



MONITOREO DE SALUBRIDAD DEL LAGO DE ATITLÁN PARA USO RECREATIVO

INFORME 2016

Elaborado por: Cristina Martínez Rendón, Técnico en Calidad de Agua; Elsa María Reyes, Jefe de Investigación y Calidad Ambiental. Octubre 2016.

I. INTRODUCCIÓN

Desde 2012, el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA- de la AMSCLAE, ha monitoreado continuamente la calidad microbiológica del agua del lago Atitlán para su uso recreativo, seleccionando playas importantes y otros puntos frecuentados por usuarios alrededor del lago. Para esto se estableció un protocolo de monitoreo que implementó criterios de evaluación de calidad de aguas recreativas propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS) (OMS, 2000), y los *Métodos estandarizados para el análisis de agua y aguas residuales* (APHA/AWWA/WPCF, 1989), puesto a que en Guatemala aún no existe legislación en el tema.

Los programas para el monitoreo de sitios recreativos son planificados e implementados para identificar, caracterizar y minimizar el riesgo a la salud humana asociado al uso de aguas recreativas. La existencia de microorganismos patógenos en el agua se encuentra entre los riesgos adversos más importantes resultantes de la actividad recreativa, pudiendo ser encontrados en los cuerpos de agua provenientes de distintas fuentes: aguas negras, agricultura, crianza de animales y vida silvestre residente, o resultantes del impacto de los usuarios sobre el agua. Estos organismos pueden producir enfermedades gastrointestinales, infecciones respiratorias agudas, de la piel, ojos, oídos y garganta (OMS, 2000).

En las playas de Panajachel (playa pública y playa Jucanyá), se priorizaron las temporadas de mayor afluencia, realizando dos periodos de muestreo durante la época seca, y dos en época lluviosa. En cada periodo se realizaron series de cinco muestreos en cada punto. Las playas fueron seleccionadas debido a su importancia turística dentro del lago Atitlán, y porque tienen una alta presión de contaminación por descarga de aguas residuales, debido a la cercanía al río San Francisco y otros puntos de contaminación importantes.

En las demás playas de importancia turística que fueron evaluadas, ubicadas en San Marcos La Laguna (Cerro Tzankujil), San Pablo La Laguna (Playa Las Cristalinas), San Pedro La Laguna (Playa Dorada), San Lucas Tolimán (playa pública), San Antonio Palopó (playa pública) y Santa Catarina Palopó (playa de aguas termales), únicamente se realizaron tres muestreos, dos durante la época seca y uno durante la lluviosa.

En los últimos cuatro años, este monitoreo ha evidenciado la existencia de contaminación de origen fecal (bacterias coliformes totales y *Escherichia coli*) a diferentes niveles, que en muchos casos clasifica a las playas como inadecuadas para su uso recreativos según la OMS (OMS, 2000).

II. OBJETIVOS

Determinar la calidad del agua del lago Atitlán para su uso recreativo.

- Realizar una constante vigilancia de la calidad microbiológica del agua de las playas utilizadas con fines recreacionales alrededor del lago, mediante la planificación y ejecución de un programa estandarizado de monitoreo.
- Localizar focos de contaminación puntuales y difusos cercanos a los sitios de muestreo.
- Informar a las autoridades competentes de los resultados obtenidos.

III. MATERIALES Y MÉTODOS

Se seleccionaron ocho sitios de muestreo en playas recreativas y dos puntos en las desembocaduras de los ríos San Francisco y Quiscab (Cuadro 1), todos ubicados en las orillas del lago Atitlán (Fig. 1).

Cuadro 1. Sitios de muestreo, monitoreo salubridad de lago de Atitlán para uso recreacional.

Código	Municipio	Sitio	Coordenadas (GTM)		Profundidad (m)
			X	Y	
U5	Panajachel	Playa Jucanyá	429515	1629214	1 y 0.1
U6	Panajachel	Playa pública (Fig. 2)	428811	1629801	1 y 0.1
U7	San Lucas Tolimán	Playa pública – embarcadero	430864	1618839	1 y 0.1
U8	San Marcos La Laguna	Reserva Natural Cerro Tzankujil	418063	1627877	8.2
U9	San Pablo La Laguna	Playa Las Cristalinas	415609	1626609	1 y 0.1
U10B	Santa Catarina Palopó	Aguas Termales	431203	1627968	$\bar{x}=8.2$
U12	San Pedro La Laguna	Playa Dorada (Fig. 2)	419824	1622828	1 y 0.1
U15	San Antonio Palopó	Playa pública (cercana a pilas comunales)	433437	1624572	$\bar{x}= 2.2$
U1	Sololá	Desembocadura río Quiscab (Fig. 2)	426758	1629988	$\bar{x}= 7.7$
U2	Panajachel	Desembocadura río San Francisco	429159	1629389	$\bar{x}= 3.1$

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016.

