



Autoridad para el Manejo  
**Sustentable de la Cuenca y  
del Lago de Amatitlán**



## INFORME MENSUAL DE ACTIVIDADES

### DIVISIÓN DE CONTROL, CALIDAD AMBIENTAL Y MANEJO DE LAGOS -AMSA-

**ABRIL, 2026**

Km. 22. Ruta al Pacífico  
Tel: 6624 1700

[www.amsa.gob.gt](http://www.amsa.gob.gt)

Síguenos en



Autoridad del Lago de Amatitlán



INFORME MENSUAL DE ACTIVIDADES, ABRIL 2026  
DIVISIÓN DE CONTROL, CALIDAD AMBIENTAL Y MANEJO DE LAGOS

Elaborado por:

M.A. Ferdiner Ulises González Ortiz: Especialista en Análisis Físicoquímicos

Lic. Herbert Ismatul: Especialista en Cromatografía de Gases

M.A. Julio Roberto Juárez: Especialista en Absorción Atómica

Ing. Alexis Canteros: Especialista en Microbiología

Manuel Juárez, Técnico de Monitoreo

Carol García, Técnico de Biodiversidad

Jeimy Obando, Técnico en Microbiología

T.P.J. Melanie Fraatz de Mendía: Asistente de División

Lcda. Shirley Carrera: jefa de División



## RESUMEN

El lago de Amatitlán es el principal reservorio de agua cercano a la ciudad capital. Este presenta un área superficial de 15 Km<sup>2</sup> y una profundidad media de 18 metros. Su principal afluente natural es el río Villalobos al cual confluyen los ríos tributarios que se distribuyen por 14 municipios que conforman la Cuenca del Lago de Amatitlán. La distribución de los afluentes del río Villalobos a lo largo de los poblados ha permitido que los mismos sean utilizados como receptores de aguas residuales tanto domésticas como industriales, convirtiendo a este afluente en un reservorio cargado de contaminantes químicos y biológicos que, durante su recorrido y al llegar al Lago, afectan las características fisicoquímicas y ecológicas naturales.

Adicional a lo anterior, el crecimiento urbano ha provocado la degradación de los bosques y ecosistemas de la cuenca, impermeabilizando los suelos y causando pérdida de diversidad biológica, lo que genera un impacto también en la capacidad del ecosistema para recuperarse, y en la calidad y cantidad de agua disponible para los distintos usos y para la naturaleza.

Por lo anterior, la Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, a través de la División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos está realizando el levantamiento de la línea base de las características ecológicas y biológicas de la cuenca, así como también el monitoreo constante de las propiedades fisicoquímicas, biológicas y microbiológicas del agua del Lago de Amatitlán y sus afluentes, para establecer el estado en que se encuentran tanto el Lago como sus ríos tributarios, y poder brindar recomendaciones para el manejo y recuperación de los cuerpos de agua y de la cuenca.

Para lograr lo anteriormente descrito, durante el mes de abril del 2026 se realizaron las siguientes actividades:

Monitoreo y análisis de la calidad de agua de siete de los principales ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán.

Monitoreo y análisis de la calidad de agua del lago de Amatitlán.

En el siguiente informe se presentan los resultados y análisis de la calidad de agua de los principales ríos tributarios en la cuenca y del lago de Amatitlán.

## LAGO DE AMATITLÁN

La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, a través de la División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos realiza el monitoreo mensual de las características fisicoquímicas del agua del Lago de Amatitlán y sus afluentes.

Para el monitoreo de la calidad de agua y el estado ecológico del lago de Amatitlán del mes de abril 2026, se realizó el monitoreo y colecta de muestras en 6 puntos de muestreo en el lago. Cada uno de estos puntos presentan características físicas particulares y condiciones específicas, para lo cual, las muestras de agua se toman a distintas profundidades (columna de agua): 0 m, 5 m, 10 m y 20 m (ver Tabla 1 y figura 1).

**Tabla 1: Puntos de muestreo establecidos para el monitoreo de la calidad de agua del lago de Amatitlán.**

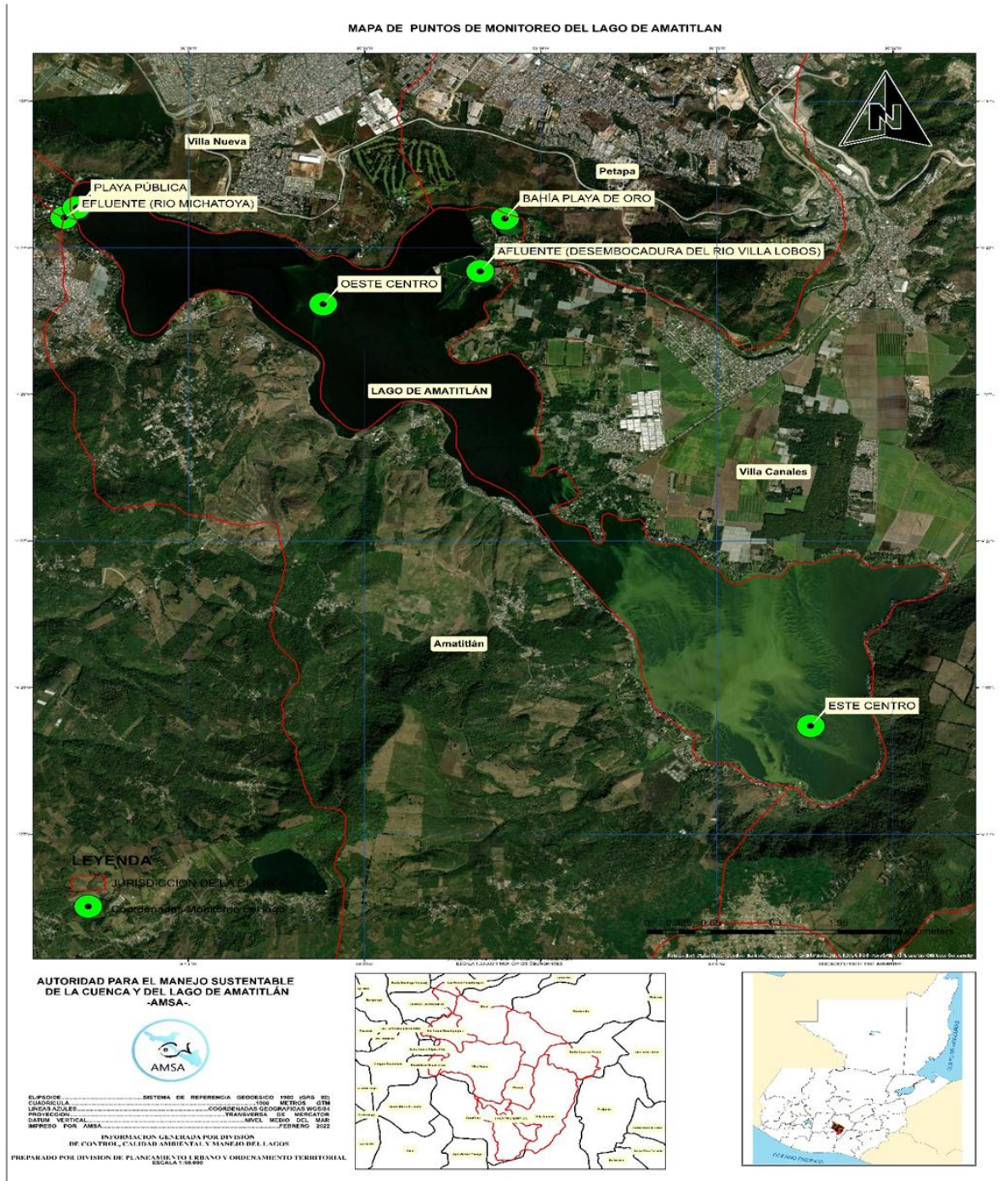
	PUNTOS DE MUESTREO	COORDENADAS		0 METROS	5 METROS	10 METROS	20 METROS
1	Bahia playa de oro	14° 29' 12.0"	90° 34' 12.2"	x	x		
2	Este centro	14° 25' 43.9"	90° 32' 31.8"	x	x	x	x
3	Oeste Centro	14° 28' 37.0"	90° 35' 14.1"	x	x	x	x
4	Afluente (desembocadura del rio villa lobos)	14° 28' 52.3"	90° 34' 20.6"	x			
5	Efluente (Rio Michatoya)	14° 29' 12.4"	90° 36' 42.5"	x			
6	Playa publica	14° 29' 17.2"	90° 36' 38.1"	x			

Fuente: División de control, calidad ambiental y manejo de lagos, 2026.

Para cada uno de los puntos muestreados se realizó el análisis de los siguientes parámetros:

- *In situ*: potencial de hidrógeno, conductividad, oxígeno disuelto, profundidad máxima, sólidos disueltos totales, temperatura, salinidad y transparencia
- Fisicoquímicos: color aparente, color verdadero, demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>), demanda química de oxígeno (DQO), nutrientes (fósforo total, ortofosfatos, nitrógeno de amonio, nitrógeno de nitrato, nitrógeno de nitrito, nitrógeno total) silicatos, solidos suspendidos totales, turbiedad, metales pesados y contaminantes emergentes.
- Microbiológicos: coliformes fecales

**Figura 1: Puntos de muestreo del monitoreo de calidad del agua del lago de Amatitlán**



## Parámetros *In Situ*.

**Tabla No. 2: Parámetros *In Situ* del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Fecha	Hora	Sitio	Profundidad (m)	pH (U)	Temperatura (°c)	Cond. (µS/cm)	Salinidad (%)
7/04/2026	10:28	Este Centro	0	9.654	24.3	614	0.2
7/04/2026	10:34		5	9.531	24	606	0.2
7/04/2026	10:41		10	8.847	22.1	614	0.2
7/04/2026	10:52		20	7.604	21.1	624	0.2
7/04/2026	12:27	Oeste Centro	0	8.432	24	695	0.3
7/04/2026	12:35		5	8.278	23.9	694	0.3
7/04/2026	12:42		10	7.56	22.3	688	0.3
7/04/2026	12:52		20	7.364	21.5	687	0.3
7/04/2026	11:27	Bahía Playa de Oro	0	9.1	25	635	0.2
7/04/2026	11:33		5	8.147	22.5	670	0.3
7/04/2026	13:21	Rio Michatoya	0	8.806	24.7	697	0.3
7/04/2026	11:53	Rio Villalobos	0	7.857	25	854	0.4
7/04/2026	13:28	Playa publica	0	8.779	24.5	693	0.3

