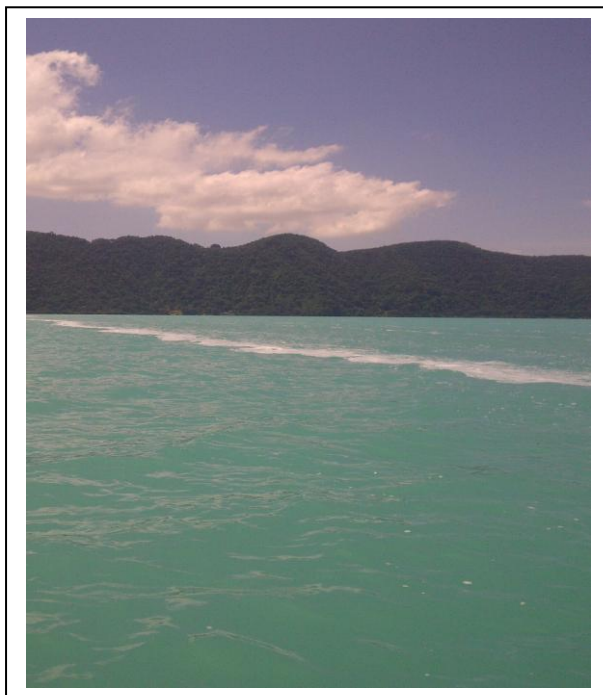


## INFORME DE EVALUACIÓN DEL EVENTO DE FLORACION DE MICROALGAS EN EL LAGO DE COATEPEQUE - SEPTIEMBRE DE 2012

### I. ANTECEDENTES

El Lago de Coatepeque se localiza en el departamento de Santa Ana en las faldas del volcán del mismo nombre, cuenta con una superficie de 24.8 Km<sup>2</sup> y su elevación es de 740 metros sobre el nivel del mar (msnm); su cuenca tiene un área de 70.25 Km<sup>2</sup>. Esta cuenca presenta la característica particular de no tener drenaje superficial, el drenaje es subterráneo hacia las cuencas de los ríos Sucio y Suquiapa. Su profundidad máxima es de 115 metros y los taludes que lo circundan tienen alturas que varían entre 250 y 300 metros.

La coloración normal del lago varía de azul cristalino a azul profundo, sin embargo, en la última semana, el Lago de Coatepeque ha presentado coloración turquesa que se ha extendido a la totalidad del espejo de agua en un lapso de 4 días aproximadamente.



Este fenómeno ha sido observado con anterioridad en el Lago de Coatepeque, siendo el más reciente en octubre de 2006.

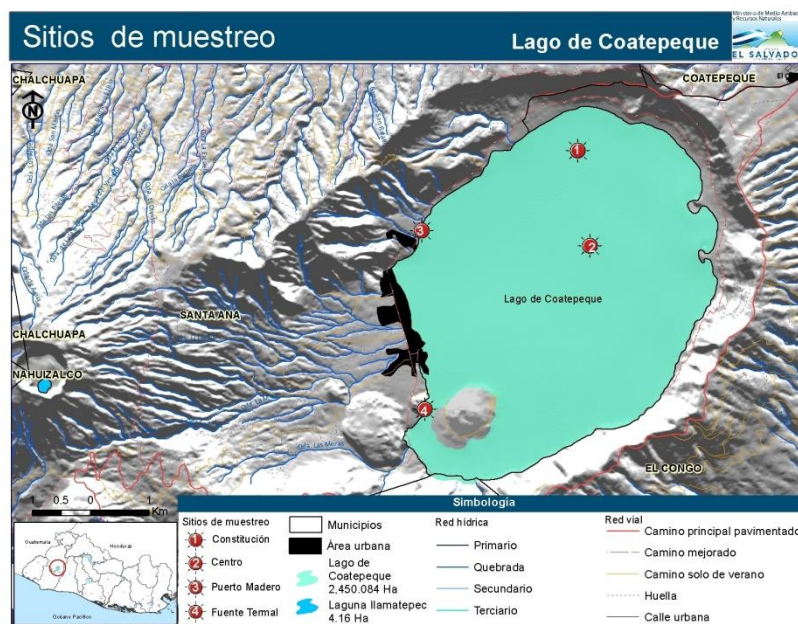
## II. INVESTIGACION REALIZADA

El viernes 14 de septiembre de 2012, se realizó un recorrido por el lago para la recolección de muestras de aguas y fitoplancton, con el propósito de realizar los análisis de los parámetros físico químicos, bacteriológicas y biológicas del agua, necesarios para conocer la causa del cambio de color observado.