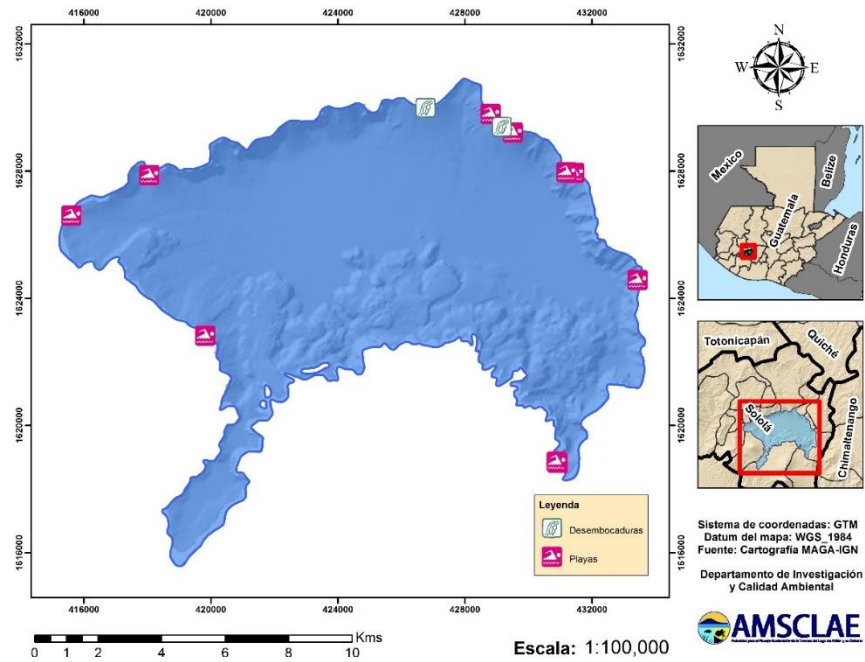
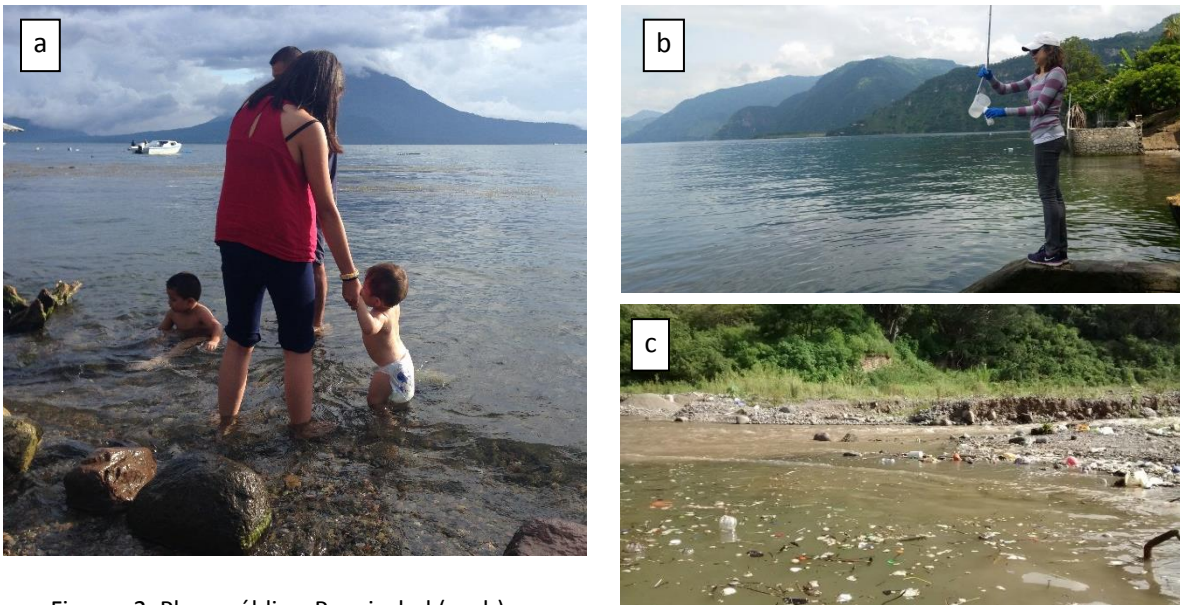


Figura 1. Sitios de muestreo en playas del lago Atitlán. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016.