NA: no aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

**Tabla No. 3: Parámetros *In Situ* del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Fecha	Hora	Sitio	Profundidad (mts)	TDS (mg/L)	O2 (mg/L)	O2 (%)	Transparencia (m)
7/04/2026	10:28	Este Centro	0	307	14.05	192.4	0.4
7/04/2026	10:34		5	303	11.7	159.3	NA
7/04/2026	10:41		10	307	3.71	48.6	NA
7/04/2026	10:52		20	312	0.001	0.1	NA
7/04/2026	12:27	Oeste Centro	0	348	6.86	93.6	0.6
7/04/2026	12:35		5	347	5.5	74.6	NA
7/04/2026	12:42		10	344	0.001	0.1	NA
7/04/2026	12:52		20	343	0.001	0.1	NA
7/04/2026	11:27	Bahía Playa de Oro	0	317	10.56	146.6	0.45
7/04/2026	11:33		5	335	0.008	0.1	NA
7/04/2026	13:21	Rio Michatoya	0	348	10.59	144.9	0.35
7/04/2026	11:53	Rio Villalobos	0	427	4.12	57.8	NA
7/04/2026	13:28	Playa publica	0	347	10.34	143	0.4

NA: no aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.



### **Transparencia:**

La medición de la transparencia del agua en ecosistemas acuáticos, particularmente en lagos, constituye un parámetro fundamental para la evaluación de su estado trófico, ya que refleja indirectamente la concentración de fitoplancton y de material suspendido en la columna de agua. (Liu et al., 2024; Rivera-Ruiz et al., 2024).

Durante el mes de abril, los puntos de monitoreo registraron valores de transparencia inferiores a 1 metro, determinados mediante el uso del disco Secchi. Los valores oscilaron entre 0.35 y 0.60 metros, evidenciando condiciones de baja claridad en la columna de agua. La menor transparencia se observó en el punto Río Michatoya (0.35 m), lo cual puede atribuirse al aporte de sedimentos, materia orgánica y contaminantes provenientes de la cuenca, factores que incrementan la turbidez y reducen la penetración de la luz (Hernández et al., 2025).

Por otro lado, el valor más alto de transparencia se registró en el punto Oeste centro (0.60 m), lo que sugiere una ligera mejora en la penetración de la luz respecto a los demás sitios evaluados. Los puntos Bahía Playa de Oro (0.45 m), Este centro (0.40 m) y Playa pública (0.40 m) presentaron condiciones intermedias, manteniendo en general una baja transparencia en todo el sistema.

Estos resultados evidencian condiciones típicas de un sistema eutrofizado, caracterizado por altas concentraciones de nutrientes, proliferación de algas y abundante materia suspendida, lo cual incide directamente en la disminución de la calidad óptica del agua y es consistente con tendencias observadas en lagos con presión antrópica significativa (Zhang et al., 2024; Hanly et al., 2025).

### **Oxígeno**

El oxígeno disuelto (OD) es un parámetro fundamental para evaluar la calidad del agua y el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos, ya que su concentración está directamente relacionada con la actividad biológica, la descomposición de materia orgánica y los procesos de estratificación térmica. En sistemas eutrofizados, es común observar una disminución marcada del oxígeno con la profundidad, llegando incluso a condiciones anóxicas en capas profundas (Wetzel, 2001; Kalff, 2002).

Los datos registrados durante el mes de abril, en el estrato superficial (epilimnion), la mayoría de los puntos presentaron concentraciones elevadas de oxígeno disuelto, superando los 10 mg/L en sitios como Este centro (14.05 mg/L), Bahía Playa de Oro (10.56 mg/L), Río Michatoya (10.59 mg/L) y Playa pública (10.34 mg/L). Estos valores pueden estar asociados a procesos de fotosíntesis activa del fitoplancton y a la interacción con la atmósfera.

En cuanto a los perfiles de profundidad, se evidencia una marcada disminución del oxígeno disuelto con el incremento de la profundidad. En el punto Este centro, los valores descienden de 14.05 mg/L en superficie a 11.7 mg/L a 5 m, disminuyendo considerablemente a 3.71 mg/L a 10 m hasta alcanzar condiciones anóxicas a 20 m (0.001 mg/L). De forma similar, en el punto Oeste centro se observa una reducción progresiva desde 6.86 mg/L en superficie

hasta condiciones prácticamente anóxicas a 10 m (0.001 mg/L) y completamente anóxicas a 20 m (0 mg/L).

Particularmente, en Bahía Playa de Oro se observa una caída abrupta del oxígeno disuelto, pasando de 10.56 mg/L en superficie a valores casi nulos a 5 m (0.008 mg/L), lo cual sugiere una alta demanda biológica de oxígeno, posiblemente asociada a la degradación de materia orgánica. Este comportamiento indica una intensa actividad microbiana que contribuye al consumo de oxígeno en la columna de agua.

Estos resultados evidencian un perfil típico de sistemas eutrofizados o hipereutrofizados, caracterizado por una fuerte estratificación y la presencia de condiciones anóxicas en el hipolimnion. La limitada disponibilidad de oxígeno en profundidad puede favorecer procesos reductores y afectar negativamente la biota acuática, siendo consistente con la dinámica observada en lagos sometidos a alta presión antrópica (Wetzel, 2001; Pauer & Auer, 2000).

### Temperatura

La temperatura es un parámetro clave en la evaluación de ecosistemas acuáticos, ya que influye en procesos fisicoquímicos y biológicos, así como en la estratificación de la columna de agua. En el lago de Amatitlán, las temperaturas superficiales oscilaron entre 24.0 °C y 25.0 °C, valores típicos de sistemas tropicales (Lewis, 1987).

Los perfiles de temperatura evidencian una estratificación térmica moderada. En Este Centro, la temperatura disminuyó de 24.3 °C en superficie a 21.1 °C a 20 m, con una diferencia de 3.2 °C. En Oeste Centro, descendió de 24.0 °C a 21.5 °C, con una diferencia de 2.5 °C.

Estos gradientes térmicos indican estabilidad en la columna de agua y limitan la mezcla vertical, lo que influye en la disminución del oxígeno disuelto en profundidad. Este comportamiento es característico de lagos tropicales con procesos de estratificación y condiciones eutrofizadas.

### Parámetros Fisicoquímicos

**Tabla 4: Parámetros fisicoquímicos de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

Sitio	Prof. (m)	Color aparente (U Pt-Co)	Color verdadero (U Pt-Co)	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Relación DBO5/DQO
Este Centro	0	195	14	10	58	0.17
	5	176	10	8	33	0.24
	10	23	9	5	11	0.45
	20	72	13	< 2	< 5	0.01
Oeste Centro	0	138	26	15	21	0.71
	5	160	35	7	27	0.26
	10	126	31	6	15	0.40
	20	90	27	5	12	0.42
Bahía Playa de Oro	0	230	19	10	31	0.32
	5	57	13	4	8	0.50

Rio Michatoya	0	273	40	14	52	0.27
Rio Villalobos	0	320	90	45	82	0.55
Playa publica	0	290	38	15	47	0.27

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

**Tabla 5: Parámetros fisicoquímicos de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

Sitio	Prof. (m)	Fosforo total (mg/L)	Ortofosfatos (mg/L)	Nitrógeno de amonio (mg/L)	Nitrógeno de nitrato (mg/L)	Nitrógeno de nitrito (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)
Este Centro	0	0.294	0.0883	0.0105	< 0.0500	< 0.0010	3.0443
	5	0.2579	0.0913	0.0055	< 0.0500	< 0.0010	2.6589
	10	0.186	0.1699	0.015	0.6902	0.0824	1.5229
	20	0.3018	0.2774	0.4774	0.7035	0.1209	2.2366
Oeste Centro	0	0.6847	0.5566	0.2755	2.0004	0.2033	5.382
	5	0.699	0.5663	0.3338	2.0453	0.2022	5.0642
	10	0.6859	0.6259	1.513	1.0007	0.5039	4.6193
	20	0.8352	0.7697	3.024	0.175	0.0989	4.8131
Bahía Playa de Oro	0	0.3326	0.1758	0.0099	< 0.0500	< 0.0010	2.1243
	5	0.2923	0.2603	0.451	< 0.0500	< 0.0010	1.5164
Rio Michatoya	0	0.7869	0.521	0.025	2.0529	0.1675	6.1734
Rio Villalobos	0	2.9245	2.2564	18.3986	< 0.0500	0.0217	25.5885
Playa publica	0	0.7941	0.5242	0.0101	2.0350	0.1733	7.3092

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

**Tabla 6: Parámetros fisicoquímicos de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

Sitio	Prof. (m)	Silicatos (mg/L)	Solidos suspendidos Totales (mg/L)	Turbiedad (NTU)
Este Centro	0	15.21	29	47
	5	14.92	22	46
	10	14.54	1	3
	20	14.26	1	4
Oeste Centro	0	30.71	14	33
	5	30.66	11	21
	10	30.68	6	10
	20	31.51	4	7
Bahia Playa de Oro	0	72.79	22	45
	5	75.08	2	6
Rio Michatoya	0	30.63	33	59
Rio Villalobos	0	84.11	29	22
Playa publica	0	30.48	36	72

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

## Nutrientes

- **Fósforo total (PT) y ortofosfatos (PO<sub>4</sub>-P):**

El fósforo es un nutriente esencial en los ecosistemas acuáticos, ya que forma parte de compuestos fundamentales como el ATP, ácidos nucleicos y fosfolípidos, desempeñando un papel clave en los procesos metabólicos de los organismos (Rodríguez Martínez, 2013).

Para el mes de abril, los valores de fósforo total (PT) en el lago de Amatitlán mostraron un comportamiento similar al registrado en marzo, con ligeras variaciones espaciales. Sin embargo, se evidenció una disminución en la concentración en la desembocadura del río Villalobos (2.9245 mg/L en abril comparado con valores superiores en marzo), aunque este punto continúa siendo el principal aporte de fósforo al sistema.