El grupo de trabajo estuvo integrado por personal especialista en Vulcanología, Biología, Hidrología y Química de aguas del MARN, con el acompañamiento de 2 representantes de Protección Civil y el apoyo logístico de POLITUR en la zona.

Se recolectaron muestras en 4 sitios en lago, distribuidos estratégicamente para cubrir sitios de afluencia turística y puntos de particular interés, como el centro del lago y la zona de aguas termales, según el cuadro siguiente:

SITIO	LATITUD	LONGITUD
Centro Obrero Constitución 1950	13.88413	-89.54395
Centro del Lago de Coatepeque	13.86936	-89.54197
Aguas Termales	13.84400	-89.56812
Puerto Madero	13.87165	-89.56870



### Metodología de trabajo

En cada uno de los sitios de muestreo, se midieron los parámetros de calidad de agua “in situ” utilizando el equipo multiparametros HACH, un disco Secchi para medir la transparencia, y se tomaron muestras de agua para realizar en el laboratorio los análisis físico, químicos, bacteriológicos y biológicos correspondientes



Se recolectaron un total de 24 muestras para la realización de análisis físico, químico, bacteriológico y biológico. Las muestras fisicoquímicas se recolectaron a una profundidad promedio de 1.5 metros de la superficie en el centro del lago.

Los parámetros de calidad de agua medidos en campo fueron temperatura de la muestra, temperatura ambiente, pH, sólidos disueltos totales, oxígeno disuelto, transparencia (Disco Secchi).



En el Laboratorio de Calidad de Agua del MARN se realizaron los análisis de las muestras para determinar: pH, Color Aparente, Conductividad Eléctrica, Turbidez, Alcalinidad Total, Bicarbonatos, Boro, Calcio, Carbonatos, Cloruros, Demanda Química de Oxígeno, Dureza Total, Fosfatos, Fósforo Total, Hierro, Magnesio,

Nitratos, Nitrógeno Total Kjeldahl, Potasio, Sólidos Disueltos Totales, Sólidos Suspendidos Totales, Sólidos Totales, Sodio, Sulfatos, Sulfuros, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Coliformes fecales.

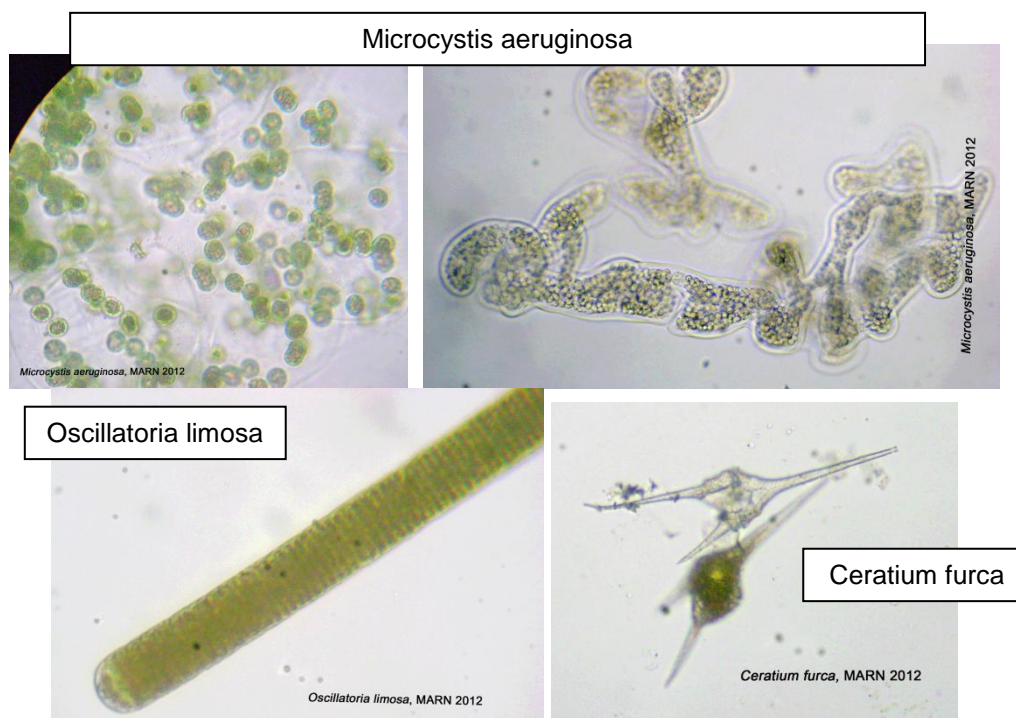
Adicionalmente se recolectaron muestras de aguas para identificación y cuantificación de algas.