Figuras 2. Playa pública, Panajachel (a y b),
Desembocadura río Quiscab, Sololá ©. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016.



Según la OMS (2000), en las aguas de uso recreativo se deben recolectar muestras a la altura aproximada del pecho de un adulto estando de pie y en profundidades de 0.1 m, para evaluar la calidad de los puntos donde los niños pequeños tienen contacto con el agua. Por esta razón, se recolectaron muestras superficiales en puntos con 1 m y 0.1 m de profundidad.

En las dos playas de Panajachel se realizaron 20 muestreos a 1 y 0.1 m de profundidad. En los demás puntos, se hicieron tres muestreos, uno durante la época seca y dos durante la lluviosa. En las playas se recolectaron muestras a 0.1 m y 1m y en los puntos de mayor profundidad se recolectaron muestras superficiales.

En las playas de Panajachel se planificó la recolección de cinco muestras antes y cinco después de Semana Santa (SS), con el objetivo de evaluar el estado del lago durante la temporada de mayor ocupación y el impacto que la afluencia de usuarios tuviera en la calidad del agua. En los muestreos de la época lluviosa se evaluó la influencia del ingreso de aguas pluviales y sedimentos sobre la calidad del agua de los sitios recreativos.

Todas las muestras fueron recolectadas en frascos estériles de 250 ml y transportadas en cadena de frío a 10°C aproximadamente. Las muestras fueron procesadas dentro de las primeras seis horas luego de su recolección. Se utilizó la técnica de filtración por membrana, empleando el sistema Petrifilm™ como medio para el aislamiento e identificación de coliformes totales y *E. coli*, las cuales son bacterias indicadoras de contaminación fecal.

Según lo determina la OMS, para estimar la tendencia de la calidad del agua en un punto recreacional, deben acumularse resultados individuales y analizarse estadísticamente. También se indica que la evaluación de la calidad del agua debe hacerse con un mínimo diez resultados de distintos muestreos de un punto, los cuales no deben de exceder de una concentración de **100 UFC** por 100 ml en el 50% de las muestras, y **1000 UFC** por 100 ml en el 90% de las muestras (OMS, 2000). Este criterio es el que se utilizó para el análisis de los resultados de este monitoreo.

Para establecer la comparabilidad de las concentraciones de microorganismos indicadores de contaminación fecal en diferentes regiones, es esencial el establecimiento del indicador que será analizado (coliformes totales o *E. coli*) (OMS, 2000). En este informe se analizan los resultados obtenidos para *E. coli*, debido a que estos microorganismos son más específicos que las coliformes totales para establecer la ocurrencia de contaminación fecal reciente, debido a su incapacidad de reproducirse y sobrevivir en ambientes naturales.

IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En las figuras 3 y 4 se presentan los resultados obtenidos de los análisis de agua de las playas Jucanyá y pública de Panajachel. Se muestran los resultados de los periodos de muestreo realizados antes y después de Semana Santa (febrero y abril) y los correspondientes a la época lluviosa (junio y septiembre).

