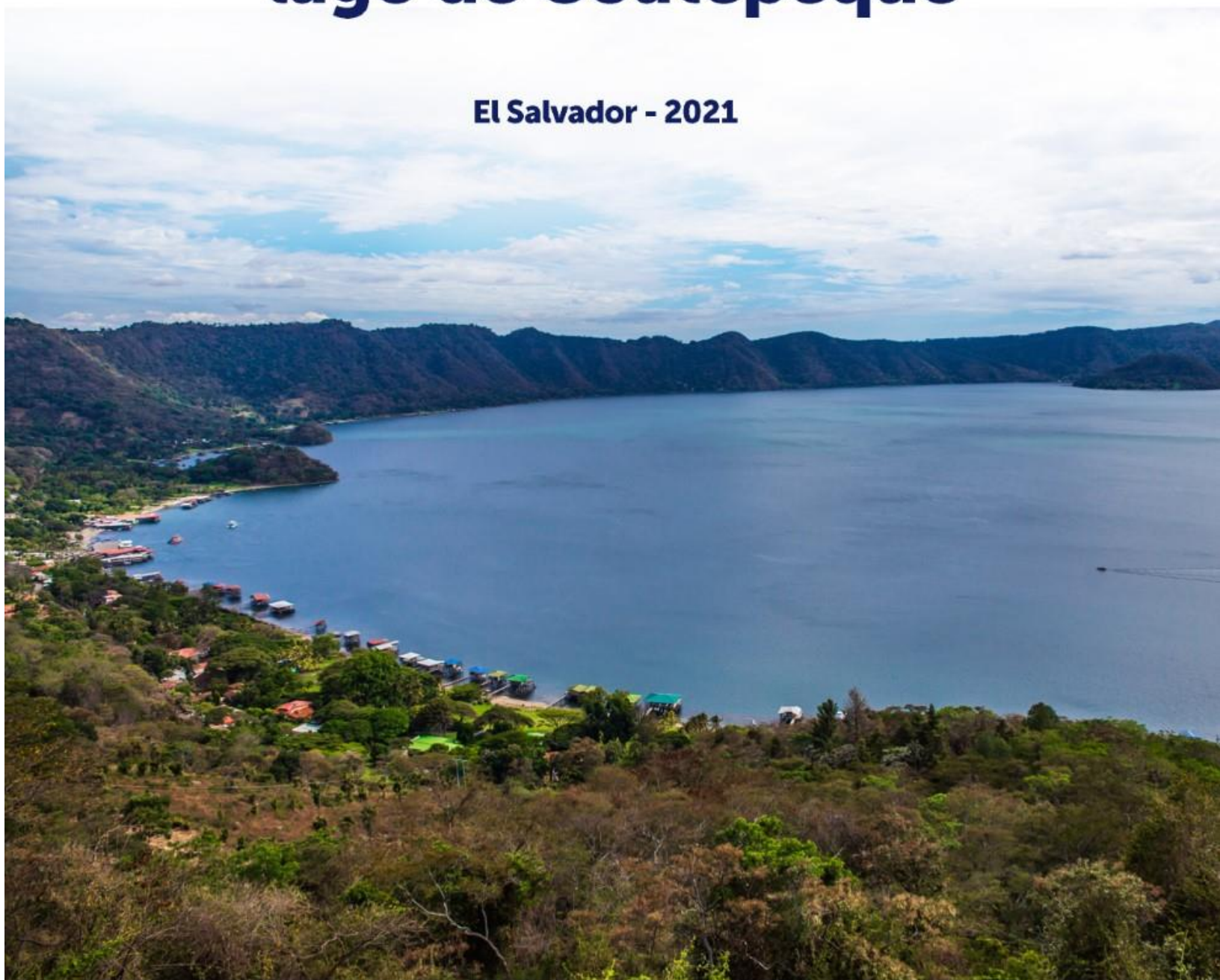




MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Evaluación de la calidad del agua del **lago de Coatepeque**

El Salvador - 2021





MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

Evaluación de la calidad del agua del **lago de Coatepeque**

Evaluación de la calidad del agua del lago de Coatepeque. El Salvador – 2021.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
El Salvador, Centroamérica.

Fernando Andrés López Larreynaga
Ministro

Coordinación

Luis Eduardo Menjivar, director del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

Roberto Adolfo Cerón, gerente de Hidrología del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales

Elaboración

Zulma Esperanza Mena, Especialista en Calidad de Agua

Luis Amaya Grande, Técnico en Manejo de Información de Calidad de Agua

Miriam Elena Salguero, Técnico en Calidad de Agua

Edición y diseño

Gerencia de comunicaciones

Primera edición

Junio, 2021

Este documento puede ser reproducido todo o en parte, reconociendo los derechos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales.

Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)
Kilómetro 5 ½ carretera a Santa Tecla, calle y colonia Las Mercedes, Edificios MARN, instalaciones ISTA, San Salvador, El Salvador, Centroamérica.