### III. RESULTADOS OBTENIDOS

#### 3.2 EVALUACION BIOLOGICA

Las especies identificadas en el muestreo de fitoplancton a través de colecta con red, fueron *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria limosa* (Cianophitas) y *Ceratium furca* (Dinoflagelado).

Por otro lado, en las muestras analizadas, se observó la presencia de otra especie de fitoplancton cuyas características morfológicas indican que pertenece a las Bacillariophytas o Diatomeas, esta no ha podido ser identificada a nivel de género y especie, sin embargo se caracteriza por su estructura pennada (asemejándose a las *Navicula* y *Achnanthes*), transparencia, formadora de grumos y abundante aunque a menor escala que las especies de Cyanophytas.



El conteo de Células proporciona los siguientes datos:

- *Microcystis aeruginosa*: 152,567 células por mililitro (cl/ml)
- *Oscillatoria limosa*: 94,333 células por mililitro (cl/ml)
- *Ceratium furca*: 13 células por mililitro (cl/ml)

Según los protocolos de la Organización Mundial de la Salud<sup>1</sup>, a partir de valores iguales o mayores de 2000 células por mililitro debe existir un nivel de vigilancia del cuerpo de agua (Monitoreo).

En el caso de valores mayores a 2,000 células por mililitro de especies productoras de toxinas, debe darse un Nivel de Alerta 1, con el acompañamiento de las autoridades de salud y entidades encargadas del tratamiento de aguas. El nivel de alerta 1 – PREVENCIÓN, consiste en notificar a la población.

El cambio a Nivel de Alerta 2, estará en función de la confirmación de los niveles de toxicidad, para lo cual es indispensable la evaluación de las toxinas presentes en la cepa (o semilla, tipo, clase, etc.) de la micro alga en floración.

### 3.1 EVALUACION FISICO QUIMICA

Los resultados de los análisis de calidad de agua del Lago de Coatepeque para el muestreo del 14 de septiembre del 2012 e información de referencia de la calidad de agua del 2006 para el centro del lago en el cual se muestra las condiciones de calidad de agua sin floración de algas, se muestra a continuación:

Sitio	Unidades	Mayo 2006	14 Septiembre 2012			
		Centro del Lago Mayo 2006	Centro Obrero Constitución	Centro del Lago	Agua Termales	Puerto Madero
Hora			09:59	10:40	11:27	12:08
Temp. Ambiente	°C		30.9	34	32.5	34.5
Temp. Muestra	°C		29.4	29.8	43	32.8
pH	u pH		9.1	9	8.8	9.1
Oxígeno Disuelto	mg/L		6.16	6.92	5.6	5.73

<sup>1</sup> OMS - Toxic cyanobacteria in water: A guide to their public health consequences, monitoring and management