En los puntos de Este Centro y Oeste Centro, las concentraciones en el epilimnion fueron de 0.294 mg/L y 0.6847 mg/L, respectivamente, valores que superan ampliamente el umbral de 0.10 mg/L, clasificando al lago como hipereutrófico según Wetzel (2001).

A diferencia del período anterior, en abril se observa una mayor variabilidad con la profundidad, particularmente en el punto de Este Centro, donde los valores disminuyen a 10 m y aumentan nuevamente a 20 m. Este comportamiento sugiere una transición entre el período de mezcla y el inicio de estratificación térmica, lo que favorece la acumulación de nutrientes en el fondo y su liberación posterior.

En Bahía Playa de Oro, los valores de PT (0.3326 mg/L en superficie) aumentaron ligeramente respecto a marzo, lo cual puede estar asociado a un incremento en la turbidez y sólidos suspendidos, favoreciendo la retención y disponibilidad de fósforo en la columna de agua.

- **Nitrógeno Total (NT), Nitrógeno de nitrato (NO<sub>3</sub>-N), Nitrógeno de nitrito (NO<sub>2</sub>-N) y de amonio (NH<sub>4</sub>-N):**

El nitrógeno es un nutriente esencial que forma parte de proteínas, ácidos nucleicos y otros compuestos vitales para los organismos acuáticos (Wetzel, 2001). Su dinámica en lagos está influenciada por procesos biológicos como la nitrificación, así como por condiciones fisicoquímicas del agua.

Durante abril, los valores de nitrógeno total (NT) se mantuvieron en rangos similares a los registrados en marzo, aunque se observó una disminución en el río Villalobos (25.5885 mg/L) en comparación con el mes anterior, indicando una ligera reducción en la carga externa, pero manteniéndose como un punto crítico de contaminación.

En los puntos de Oeste Centro, Río Michatoya y Playa pública, los valores de NT se mantuvieron elevados (entre 4.6 y 7.3 mg/L), evidenciando una distribución homogénea de nutrientes en el lago.

En cuanto al amonio (NH<sub>4</sub>-N), se observa un comportamiento importante en abril, En Este Centro, aumenta significativamente con la profundidad (0.4774 mg/L a 20 m) y en Oeste

Centro, se incrementa notablemente en el fondo (hasta 3.024 mg/L). Este patrón indica la presencia de procesos de descomposición anaerobia y liberación de nutrientes desde los sedimentos (carga interna).

Por otro lado, los valores de nitratos y nitritos presentan concentraciones detectables en profundidad, lo que sugiere que aún ocurren procesos de nitrificación, aunque posiblemente limitados por la disponibilidad de oxígeno en zonas más profundas. Esto refleja un sistema en transición, donde coexisten procesos aerobios y anaerobios.

## Otros análisis

- **Demanda Bioquímica (DBO<sub>5</sub>) y Química de Oxígeno (DQO)**

En sistemas hipereutróficos como el lago de Amatitlán, las concentraciones de DQO suelen ser elevadas debido a la acumulación de materia orgánica proveniente de la actividad biológica y descargas externas (Zhang, 2021).

Para abril, se observa que, en Este Centro, la DQO en superficie fue de 58 mg/L, similar a marzo, indicando persistencia de materia orgánica disuelta. En Río Villalobos, la DBO<sub>5</sub> (45 mg/L) y DQO (82 mg/L) continúan reflejando una alta carga orgánica biodegradable, asociada a descargas recientes.

La relación DBO<sub>5</sub>/DQO en la mayoría de los puntos fue menor a 0.5, lo que indica; Predominio de materia orgánica poco biodegradable o ya estabilizada, Baja actividad microbiana en comparación con la carga orgánica disponible. Sin embargo, en el punto de Oeste Centro (0.71 en superficie), se evidencia una alta biodegradabilidad, lo que sugiere aportes recientes de materia orgánica.

En profundidad (10–20 m), las relaciones tienden a disminuir considerablemente, lo cual indica, Procesos de degradación avanzada y posible limitación de oxígeno

- **Contenido de Sílice**

El contenido de sílice en aguas naturales generalmente varía entre 1 y 30 mg/L (Romeo Rojas, 2009), siendo un nutriente importante para organismos como las diatomeas. Para el mes de abril, se observa que el punto de Este Centro presenta valores dentro del rango esperado (~14–15 mg/L), mientras que en Oeste Centro (~30 mg/L) se alcanzan concentraciones en el límite superior. En contraste, Bahía Playa de Oro (72–75 mg/L) y el río Villalobos (84.11 mg/L) muestran concentraciones considerablemente elevadas. Estos valores pueden atribuirse al aporte de material mineral por escorrentía, al transporte de sedimentos ricos en sílice —especialmente en el caso del río Villalobos— y a condiciones de menor renovación del agua en Bahía Playa de Oro, lo que favorece su acumulación. En este sentido, la alta concentración de silicatos puede promover el crecimiento de diatomeas, influyendo en la composición y dinámica del fitoplancton del lago.

## CLOROFILA A Y FEOFITINA A

La clorofila  $a$  es el principal pigmento fotosintético presente en todas las algas y cianobacterias, por lo que su cuantificación constituye uno de los indicadores más utilizados para estimar la biomasa fitoplanctónica y el estado trófico de los cuerpos de agua (Wetzel, 2001; Sòria-Perpinyà et al., 2019). Este parámetro puede determinarse mediante diferentes metodologías analíticas, como espectrofotometría o HPLC, empleando solventes orgánicos como acetona, metanol o etanol para la extracción (APHA, 2017).

Por su parte, la feofitina  $a$  es un producto de degradación de la clorofila  $a$  que se forma cuando la molécula pierde su átomo central de magnesio, generalmente por procesos de acidificación o degradación natural. Su cuantificación es importante debido a que absorbe en longitudes de onda similares a la clorofila  $a$ , lo que puede generar una sobreestimación si no se corrige adecuadamente (APHA, 2017).

**Tabla 7: Resultados de clorofila-a y feofitina de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

Sitio	Volumen filtrado (mL)	No. De filtraciones	Concentración de Clorofila- $a$ ( $\mu\text{g/L}$ )	Concentración de feofitina ( $\mu\text{g/L}$ )
<b>Este Centro</b>	150	1	29.19	4.62
<b>Bahía Playa de Oro</b>	150	1	28.66	4.33
<b>Oeste Centro</b>	150	1	19.94	4.57
<b>Río Michatoya</b>	150	1	50.2	7.21
<b>Playa Pública</b>	150	1	45.57	7.45

**Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.**

En el mes de abril, las concentraciones de clorofila-a registradas (19.94–50.2  $\mu\text{g/L}$ ) evidencian una alta biomasa fitoplanctónica, característica de sistemas eutróficos a hipereutróficos. Los valores más elevados se observaron en Río Michatoya (50.2  $\mu\text{g/L}$ ) y Playa Pública (45.57  $\mu\text{g/L}$ ), lo que sugiere una mayor disponibilidad de nutrientes y condiciones favorables para el crecimiento algal en estos sitios. En contraste, Oeste Centro (19.94  $\mu\text{g/L}$ ) presentó la menor concentración, aunque aún dentro de un rango asociado a eutrofización.

Las concentraciones de feofitina (4.33–7.45  $\mu\text{g/L}$ ) muestran una variabilidad moderada, con valores más altos en Playa Pública (7.45  $\mu\text{g/L}$ ) y Río Michatoya (7.21  $\mu\text{g/L}$ ), lo que indica una mayor proporción de biomasa fitoplanctónica en proceso de degradación en estos puntos. No obstante, la relación feofitina/clorofila-a se mantiene relativamente baja (aproximadamente  $<0.2$  en todos los sitios), lo que sugiere que, a pesar de los procesos de

degradación, la comunidad fitoplanctónica se encuentra mayoritariamente activa y en fase de crecimiento al momento del muestreo.

## MICROBIOLOGÍA

Se realizaron análisis de coliformes fecales en el lago de Amatitlán con el objetivo de evaluar el grado de contaminación de origen fecal en este ecosistema acuático. Las bacterias coliformes fecales son ampliamente utilizadas como indicadores microbiológicos, ya que su presencia está asociada a contaminación por materia fecal de origen humano o animal, representando un riesgo potencial para la salud pública (Hoyer et al., 2006).

**Tabla 8: Calidad microbiológica de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

Sitio	Prof. (m)	Coliformes Fecales (NMP/100ml)
Este Centro	0	<1.8
Bahia Playa de Oro	0	2.30E+01
Rio Villalobos	0	1.70E+06
Oeste Centro	0	1.70E+03
Rio Michatoya	0	1.40E+02
Playa publica	0	3.50E+02

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

Los resultados obtenidos durante el período evaluado evidencian variabilidad en las concentraciones de coliformes fecales entre los diferentes puntos de monitoreo. La mayoría de los sitios presentaron valores inferiores al límite de referencia de 1000 NMP/100 mL, como en Este centro (<1.8 NMP/100 mL), Bahía Playa de Oro (23 NMP/100 mL), Río Michatoya (140 NMP/100 mL) y Playa pública (350 NMP/100 mL). Estos valores, aunque relativamente bajos, indican la presencia de contaminación fecal en el sistema.

Sin embargo, el punto Oeste centro registró un valor de 1700 NMP/100 mL, superando el límite establecido de 1000 NMP/100 mL, lo que evidencia una condición de contaminación fecal significativa en esta zona. Este incremento podría estar asociado a descargas puntuales, acumulación de contaminantes o menor dilución en el área.

Las variaciones observadas pueden estar influenciadas por factores como la reducción del caudal, característica de periodos de estiaje, lo cual favorece la concentración de contaminantes en el cuerpo de agua. Asimismo, las actividades antropogénicas en la cuenca contribuyen al aporte de microorganismos indicadores.

En términos de riesgo, concentraciones superiores a 1000 NMP/100 mL representan un peligro para la salud humana en caso de contacto directo con el agua, especialmente en actividades recreativas, debido a la posible presencia de patógenos asociados a enfermedades gastrointestinales (Lloyd & Bartram, 1991). En este sentido, aunque la mayoría de los puntos se encuentran por debajo del límite, la presencia de coliformes fecales en todos los sitios evaluados indica que el agua no es apta para consumo humano sin

tratamiento previo y que se deben mantener medidas de monitoreo y control para reducir los riesgos sanitarios.

