

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

INFORME “MONITOREO DE SALUBRIDAD DEL LAGO ATITLÁN PARA USO RECREACIONAL”

Octubre, 2021

Responsables: MSc. Elsa María Reyes Morales (*Jefe del departamento de investigación y calidad ambiental*); Rodrigo Morales (Técnico de Monitoreo y Calidad Ambiental).

INTRODUCCIÓN

Desde 2012, el Departamento de Investigación y Calidad Ambiental -DICA- de la AMSCLAE, ha monitoreado la calidad microbiológica del agua del lago Atitlán para uso recreativo. Se han seleccionado playas frecuentadas por bañistas alrededor del lago. Para llevarlo a cabo dicho monitoreo, se ha establecido un protocolo de monitoreo con 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 sigue sin existir 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 residuales y pluviales, 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).

OBJETIVOS

- Determinar la calidad del agua de las playas con mayor frecuencia de visitantes en el lago Atitlán para uso recreativo.
- Realizar una 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.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

MATERIALES Y MÉTODOS

El monitoreo de aguas recreativas incluye once sitios de muestreos y cinco puntos utilizados como referencia para comparar la calidad del agua cercana a un poblado (Cuadro 1, Anexo 1). Durante el 2021 se realizaron dos muestreos, el primero en el mes de julio y el segundo en septiembre. Adicionalmente, los puntos de muestreo ubicados en Panajachel se muestrearon seis veces, tres antes y tres después de Semana Santa.

Cuadro 1. Sitios de muestreo del monitoreo de salubridad para uso recreacional en el lago Atitlán

Municipio	Punto	Coordenadas (GTM)		Profundidad de muestreo (m)
		X	Y	
Panajachel	Playa Jucanyá	429506	1629219	0.1
Panajachel	Playa Peña de Oro	430138	1629184	0.1
Panajachel	Playa Pública	428815	1629795	0.1
San Marcos La Laguna	Poblado	418501	1628031	0.1
San Marcos La Laguna	Playa Cerro Tzankujil	418063	1627877	0.1
San Pablo La Laguna	Poblado	417250	1627464	0.1
San Pablo La Laguna	Playa Las Cristalinas	415609	1626609	0.1
San Pedro La Laguna	San Pedro Muelle	416594	1625038	0.1
San Pedro La Laguna	San pedro Piedras	416920	1625310	0.1
San Pedro La Laguna	Playa Dorada	419858	1622818	0.1
San Lucas Tolimán	Playa Pública	430860	1618833	0.1
San Antonio Palopó	Poblado	433503	1624850	0.1
San Antonio Palopó	Chicaman	433530	1621199	0.1
San Antonio Palopó	Playa Pública	433437	1624572	0.1
Santa Catarina Palopó	Poblado	431563	1627868	0.1
Santa Catarina Palopó	Termales	431203	1627968	0.1

(Fuente: DICA-AMSCLAE, 2021)

Todas las muestras fueron recolectadas en frascos estériles de 250 ml y transportadas en cadena de frío a 10°C aproximadamente. Las muestras de agua se recolectaron siguiendo los procedimientos del POE-23 "Procedimiento para la recolección y transporte de muestras de agua para consumo humano y medición de parámetros in situ. 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.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

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 los coliformes totales para establecer la ocurrencia de contaminación fecal reciente, debido a su incapacidad de reproducirse y sobrevivir en ambientes naturales.

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Las playas alrededor del lago Atitlán presentaron valores considerables de coliformes totales y *E. coli*. En Panajachel, la concentración de *E. coli* y coliformes totales fueron mayores en las playas de Jucanyá y playa pública comparado con la playa de Peña de Oro (Fig. 1). Estos valores pueden deberse a la cercanía que tienen los primeros dos puntos antes mencionados con la desembocadura del río San Francisco, el cual transporta aguas residuales y otros contaminantes que comprometen la calidad del agua para uso recreacional.

Los recuentos de coliformes totales y *E. coli* en Santa Antonio Palopó y Santa Catarina Palopó fueron altos como en años anteriores (Fig. 2). Esto puede asociarse a que en ambos municipios se descargan aguas residuales sin tratamiento. Cabe mencionar, que pesar que Santa Catarina Palopó tiene una planta de tratamiento, esta no tiene la capacidad para tratar y reducir el impacto de todas las aguas residuales que se producen dentro del municipio.