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y  
RECURSOS NATURALES



Sitio	Unidades	Mayo 2006	14 Septiembre 2012			
		Centro del Lago Mayo 2006	Centro Obrero Constitución	Centro del Lago	Aguas Termales	Puerto Madero
<b>Transparencia</b>	<b>m</b>	<b>17.9</b>	<b>1.37</b>	<b>1.27</b>	<b>1.37</b>	<b>1.25</b>
Color Aparente	u Co-Pt		34	31.5	46	36
Conductividad Eléctrica	μS/cm		1618	1646	1769	1610
Turbidez	NTU		10.75	7.66	9.47	7.22
Alcalinidad Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>		320.05	316.7	303.07	310.45
Bicarbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>		197.66	197.43	216.42	186.71
Boro	mg/L B		2.4	2.7	3.6	0.4
Calcio	mg/L Ca		24.11	22.83	31.64	21.31
Carbonatos	mg/L CaCO <sub>3</sub>		122.39	119.26	86.66	123.73
Cloruros	mg/L Cl <sup>-</sup>		305.79	304.76	363.64	307.86
Dureza Total	mg/L CaCO <sub>3</sub>		395.2	406.4	372.2	401.8
<b>Fosfatos</b>	<b>mg/L PO<sub>4</sub></b>	<b>0.02</b>	<b>0.31</b>	<b>0.585</b>	<b>0.71</b>	<b>0.215</b>
<b>Fósforo Total</b>	<b>mg/L PO<sub>4</sub></b>	<b>0.16</b>	<b>0.76</b>	<b>0.62</b>	<b>1.51</b>	<b>0.7</b>
Hierro	mg/L Fe		ND	ND	0.06	0.01
Magnesio	mg/L Mg		81.66	84.85	71.21	84.66
Nitratos	mg/L NO <sub>3</sub>		0.9	1.45	1.75	1.4
<b>Nitrógeno Total Kjeldahl</b>	<b>mg/L N</b>	<b>7.20</b>	<b>91.5</b>	<b>32.63</b>	<b>21.38</b>	<b>19.88</b>
Potasio	mg/L K		24.03	24.05	25.15	23.35
Sólidos Totales	mg/L	1045.00	1097.00	1076	1191	1068
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	1042.00	1075	1056	1165	1049.50
Sólidos Suspendidos Totales	mg/L	2.00	22	20	25.5	18.5
Sodio	mg/L Na		267.00	292.00	320.38	284.375
Sulfatos	mg/L SO <sub>4</sub>		201.03	205.78	183.44	205.6
Sulfuros	mg/L S <sup>-</sup>		<0.005	<0.005	0.001	<0.005
Coliformes fecales	NMP/100ml		< 1.8	< 1.8	17000	35000

Como puede observarse, los datos de Septiembre de 2012 reflejan incremento en la disponibilidad de nutrientes en el agua, principalmente de Fosforo y Nitrógeno.

El Fósforo usualmente es el nutriente clave que controla la proliferación de micro algas en los cuerpos de agua, mientras que el nitrógeno puede influenciar la dominancia de especies que fijan o no el nitrógeno.

Al comparar la concentraciones de nutrientes medidas en el centro del lago en septiembre de 2012, respecto a 2006 bajo condiciones normales, se puede observar la siguiente relación: Fosfatos (29 veces mayor), Fosforo Total (3.9 veces mayor), Nitrógeno Total (4.5 veces mayor).

### 3.3 EVALUACION VULCANOLOGICA

Desde el punto de vista volcánico, el lago de Coatepeque es un cuerpo de agua dentro de una caldera volcánica y de acuerdo a los estudios, la última actividad eruptiva asociada con este volcán data entre los 70 y 50 mil años<sup>2</sup>, cuando se formó la depresión actual del lago.

No existe evidencia de erupciones ocurridas en los últimos 10,000 años y los parámetros registrados en los últimos años no reflejan anomalías que sugieran que el volcán se encuentra activo.

El MARN mantiene el monitoreo en tiempo real de la zona volcánica de Coatepeque y volcán de Santa Ana, con cuatro estaciones sísmicas y visitas periódicas. Hasta el momento del presente informe no existe registro de sismicidad local que sugiera anomalías en ambos volcanes.