## **CONCENTRACIÓN DE CIANOTOXINAS (MICROCISTINAS) TOTALES (µg/L):**

Las microcistinas son toxinas producidas por cianobacterias, ampliamente reconocidas por sus efectos adversos en la salud humana y en los ecosistemas acuáticos. Estas sustancias pueden generar daño hepático, actuar como promotores tumorales y causar estrés oxidativo en las células expuestas (Wu et al., 2019). La Organización Mundial de la Salud establece un valor guía de 1 µg/L de microcistinas en agua destinada al consumo humano, el cual sirve como referencia para evaluar riesgos sanitarios (WHO, 2020).

**Tabla 9: Concentración de microcistinas totales y disueltas de los seis puntos de monitoreo, abril 2026.**

<b>Sitio</b>	<b>Prof. (m)</b>	<b>Microcistinas totales (µg/L)</b>	<b>Microcistinas disueltas (µg/L)</b>
<b>Este Centro</b>	0	5.7951	0.7181
<b>Bahia Playa de Oro</b>	0	4.307	<0.3
<b>Rio Villalobos</b>	0	NA	NA
<b>Oeste Centro</b>	0	2.5113	<0.3
<b>Rio Michatoya</b>	0	4.8542	0.5443
<b>Playa publica</b>	0	4.9088	0.6896

NA: No aplica

**Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.**

Durante el mes de abril, las concentraciones de microcistinas totales superaron el límite recomendado por la OMS en todos los puntos de monitoreo. Los valores oscilaron entre 2.5113 µg/L en Oeste centro y 5.7951 µg/L en Este centro, siendo este último el punto con mayor concentración. Otros sitios como Playa pública (4.9088 µg/L), Río Michatoya (4.8542 µg/L) y Bahía Playa de Oro (4.307 µg/L) también presentaron valores elevados, evidenciando una distribución generalizada de estas toxinas en el sistema.

En cuanto a las microcistinas disueltas, se registraron concentraciones detectables en algunos puntos, como Este centro (0.7181 µg/L), Playa pública (0.6896 µg/L) y Río Michatoya (0.5443 µg/L), mientras que en Bahía Playa de Oro y Oeste centro los valores se mantuvieron por debajo de 0.3 µg/L. Esto indica que una proporción importante de las microcistinas se encuentra contenida dentro de las células de cianobacterias (fracción particulada), lo cual representa un riesgo potencial, ya que estas toxinas pueden liberarse al agua tras la lisis celular.

La presencia generalizada de microcistinas por encima del valor guía de la OMS refleja condiciones de eutrofización en el lago de Amatitlán, asociadas a altas concentraciones de

nutrientes, estabilidad térmica y limitada mezcla de la columna de agua, lo que favorece la proliferación de cianobacterias. Estas condiciones incrementan el riesgo para la salud humana en caso de contacto o consumo del agua, especialmente en zonas recreativas como Playa pública, por lo que se recomienda restringir actividades como la natación, evitar su consumo sin tratamiento y fortalecer las acciones de monitoreo y control.

## METALES PESADOS

**Tabla 10: Análisis de metales pesados registrados en los seis puntos de monitoreo, abril 2026**

Sitio	Profundidad (m)	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Níquel (mg/L)	Zinc (mg/L)	Hierro (mg/L)
Este centro	0	0.016	0.0018	0.008	0.014	ND	ND	<0.359	ND	ND
	5	0.012	0.0016	0.005	0.015	ND	ND	<0.359	ND	ND
	10	0.013	0.0016	0.005	0.016	ND	ND	<0.359	ND	ND
	20	0.014	0.0016	0.006	0.015	ND	ND	<0.359	ND	ND
Bahía Playa de Oro	0	0.027	0.0016	0.006	0.015	ND	ND	ND	ND	ND
	5	0.028	0.0017	0.006	0.016	ND	ND	<0.359	ND	ND
Río Villalobos (desembocadura)	0	0.014	0.0018	0.007	0.015	ND	ND	ND	ND	<0.598
Oeste centro	0	0.026	0.0018	0.007	0.016	ND	ND	ND	ND	ND
	5	0.025	0.0018	ND	0.020	ND	ND	ND	ND	ND
	10	0.022	0.0016	ND	0.019	ND	ND	ND	ND	ND
	20	0.018	0.0016	<0.003	0.018	ND	ND	ND	ND	ND
Río Michatoya	0	0.024	0.0019	<0.003	0.022	ND	ND	<0.359	ND	ND
Playa pública	0	0.020	0.0017	<0.003	0.018	ND	ND	<0.359	ND	ND

ND: No detectado

**Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.**

### Arsénico:

Los resultados de arsénico total en el lago se encontraron en un rango de 0.012–0.028 mg/L, observándose los valores más elevados en Bahía Playa de Oro (0 y 5 m) y Oeste Centro (0 m), mientras que los valores más bajos se registraron en Este Centro (5–10 m). La concentración media estimada es de aproximadamente 0.020 mg/L. Estos valores exceden el valor guía de 0.010 mg/L establecido por la World Health Organization (2022) y adoptado como referencia por la United States Environmental Protection Agency (2023) para agua de consumo humano. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.006 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

La distribución espacial sugiere una mayor influencia de fuentes de contaminación en zonas como Bahía Playa de Oro y Oeste Centro. La exposición crónica al arsénico se asocia a efectos adversos como cáncer, enfermedades cardiovasculares y alteraciones neurológicas (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020).



### **Cadmio:**

Las concentraciones de cadmio total oscilaron entre 0.0016–0.0019 mg/L, con una media aproximada de 0.0017 mg/L, mostrando poca variación espacial.

Estos valores se encuentran por debajo del límite para agua potable de 0.003 mg/L (World Health Organization, 2022), pero ligeramente por encima del criterio para protección de vida acuática (~0.00114 mg/L) (United States Environmental Protection Agency, 2020). El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.0002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

El cadmio es un metal altamente tóxico y bioacumulativo, asociado a daño renal, desmineralización ósea y carcinogenicidad en exposiciones prolongadas (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020).

### **Cromo:**

Las concentraciones de cromo total se encontraron en el rango de <0.003–0.008 mg/L, con valores cuantificables principalmente en Este Centro y Bahía Playa de Oro. La media estimada es de 0.005–0.006 mg/L. Estos valores se encuentran por debajo del valor guía de 0.05 mg/L para agua potable (World Health Organization, 2022; United States Environmental Protection Agency, 2023). El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

No obstante, es importante considerar que el cromo puede presentarse en distintas formas químicas, siendo el cromo hexavalente significativamente más tóxico que el trivalente (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020).

### **Plomo:**

Las concentraciones de plomo total variaron entre 0.014–0.022 mg/L, con valores más altos en Río Michatoya (0 m) y Oeste Centro. La media estimada es de 0.017–0.018 mg/L. Estos valores superan el límite de 0.010 mg/L establecido por la OMS (2022) y la EPA (2023), lo cual representa una condición crítica desde el punto de vista sanitario. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

La OMS indica que no existe un nivel seguro de exposición al plomo, especialmente en poblaciones vulnerables como niños y mujeres embarazadas (World Health Organization, 2023). La exposición puede causar daño neurológico irreversible, disminución del coeficiente intelectual y alteraciones del comportamiento.

### **Níquel:**

Las concentraciones de níquel fueron no detectables o menores al límite de cuantificación (<0.359 mg/L). La OMS establece un valor guía de 0.07 mg/L (World Health Organization, 2022); sin embargo, el límite de cuantificación del método empleado impide una evaluación concluyente del cumplimiento. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA, que es de 0.359 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de llama).

El níquel puede generar efectos adversos como alergias, toxicidad sistémica y potencial carcinogenicidad en exposiciones elevadas (Agency for Toxic Substances and Disease Registry, 2020).

### **Hierro:**

Las concentraciones de hierro total fueron mayormente no detectables, con un valor puntual en Río Villalobos ( $<0.598$  mg/L). El valor guía de la OMS es de 0.30 mg/L, por lo que este resultado sugiere una posible elevación localizada (World Health Organization, 2022).

Aunque el hierro no es altamente tóxico, puede afectar características organolépticas del agua y generar impactos en la calidad ambiental.

### **Metales no detectados**

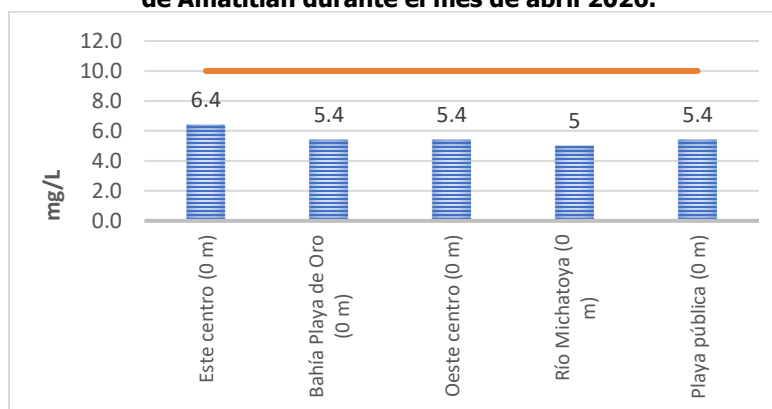
Para el período de abril de 2026, las concentraciones de mercurio, cobre y zinc en el lago de Amatitlán fueron no detectables (ND) en todos los puntos de monitoreo y profundidades evaluadas, indicando que sus niveles se encuentran por debajo de los límites de detección de las metodologías analíticas empleadas.

De acuerdo con los valores guía establecidos por la World Health Organization (2022), estos metales presentan límites permisibles de 0.006 mg/L para mercurio, 2.0 mg/L para cobre y 3.0 mg/L para zinc, por lo que los resultados obtenidos sugieren que, durante el período evaluado, no representan una presión significativa sobre la calidad del agua ni un riesgo sanitario inmediato.

