



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

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL –DICA-

MONITOREO DE SALUBRIDAD DEL LAGO DE ATITLÁN PARA USO RECREATIVO

INFORME 2015

Redacción: Cristina Martínez Rendón, *Técnico en Calidad de Agua*, Elsa María Reyes, *Jefe de Investigación y Calidad Ambiental*. Noviembre 2015.

I. INTRODUCCIÓN

El Departamento de Investigación y Calidad Ambiental –DICA- de la AMSCLAE, ha realizado desde el 2012 diversos monitoreos para evaluar la calidad microbiológica del agua de 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 de las aguas del lago que son utilizadas con los fines mencionados, implementando criterios de evaluación de calidad de agua propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000), y los *Métodos estandarizados para el análisis de agua y aguas residuales* (APHA/AWWA/WPCF, 1989), debido a que en Guatemala aún no existe una 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, como organismos de vida libre, o resultantes del impacto de los usuarios sobre el agua. Estos organismos pueden producir enfermedades gastrointestinales, infecciones respiratorias agudas, en 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 uno en época lluviosa. En cada periodo se realizaron series de diez 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 ubicadas en San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Pedro La Laguna, San Lucas Tolimán, San Antonio Palopó y Santa Catarina Palopó y que fueron evaluadas, únicamente se realizaron cuatro muestreos, dos durante la época seca y dos durante la lluviosa.

El monitoreo del agua en los puntos recreativos evaluados ha evidenciado la existencia de contaminación fecal (coliformes totales y *E. 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 recreativos 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 siete sitios de muestreo en playas recreativas y dos puntos en las desembocaduras de los ríos San Francisco y Quiscab (Cuadro 1), los cuales se encuentran ubicados en las orillas del lago Atitlán (Fig. 1).

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

Código	Municipio	Sitio	Coordenadas (GTM)		Profundidad (m)
			E	N	
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
U7B	San Lucas Tolimán	Playa pública - embarcadero	430860	1618833	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, 2015.

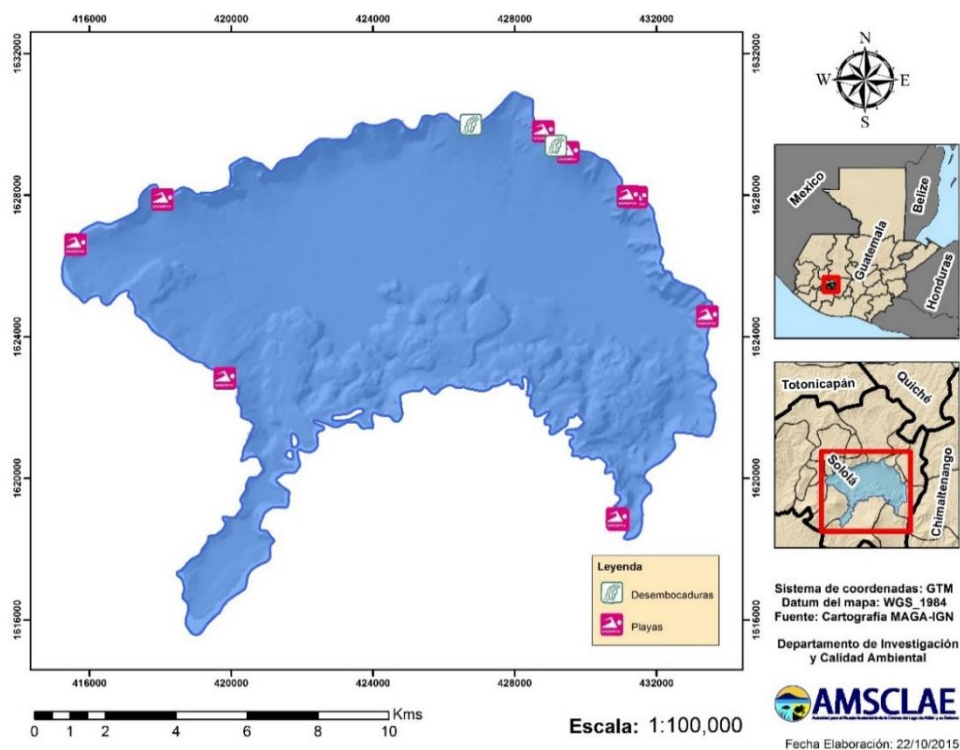


Figura 1. Sitios de muestreo en playas del lago Atitlán. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.