En San Lucas Tolimán los recuentos para el año 2021 de *E. coli* fueron de cero y de coliformes totales fueron mayores a 100. En playa dorada, San Pedro La Laguna, los valores de *E. coli* han sido menores a seis, exceptuando el mes de julio de 2021. Durante el 2021 se incluyó en el monitoreo un nuevo sitio en San Pedro La Laguna, Las Piedras, en el cual si se registró presencia de *E. coli* (Fig. 3). Las variaciones de coliformes totales puede relacionarse con diversos factores como condiciones ambientales, escorrentía y el efecto de dilución causado por las lluvias.

En San Marcos La Laguna y San Pablo La Laguna los recuentos de *E. coli* estuvieron por debajo de las 50 colonias como en años anteriores. Por otro lado, los recuentos de coliformes totales en septiembre del 2021 fueron altos (Fig. 4). La baja carga microbiana de *E. coli* en estos dos sitios puede deberse a la distancia a la que se encuentran ubicados de los centros urbanos. Sin embargo, perciben un impacto debido a la temporada de lluviosa y al arrastre de masas de agua la cual lleva consigo altas cargas de heces fecales y otros contaminantes, observables en el gráfico durante el mes de septiembre de 2021.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

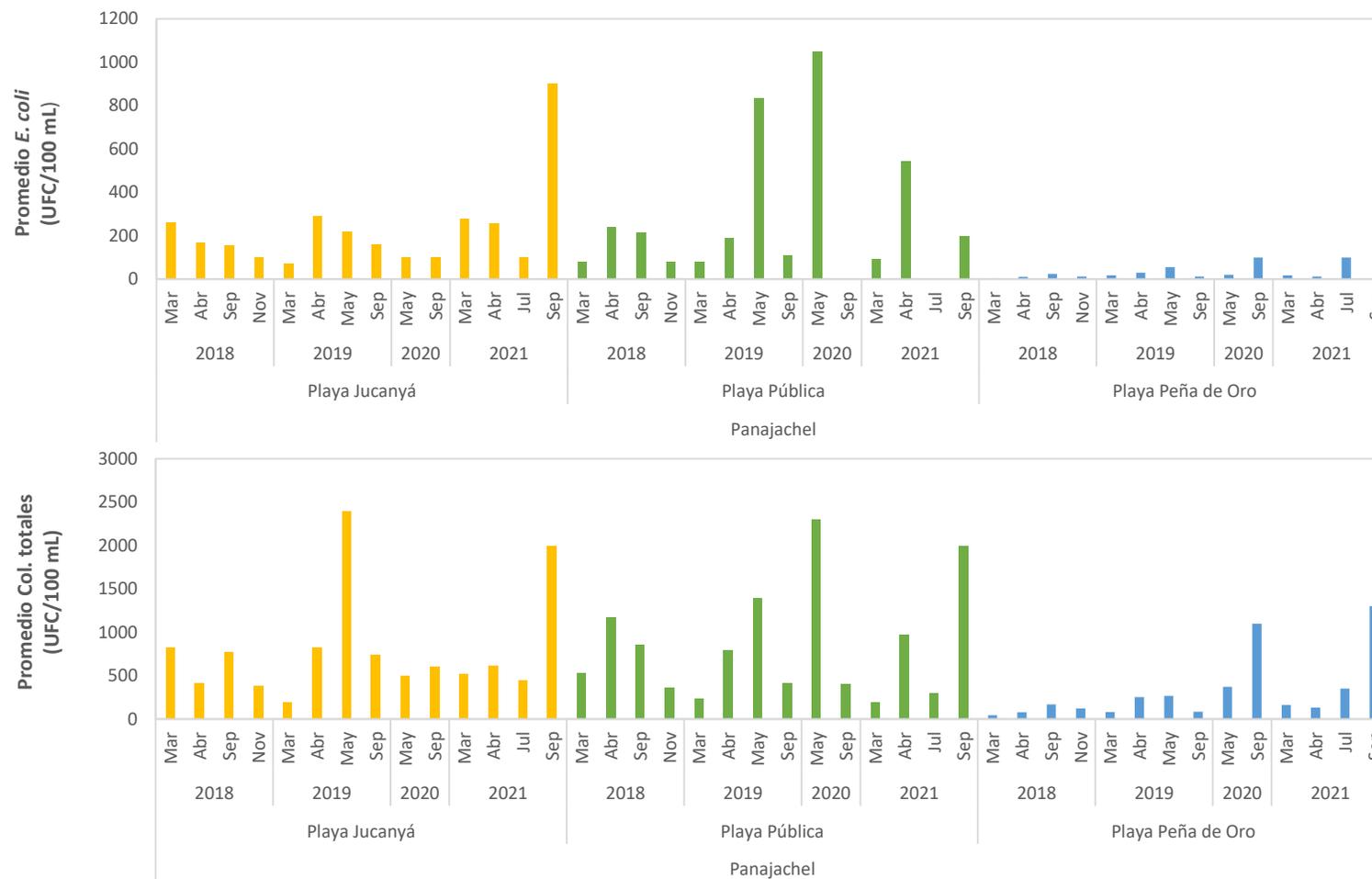


Figura 1. Variación espacial y temporal de *E. coli* y coliformes totales en las principales playas de Panajachel. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



Figura 2. Variación temporal de *E. coli* y coliformes totales en San Antonio Palopó y Santa Catarina Palopó. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021). MNPC (Muy numerosas para contar) ND (No Data).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



Figura 3. Variación temporal de *E. coli* y coliformes totales en San Lucas Tolimán y San Pedro La Laguna. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



Figura 4. Variación temporal de *E. coli* y coliformes totales en San Marcos La Laguna y San Pablo La Laguna. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