## **GRASAS Y ACEITES**

Las grasas y aceites son compuestos que pueden generar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos, principalmente por su capacidad de formar películas en la superficie del agua que limitan el intercambio gaseoso y reducen la disponibilidad de oxígeno disuelto, afectando el equilibrio ecológico del sistema (Wetzel, 2001).

**Gráfica 1: Valores de grasas y aceites (mg/L) registrados en cinco puntos de monitoreo del lago de Amatitlán durante el mes de abril 2026.**



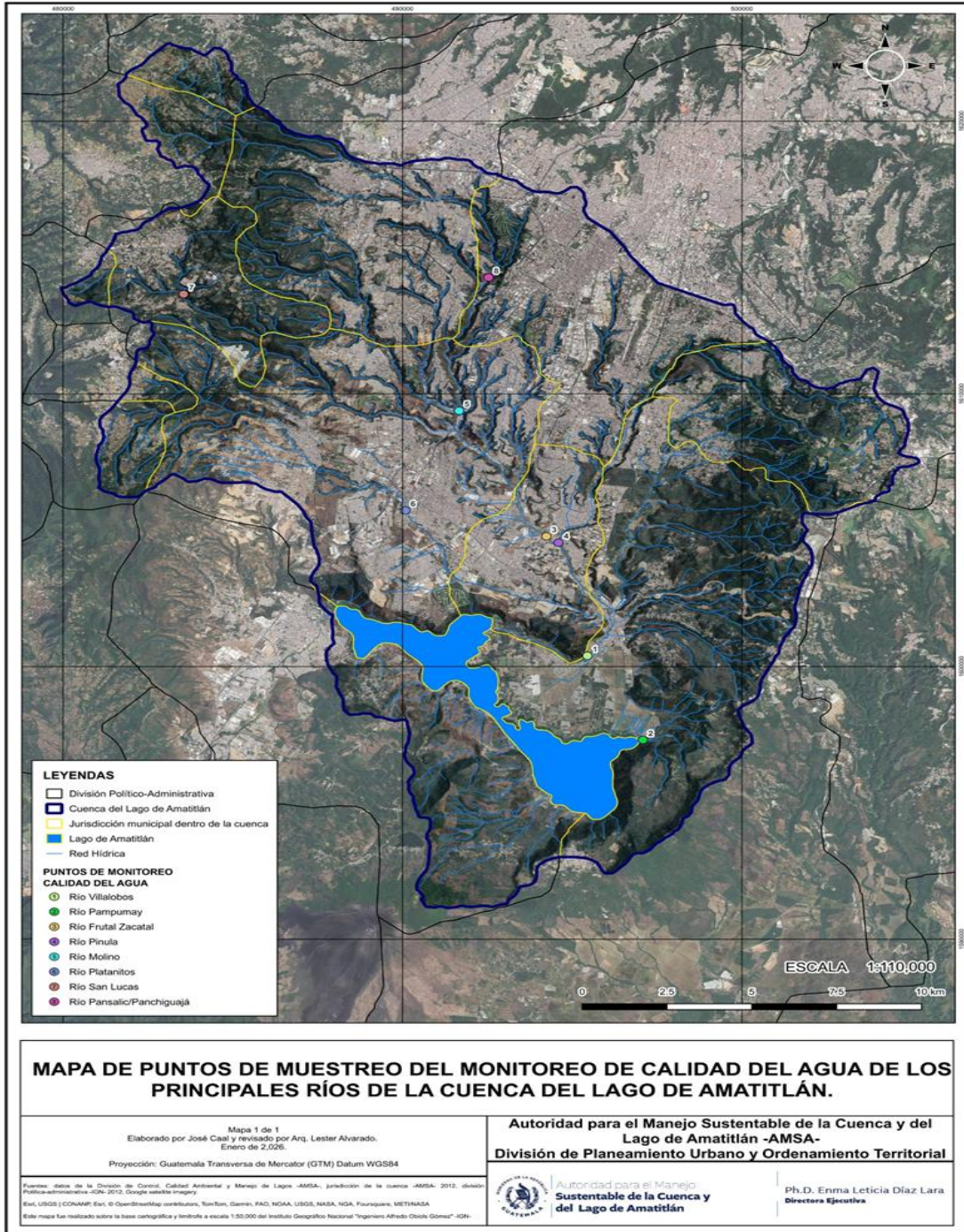
Fuente: División de control, calidad ambiental y manejo de lagos, 2026.



Durante el mes de abril, las concentraciones de grasas y aceites presentaron valores relativamente homogéneos entre los puntos de monitoreo, oscilando entre 5.0 y 6.4 mg/L. El valor más alto se registró en el punto "Este centro" (6.4 mg/L), mientras que los valores más bajos se observaron en Río Michatoya (5.0 mg/L). Los puntos Bahía Playa de Oro, Oeste centro y Playa pública presentaron concentraciones similares de 5.4 mg/L.

Las concentraciones registradas de grasas y aceites, consideradas elevadas, evidencian la influencia de descargas de aguas residuales y otras fuentes de origen antrópico, las cuales pueden formar películas superficiales que limitan el intercambio de oxígeno y agravan la disminución del oxígeno disuelto, especialmente bajo condiciones de alta carga orgánica y estratificación. En conjunto, estos resultados reflejan una presión adicional sobre la calidad del agua del lago, con posibles efectos negativos sobre organismos acuáticos como peces, moluscos y crustáceos, lo que resalta la necesidad de fortalecer el control de vertidos y la gestión integral de la cuenca.

## RIOS



La Autoridad para el Manejo Sustentable de la Cuenca y del Lago de Amatitlán, a través de la División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de Lagos, realiza el monitoreo mensual de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán con el fin de evaluar su calidad ambiental. En el monitoreo correspondiente al mes de abril de 2026, se programó la evaluación de los principales tributarios, incluyendo el punto de muestreo establecido en el Río Pampumay; sin embargo, durante la visita de campo no fue posible efectuar la toma de muestra, debido a que el caudal del río había sido desviado aguas arriba del punto de monitoreo. Como resultado, en el sitio únicamente se observó el lecho completamente seco, lo que impidió la medición de parámetros in situ y la recolección de muestras para análisis de laboratorio.

## Parámetros *In Situ*

**Tabla 11: Parámetros in situ de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Fecha	Hora	Sitio	Altitud (msnm)	Caudal (L/s)	pH (U)	Temperatura (°C)	Conductividad (µS/cm)	Salinidad (%)	TDS (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Porcentaje de saturación de oxígeno (%)
13/04/2026	10:35	Río Villalobos	1,217	1,575.00	8.063	22.9	913	0.4	457	3.91	52.1
14/04/2026	10:11	Río Frutal Zacatal	1,226	575.30	7.889	25.2	1041	0.5	521	0.031	0.4
14/04/2026	11:32	Río Pinula	1,227	620.70	7.951	26.6	898	0.4	450	0.019	0.3
16/04/2026	10:35	Río San Lucas	1,925	84.23	7.736	18.1	803	0.3	402	1.33	18.1
16/04/2026	12:35	Río Pansalic/Panchiguajá	1,404	219.90	8.095	24.5	1101	0.5	551	0.003	0.2
20/04/2026	09:40	Río Molino	1,313	550.70	8.024	21.3	621	0.2	311	6.67	87.2
20/04/2026	11:10	Río Platanitos	1,335	93.76	8.032	24.6	902	0.4	451	2.16	30
NA	NA	Río Pampumay	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA: No aplica

**Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.**

## Potencial de hidrógeno (pH):

La acidez o basicidad del agua, expresada mediante el pH, refleja el equilibrio entre los iones de hidrógeno (H<sup>+</sup>) y los iones hidróxido (OH<sup>-</sup>) presentes en el medio. Este parámetro se mide en una escala de 1 a 14, donde valores cercanos a 7 indican neutralidad, valores menores acidez y valores mayores alcalinidad.

Durante abril de 2026, los valores de pH registrados en los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán oscilaron entre 7.736 (Río San Lucas) y 8.095 (Río Pansalic/Panchiguajá), manteniéndose dentro del rango de 6.5 a 9.0 establecido como adecuado para la vida acuática (EPA, 2009).

Estos resultados evidencian condiciones ligeramente alcalinas en todos los puntos monitoreados, lo cual es característico de sistemas con alta presencia de carbonatos y bicarbonatos, asociados a la geología de la cuenca. No obstante, al igual que en



evaluaciones anteriores, estos valores no necesariamente reflejan una buena calidad ambiental, sino una elevada capacidad de amortiguación química del sistema.

En comparación con el mes anterior, donde se registraron valores entre 7.72 y 8.12, no se observan variaciones significativas, lo que sugiere estabilidad en este parámetro.

### **Temperatura (°C)**

La temperatura del agua es un factor determinante en los procesos fisicoquímicos y biológicos de los ecosistemas acuáticos, influyendo directamente en la solubilidad del oxígeno disuelto, metabolismo de los organismos y tasas de descomposición.

En abril de 2026, las temperaturas registradas oscilaron entre 18.1 °C (Río San Lucas) y 26.6 °C (Río Pinula), manteniéndose dentro del rango considerado adecuado (<35 °C) para la biota acuática.

El valor más bajo se registró en el Río San Lucas, lo cual es consistente con su mayor altitud (1,925 msnm), condiciones climáticas más frías y presencia de cobertura vegetal ribereña que limita la radiación solar directa. Por el contrario, los ríos ubicados en zonas más urbanizadas, como el Río Pinula y Río Frutal Zacatal, presentaron temperaturas más elevadas, asociadas a menor cobertura vegetal y mayor exposición térmica.

El incremento general de la temperatura respecto a meses previos puede atribuirse a condiciones propias de la época de estiaje, caracterizada por menores caudales y mayor calentamiento del agua.

### **Conductividad**

La conductividad eléctrica refleja la concentración de sales disueltas en el agua, siendo un indicador indirecto de la presencia de contaminantes de origen natural o antropogénico. Valores entre 150 y 500  $\mu\text{S}/\text{cm}$  se consideran normales para ríos (EPA, 2009).

Durante abril de 2026, los valores de conductividad oscilaron entre 621  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Río Molino) y 1101  $\mu\text{S}/\text{cm}$  (Río Pansalic/Panchiguajá), superando en todos los casos el rango considerado natural. Esto indica una elevada carga de sólidos disueltos, asociada principalmente a descargas de aguas residuales domésticas, industriales y escorrentía urbana.