Figura 2. a) Playa Dorada, San Pedro La Laguna; b) Playa pública, Panajachel; c) Desembocadura río Quiscab, Sololá.
Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.

En las playas de Panajachel se realizaron 30 muestreos en los dos sitios seleccionados, a dos profundidades (0.1 y 1m). En los demás puntos, se realizaron cuatro muestreos, dos durante la época seca y dos durante la lluviosa; en la mayoría de los puntos se recolectaron dos muestras (0.1 y 1m). En los puntos ubicados en San Marcos La Laguna, Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó se recolectaron muestras superficiales, debido a que son playas profundas.

Para la evaluación de las playas de Panajachel se planificó la recolección de diez muestras antes y diez después de Semana Santa (SS), con el objetivo de evaluar el estado del lago durante la temporada de mayor afluencia y el impacto que los usuarios tuvieran en la calidad del agua del lago. El muestreo en época lluviosa tenía como objetivo evaluar la influencia del ingreso de aguas pluviales y sedimentos sobre la calidad del agua de los sitios recreativo.

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

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 recreativo, 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 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 ha implementado para el análisis de los resultados de este monitoreo.

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. En ambas figuras se muestran los resultados de los periodos de muestreo realizados antes y después de Semana Santa (febrero a abril), así como el período correspondiente a la época lluviosa (septiembre y octubre).

En el caso de la playa Jucanyá, se suspendió la recolección de muestras durante de la época lluviosa, debido a problemáticas suscitadas con sectores que laboran en dicha playa. Se muestran los resultados obtenidos con las ocho muestras, cuatro por cada profundidad, que se lograron recolectar.

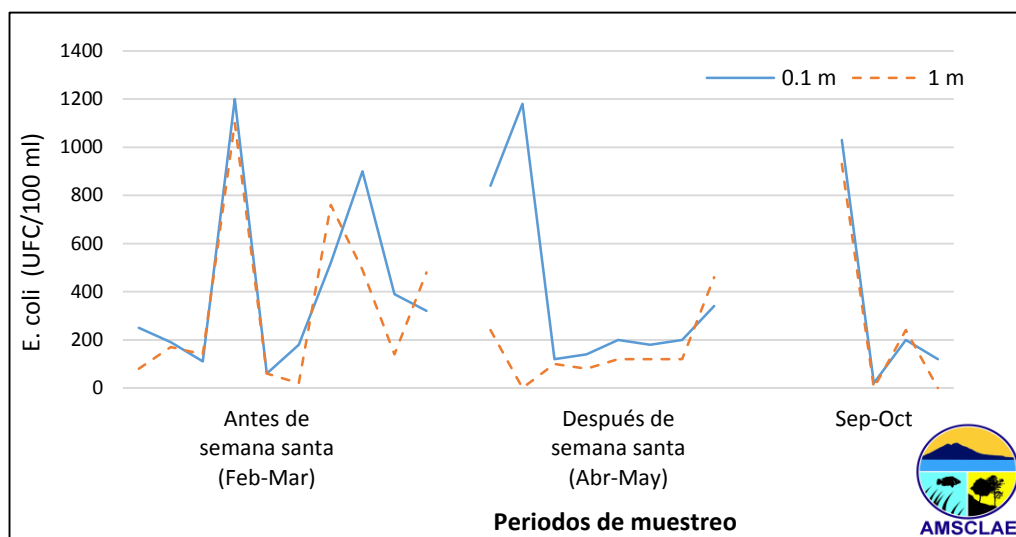


Figura 3. Recuentos de *E. coli* obtenidos del análisis de agua para cada uno de los periodos de muestreo realizados en playa Jucanyá, Panajachel, 2015. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.