A pesar de los valores de coliformes totales y *E. coli* registrados en los puntos cercanos a los poblados fueron, en la mayoría de los casos más altos que los registrados en las playas recreacionales (Fig. 5 y 6), no se pudo determinar si tienen un impacto significativo sobre la calidad de agua de las playas públicas de los municipios de San Antonio Palopó, Santa Catarina Palopó, San Pedro La Laguna, San Pablo La Laguna y San Marcos La Laguna (Fig. 5 y 6) ($U = 45$, $p = 0.1304$). No obstante, se puede observar que existe una potencial carga de contaminación derivado de la infiltración en las zonas aledañas al lago Atitlán (*i. e.*, San Pedro La Laguna), además de carga contaminante por parte de afluentes de los poblados (*i. e.*, San Antonio Palopó).

A partir de los resultados obtenidos durante los monitoreos de salubridad en las playas públicas situadas en las orillas del lago Atitlán, se realizó un análisis de percentiles para evaluar el nivel de riesgo basado en las condiciones de exposición. En el cuadro 2, se observa que durante el 2021 las playas del lago cumplieron con los dos criterios establecidos por la OMS, el percentil 50 y 90 de la OMS establece 100 y 1000 UFC por 100 ml, respectivamente.

Cuadro 2. Percentiles 50 y 90 obtenidos para *E. coli* (UFC/100 ml), análisis de agua en playas públicas ubicadas a la orilla del lago Atitlán, 2021.

Percentil	Resultados del año 2021	Criterio OMS* (UFC/100 ml)
50	10	100
90	240	1000

*OMS, 2000.

Fuente: DICA – AMSCLAE, 2021

La figura 7 se resume la calidad del agua de las playas públicas ubicadas en las orillas del lago Atitlán en los municipios de San Antonio Palopó, San Lucas Tolimán, San Marcos La Laguna, San Pablo La Laguna, San Pedro La Laguna, Santa Catarina Palopó y Panajachel. El cuadro 3 esquematiza el criterio utilizado para categorizar las playas según la calidad de sus aguas.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