Los valores más altos registrados en ríos como Pansalic/Panchiguajá, Frutal Zacatal y Villalobos evidencian una fuerte influencia antropogénica, mientras que valores relativamente menores, como en el Río Molino, sugieren una menor carga contaminante en comparación con los demás sitios evaluados.



### **Oxígeno Disuelto**

El oxígeno disuelto es un indicador clave de la calidad del agua, ya que es esencial para la respiración de organismos acuáticos y el equilibrio de los procesos biogeoquímicos. Valores iguales o superiores a 5 mg/L se consideran adecuados para la vida acuática.

En abril de 2026, únicamente el Río Molino (6.67 mg/L) cumple con este criterio, presentando además un porcentaje de saturación de 87.2%, lo cual indica condiciones favorables para el desarrollo de la biota acuática.

En contraste, el resto de los ríos presentan concentraciones críticas de oxígeno disuelto, destacando valores extremadamente bajos en el Río Pansalic/Panchiguajá (0.003 mg/L), Río Pinula (0.019 mg/L) y Río Frutal Zacatal (0.031 mg/L), lo que evidencia condiciones severas de contaminación orgánica y posible anoxia.

Estos bajos niveles de OD están asociados a altas cargas de materia orgánica y nutrientes, que incrementan la actividad bacteriana y el consumo de oxígeno, afectando negativamente a los organismos aeróbicos.

### **Caudal**

El caudal de los ríos refleja la dinámica hidrológica de la cuenca y presenta variaciones importantes entre la época seca y lluviosa.

Durante abril de 2026, se registraron caudales que oscilan entre 84.23 L/s (Río San Lucas) y 1,575.00 L/s (Río Villalobos). El Río Villalobos continúa presentando el mayor caudal, lo cual es consistente con su función como colector principal de la cuenca, recibiendo aportes de múltiples tributarios.

Ríos como Pinula (620.70 L/s), Frutal Zacatal (575.30 L/s) y Molino (550.70 L/s) presentan caudales intermedios, asociados tanto a su tamaño como al grado de urbanización de sus subcuencas.

Por otro lado, el Río San Lucas y Río Platanitos presentan caudales menores, lo cual es consistente con su carácter de tributarios individuales y menor área de drenaje.

Es importante resaltar que, durante el monitoreo de abril de 2026, no fue posible realizar la toma de muestra en el Río Pampumay, debido a que el caudal del río fue desviado aguas arriba del punto de monitoreo, encontrándose únicamente el lecho seco en el sitio. Esta condición evidencia una alteración significativa en el régimen hidrológico del río, probablemente asociada a actividades antrópicas o captación de agua.

### **Parámetros fisicoquímicos de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán**

**Tabla 12: Parámetros Físicoquímicos (Nutrientes) de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Sitio	Fósforo total (mg/L)	Ortofosfatos (mg/L)	Nitrógeno de Amonio (mg/L)	Nitrógeno de Nitrato (mg/L)	Nitrógeno de Nitrito (mg/L)	Nitrógeno total (mg/L)
Río Villalobos	3.5166	2.8168	25.8491	< 0.0500	0.0155	33.2176
Río Frutal Zacatal	4.7874	2.8984	24.3852	< 0.0500	0.0051	42.1453
Río Pinula	4.09	2.2884	21.6976	< 0.0500	0.0066	38.2824
Río San Lucas	7.0189	4.029	30.2827	< 0.0500	< 0.0010	54.1107
Río Pansalic/Panchiguajá	5.6847	3.2172	38.0245	< 0.0500	< 0.0010	60.7859
Río Molino	2.0379	0.9472	15.3791	< 0.0500	0.1419	28.3774
Río Platanitos	4.72	2.4529	30.5343	< 0.0500	0.0141	53.5044
Río Pampumay	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA: No aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

## Nutrientes

Los ciclos biogeoquímicos del nitrógeno y fósforo son importantes en los ecosistemas acuáticos, ya que forman parte de compuestos esenciales de los organismos, que en conjunto con el carbono, son determinantes para la productividad primaria, entre otros aspectos que los hacen imprescindibles para este tipo de ecosistemas. Sin embargo, altas concentraciones de estos macronutrientes pueden traer consecuencias negativas a los ecosistemas acuáticos, entre estos: eutrofización, anoxia, pérdida de biodiversidad, (Weigelhofer *et al.*, 2018).

- **Nitrógeno Total (NT), Nitrógeno de nitrato (NO<sub>3</sub>-N), Nitrógeno de nitrito (NO<sub>2</sub>-N) y de amonio (NH<sub>4</sub>-N)**

Los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán presentan altas concentraciones de nitrógeno total (NT), con valores que oscilan entre 28.38 mg/L (Río Molino) y 60.79 mg/L (Río Pansalic/Panchiguajá), evidenciando una fuerte carga de contaminación de origen orgánico. Estos valores superan ampliamente los rangos típicos de aguas residuales tratadas (~20 mg/L), lo que sugiere aportes significativos de aguas residuales sin tratamiento.

Los valores más elevados de NT se registraron en los ríos Pansalic/Panchiguajá (60.79 mg/L), San Lucas (54.11 mg/L) y Platanitos (53.50 mg/L), lo cual refleja un alto grado de impacto antropogénico, asociado principalmente a descargas domésticas e industriales.

En cuanto al nitrógeno de amonio (NH<sub>4</sub><sup>+</sup>-N), se observan concentraciones elevadas en todos los ríos, con un promedio aproximado de 26.88 mg/L, destacando nuevamente el Río



Pansalic/Panchiguajá (38.02 mg/L) y el Río Platanitos (30.53 mg/L) como los más afectados. Estos valores son comparables a los reportados en aguas residuales sin tratamiento (~30 mg/L), lo que confirma que estos cuerpos de agua funcionan como receptores directos de descargas recientes.

Por otro lado, las concentraciones de nitrato ( $\text{NO}_3^-$ -N) se mantuvieron por debajo del límite de detección (<0.0500 mg/L) en todos los sitios, mientras que el nitrito ( $\text{NO}_2^-$ -N) presentó valores bajos, menores a 0.15 mg/L. Esta baja presencia de formas oxidadas del nitrógeno indica que el proceso de nitrificación es limitado, probablemente debido a condiciones de bajo oxígeno disuelto, lo cual favorece la acumulación de amonio.

Asimismo, estos resultados sugieren que la contaminación es reciente, ya que el nitrógeno se encuentra principalmente en formas reducidas (orgánico y amoniacal), producto del proceso de amonificación, donde la materia orgánica nitrogenada es descompuesta por microorganismos.

- **Fósforo total (PT) y Ortofosfatos ( $\text{PO}_4$ -P)**

Los valores de fósforo total (PT) en los ríos monitoreados presentan concentraciones elevadas, con un rango entre 2.04 mg/L (Río Molino) y 7.02 mg/L (Río San Lucas), lo cual indica condiciones altamente eutróficas, considerando que concentraciones superiores a 0.50 mg/L son indicativas de eutrofización.

Los ríos con mayores concentraciones de PT fueron San Lucas (7.02 mg/L) y Pansalic/Panchiguajá (5.68 mg/L), seguidos por Frutal Zacatal (4.79 mg/L) y Platanitos (4.72 mg/L), evidenciando una alta carga de nutrientes en la cuenca.

En cuanto a los ortofosfatos ( $\text{PO}_4^{3-}$ -P), que representan la fracción biodisponible del fósforo, se registraron valores entre 0.95 mg/L (Río Molino) y 4.03 mg/L (Río San Lucas), lo cual favorece directamente el crecimiento de algas y macrófitas, contribuyendo a procesos de eutrofización acelerada en el lago receptor.

Las fuentes de fósforo en estos sistemas son diversas, incluyendo descargas de aguas residuales domésticas, actividades agrícolas y procesos de erosión. Sin embargo, dadas las condiciones de urbanización de la cuenca y los niveles detectados, es probable que las aguas residuales sin tratamiento representen la principal fuente de este nutriente.

## Otros análisis

**Tabla 13: Parámetros Físicoquímicos (Carbono) de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Sitio	DBO5 (mg/L)	DQO (mg/L)	Relación DBO5/DQO
<b>Río Villalobos</b>	75	183	0.41
<b>Río Frutal Zacatal</b>	180	260	0.69
<b>Río Pinula</b>	190	310	0.61
<b>Río San Lucas</b>	320	551	0.58
<b>Río Pansalic/Panchiguajá</b>	220	367	0.60
<b>Río Molino</b>	165	200	0.83
<b>Río Platanitos</b>	190	271	0.70
<b>Río Pampumay</b>	NA	NA	NA

NA: No aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

- **Demanda Bioquímica (DBO<sub>5</sub>) y Química de Oxígeno (DQO)**

La demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>) y la demanda química de oxígeno (DQO) son parámetros fundamentales para evaluar indirectamente la contaminación orgánica en los cuerpos de agua, ya que cuantifican la cantidad de oxígeno requerida para la degradación de la materia orgánica biodegradable y total (biodegradable y no biodegradable), respectivamente (Romeo Rojas, 2009).

Durante abril de 2026, los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán presentaron altos niveles de DBO<sub>5</sub> y DQO, evidenciando una fuerte carga de contaminación orgánica. Los valores de DBO<sub>5</sub> oscilaron entre 75 mg/L (Río Villalobos) y 320 mg/L (Río San Lucas), mientras que la DQO varió entre 183 mg/L (Río Villalobos) y 551 mg/L (Río San Lucas).

Los niveles más elevados se registraron en el Río San Lucas (DBO<sub>5</sub>: 320 mg/L; DQO: 551 mg/L), seguido por los ríos Pansalic/Panchiguajá (220 y 367 mg/L), Pinula (190 y 310 mg/L) y Platanitos (190 y 271 mg/L), lo que indica una alta carga de materia orgánica, principalmente asociada a descargas de aguas residuales domésticas e industriales. En general, los niveles de DBO<sub>5</sub> superiores a 200 mg/L son considerados indicativos de contaminación orgánica significativa, lo cual se cumple en varios de los ríos evaluados.

