



MINISTERIO DE  
MEDIO AMBIENTE  
Y RECURSOS  
NATURALES

**EVALUACION DE LA CALIDAD DEL AGUA  
LAGO DE COATEPEQUE  
AÑO 2019**



San Salvador, octubre de 2019

Coordinación

Celina Kattan, directora del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

Roberto Cerón, gerente de hidrología

Autoría

Zulma Esperanza Mena, especialista en calidad de las aguas superficiales

Luis Amaya Grande, responsable de base de datos de calidad de agua

Miriam Elena Salguero, técnico de campo

Yesenia Peñate, elaboración de mapas

## Índice

Introducción	4
Metodología de trabajo	4
Procesamiento y manejo de datos	7
Resultados obtenidos	10
Conclusiones	13

## **Introducción**

El Lago de Coatepeque se localiza en el departamento de Santa Ana y cuenta con una superficie de 24.8 Km<sup>2</sup>, una elevación es de 740 msnm y 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 la cuenca del río Sucio en la Cuenca del Río Lempa. La profundidad del lago ronda los 115 metros y los paredones que lo circundan tienen alturas que varían entre 250 y 300 metros.

El 1 de octubre del 2005 el Volcán de Santa Ana (Iamatepec) expulsó cenizas y materiales preexistentes en el cráter, (bloques rocosos, fragmentos hidrotermalizados y arcillas) cuyos depósitos alcanzaron hasta 1 metro de espesor en las cercanías del mismo. Debido a las lluvias del Huracán STAN que comenzaron a partir del 2 de octubre, parte de los materiales expulsados fueron arrastrados, hasta convertirse en flujos que bajaron por las quebradas de la ladera del volcán hasta el Lago de Coatepeque en la zona conocida como Las Playitas.

Posterior ha dicho evento y a partir de noviembre de 2006 el Lago de Coatepeque inició a presentar eventos de floraciones algales, las cuales son típicas de un incremento de la cantidad de nutrientes en las aguas superficiales; en la siguiente fotografía se puede visualizar la coloración turquesa que generalmente adquieren las aguas superficiales cuando se desarrollan dichos eventos, así como, una espuma blanca que aflora al mismo tiempo.

Durante el año 2019 se desarrollo una evaluación de calidad del agua en el viernes 12 de julio finalidad de determinar las condiciones actuales del Lago de Coatepeque a través del proceso que se denomina Eutrofización, dicho trabajo incluyo giras de campo para (a) evaluación de parámetros de calidad de agua “in situ” y (b) recolección, preservación y traslado de muestras de aguas superficiales al Laboratorio de Calidad de Agua del MARN para su procesamiento y análisis y (c) análisis de los datos obtenidos.

## **Metodología de trabajo**

### **Sitios de muestreo**

En el Lago de Coatepeque se ha ubicado cinco (5) sitios de muestreo para evaluar la calidad de las aguas superficiales, como se muestra en la siguiente tabla