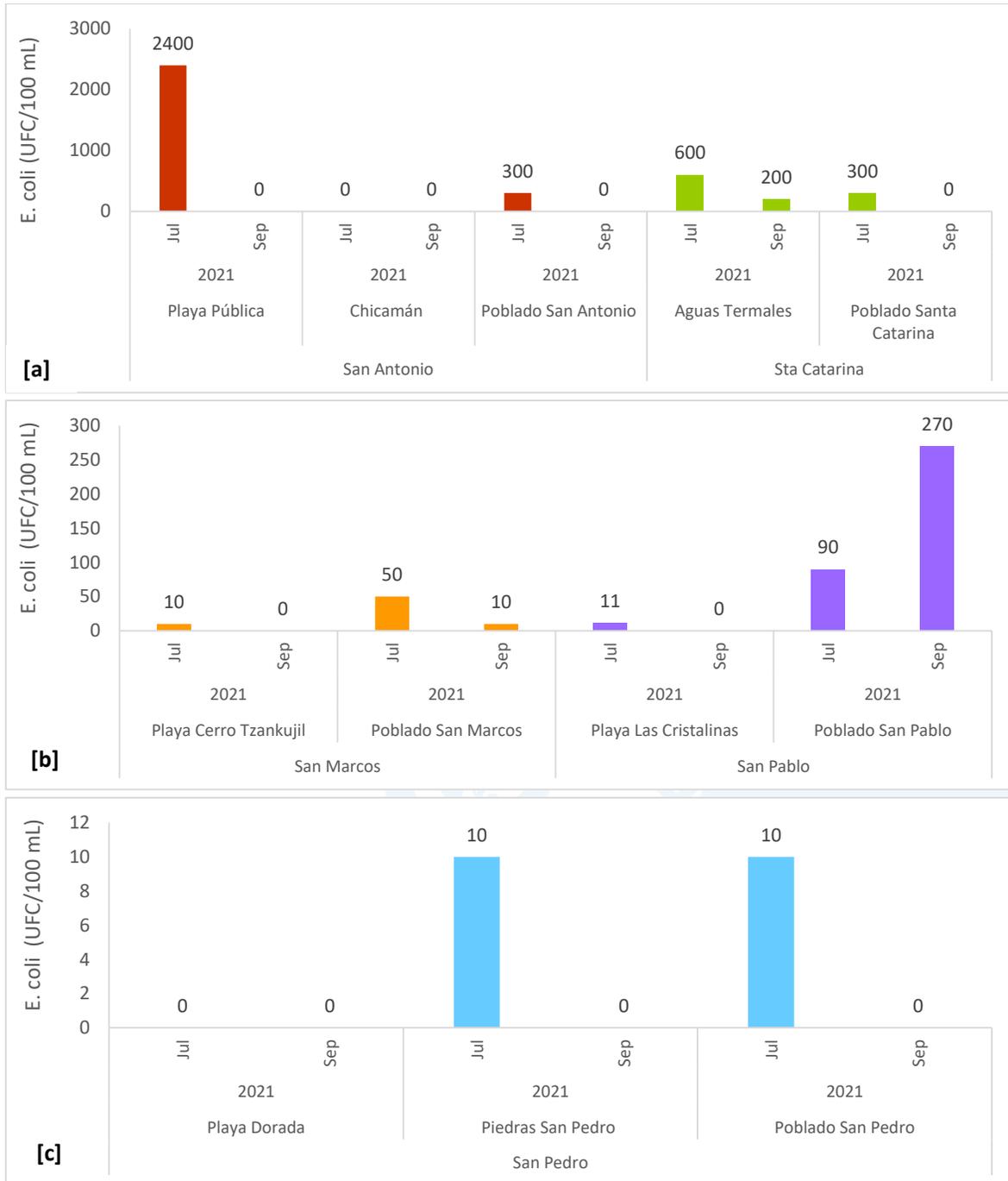


Figura 5. Promedio de *E. coli* en las playas de San Antonio Palopó (a), Santa Catarina Palopó (a), San Marcos La Laguna (b), San Pablo La Laguna (b) y San Pedro La Laguna (c). (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

