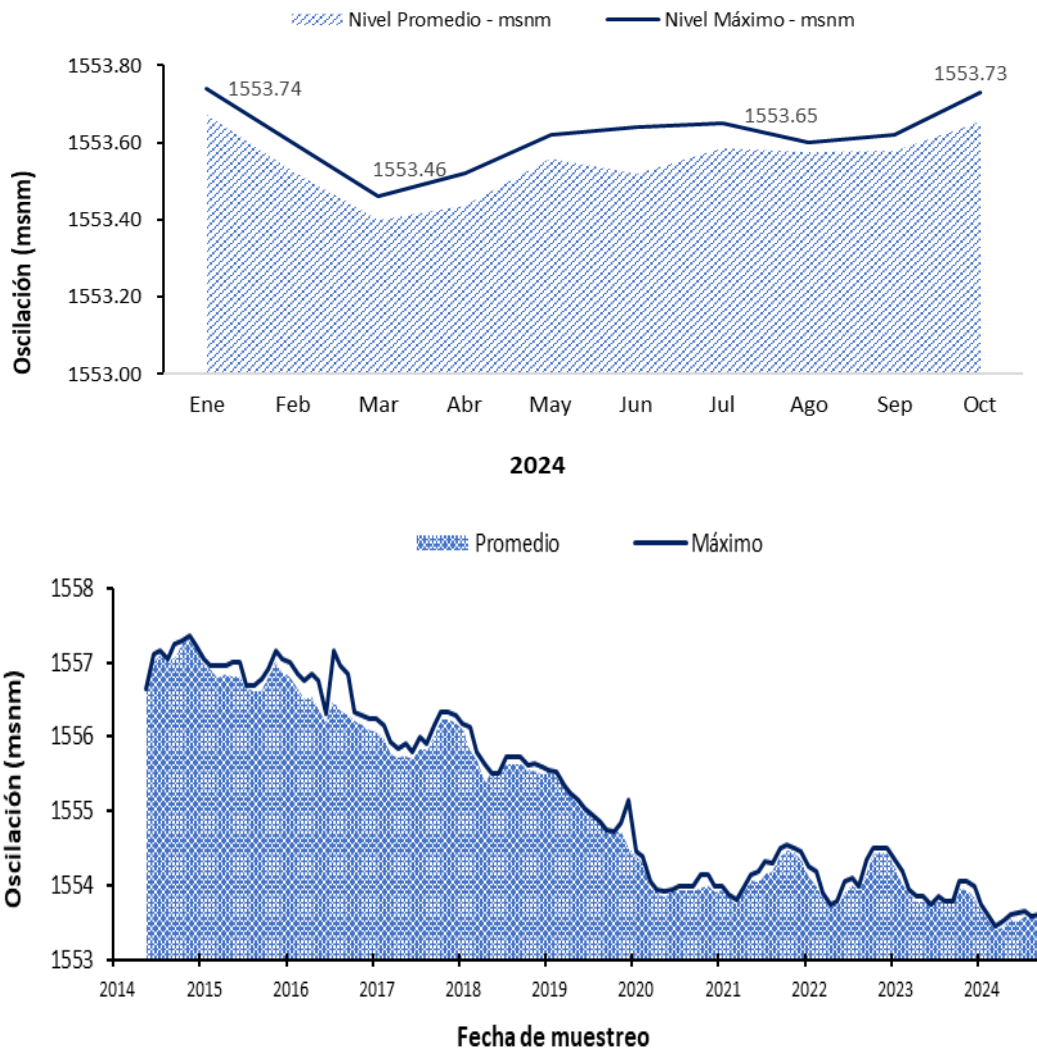


Figura 4. Oscilación del nivel de las aguas (msnm) del lago Atitlán durante el 2024 y tendencia en los últimos diez años (AMSCLAE/DICA, 2024)