El Río Molino, aunque presenta valores elevados (DBO<sub>5</sub>: 165 mg/L; DQO: 200 mg/L), muestra una condición relativamente menor en comparación con los otros tributarios más impactados.

En cuanto a la relación DBO<sub>5</sub>/DQO, los valores oscilaron entre 0.41 (Río Villalobos) y 0.83 (Río Molino). Relaciones cercanas o superiores a 0.5 indican que una alta proporción de la materia orgánica presente es biodegradable, lo cual es característico de aguas residuales recientes. En este sentido, el Río Molino (0.83) y Río Platanitos (0.70) presentan una alta

biodegradabilidad, mientras que el Río Villalobos (0.41) sugiere la presencia de compuestos orgánicos más complejos o parcialmente degradados.

Las principales fuentes de esta carga orgánica incluyen descargas de aguas residuales sin tratamiento, escorrentía urbana y aportes de origen agrícola, así como materia orgánica natural. Sin embargo, considerando el grado de urbanización de la cuenca, las aguas residuales constituyen la fuente predominante.

**Tabla 14: Parámetros Fisicoquímicos (Perfil de sólidos y apariencia) de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Sitio	Sólidos suspendidos totales (mg/L)	Sólidos totales (mg/L)	Sólidos sedimentables (mL/L)	Color Aparente (U Pt-Co)	Color Verdadero (U Pt-Co)	Turbidez (NTU)
<b>Río Villalobos</b>	51	614	0.7	590	120	49
<b>Río Frutal Zacatal</b>	150	826	1.5	1344	113	149
<b>Río Pinula</b>	117	696	2.5	1275	91	116
<b>Río San Lucas</b>	373	856	5.5	1950	100	270
<b>Río Pansalic/Panchiguajá</b>	112	800	0.7	1560	170	136
<b>Río Molino</b>	318	740	3	1324	79	226
<b>Río Platanitos</b>	187	752	1.5	1560	110	191
<b>Río Pampumay</b>	NA	NA	NA	NA	NA	NA

NA: No aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

### Perfil de sólidos

Los sólidos en los cuerpos de agua están conformados por partículas orgánicas e inorgánicas (limo, arcilla, materia orgánica y detritos) que influyen directamente en la turbidez, el color y la calidad ecológica del sistema, afectando procesos como la fotosíntesis y la disponibilidad de oxígeno disuelto (Escobar, 2002; Romeo Rojas, 2009).

Durante abril de 2026, los sólidos suspendidos totales (SST) presentaron valores elevados en todos los ríos monitoreados, oscilando entre 51 mg/L (Río Villalobos) y 373 mg/L (Río San Lucas). Los valores más altos se registraron en el Río San Lucas (373 mg/L) y Río Molino (318 mg/L), seguidos por el Río Platanitos (187 mg/L) y Río Frutal Zacatal (150 mg/L). Estas concentraciones reflejan una alta carga de material particulado, probablemente asociada a descargas de aguas residuales, escorrentía urbana e intensos procesos de erosión en la cuenca.

En cuanto a los sólidos totales (ST), los valores oscilaron entre 614 mg/L (Río Villalobos) y 856 mg/L (Río San Lucas), evidenciando una elevada presencia de material disuelto y suspendido. Los ríos con mayores concentraciones fueron San Lucas (856 mg/L), Frutal Zacatal (826 mg/L) y Pansalic/Panchiguajá (800 mg/L), lo cual está relacionado con la

presencia de sales disueltas, materia orgánica y otros contaminantes que contribuyen al deterioro de la calidad del agua.

Los sólidos sedimentables (SSD) presentaron valores entre 0.7 mL/L (Río Villalobos y Río Pansalic/Panchiguajá) y 5.5 mL/L (Río San Lucas). Los mayores valores se observaron en el Río San Lucas (5.5 mL/L) y Río Molino (3.0 mL/L), lo que indica una alta carga de partículas que tienden a depositarse en el fondo, favoreciendo procesos de acumulación de sedimentos (colmatación) y reducción de la profundidad del cauce.

En relación con las características ópticas, el color aparente presentó valores extremadamente elevados, con un rango entre 590 U Pt-Co (Río Villalobos) y 1950 U Pt-Co (Río San Lucas), mientras que el color verdadero osciló entre 79 U Pt-Co (Río Molino) y 170 U Pt-Co (Río Pansalic/Panchiguajá). Estos valores reflejan la presencia tanto de partículas suspendidas como de compuestos disueltos, tales como materia orgánica coloreada.

La turbidez mostró valores altos en todos los ríos, variando entre 49 NTU (Río Villalobos) y 270 NTU (Río San Lucas). Los ríos con mayor turbidez fueron San Lucas (270 NTU), Molino (226 NTU) y Platanitos (191 NTU), lo cual limita la penetración de la luz y afecta negativamente la producción primaria en estos ecosistemas.

## MICROBIOLOGÍA:

**Tabla 15: Calidad Microbiológica de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Sitio de Muestreo	Coliformes Fecales UFC/100 mL	E. coli UFC/100 mL
<b>Río Villalobos</b>	2.40E+06	1.80E+06
<b>Río Frutal Zacatal</b>	1.50E+07	8.70E+06
<b>Río Pinula</b>	2.20E+07	1.50E+07
<b>Río San Lucas</b>	1.30E+07	9.80E+06
<b>Río Pansalic/Panchiguajá</b>	1.90E+07	8.80E+06
<b>Río Molino</b>	1.00E+07	3.70E+06
<b>Río Platanitos</b>	1.80E+07	9.50E+06
<b>Río Pampumay</b>	NA	NA

NA: No aplica

Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

Los análisis microbiológicos permiten evaluar el grado de contaminación fecal en los cuerpos de agua, mediante la cuantificación de indicadores como coliformes fecales y *Escherichia coli*, ampliamente utilizados para determinar la calidad sanitaria de los ecosistemas acuáticos (Gerba, 2009).

Durante abril de 2026, todos los ríos tributarios evaluados presentaron concentraciones extremadamente altas de coliformes fecales y *E. coli*, evidenciando una fuerte contaminación de origen fecal. Los valores de coliformes fecales oscilaron entre 2.40E+06

UFC/100 mL (Río Villalobos) y  $2.20E+07$  UFC/100 mL (Río Pinula), mientras que *E. coli* presentó concentraciones entre  $1.80E+06$  UFC/100 mL (Río Villalobos) y  $1.50E+07$  UFC/100 mL (Río Pinula).

El Río Pinula registró los valores más elevados tanto de coliformes fecales como de *E. coli*, seguido por los ríos Pansalic/Panchiguajá, Platanitos, San Lucas y Frutal Zacatal, lo cual refleja un alto impacto por descargas de aguas residuales domésticas sin tratamiento. El Río Molino, aunque presenta valores menores en comparación con los demás, continúa evidenciando una carga microbiológica considerable.

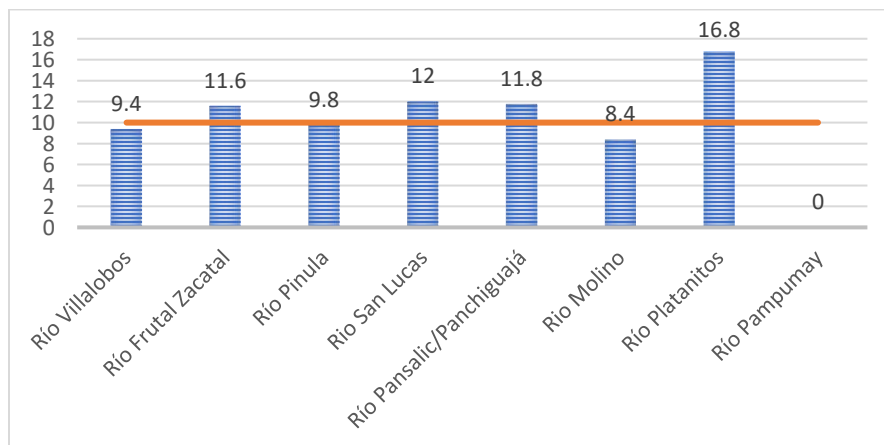
La presencia de estos microorganismos indica contaminación fecal reciente, ya que estos provienen principalmente del tracto intestinal de humanos y animales de sangre caliente. Su detección en altas concentraciones está directamente asociada a descargas de aguas residuales urbanas, conexiones ilegales, deficiencias en sistemas de saneamiento y escorrentía superficial contaminada.

Estos niveles representan un riesgo significativo para la salud pública, especialmente si el agua es utilizada para actividades recreativas, agrícolas o de abastecimiento sin tratamiento previo, debido a la posible presencia de patógenos asociados.

## GRASAS Y ACEITES

De manera complementaria, se evaluaron las concentraciones de grasas y aceites en los principales ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, como un indicador de contaminación asociada principalmente a descargas domésticas, comerciales e industriales.

**Gráfica 2: Valores de grasas y aceites (mg/L) registrados los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**



Fuente: División de Control, Calidad Ambiental y Manejo del lago, 2026.

Durante abril de 2026, los valores registrados oscilaron entre 8.4 mg/L (Río Molino) y 16.8 mg/L (Río Platanitos), evidenciando una presencia generalizada de este tipo de contaminantes en los cuerpos de agua evaluados. Los valores más elevados se observaron en el Río Platanitos (16.8 mg/L), seguido por los ríos San Lucas (12.0 mg/L) y Pansalic/Panchiguajá (11.8 mg/L), lo cual sugiere una mayor influencia de descargas de aguas residuales y actividades antrópicas en estas subcuencas.

En contraste, el Río Molino (8.4 mg/L) y el Río Villalobos (9.4 mg/L) presentaron las concentraciones más bajas dentro del grupo evaluado; sin embargo, estos valores aún reflejan la presencia de contaminación, aunque en menor magnitud relativa.

Las variaciones temporales observadas en este parámetro suelen estar influenciadas por la estacionalidad, presentando incrementos durante la época seca debido a la menor dilución y reducciones en época lluviosa por efecto del arrastre y dispersión de contaminantes.