Sin embargo, a raíz de los comentarios de los pobladores sobre la presencia de olor a azufre en la zona, coincidente con el cambio de coloración de las aguas del lago, se realizó un recorrido por el mismo, para realizar la evaluación hidrogeoquímica de las aguas, que incluye mediciones de parámetros de calidad de agua y recolección de muestras para análisis de laboratorio<sup>3</sup>. Se inspeccionó el manantial de agua termal localizado en el margen del lago y en las proximidades del Cantón y Caserío San Juan Los Planes.

En el cuadro siguiente se presentan los resultados obtenidos, así como registros históricos de mediciones en el mismo sitio.

<sup>2</sup> Pullinger, C. 1998. Evolution of the Santa Ana Volcanic complex. M.Sc thesis Michigan Technological University.

<sup>3</sup> Laboratorio de Calidad de Agua del MARN

<b>Parámetros hidrogeoquímicos en fuente termal del Lago de Coatepeque (Lat. 13.86812; Long. -89.56822)</b>				
Fecha	pH	T °C	Sulfatos (mg/L)	Cloruros (mg/L)
<b>14/Sept/2012</b>	<b>7.9</b>	<b>43</b>	<b>205</b>	<b>363</b>
15/Nov/2005	-	61	155	520
21/Sept/2005	7.18	-	148	422
12/Sept/2005	-	33.7	186	268
16/Feb/2004	7	60.8	75	524
24/Nov/2003		51.3	50	538

Según se observa, los valores de Temperatura, pH, Sulfatos y Cloruros correspondientes a diferentes meses del año presentan fluctuaciones que obedecen a cambios estacionales, dentro del rango normal históricamente establecido y no se observan anomalías.

En base a lo anterior, se establece que no se observan anomalías que puedan ser asociadas con la posibilidad actividad volcánica como causa del cambio de color del agua del Lago de Coatepeque.

#### IV. ANALISIS DE LOS RESULTADOS

En base a los resultados obtenidos, se establece que el Lago de Coatepeque experimenta un floración descontrolado de algas cianofitas, parte del fitoplancton del lago, del tipo *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria limosa* y *dinoflagelados del tipo Ceratium furca en menor proporción*.

Estas células forman agrupaciones “grumosas” cuyos pigmentos generan la coloración turquesa que se observa en el agua.

El floración descontrolada de estas algas, ocurre como consecuencia de la alteración de las condiciones de equilibrio de nutrientes en el lago, debido al excesivo incremento de aportes de Nitrógeno y Fósforo ocasionado por varios factores, principalmente el arrastre de suelos con alto contenido de fósforo y nitrógeno provenientes de zonas de cultivo hacia el lago por la escorrentía superficial, ingreso de aguas residuales sin tratamiento y disponibilidad de nutrientes del fondo del lago por mezclado de la masa de agua.

Existen además otros factores naturales como el incremento de la temperatura e intensidad luminosa o la baja turbulencia del agua, que junto a la eutrofización son los factores más importantes que favorecen el desarrollo de las floraciones.

La vida promedio de la floración algal se estima de 1 a 2 semanas, dependiendo de las condiciones del medio. Una vez agotado este nutriente, inicia un proceso de



decaimiento de la concentración de algas en el cuerpo de agua, las cuales al morir se sedimentan.

La *Microcystis aeruginosa* produce una cianotoxina llamada microcystina, la cual se puede biodegradar en el ambiente por fotólisis de forma natural en el agua y es generalmente producida en la etapa final de vida. Estas toxinas son liberadas para eliminar la competencia de consumo de nutrientes por otras especies del plancton del lago, lo cual puede explicar la escasa presencia de otras especies planctónicas.

Las toxinas de estas especies son termoestables, de modo que no son destruidas eficientemente por el procesamiento industrial ni por el cocinado. Las microcystinas presentan una vida media de dos semanas en condiciones extremas de pH 1 y temperatura de 40 °C.

La Microcystina es clasificada como hepatotoxina y su efecto en el ser humano es el bloqueo de proteínas fosfatasa por enlace covalente y produce hemorragia del hígado; puede ocurrir daño acumulativo.

La vía más común de intoxicación por cianotoxinas en el ser humano y el ganado es debido al consumo de agua de bebida. La absorción a través de la piel no es común debido a que difícilmente penetra membranas celulares.