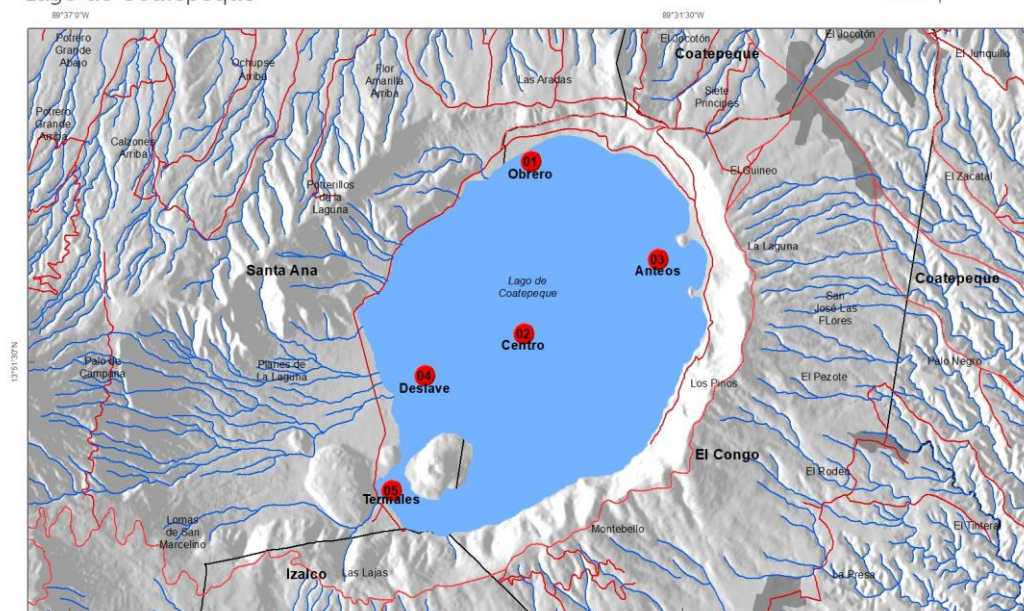
Tabla No. 1 Sitios de muestreo de calidad de agua en el Lago de Coatepeque

Sitios de muestreo	Ubicación	Coordenadas Norte	Coordenadas Oeste
01OBRERO	Centro Obrero Constitución	13°53'15.72"	89°32'44.68"
02CENTRO	Centro del Lago de Coatepeque	13°51'55.07"	89°32'53.88"
03ANTEOS	Anteojos	13°52'23.52"	89°31'43.31"
04DESLAE	Adyacente al deslave del Volcán de Santa Ana	13°51'26.25"	89°33'42.55"
05TERMAL	Aguas Termales	13°50'26.36"	89°34'1.76"

A continuación se muestra el mapa con los sitios de evaluación de la calidad del agua en el sistema del Lago de Coatepeque

#### Red de sitios de muestreo calidad de agua

Lago de Coatepeque



Mapa No. 1 Sitios de evaluación de la calidad del agua en el Lago de Coatepeque

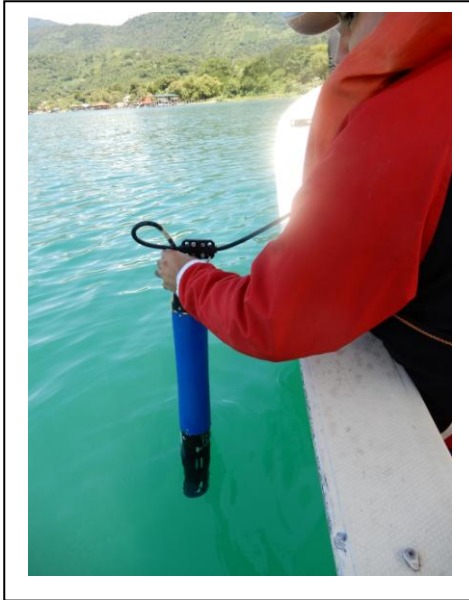
#### Trabajo de campo

En cada uno de los sitios se evaluó parámetros de calidad de agua “in situ” con un equipo multiparámetro, se recolectaron, preservaron y trasladaron muestras al Laboratorio de Calidad de Agua del MARN.

Los parámetros evaluados en campo fueron: Temperatura de la muestra, pH,

Conductividad, Sólidos disueltos totales, Turbiedad, Oxígeno disuelto y Transparencia (Disco Secchi).

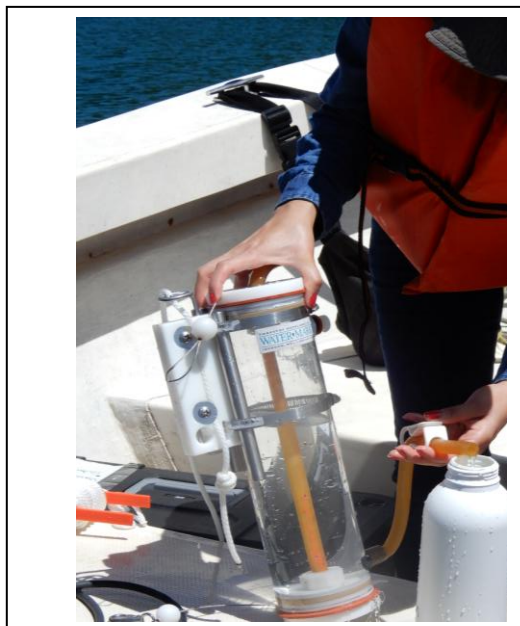
A continuación se muestra el proceso de trabajo en campo