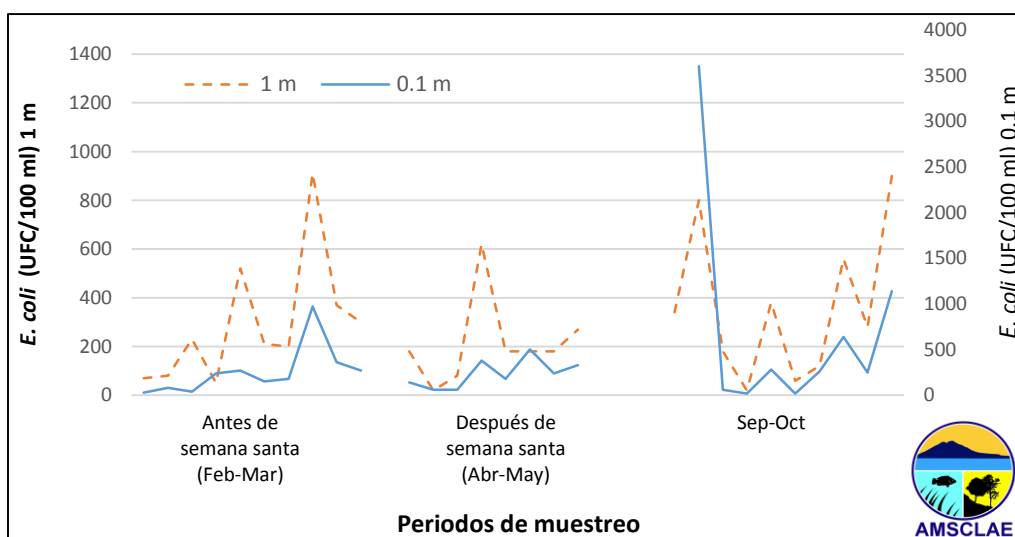
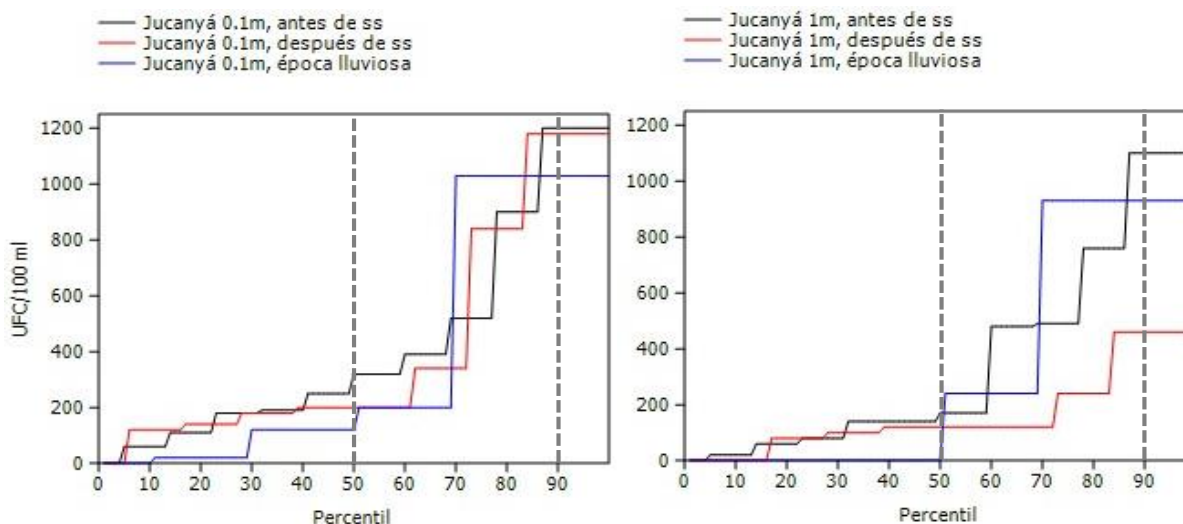