## V. CONCLUSIONES

- El análisis de las condiciones vulcanológicas e hidrogeoquímica del agua, no evidencia anomalías que puedan ser asociadas con la posibilidad actividad volcánica como causa del cambio de color del agua del Lago de Coatepeque.
- El Lago de Coatepeque presenta un evento de floración de Algas verde azules de la especie *Microcystis aeruginosa*, *Oscillatoria limosa* y *Ceratium furca*, que ocasiona la coloración turquesa de las aguas, visible para la población desde el día miércoles 12 de septiembre.
- La *Microcystis aeruginosa* produce una cianotoxina llamada microcystina, que es clasificada como hepatotoxina, que puede ser causal de enfermedades cuando son ingeridas o por contacto con el agua a partir de la exposición recreacional. Sin embargo, su nivel de toxicidad es variable y depende del tipo de cepa (o semilla, tipo, clase, etc.), por lo que es indispensable contar con los resultados de los análisis de toxicidad que realiza CONAMAR para definir las medidas a tomar.
- La causa del floración de micro algas identificadas a partir del muestreo reciente es el incremento en la disponibilidad de nutrientes en el lago, en especial a la alta disponibilidad de fosfatos (0.215 y 0.71 mg/L), fósforo total (0.62 y 1.51mg/L) y Nitrógeno total (19.88 a 91.5 mg/L).

Al comparar la concentraciones de nutrientes medidas en el centro del lago en septiembre de 2012, respecto a 2006 bajo condiciones normales, son significativamente mayores: Fosfatos (29 veces mayor), Fosforo Total (3.9 veces), Nitrógeno Total (4.5 veces).

- El incremento de la disponibilidad de nutrientes en el lago puede ser ocasionado por varios factores, entre ellos, arrastre de suelos con alto contenido de fósforo y nitrógeno provenientes de zonas de cultivo hacia el lago por la escorrentía superficial, ingreso de aguas residuales sin tratamiento, disponibilidad de nutrientes del fondo del lago por mezclado de la masa de agua.
- El análisis de las condiciones vulcanológicas e hidrogeoquímica del agua, no evidencia anomalías que puedan ser asociadas con la posible actividad volcánica como causa del cambio de color del agua del Lago de Coatepeque.

## VI. RECOMENDACIONES

- En base a los resultados del conteo de células por mililitro de especies productoras de toxinas (mayor a 2,000), se recomienda como precaución no utilizar el agua del lago para consumo humano, abrevado de ganado y evitar actividades que generen contacto directo con el agua, hasta que se confirmen por parte de las autoridades correspondientes el nivel de toxicidad de las micro algas en floración.
- No utilizar el agua del lago para las actividades anteriores, al menos dos semanas después de desaparecida la coloración turquesa que ha sido observada.
- No consumir alimentos provenientes del Lago de Coatepeque como mínimo dos semanas después de desaparecida la coloración; debido a que la toxina es termoresistente.
- Atender las recomendaciones del Ministerio de Salud, CONAMAR y Protección Civil sobre las precauciones a tomar.

## VII. BIBLIOGRAFIA

Desikachary, T.V.. "Cyanophyta. Indian Council of Agricultural Research". New Delhi. 1959 pp. 686

Dodge, J.D. 1985. Atlas de dinoflagelados. Farrand Press. London. 119 pp.

FIAES , "Limnología de los Lagos de Ilopango y Coatepeque". Fundación Lago de Ilopango, Fundación Lago de Coatepeque, 1996.

McCurtcheon, Molly , “Contaminación Antropogénica y Volcánica en el Lago de Coatepeque”. Tesis presentadas para obtener el grado de Geólogo de la Universidad de OHIO 1998.

Menjivar, Rodolfo “Informe de Identificación de Plancton en el Lago de Coatepeque”. Consultoría elaborada para el SNET. Noviembre de 2006.

Moreno Grau , “Toxicología Ambiental”. Editorial Mc Graw Hill España 2003

Patrick, R. & C.W. Reimer. 1966. “The diatoms of the United States”. The Academy of Natural Sciences of Philadelphia. N° 13. Vol. 1. 213 pp.