En términos generales, los resultados evidencian una calidad de agua comprometida respecto a este parámetro, con concentraciones que sugieren aportes constantes de grasas y aceites, los cuales pueden generar efectos negativos como la formación de películas superficiales que limitan el intercambio gaseoso, afectan la penetración de la luz y alteran los hábitats acuáticos.

## METALES PESADOS

**Tabla 16: Análisis de metales pesados de los ríos tributarios de la cuenca del lago de Amatitlán, abril 2026.**

Sitio	Profundidad (m)	Arsénico (mg/L)	Cadmio (mg/L)	Cromo total (mg/L)	Plomo (mg/L)	Mercurio (mg/L)	Cobre (mg/L)	Níquel (mg/L)	Zinc (mg/L)	Hierro (mg/L)
Río Villalobos	0	0.012	0.0003	ND	0.008	ND	ND	ND	ND	<0.598
Río Pampumay	0	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR	NR
Río Frutal	0	0.009	0.0007	ND	0.012	ND	ND	ND	ND	0.942
Río Pinula	0	0.009	0.0003	ND	0.010	ND	ND	ND	ND	<0.598
Río Molino	0	0.041	0.0011	0.004	0.026	ND	ND	ND	ND	6.755
Río Platanitos	0	0.008	0.0014	<0.003	0.022	ND	ND	ND	ND	6.326
Río San Lucas	0	0.007	0.0009	ND	0.013	ND	ND	ND	<0.736	0.988



Río Pansalic	0	0.018	0.0017	<0.003	0.020	ND	ND	ND	ND	<0.598
--------------	---	-------	--------	--------	-------	----	----	----	----	--------

ND: No detectado; NR: No hay registro

Fuente: División de Control, calidad ambiental y manejo del lago, 2026.

### **Arsénico:**

Los resultados de arsénico total en los ríos de la cuenca se encontraron en el rango de entre 0.007-0.041 mg/L, encontrándose el mayor valor en Río Molino, y el valor menor Río San Lucas. El valor de la media para abril de 2026 es de 0.015 mg/L. Según la USEPA, el valor máximo aceptable para agua para consumo humano es de 0.010 mg/L, utilizándose también como valor de referencia al no contar con un valor específico para la protección de la vida acuática en aguas naturales. Guatemala carece de normativa nacional para aguas naturales, siendo el límite guatemalteco del agua para consumo humano 0.010 mg/L, estando este valor alineado con el de la OMS, siendo de particular alerta debido a su asociación con diversos efectos adversos para la salud, los cuales incluyen cáncer de la piel, vejiga y pulmón, enfermedades cardiovasculares, diabetes, daños al sistema nervioso y problemas en el desarrollo de los niños. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.006 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

### **Cadmio:**

Los resultados de cadmio total en los ríos de la cuenca se encontraron en el rango de los 0.0003-0.0017 mg/L, encontrándose el mayor valor en Río Pansalic/Panchiguajá. Los valores menores se encontraron en Río Villalobos y Río Pinula. El valor de la media para abril de 2026 es de 0.0009 mg/L. El valor máximo para la protección de la vida acuática en agua dulce, según referencia del USEPA, de 0.00114 mg/L. Guatemala carece de normativa nacional para aguas naturales, siendo el límite para agua para consumo humano de 0.005 mg/L; el límite establecido provisionalmente por la OMS es de 0.003 mg/L. siendo el cadmio un metal pesado tóxico que puede causar daño renal, osteoporosis, diversos tipos de cáncer y otros efectos adversos por la exposición crónica. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.0002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

### **Cromo:**

Los resultados de cromo total en los ríos de la cuenca se encontraron variaron desde No Detectable (Ríos Villalobos, Frutal, Pinula y San Lucas), hasta 0.004 en Río Molino. El valor de la media para abril de 2026 es de 0.004 mg/L. El valor de referencia del USEPA, para agua de consumo humano de 0.10 mg/L, y se usa como referencia para la protección de la vida acuática en agua dulce, incluyendo tanto al cromo trivalente (menos tóxico), como al cromo hexavalente (más tóxico). Guatemala carece de normativa nacional para aguas naturales, siendo el límite aceptado para consumo humano de 0.05 mg/L como cromo hexavalente. La OMS publica un valor guía de 0.05 mg/L para cromo total en agua potable. El consumo de agua contaminada con cromo hexavalente está asociado a daños en riñones, hígado y riesgo de desarrollo de cáncer. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).



### **Plomo:**

Los resultados de plomo total en los ríos de la cuenca se encontraron en el rango de los 0.008-0.026 mg/L, encontrándose el mayor valor en Río Molino, y el valor menor en Río Villalobos. El valor de la media para abril de 2026 es de 0.016 mg/L. El valor de referencia para la protección de la vida acuática en agua dulce del USEPA, de 0.015 mg/L. Guatemala carece de normativa nacional para aguas naturales, siendo el límite máximo permisible en agua para consumo humano de 0.010 mg/L, valor alineado con el de la OMS, quienes sin embargo insisten en que no existe nivel seguro de contaminación para plomo para consumo humano, especialmente para niños y mujeres embarazadas, siendo la meta a alcanzar de 0 mg/L. En niños el plomo afecta gravemente el desarrollo del cerebro en niños, causando reducción del cociente intelectual, trastornos del comportamiento, problemas de atención, hiperactividad y menor rendimiento escolar. Los efectos neurológicos son irreversibles. En niveles elevados puede provocar convulsiones, coma y la muerte. En adultos la exposición crónica aumenta el riesgo de hipertensión arterial, enfermedades cardiovasculares y daño renal. En mujeres embarazadas, el plomo puede afectar al feto y causa parto prematuro, bajo peso al nacer, retraso del crecimiento intrauterino y aborto espontáneo. El límite de cuantificación de la metodología en el laboratorio de AMSA es de 0.002 mg/L (espectrofotometría de absorción atómica de horno de grafito).

### **Mercurio:**

Para abril de 2026, los valores de concentración para mercurio total en los ríos de la cuenca fueron menores al límite de detección del método utilizado (<0.0005 mg/L, espectrofotometría de absorción atómica por generación de vapor frío).

### **Cobre:**

Para abril de 2026, los valores de concentración para cobre total en los ríos de la cuenca fueron menores al límite de detección del método utilizado (<0.16 mg/L, espectrofotometría de absorción atómica de llama).

### **Níquel:**

Para abril de 2026 en todos los ríos de la cuenca, se encontraron concentraciones No Detectables de Níquel (por debajo del límite de detección del método, <0.118 mg/L).

### **Cinc:**

Para abril de 2026 en todos los ríos se encontraron concentraciones No Detectables de cinc total (<0.243 mg/L), excepto para el Río San Lucas, cuya lectura fue detectable, pero menor al límite de cuantificación del método (<0.736 mg/L, límite de cuantificación por espectrofotometría de absorción atómica de llama).

### **Hierro:**

Para abril de 2026 en los ríos de la cuenca, se reportan valores cuantificables de hierro total, pero menores al límite de cuantificación (<0.598 mg/L), en los ríos Villalobos, Pinula y Pansalic; se encontró el valor mayor (6.755 mg/L), en Río Molino. La concentración media fue de 3.753 mg/L. Según la OMS, no se considera tóxico si se mantiene por debajo de 0.2 mg/L, siendo sus principales efectos adversos problemas gastrointestinales, mientras su acumulación excesiva en el organismo puede desarrollar hemocromatosis, una enfermedad



Autoridad para el Manejo  
**Sustentable de la Cuenca y  
del Lago de Amatitlán**

que afecta el hígado, corazón y páncreas. Según la norma de agua para consumo humano en Guatemala, el hierro total no debe exceder 0.30 mg/L.



## Ficha de Seguimiento y Evaluación a nivel Estratégico

Ficha del indicador				
<b>División y/o Unidad Responsable</b>	División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de lagos			
<b>Nombre del Indicador</b>	Estado ecológico de la cuenca y del Lago de Amatitlán monitoreado a través de análisis de la calidad del agua y parámetros biológicos			
Categoría del Indicador	<b>Resultado Institucional (No cambia)</b>			
Línea Estratégica de la Política General Asociada "Cuidado de la Naturaleza",	Contribuir al mantenimiento de los ecosistemas naturales, la reforestación, la protección de cuencas hidrográficas, el mantenimiento del balance hídrico, la reducción de desastres por deslaves y erosión de suelos y la conservación de la biodiversidad, lo cual se considera como parte de la solución a la mitigación y adaptación al cambio climático.			
Política Pública Asociada	Política de Conservación, Protección y Mejoramiento Ambiental			
<b>Descripción del Indicador</b>	Se realizó el monitoreo y análisis de la calidad de agua de los principales cuerpos hídricos de la cuenca tributaria y del lago de Amatitlán con el fin de evaluar la calidad de agua de los mismos a través de diferentes análisis que se realizan en el Laboratorio de Aguas y Sólidos de la División de Control, Calidad Ambiental y Manejo de lagos,			
Fórmula de cálculo	<b>Número datos ejecutados mensual / Total de meta programada mensual * 100= nivel de avance que se logró en el mes</b>			
<b>Ámbito geográfico</b>	<b>Nacional</b>	<b>Regional</b>	<b>Departamento</b>	<b>Municipio</b>
				X
<b>Municipio Impactado</b>	Amatitlán, Villa Canales, Villa Nueva, San Lucas y Mixco			
<b>Frecuencia de la medición</b>	<b>Mensual</b>	<b>Cuatrimestral</b>	<b>Semestral</b>	<b>Anual</b>
	X			
<b>Línea Base</b>	<b>Valor Porcentual %</b>	<b>Numero de Datos ejecutado mensual</b>	<b>Total de meta Programada mensual</b>	
<b>Mes</b>				
Marzo	100	2964	2964	
Ampliación Técnica	Se realizaron los monitoreos al lago de Amatitlán y los principales ríos tributarios de la cuenca, así como, los análisis fisicoquímicos, microbiológicos, microcistinas y metales pesados para la evaluación de la calidad de agua.			
<b>Medios de Verificación</b>				



Autoridad para el Manejo  
**Sustentable de la Cuenca y  
del Lago de Amatitlán**

Metodología de Ejecución	Informe mensual, cadenas de custodia, parámetros in situ, órdenes de análisis,
--------------------------	--