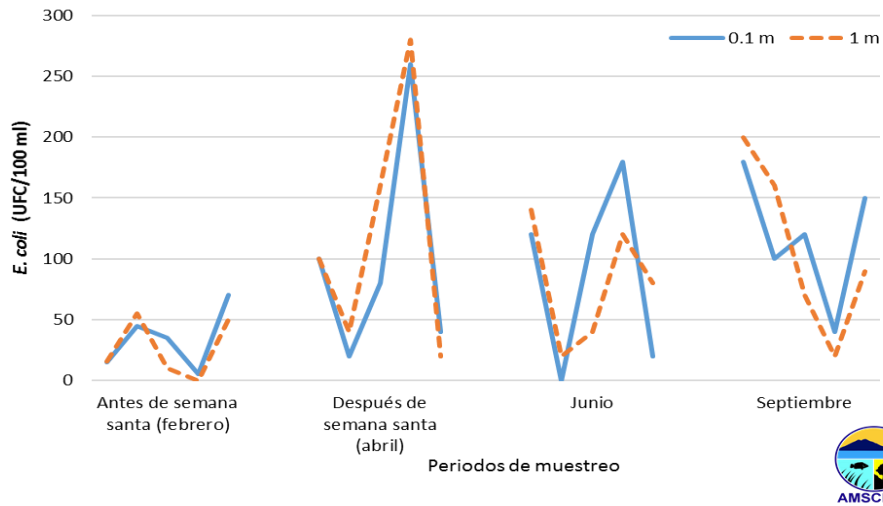


Figura 3. Recuentos de *E. coli* obtenidos del análisis de agua en cada periodo de muestreo, playa Jucanyá, Panajachel, 2016. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016.

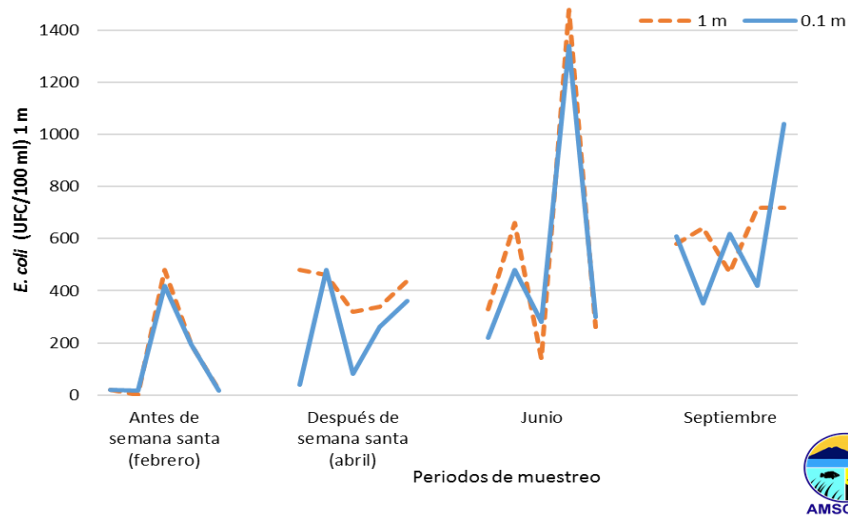


Figura 4. Recuentos de *E. coli* obtenidos del análisis de agua en cada periodo de muestreo, playa pública, Panajachel, 2016. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016.

Se calcularon los percentiles para cada muestreo, en cada punto y profundidad, para la época seca y la época lluviosa. En el cuadro 2 se enlistan los valores de los percentiles 50 y 90 de cada playa y profundidad. Los resultados obtenidos demuestran que, para la playa Jucanyá, en la mayoría de los periodos de muestreo se cumplieron **ambos** criterios de evaluación de la calidad del agua, excepto en la época lluviosa (prof. 0.1m). En el caso de la playa pública, el criterio solamente se cumplió durante la época seca en el muestreo antes de Semana Santa; posteriormente, la calidad del agua de la playa se degradó progresivamente.

Cuadro 2. Percentiles 50 y 90 obtenidos para *E. coli*, análisis de agua en playas de Panajachel, 2016. Valores de *E. coli* en UFC/100 ml (n=30). Semana Santa (SS)

Playa	Percentil	Época seca				Época lluviosa		Criterio OMS* (UFC/100 ml)
		Antes de SS		Después de SS		0.1 m	1 m	
		0.1 m	1 m	0.1 m	1 m			
Jucanyá	50	35	16	80	100	120	90	100
	90	70	55	260	280	180	200	1000
Pública	50	20	20	260	440	480	640	100
	90	420	280	480	480	1340	1480	1000

*OMS, 2000.

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016

Con la prueba U de Mann-Whitney se compararon los resultados de las dos profundidades monitoreadas en cada playa (1 y 0.1m). No se observó diferencia significativa en los puntos y periodos evaluados (Cuadro 3). Se usó la misma prueba para evaluar si había diferencia significativa entre los resultados de época seca, antes y después de Semana Santa (Cuadro 4), y entre todos los resultados obtenidos en la época seca con los de la lluviosa (Cuadro 5). Se encontró que no existió diferencia significativa en la calidad del agua de las playas entre los periodos antes y después de semana santa. Por el contrario, sí existió diferencia significativa en la playa pública entre los resultados obtenidos para la época seca y la época lluviosa.

Cuadro 3. Prueba U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo por profundidad, análisis de agua en playas de Panajachel, 2016 (n=80).