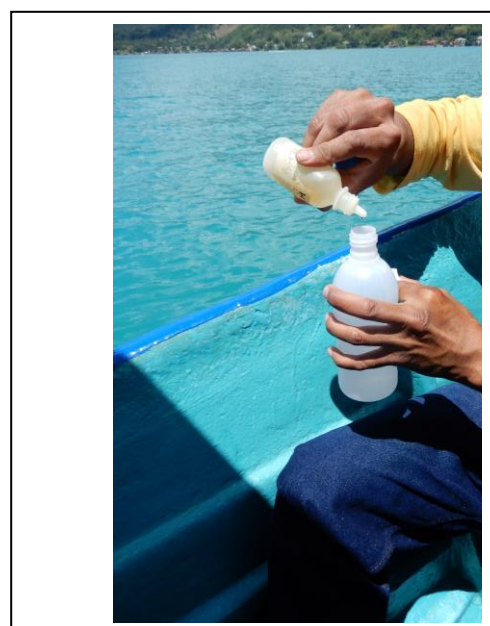
Medición de parámetros de calidad de agua “in situ”



Recolección de muestras de agua para análisis en el laboratorio



Llenado de frascos para preservación, traslado y análisis posterior en el laboratorio



Preservación de muestras de agua para análisis en el laboratorio

Las muestras de aguas fueron recolectadas a dos metros de profundidad del espejo de agua con una Botella Kemmerer de policarbonato y preservadas siguiendo las directrices de los Métodos Estándar para Análisis de Aguas y Aguas Residuales, en su 21 edición del año 2005 de la APHA, AWWA, WEF.

## Procesamiento y manejo de datos

### Índice de calidad de agua (ICA)

Una manera práctica de valorar la calidad del agua en un recurso en un sitio y momento determinado, es hacer uso de una escala numérica simple relacionada con el grado de contaminación. Este valor es denominado Índice de Calidad de Agua (ICA) y engloba las características más importantes asociadas al uso del agua priorizado, resumiendo el valor de los parámetros respectivos y ser utilizado para definir mejor el estado que indica el término calidad de agua.

Este Índice se utiliza para calificar la calidad de agua de los ríos estudiados y evaluar su condición para permitir el desarrollo de vida acuática; para condiciones óptimas adopta un valor máximo determinado de 100, valor que va disminuyendo con el aumento de la contaminación en el agua en estudio, hasta un valor de cero.

Este índice asigna pesos o medidas según su importancia, para la calidad de las aguas a las concentraciones de Coliformes fecales, porcentaje de saturación de Oxígeno disuelto, pH, Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días, Nitratos, Fosfatos, incremento de la temperatura en el cauce del agua, Turbiedad y Sólidos totales disueltos.

Tabla 2. Parámetros de calidad de agua incluidos en el ICA y sus pesos respectivos

	Parámetro	Unidades	wi
1	Oxígeno Disuelto	% saturación	0.17
2	Coliformes fecales	NMP/100 mL	0.15
3	pH	unidades de pH	0.12
4	DBO5	mg/ L	0.10
5	Nitratos	mg/ L	0.10
6	Fosfatos	mg/ L	0.10
7	Cambio de la Temperatura	°C	0.10
8	Turbiedad	UNT	0.08
9	Sólidos disueltos Totales	mg/ L	0.08

La evaluación numérica del ICA se expresan matemáticamente como:

$$ICA = \sum_{i=1}^9 (Sub\ i) W_i \quad (1)$$

Dónde:  $W_i$ : Peso relativo asignado (Singular o plural) a cada parámetro (Subi), y ponderados entre 0 y 1, de tal forma que se cumpla que la sumatoria sea igual a uno.