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

El comportamiento de los **caudales** de los principales ríos de la cuenca del lago Atitlán durante el año 2024 fue variable, se registraron valores desde los 2.4 L/s en temporada seca hasta 6229.3 L/s durante la temporada lluviosa. En la figura 5, se observa la variación en el tiempo de los caudales promedio de los cinco ríos. Los ríos Quiscab y San Francisco son los ríos más caudalosos de la cuenca y han presentado un ligero incremento en el tiempo. Con los datos de caudales también se calcula la carga de nutrientes, cantidad de nutrientes que ingresa al lago Atitlán en un determinado período de tiempo. Con los datos registrados de caudal (L/s) y concentración de nitrógeno total (mg/l) y fósforo total (mg/l) se estimó la carga anual de nutrientes (Kg/día) de los ríos Quiscab y San Francisco (Fig. 6). La carga máxima de fósforo total en el río Quiscab fue de 150.16 kg/día y de nitrógeno total de 3444.55 kg/día. La carga máxima de fósforo total en el río San Francisco fue de 203.15 kg/día y de nitrógeno total de 1798.16 kg/día.

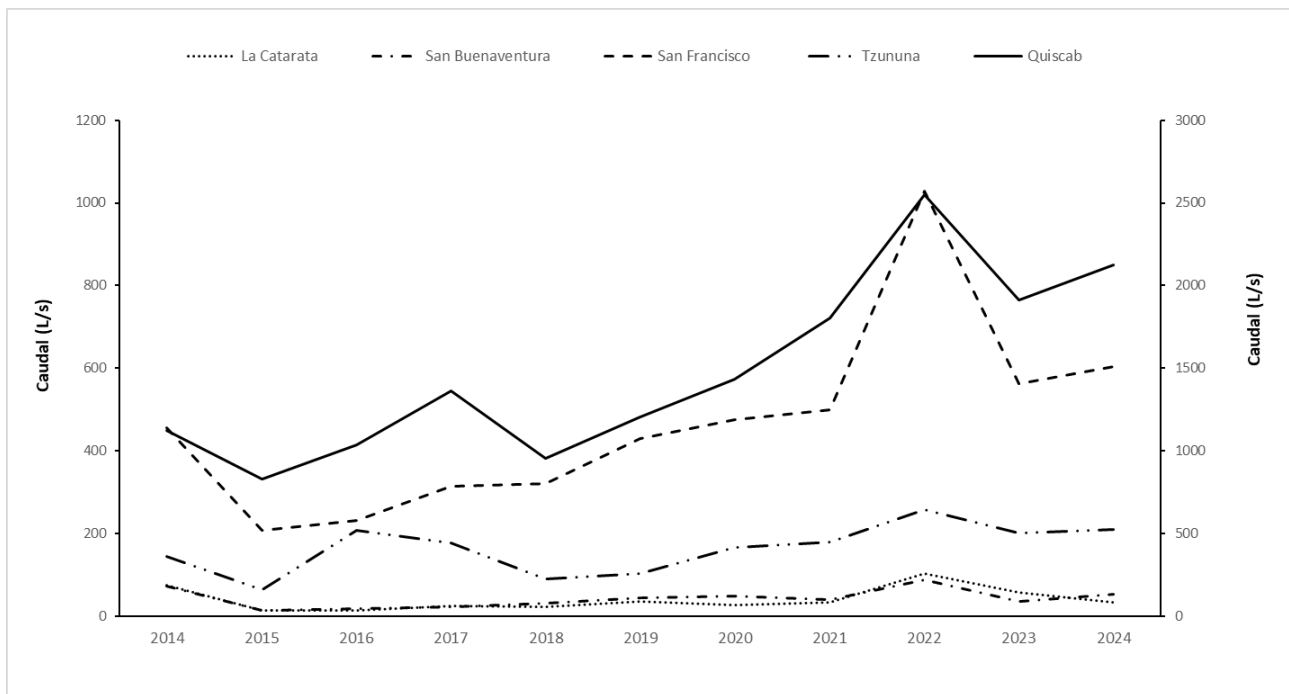


Figura 5. Variación temporal del caudal promedio (L/s) de los principales ríos tributarios de la cuenca del lago Atitlán. (AMSCLAE/DICA, 2024)