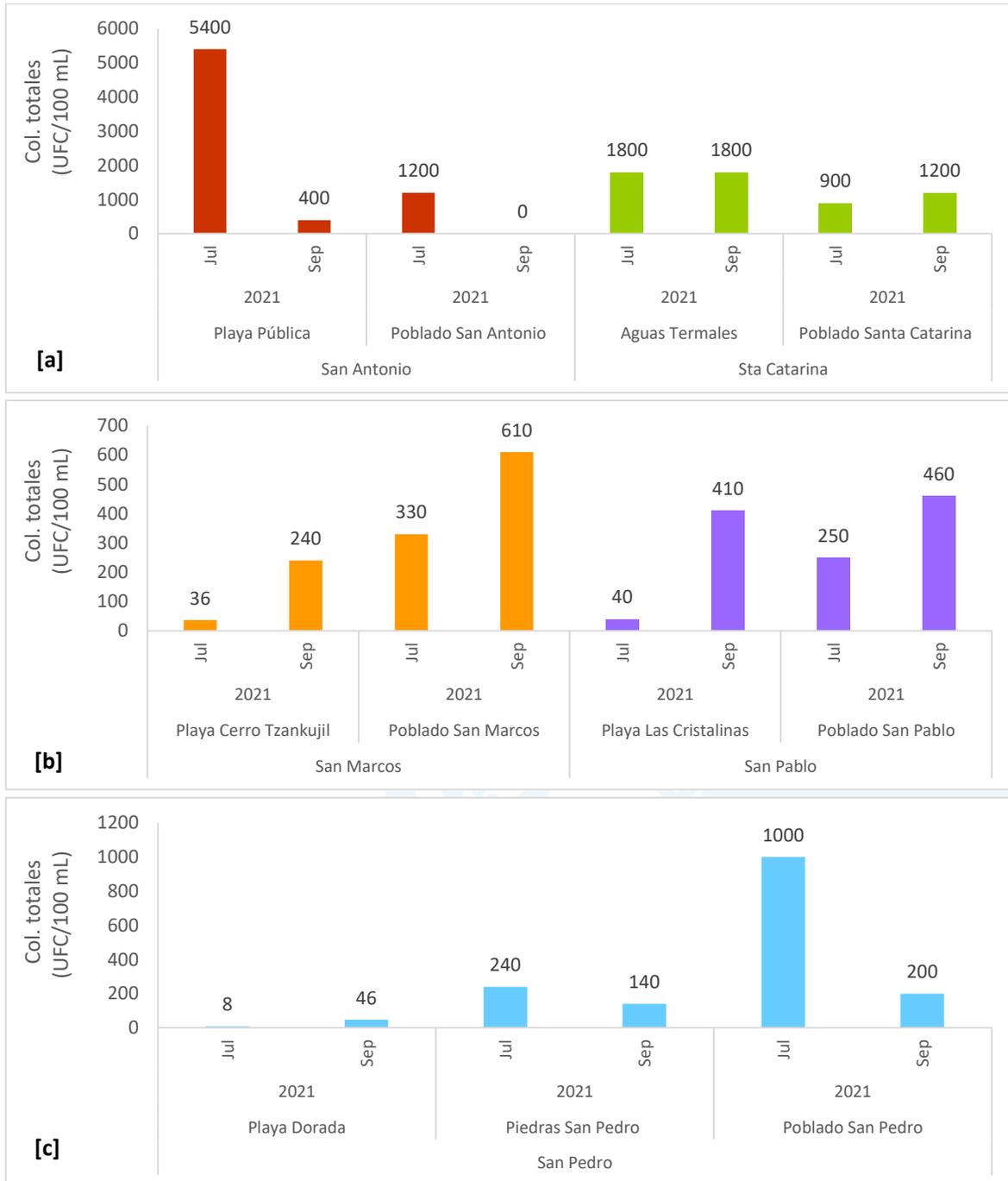


Figura 6. Promedio de coliformes totales en las playas de San Antonio Palopó (a), Santa Catarina Palopó (a), San Marcos La Laguna (b), San Pablo La Laguna (b) y San Pedro La Laguna (c). (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021).

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Cuadro 3. 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 menor a 1000 UFC y el 50% mayor a 100 UFC.
	El 90% de las muestras tuvo una concentración menor a 1000 UFC y el 50% menor a 100 UFC.