Subi: Subíndice del parámetro i.

El Índice de Calidad de Agua (ICA), se expresa de la siguiente manera:

Tabla 3. Valoración de Calidad de Agua según el ICA

Calidad de agua	Rango de valor	Usos
Excelente	91 a 100	Facilita el desarrollo de vida acuática
Buena	71 a 90	Facilita el desarrollo de vida acuática
Regular	51 a 70	Limita el desarrollo de vida acuática
Mala	26 a 50	Restringe el desarrollo de vida acuática
Pésima	0 a 25	Imposibilita el desarrollo de vida acuática

### Índice de Eutrofización

La eutrofización es el enriquecimiento de las aguas superficiales con nutrientes disponibles para las plantas; si bien la eutrofización se produce en forma natural normalmente depende de aportaciones de nutrientes por diversas actividades de origen antropogénico.

La determinación del estado de la eutrofización se realizará a través del Índice de eutrofización el cual se determina de forma global para el cuerpo de agua de la siguiente manera:

$$I_E = \frac{C}{C - \log X} + \log A$$



Donde:

IE: Índice de eutrofización por nutrientes de cada sitio de muestreo, durante el período de estudio, compuesto por  $M$  muestreos.

A: Número de sitios de muestreo durante el período de estudio.

C: Logaritmo de la concentración total del nutriente durante el período de estudio, es decir, la suma de las concentraciones de los nutrientes obtenidas en cada una de los sitios de muestreo durante los muestreos realizados.

La escala de clasificación es la detallada a continuación:

Tabla 4. Clasificación del estado de eutrofización

Clasificación	Valoración	Valor de Índice de Eutrofización
Oligotrófico	Producción vegetal mínima	$IE < 3$
Mesotrófico	Producción vegetal intermedia	$3 \leq IE \leq 5$
Eutrófico	Producción vegetal excesiva	$IE > 5$

#### Índice del estado trófico (IET)

El estado trófico de los lagos es un concepto fundamental en la gestión de los mismos, en el se describe la relación entre el estado de nutrientes en un lago y el crecimiento de la materia orgánica en el mismo.

Este varía entre 0 y 100 unidades, el cual se determina a través de los valores de transparencia la cual es medida con la profundidad que alcanza el Disco Secchi (DS) y los valores de Clorofila, como se detalla a continuación

Tabla 5. Clasificación del estado de eutrofia en base a los datos de Disco Secchi y Clorofila.

Estado de eutrofia	IET	Ds (metros)	Clorofila ( $\mu\text{g/L}$ )
Oligotrófico $IET < 30$	0	64	0.04
	10	322	0.012
	20	16	0.34
	30	8	0.94
Mesotrófico $30 < IET < 60$	40	4	2.6
	50	2	6.4
	60	1	20
Eutrófico $60 < IET < 90$	70	0.5	56
	80	0.25	154
	90	0.12	427
Hipertrófico $90 < IET < 100$	100	0.06	1183