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



**Figura 6.** Dinámica anual de la carga de nutrientes (Nitrógeno total -NT- y Fósforo total -PT-) y caudales en los ríos Quiscab (arriba) y río San Francisco (abajo). (AMSCLAE/DICA, 2024)

Los valores promedio de las variables de transparencia, temperatura, oxígeno disuelto, pigmentos fotosintéticos, nutrientes, coliformes totales y *Escherichia coli* recolectados en programa de monitoreo **limnológico** se presentan en los cuadros 1 - 4. Así mismo, la abundancia relativa de los principales grupos de fitoplancton del lago Atitlán diagrama en la figura 7. De manera general se observa que ha habido una disminución en la transparencia, el oxígeno disuelto desde 1968 a la fecha (Cuadro 1 y 2). Durante los meses de enero y febrero el grupo de diatomeas dominó el ensamble de fitoplancton del lago Atitlán, el resto de los meses fue dominado por las algas pardas (Fig. 7). Durante el 2024, no se reportó ningún florecimiento de cianobacterias y esto se puede sustentar con los datos de abundancia relativa de Cyanophyceae (Fig. 7) en las muestras de agua recolectadas en el centro del lago.





DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Cuadro 1. Transparencia (m) del lago Atitlán

Variable	Weiss, C. (1968)	Amsclae (2024)	Perdida de transparencia
Máxima	20	7.83	12.17
Promedio	15	6.17	8.8
Mínima	8 a 10	4.16	5.84

Fuente: DICA/AMSCLAE-CEA/UVG, 2024

Cuadro 2. Estratificación térmica (°C) y oxígeno disuelto (mg/L) en el lago Atitlán

Estrato	Profundidad (m)		Temperatura (°C)	Valores promedio Oxígeno disuelto (mg/L)	
	1968	2024		1968	2024
Epilimnion (capa superficial)	0 a 90	0 a 30	20.5 a 24	8.4	6.81
Hipolimnion (capa profunda)	140 a 300	50 a 300	< 21	8.0	2.05

Fuente: DICA/AMSCLAE – CEA/UVG, 2024

Cuadro 3. Valores promedio de pigmentos fotosintéticos y nutrientes en el lago Atitlán

Estrato	Clorofila $\alpha$ ( $\mu\text{g/L}$ )	Ficocianinas (Cel./mL)	Nitratos ( $\text{NO}_3^-$ ) ( $\mu\text{g/L}$ )	Fosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ ) ( $\mu\text{g/L}$ )
Epilimnion (capa superficial) (0 – 30 m)	2.57	252.18	2.5	11.4
Hipolimnion (capa profunda) (30 – 300 m)	0.65	148.41	28.9	149.6

Fuente: DICA/AMSCLAE – CEA/UVG, 2024

Cuadro 4. Valores promedio coliformes totales (NMP/100 mL) y *Escherichia coli* (NMP/100 mL)

Parámetro	WG	SA	WP
Coliformes Totales	521	3,474	11,015
<i>E. coli</i>	94	176	3,828