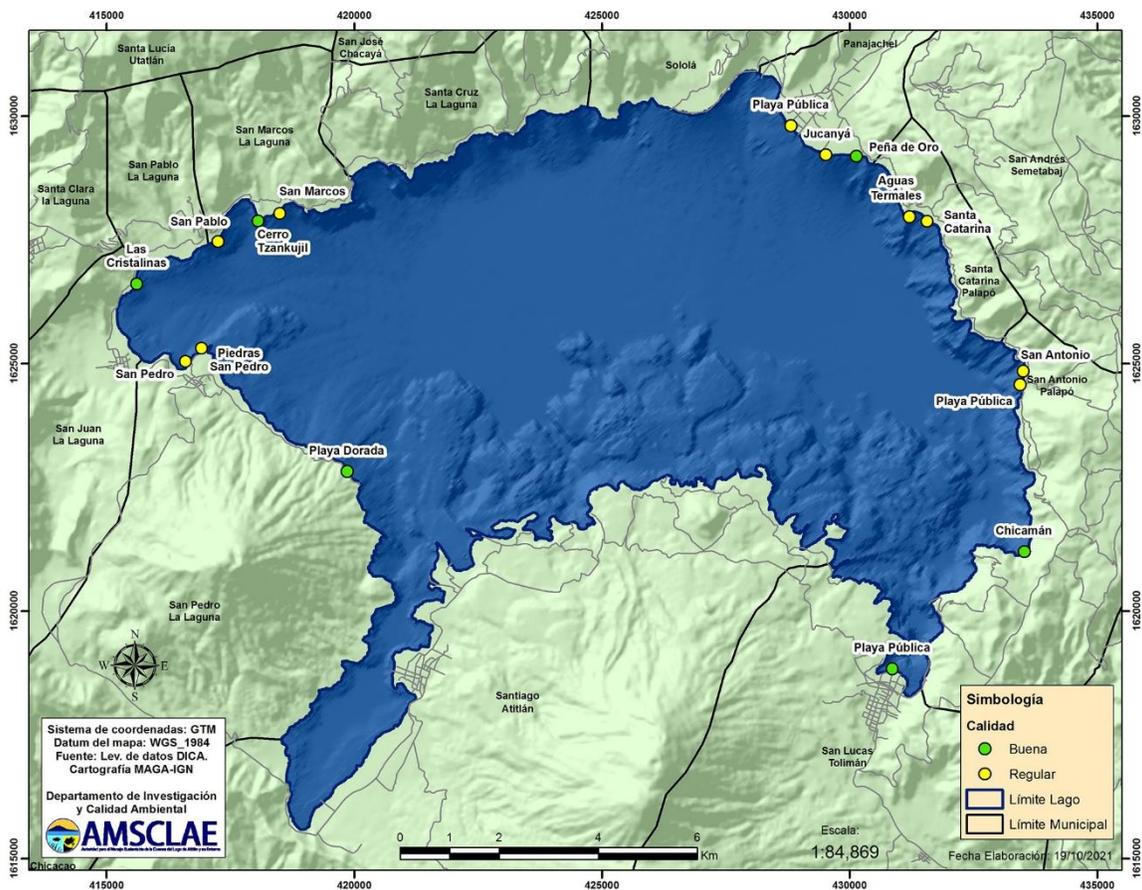


Figura 7. Mapa de clasificación de las playas según su calidad de agua.

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

CONCLUSIONES

- Los resultados indican que en las playas de Panajachel (playa pública y Jucanyá reportan altos valores de *E. coli* y coliformes totales durante el 2021, esto debido a la influencia del río San Francisco y al centro urbano de Panajachel.
- La cercanía de algunas playas con los afluentes del lago incrementa las concentraciones de las comunidades microbianas y comprometen la calidad del agua de las playas.
- Las playas de San Lucas Tolimán, Tzankujil, Chicamán, Las Cristalinas y playa Dorada sus resultados demostraron que son aptas para uso recreacional. Sin embargo, hay que establecer medidas de precaución para evitar la contaminación del agua de estas playas en ciertos meses.
- A pesar de la cercanía de los poblados con algunas playas públicas, no se estableció un impacto directo que tengan los poblados sobre las playas y las concentraciones de *E. coli*.
- Las acciones necesarias que se deben de tomar para mitigar el impacto de la carga microbiana sobre la calidad del agua del lago debe ir dirigida a la gestión y mejora de la calidad de los procesos de las plantas de tratamiento de aguas residuales.

Recomendaciones y limitaciones

- Ampliar el número de muestreos realizados durante la época de lluvia para determinar los efectos de dilución de las lluvias sobre la comunidad microbiana y la calidad de las aguas para uso recreacional.
- Comunicar y difundir la información generada durante estos monitoreos a las municipales y Ministerios de Salud y Asistencia Social, esto con el fin de poder tomar acciones necesarias que velen por la mitigación del impacto ambiental causado por la contaminación por fuentes difusas, descarga de aguas residuales, desechos sólidos y productos derivados de la escorrentía.
- Ampliar las áreas de tul dentro de la zona litoral del lago Atitlán para mitigar el impacto que las actividades humanas puedan tener en la calidad del agua en las zonas de recreación.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

APHA/AWWA/WPCF (1989). *Métodos estándar para el análisis de agua y aguas residuales*. 17^a Edición. American Public Health Association: US.

OMS, Organización Mundial de la Salud (2003). *Guidelines for safe recreational water environments. Volume 1: Coastal and fresh waters*.

ANEXOS

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL

Anexo 1. Registro fotográfico de los sitios de muestreo durante el 2021. (Fuente: DICA/AMSCLAE, 2021)



Playa Publica, Panajachel



Playa Jucanyá, Panajachel



Playa Peña de Oro, Panajachel



Las Termales, Santa Catarina Palopó



Playa Pública, San Antonio Palopó



Playa Pública Chicamán, San Antonio Palopó

DEPARTAMENTO DE INVESTIGACIÓN Y CALIDAD AMBIENTAL



Playa Pública, San Lucas Toliman



Playa Dorada, San Pedro La Laguna



Las Piedras, San Pedro La Laguna



Las Cristalinas, San Pablo La Laguna



Cerro Tzankujil, San Marcos La Laguna