Playa	Época seca		Época lluviosa
	Antes de SS	Después de SS	
Jucanyá	U=11; p=0.834	U=10.5; p=0.752	U=45; p=0.732
Pública	U=11.5; p=0.915	U=6.5; p=0.249	U= 43; p=0.623

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016

Cuadro 4. Prueba U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo en la temporada seca (antes vs. después de S.S.), análisis de agua en playas de Panajachel, 2016 (n=40).

Playa	1.0 m	0.1 m
Jucanyá	U=4; p=0.095	U=5; p=0.144
Pública	U=4.5; p=0.115	U=6; p=0.209

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016

Cuadro 5. Prueba U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo (antes de SS vs. época lluviosa) análisis de agua en playas de Panajachel, 2016 (n=80).

Playa	1.0 m	0.1 m
Jucanyá	U=34; p=0.240	U=30.5; p=0.150
Pública	U=20; p=0.025	U=15; p=0.009

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2016

Para las demás playas evaluadas, solamente se obtuvieron resultados de tres muestreos durante todo el año. Debido a la baja cantidad de resultados disponibles, el criterio de aguas recreativas no era aplicable (mínimo 10 datos de calidad de agua). Sin embargo, sí se aplicó para demostrar tentativamente la calidad de las playas (resultados en Anexo I).

Los resultados parecen indicar que la mayoría de ellas son aptas para su uso recreativo. Dos presentaron recuentos mayores a 100UFC/100ml en el 50% de las muestras, por lo que se les categorizó como de regular calidad, mientras que la calidad microbiológica del agua de las desembocaduras de los ríos Quiscab y San Francisco fue mala.

La Figura 2 resume la calidad del agua de las demás playas y de las desembocaduras muestreadas. El Cuadro 6 esquematiza el criterio utilizado para categorizar las playas según la calidad de sus aguas.

Cuadro 6. Criterio utilizado para categorizar las playas según la calidad del agua.

Clave	Criterio
	El 90% de las muestras tuvo una concentración mayor a 1000 UFC y el 50% mayor a 100 UFC.
	El 90% de las muestras tuvo una concentración mayor a 1000 UFC y el 50% menor a 100 UFC.
	El 90% de las muestras tuvo una concentración menor a 1000 UFC y el 50% menor a 100 UFC.

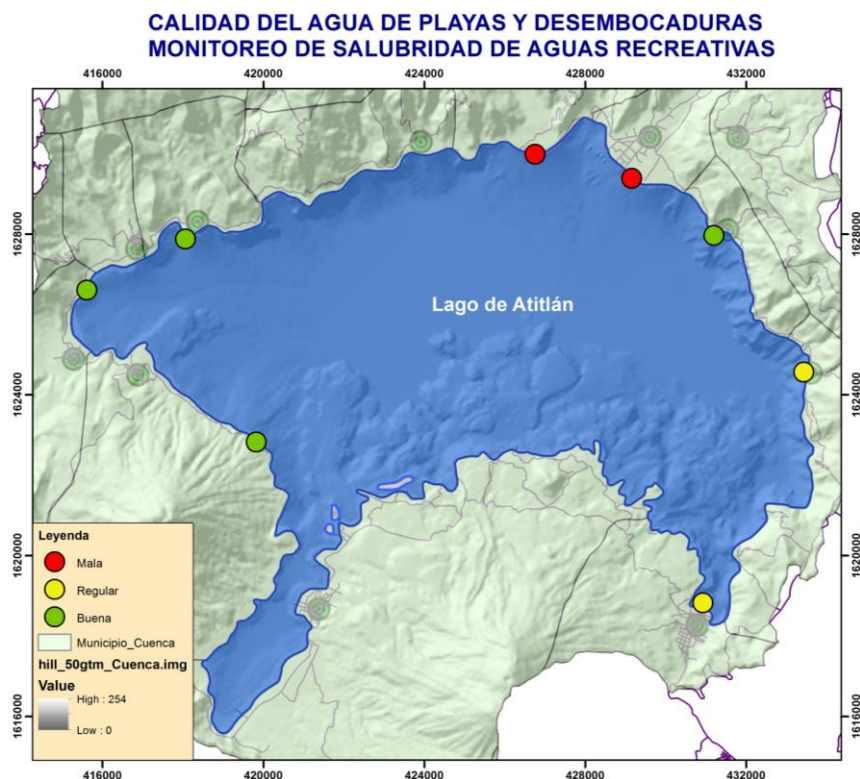


Figura 3. Calidad del agua en sitios de muestreo en playas recreativas y desembocaduras en el lago de Atitlán, 2016. Fuente: DICA-AMSCLAE, 2016



V. CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio indican que la calidad del agua de la playa pública de Panajachel, una de las más frecuentadas, no cumplió durante 2016 con el criterio establecido para aguas recreativas. Al contrario, la playa Jucanyá sí los cumplió durante casi todo el año.
- La cercanía de estas playas al río San Francisco, así como las actividades antropogénicas que lo deterioran (e.g. descargas de aguas crudas directamente al lago), comprometen la calidad del agua en los puntos monitoreados.
- Los resultados obtenidos para las playas de San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Pedro La Laguna y Santa Catarina Palopó, parecen indicar que el agua cumple con los criterios de calidad para aguas recreativas. Las playas de San Lucas Tolimán y San Antonio Palopó, así como las desembocaduras de los ríos Quisab y San Francisco, no cumplen con estos criterios.
- La disminución de la contaminación del agua del lago depende en gran medida de las gestiones encaminadas al manejo y tratamiento adecuados de las aguas residuales que ingresan a este cuerpo de agua.
- Es importante la extensión de estos resultados a las autoridades municipales competentes, Ministerio de Salud y Gobernación Departamental, para informar sobre los efectos dañinos que puede causar en las personas el uso de playas con contaminación fecal, y la importancia del manejo adecuado de las aguas residuales
- Se debe priorizar un monitoreo de focos de contaminación puntual y difusa, que afecten directamente a las playas más frecuentadas por bañistas, debido al riesgo que implica en la salud de los usuarios.
- Debido a que actualmente no existen programas nacionales de monitoreo de puntos recreativos, se implementó este programa de monitoreo de calidad de las aguas utilizadas por bañistas en el lago Atitlán, con el fin de generar una base de información sobre el estado de las playas más frecuentadas. Se espera posteriormente llegar a definir recomendaciones puntuales para los usuarios recreativos del área de Panajachel, debido a que se conoce que, con frecuencia, los usuarios que utilizan las playas presentan problemas cutáneos, óticos y/o gastrointestinales luego de estar en contacto con el agua del lago.

VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. APHA/AWWA/WPCF (1989). *Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales*. 17ª Edición. American Public Health Association: US.
2. DICA, AMSCLAE (2015). Informe de Monitoreo de Clima 2014.
3. OMS, Organización Mundial de la Salud (2000). *Monitoring Bathing Waters – A Practical Guide to the Design and Implementation of Assessments and Monitoring Programmes*. London: F & FN Spon.
4. OMS, Organización Mundial de la Salud (2003). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters*

Cuadro 6. Resultados de coliformes totales* (UFC/100 ml) y *Escherichia coli*** (UFC/100 ml), mediante filtración por membrana; sitios de muestreo en playas recreativas y desembocaduras en el lago de Atitlán, 2016.

Municipio	Fuente	Época seca		Época lluviosa			
		Mar/2016		Jul/2016		Sep/2016	
		CT*	EC**	CT	EC	CT	EC
San Lucas Tolimán	Playa pública, 1 m	60	20	71	20	MNPC	MNPC
	Playa pública, 0.1 m	150	75	68	17	MNPC	MNPC
San Marcos La Laguna	Reserva Natural Cerro Tzankujil	130	0	35	17	51	37
San Pablo La Laguna	Playa Las Cristalinas, 1 m	MNPC	80	460	10	880	90
	Playa Las Cristalinas, 0.1 m	700	60	320	30	375	140
Santa Catarina Palopó	Aguas Termales	900	40	252	120	60	10
San Pedro La Laguna	Playa Dorada, 1 m	105	0	6	6	4	0
	Playa Dorada, 0.1 m	70	0	10	10	0	0
San Antonio Palopó	Playa pública	MNPC	650	43	5	640	460
Sololá	Desembocadura río Quiscab	10,200	5,600	37,800	2,400	16,000	11,000
Panajachel	Desembocadura río San Francisco	-	-	-	-	96,000	58,000

*CT: Coliformes totales UFC/100 ml; **EC: *Escherichia coli* UFC/100 ml

+MNPC: Colonias bacterianas muy numerosas para realizar un recuento

Fuente: DICA-AMSCLAE, 2016