Fuente: DICA/AMSCLAE, 2024

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

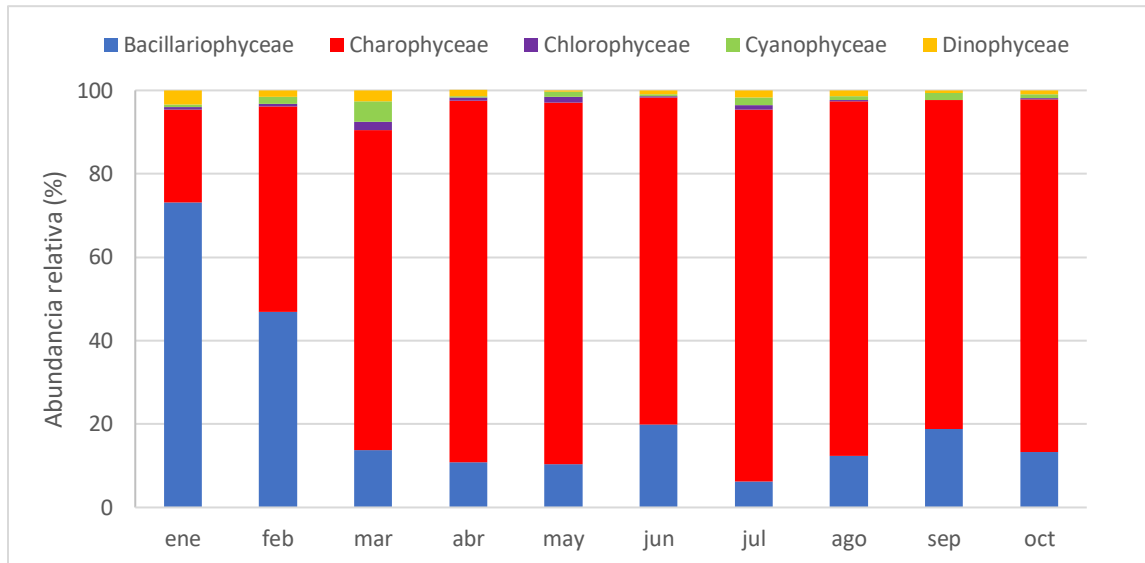


Figura 1. Abundancia relativa (%) en el centro del lago (WG) de fitoplancton durante el 2024 (CEA/UVG, 2024)

## DISCUSIÓN DE RESULTADOS

Los distintos programas de monitoreo ambiental del departamento de investigación y calidad ambiental evalúan la calidad ambiental del lago Atitlán de forma sistemática para generar información técnica y científica que guíe los procesos de gestión del lago y su cuenca. La calidad ambiental de la cuenca del lago Atitlán, en términos de la condición del agua, es de mala calidad ambiental.

La presencia de coliformes y *E. coli* en todos los sitios de muestreo del programa de monitoreo de **salubridad**, refleja que existen fuentes de contaminación desde los poblados hacia el lago por infiltración subterránea y escorrentía superficial. La variación espacial y temporal de coliformes totales y *Escherichia coli* es muy amplia según los resultados obtenidos, por lo que determinar si ha habido un aumento significativo en el tiempo o una fuente puntual de contaminación no es posible. No obstante, es de esperar que al aumentar la densidad poblacional y las actividades que producen este tipo de contaminación, la degradación de la calidad ambiental también aumentará. La información generada en el programa de monitoreo de salubridad debe servir como una herramienta para buscar soluciones y alternativas para todas las municipalidades ubicadas en la orilla del lago Atitlán, ya que la calidad del agua sin tratamiento alguno no es apta para consumo humano y representa un riesgo para la salud de las poblaciones que consumen agua del lago o que la utilizan para fines recreacionales.



## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Desde el 2020 a la fecha la diversidad de **plantas acuáticas y la cobertura del tul** en las zonas litorales de los once municipios que colindan con el lago Atitlán ha disminuido, impactando a otras comunidades acuáticas como peces y fitoplancton. Las plantas acuáticas tienen un papel fundamental dentro de los ecosistemas, pues modifican las características fisicoquímicas del agua, brindan alimento a invertebrados y vertebrados, brindan hábitat y sitios de reproducción a otros organismos, modifican y generan un valor paisajístico, actúan como filtro natural y contribuyen a la fijación del carbono. La variabilidad de la riqueza de especies estrictamente acuáticas en los sitios de muestreo y por año puede ser causada por la oscilación en el nivel del lago, difícil acceso a los puntos de monitoreo, alteración natural y antropogénica de la zona litoral, ésta última caracterizada por extracción y destrucción de vegetación acuática, aumento de infraestructuras (chalets), expansión de la frontera agrícola; entre otras actividades. Asimismo, el ensamble de la comunidad de macrófitas puede verse afectada por la introducción y crecimiento excesivo de especies exóticas como *Hydrilla verticillata* y la perturbación de factores ambientales y climáticos (temperatura, pH, salinidad, concentración de oxígeno) que se encuentran relacionados a la calidad del agua y (temperatura, luz, precipitación, disponibilidad de nutrientes) alteración de la fisiología, crecimiento y reproducción de las macrófitas, además que puede ocasionar impactos ecológicos en la estructura y funciones del lago Atitlán. La cobertura del tul en el lago Atitlán se ha visto afectado por el aumento de la población y la variación anual de los patrones climáticos; por lo que el esfuerzo para su conservación y adecuado manejo ha tomado importancia en los últimos diez años. Desde el 2014 a la fecha el esfuerzo para la restauración de la zona litoral se ha incrementado, sin embargo, el efectivo prendimiento y desarrollo del tul depende de lo siguiente: a) Tipo de sustrato, algunos lugares presentan sustratos rocosos los cuales impiden la siembra del tul y/o el desarrollo de las masas tulares. b) Oscilación del nivel del lago, el aumento o disminución del nivel de agua puede anegar o dejar fuera del agua las masas tulares cambiando las condiciones ambientales adecuadas para su crecimiento. c) Presencia de plantas competidoras como el pashte (*Hydrilla verticillata*), el cual se enreda entre las masas tulares, provocando el quiebre y ahogamiento de las mismas.

El **clima** y la calidad ambiental están estrechamente relacionados porque el clima afecta la calidad ambiental de diversas maneras, como la contaminación del aire y agua, la disminución de la biodiversidad y la escasez de agua, afectando la salud. Condiciones climáticas áridas o con lluvias intensas, modifican el ciclo hidrológico, la calidad del agua y las dinámicas ecológicas de los cuerpos de agua. El incremento de la temperatura ambiental en los últimos diez años dentro de la cuenca del lago Atitlán, puede tener un impacto significativo en la temperatura del agua de los ríos y del lago, contribuyendo a la proliferación de algas nocivas afectando la calidad del agua. A largo plazo incrementar la frecuencia de eventos de sequías, reducir la cantidad y disponibilidad del agua, provocar desertificación, pérdida de la cobertura forestal, la disminución de las reservas de agua potable y la migración de personas. Otro impacto que se ha observado y registrado durante los últimos diez años es la disminución del nivel del agua del lago Atitlán y el incremento de los caudales en la temporada lluviosa.





## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

El cambio del **nivel del lago** desde mayo del 2014 a octubre del 2024, ha sido de 2.90 m. Estos cambios tienen repercusiones serias en temas de conservación del recurso hídrico, y del desarrollo de la vegetación acuática en la zona litoral del lago, principalmente del tul, el cual tiene importancia ecológica para el cuerpo de agua, así como económica para quienes aprovechan este recurso. La oscilación del nivel de agua y la calidad del agua están estrechamente relacionadas con el cambio climático y con la contaminación. Al aumentar la temperatura del aire, la radiación solar o la velocidad del viento, el agua del lago se calienta, evaporándose más rápido o hay más evapotranspiración, alterando la composición del agua, *ej.*, disminución de oxígeno, modificar la concentración de nutrientes y otros compuestos en el agua.

El cambio de las condiciones climáticas afecta el **caudal** de los ríos de varias maneras, como la disminución del volumen de agua o el aumento desmedido del caudal. Esto puede provocar sequías o inundaciones. Cuando aumenta el caudal de los ríos incrementa la carga de contaminación de nutrientes, afectando la dinámica del lago. El aumento de nitrógeno y fósforo en el agua hace que las algas crezcan tan rápido, que los ecosistemas entran en un desequilibrio ecológico ya que las perturbaciones externas superan la capacidad de regulación del ecosistema. Un aumento significativo en la cantidad de alga deteriora la calidad del agua, los hábitats y reduce el oxígeno, por lo consiguiente lleva a la eutrofización del lago.