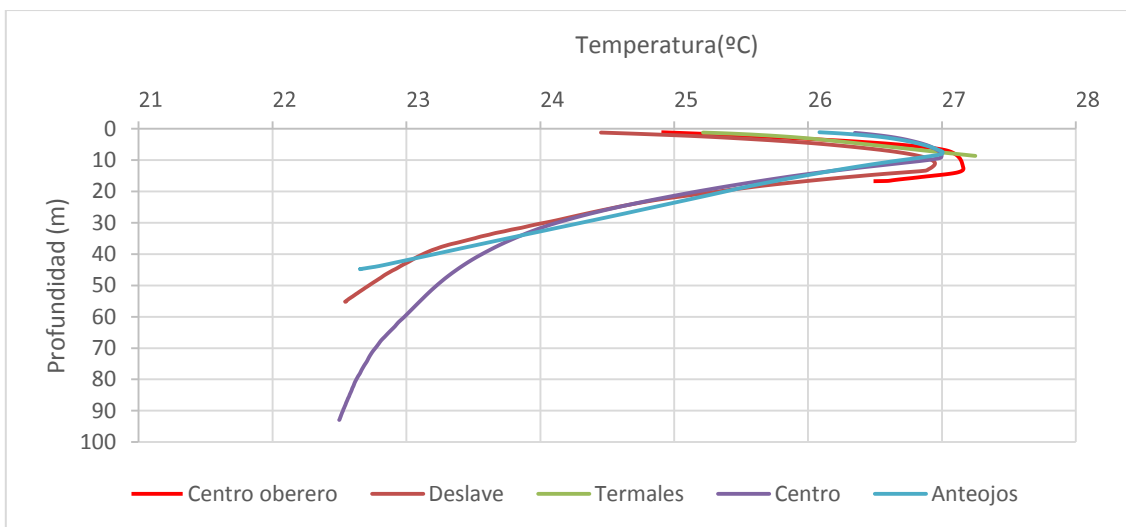
El cálculo se realizará aplicando la siguiente fórmula<sup>1</sup>:

$$\mathbf{IET = 60 - 14.41 \text{ Ln} (\bar{X} Ds)}$$

### Resultados obtenidos

A continuación se presentan los perfiles de los parámetros de campo

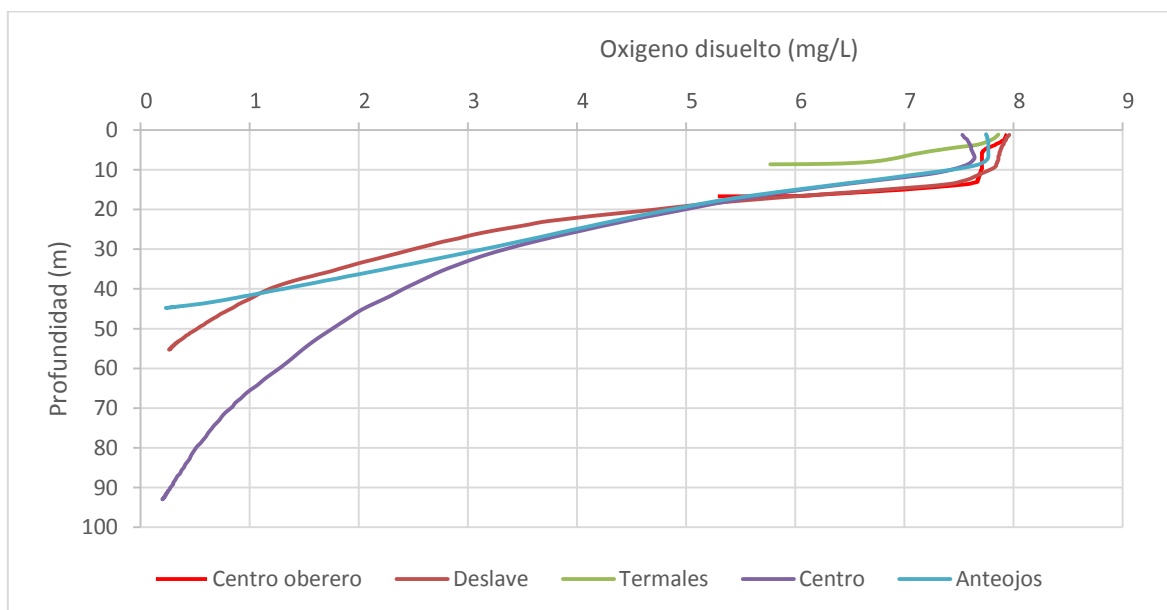
#### Temperatura



El perfil de temperatura muestra la misma tendencia para todos los sitios evaluados, siendo alrededor de los diez metros cuando la temperatura del agua comienza a decaer, la cual es inversamente proporcional al aumento de temperatura.