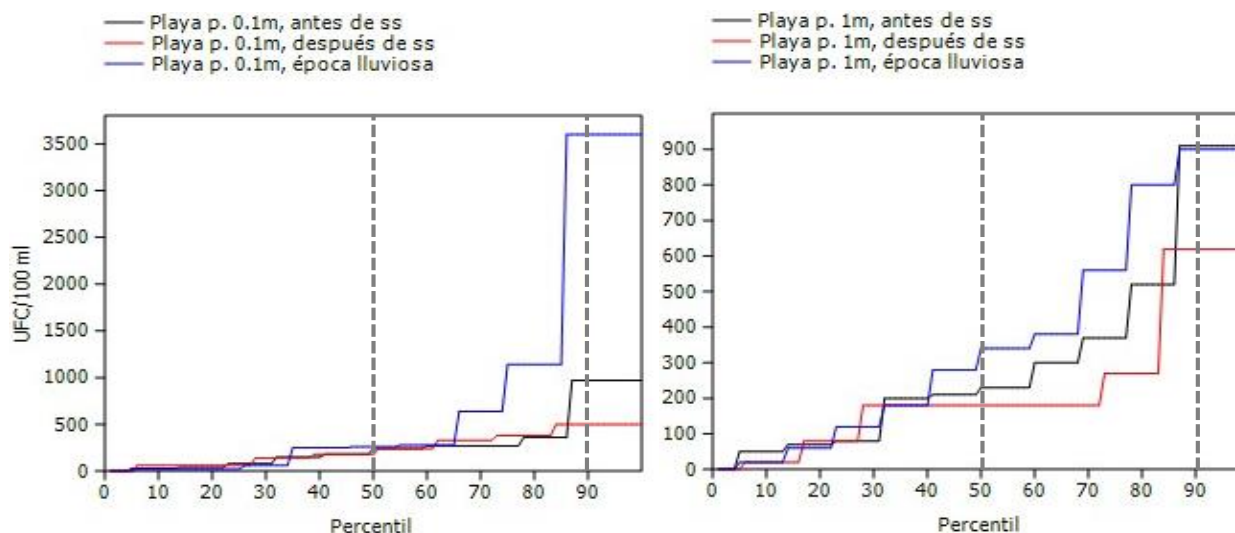
Figura 4. Recuentos de *E. coli* obtenidos del análisis de agua para cada uno de los periodos de muestreo realizados en playa pública, Panajachel, 2015. Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.

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 (*i.e.* coliformes totales o *E. coli*) (OMS, 2000). En este informe se analizan los resultados obtenidos para *E. coli*, debido a que este parámetro es más específico que el de coliformes totales en el establecimiento de contaminación reciente de origen fecal, por su incapacidad de reproducirse y sobrevivir en ambientes naturales.

Se calcularon los percentiles para cada muestreo (Figs. 4 y 5), 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.



Figuras 4. Percentiles obtenidos para *E. coli*, análisis de agua en playa Jucanyá, Panajachel, 2015. SS (Semana Santa) Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.



Figuras 5. Percentiles obtenidos para *E. coli*, análisis de agua en playa pública, Panajachel, 2015. SS (Semana Santa) Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015.

Los resultados obtenidos demuestran que en la mayoría de los periodos de muestreo, en las épocas seca y lluviosa, no se cumplieron **ambos** criterios de evaluación de la calidad del agua propuestos por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2000); la única excepción fue el muestreo en playa Jucanyá, en época lluviosa, a la profundidad de 1 m (Cuadro 2).

Cuadro 2. Percentiles 50 y 90 obtenidos para *E. coli*, análisis de agua en playas de Panajachel, 2015. Valores de *E. coli* en UFC/100 ml (n=30).

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	320	170	200	120	120	0	100
	90	1200	1100	1180	460	1030	930	1000
Pública	50	240	230	180	180	260	340	100
	90	970	910	500	620	3600	900	1000

*OMS, 2000.

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Utilizando la prueba U de Mann-Whitney, se compararon los resultados obtenidos para las dos profundidades monitoreadas en cada playa (1 y 0.1m); se estableció que solamente existe diferencia significativa entre los resultados obtenidos de la playa Jucanyá durante la época seca, luego de Semana Santa. No se observó diferencia significativa en el resto de los puntos y periodos evaluados (Cuadro 3).

Cuadro 3. Prueba de U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo por profundidad, análisis de agua en playas de Panajachel, 2015 (n=10).

Playa	Época seca		Época lluviosa
	Antes de SS	Después de SS	
Jucanyá	U=38.5, p=0.405	U=12.5, p=0.044	U=6, p=0.663
Pública	U=43.5, p=0.650	U=29, p=0.790	U=43, p=0.902

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Así mismo, se utilizó la prueba U de Mann-Whitney para evaluar si había una diferencia significativa entre los resultados de época seca (antes y después de Semana Santa), y en época lluviosa. Se encontró que los resultados de ambas playas, en ambas profundidades, no presentaron un cambio estacional significativo (Cuadro 4).

Cuadro 4. Prueba de U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo en la temporada seca (antes vs. después de Semana Santa), análisis de agua en playas de Panajachel, 2015 (n=10).