En lo que respecta al programa de monitoreo **limnológico** y la calidad del agua del lago Atitlán, en los últimos años ha habido un incremento del ingreso de nutrientes y otros contaminantes al lago afectando la transparencia y las concentraciones de oxígeno disuelto en la superficie y en las zonas profundas, ocasionando florecimientos de cianobacterias, algas verdes y diatomeas ocasionando disminución del valor estético y paisajístico del ecosistema. 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, 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  $\alpha$  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.



## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

### CONCLUSIONES

Las condiciones hidrometeorológicas de la cuenca del lago Atitlán tienen un impacto en las condiciones actuales de los recursos hídricos de la cuenca. Dichas características condicionan el comportamiento de los caudales de los principales ríos tributarios, la carga de contaminantes, la calidad de agua de los recursos hídricos, la oscilación del nivel de lago y la dinámica de las comunidades acuáticas. La información hidrométrica y meteorológica generada durante estos cuatro años han permitido analizar e interpretar el comportamiento de la calidad del agua del lago Atitlán y las tendencias de oscilación del nivel del lago y su impacto en las comunidades acuáticas.

La calidad ambiental de la cuenca del lago Atitlán, en términos de la condición del agua, es de mala calidad ambiental. El agua del lago Atitlán, así como de sus principales ríos tributarios, no es apta para consumo humano, recreacional, ni riego. Las principales causas de contaminación de los ríos y del lago son: arrastre de sedimentos, exceso de nutrientes, erosión, escorrentía con aguas residuales, desbordamiento de alcantarillas, actividades agrícolas, deforestación, mal manejo de desechos sólidos, entre otras. Una buena calidad ambiental de las cuencas hidrográficas es importante para el ciclo del agua, la biodiversidad y la integridad de los suelos. Por lo tanto, es importante cuidarlas para mantener la vida silvestre y el balance ecológico.

La calidad ambiental se puede ver impactada, positiva o negativamente, por la acción humana; poniéndose en riesgo la integridad del ambiente, así como la salud de las personas. El manejo, preservación o restauración de una o más características ambientales dentro de la cuenca del lago Atitlán deben ser las acciones a desarrollar como estrategia de planificación para mejorar la calidad ambiental de la cuenca.

La AMSCLAE a través de los distintos programas de evaluación de la calidad ambiental del departamento de investigación y calidad, como estrategia de planificación, reduce la contaminación y mejora la calidad del entorno de la cuenca. La planificación ambiental es una estrategia que integra la coordinación del sector público para atender la problemática ambiental y garantizar el desarrollo sostenible. Las estrategias ambientales son actividades que buscan generar conciencia sobre el ecosistema y reducir los problemas ambientales, 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

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.

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.

Reyes Morales, E., D. Ujpán y S. Valiente. 2018. Batimetría y análisis morfométrico del lago de Atitlán (Guatemala). *Revista Científica*, 27(2), 48-58.

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

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

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.





## DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

### RECOMENDACIONES

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. 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 y evaluar la calidad ambiental de la cuenca del lago Atitlán de una forma sistemática, 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.

### REFERENCIAS CONSULTADAS

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

Baldizón, R., K.P. Seiler y P. Trimborn. 1994. Investigaciones isotópicas ambientales, químicas e hidrogeológicas en la cuenca del lago Atitlán, Guatemala. Instituto de Sismología, Vulcanología, Meteorología e Hidrología - INSIVUMEH-. Guatemala. IAEA-TEC-DOC-835. RLA/8/024-ARCAL XIII.