<sup>1</sup> Carlson (1977;1980)

## Oxígeno disuelto



Los valores de Oxígeno disuelto en la superficie del lago son muy buenos, pero alrededor de los diez metros de profundidad comienza a decaer el contenido del mismo hasta llegar a valores anóxicos entre los 40 y 65 metros de profundidad. Se observa que debajo de los 20 metros los valores de oxígeno disuelto son deficientes para el desarrollo de vida acuática

### Índice de calidad de agua (ICA)

A continuación se presenta los resultados obtenidos del cálculo del índice de calidad de agua (ICA) para las muestras recolectadas en Lago de Coatepeque.

Tabla 6. Resultados de la calidad de agua valorada a través del ICA

Sitio de Muestreo	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO5	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	ICA
01OBRERO	25.6	8.9 4	589	7.92	14.9	0.07	3.33	5.22	ND	61
02CENTRO	26.6	8.6 7	612	7.57	14.7	0.08	1.61	ND	ND	66
03ANTEOJOS	26.5	8.7 5	742	7.76	10.1	0.24	ND	ND	ND	66
04DESLAVE	25.0	8.7 4	612	7.93	13.9	0.11	ND	ND	ND	66

Sitio de Muestreo	Temp (°C)	pH	TDS (mg/L)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Turbidez (NTU)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO5	Coliformes fecales (NMP/100 ml)	ICA
05TERMAL ES	25.8	8.66	674	7.81	12.3	0.11	ND	ND	ND	67

Los resultados muestran que la calidad del agua del Lago de Coatepeque según el índice de calidad de agua (ICA) es “Regular” lo que limita el desarrollo de vida acuática.

### Índice de Eutrofización del Lago de Coatepeque

A continuación se presenta los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Eutrofización para el Lago de Coatepeque.

Tabla 7. Resultados del índice de eutrofización

ID Sitio	Fósforo Total	Secchi	Índice de Eutrofización	Clasificación
	mg/l	metros		
01OBRERO	2.50	6.2	2.3	Oligotrófico
02CENTRO	2.39	7	2.3	Oligotrófico
03ANTEOJOS	2.38	6.2	2.3	Oligotrófico
04DESLAVE	2.14	6	2.2	Oligotrófico
05TERMALES	1.99	5.8	2.1	Oligotrófico

Al valorar la eutrofización del Lago de Coatepeque a través del Índice de Eutrofización con los parámetros de fósforo total como elemento limitante y Transparencia; los resultados indican que, el agua se clasifica como Oligotrófico, indicando que la presencia de nutrientes en el lago al momento de muestreo es mínima.

### Índice del estado trófico (IET) del Lago de Coatepeque

A continuación se presenta los resultados obtenidos del cálculo del Índice del Estado Trófico para el Lago de Coatepeque.

Tabla 8. Resultados del índice del estado trófico

ID Sitio	Índice de Estado Trófico (IET)		IET promedio	Clasificación
	Secchi	Fósforo Total		
01OBRERO	34	86	60	Eutrófico
02CENTRO	32	87	59	Mesotrófico
03ANTEOJOS	34	87	60	Eutrófico
04DESLAVE	35	88	61	Eutrófico
05TERMALES	36	89	62	Eutrófico

Los resultados de calidad de agua muestran que el Lago de Coatepeque en el momento del muestreo presentaba una IET con características de Mesotrófico a Eutrófico debido a los niveles de producción vegetal intermedia a excesiva.

### Conclusiones

- El Índice de Calidad de Agua (ICA) clasifica el agua del Lago de Coatepeque como de calidad “Regular”, lo que indica limitación en el desarrollo de vida acuática.
- El estado de eutrofización valorado a través del Índice de Eutrofización (IE) clasifica al Lago de Coatepeque como Oligotrofico.
- El estado trófico evaluado a través del Índice del Estado Trófico (IET) clasifica de Mesotrófico a Eutrófico las aguas del Lago de Coatepeque.