Playa	1.0 m	0.1 m
Jucanyá	U=26.5, p=0.246	U=37.5, p=0.859
Pública	U=29.5, p=0.371	U=37, p=0.824

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Se realizó la prueba de U de Mann-Whitney, para la evaluación de las temporadas seca y lluviosa (Cuadros 5 y 6), comparando por separado entre el periodo de muestreo antes de SS con la época lluviosa, y así también con el periodo después de SS. Los resultados obtenidos indican que, a diferencia del año anterior, no existe diferencia significativa entre los resultados de ambas playas, en ambas concentraciones.

Cuadro 5. Prueba de U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo (antes de SS vs. época lluviosa) análisis de agua en playas de Panajachel, 2015 (n=30)

Playa	1.0 m	0.1 m
Jucanyá	U=15, p=0.524	U=15, p=0.524
Pública	U=45, p=0.734	U=39, p=0.653

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Cuadro 6. Prueba de U de Mann-Whitney de los sitios de muestreo (después de SS vs. época lluviosa), análisis de agua en playas de Panajachel, 2015 (n=30)

Playa	1.0 m	0.1 m
Jucanyá	U=15.5, p=1	U=11.5, p=0.493
Pública	U=28.5, p=0.323	U=32, p=0.735

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2015

Con estos resultados se evidencia que la calidad del agua, para ambas playas, no cumple con el criterio establecido por la OMS, en la mayoría de períodos de muestreo. Solamente los resultados para la playa Jucanyá, en época lluviosa y a la profundidad de 1 m, cumplió con los criterios, pero con este único resultado estacional no se puede afirmar que la playa tiene una buena calidad para ser utilizada recreativamente.

En el cuadro 7 se presentan los resultados obtenidos para las demás playas evaluadas. En estos puntos no fue posible realizar monitoreos constantes, por lo cual se hizo el muestreo cuatro veces en el año. Los resultados obtenidos en estas playas parecen indicar que estas no son aptas para su uso recreativo, debido a la presencia de microorganismos indicadores de contaminación fecal, a excepción de los puntos en San



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

Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna y San Pedro La Laguna, en los que se encontraron niveles de *E. coli* menores a 100 UFC/100 ml.

Cuadro 3. 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, 2015.

Municipio	Fuente	Época seca				Época lluviosa			
		Feb/2015		Abr/2015		Jun/2015		Sep/2015	
		CT*	EC**	CT	EC	CT	EC	CT	EC
San Lucas	Playa pública, 1 m	MNPC+	0	930	90	695	70	405	330
Tolimán	Playa pública, 0.1 m	MNPC	60	1210	120	1200	120	MNPC	80
San Marcos La Laguna	Reserva Natural Cerro Tzankujil	MNPC	0	116	0	55	4	MNPC	14
San Pablo La Laguna	Playa Las Cristalinas, 1 m	290	0	700	30	202	0	MNPC	22
	Playa Las Cristalinas, 0.1 m	440	0	860	30	MNPC	14	MNPC	36
Santa Catarina Palopó	Aguas Termales	2200	100	2630	430	700	50	MNPC	20
San Pedro La Laguna	Playa Dorada, 1 m	90	0	212	2	360	5	550	0
	Playa Dorada, 0.1 m	8	0	MNPC	34	MNPC	5	MNPC	0
San Antonio Palopó	Playa pública	MNPC	960	2880	450	365	90	1890	230
Sololá	Desembocadura río Quiscab	MNPC	4300	12100	5300	400	0	48000	18000
Panajachel	Desembocadura río San Francisco	MNPC	MNPC			MNPC	MNPC		

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

+MNPC: Colonias bacterianas muy numerosas para realizar un recuento

Fuente: DICA-AMSCLAE, 2015

V. CONCLUSIONES

- Los resultados de este estudio parecen indicar que la calidad del agua de dos de las playas más importantes de Panajachel no cumple con el criterio establecido por la OMS para aguas recreativas.
- La cercanía de estas playas a los ríos 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.



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

- Los resultados obtenidos para las playas ubicadas alrededor del lago de Atitlán, en San Lucas Tolimán, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Pedro La Laguna, Santa Catarina Palopó y San Antonio Palopó, parecen indicar que estos puntos no son aptos para uso recreativo según los criterios establecidos por la OMS, a excepción de los puntos en San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna y San Pedro La Laguna, en los que se encontraron niveles de *E. coli* menores a 100 UFC/100 ml..
- 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 bañistas que utilizan las playas de este municipio presentan problemas cutáneos, óticos y/o gastrointestinales luego de estar en contacto con el agua del lago Atitlán.

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*.