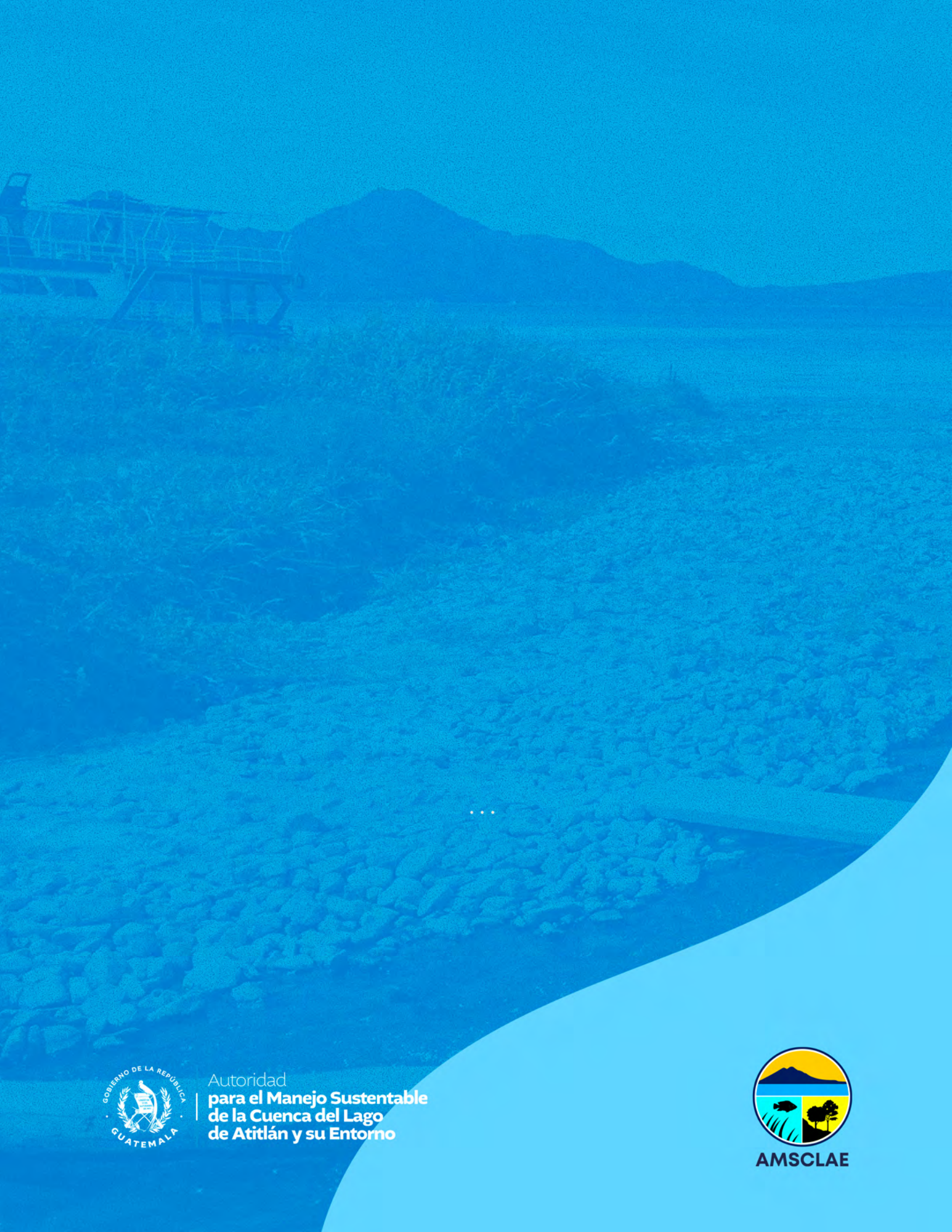
Bellinger, E. y Sigee, D. (2010). Freshwater algae: identification and use as bioindicators. Ltd. Chippenham, Wilts: Gran Bretaña. 285 p.

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.





...



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



AMSCLAE