Teléfono: (503) 2132-6276

Sitio web: www.marn.gob.sv

Correo electrónico: medioambiente@marn.gob.sv

Facebook: /MedioAmbienteSLV/

Twitter: @MedioAmbienteSV

Youtube: [youtube/MARNsv](https://www.youtube.com/MARNsv)

Instagram: @medioambientesv

Índice

Siglas y acrónimos	5
Simbología	5
Listado de Figura	6
Listado de Tablas	6
Introducción	8
Capítulo I. Metodología de trabajo	9
Sitios de muestreo	
Trabajo de campo	
Índice de Calidad de Agua (CCME — WQI)	
Metodología de evaluación de aptitudes de uso	
Índice de Eutrofización (IE)	
Índice de Estado Trófico (IET)	
Capítulo II. Resultados obtenidos	21
Índice de calidad de agua (CCME — WQZ)	
Agua para riego sin restricciones	
Agua para consumo de especies de producción animal	
Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales	
Agua para actividades recreativas	
Índice de Eutrofización (IE), para el lago de Coatepeque	
Índice del Estado Trófico (IET), del lago de Coatepeque	
Conclusiones	31

Siglas y acrónimos

CCME — WQI	Índice de Calidad de Agua
DOA	Dirección General del Observatorio Ambiental
MARN	Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales
ND	No Detectable
NR	No Realizado
OD	Oxígeno Disuelto
RAS	Relación de Absorción de Sodio
SDT	Sólidos Disueltos Totales
SST	Sólidos Suspendidos Totales
UNT	Unidades Nefelométricas de Turbiedad

Simbología

%	Porcentaje
<	Menor que
≤	Menor o igual que
≥	Mayor o igual que
μS/cm	MicroSiemens por centímetro
Al	Aluminio
As	Arsénico
B	Boro
CaCO ₃	Bicarbonatos
Cd	Cadmio
Cl ⁻	Cloruros
CN ⁻	Cianuro
Cr	Cromo
CRS	Carbonato Sódico Residual
Cu	Cobre
DBO ₅	Demanda bioquímica de oxígeno a los cinco días
Fe	Hierro
Hg	Mercurio
km	Kilómetro

m	Metro
meq/l	Miliequivalente por litro
Mg	Magnesio
mg/l	Miligramo por litro
ml	Mililitro
Mn	Manganeso
Na	Sodio
NH ₄	Nitrogeno amoniacal
Ni	Níquel
NMP/100 ml	Número más probable por cien mililitros
NO ₂ ⁻	Nitrito
NO ₃ ⁻	Nitrato
OD	Oxígeno Disuelto
Pb	Plomo
pH	Potencial Hidrógeno
PO ₄ ⁻	Fósforo
ppm	Partes por millón
SO ₄	Sulfato
Zn	Zinc

Listado de Figura

Figura 1	Sitios de evaluación de la calidad del agua en el lago de Coatepeque
----------	--

Listado de Tablas

Figura 1	Sitios de muestreo de calidad de agua en el Lago de Coatepeque
Figura 2	Valoración de Calidad de Agua de los ríos del país según el CCME — WQI
Figura 3	Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales

Figura 4	Agua para riego sin restricciones
Figura 5	Agua para riego sin restricciones
Figura 6	Agua para actividades recreativas sin restricción
Figura 7	Resultados de la calidad de agua valorada a través del CCME — WQI
Figura 8	Clasificación del estado de eutrofia en base a los datos de Disco Secchi y Clorofila.
Figura 9	Resultados de la calidad de agua valorada a través del CCME — WQI
Figura 10	Agua para riego sin restricciones
Figura 11	Agua para consumo de especies de producción animal
Figura 12	Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales
Figura 13	Agua para actividades recreativas con contacto humano
Figura 14	Resultados del índice de eutrofización
Figura 15	Resultados del índice del estado trófico

Introducción

El lago de Coatepeque es uno de los principales destinos turísticos del país y sus aguas son utilizadas para diversos usos. Está localizado en el departamento de Santa Ana y, cuenta con una superficie aproximada de 24.8 km², su elevación es cercana a los 740 msnm y, su cuenca tiene un área estimada en 70.25 km².

Esta cuenca presenta la característica particular de no tener drenaje superficial, es decir, es una cuenca endorreica. El drenaje es subterráneo, principalmente, hacia la subcuenca 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.

En la presente evaluación se determinará la calidad de agua para desarrollo de vida, a través de la aplicación del Índice CCME — WQI y, aptitudes de uso, a través de la aplicación de guías de calidad d

e agua en: agua cruda para potabilizar por métodos convencionales, agua para riego sin restricciones, aguas para consumo de especies mayores y agua para actividades recreativas con contacto humano.

Debido a que el lago de Coatepeque, en la última década, ha presentado eventos periódicos de floraciones algales, que son típicas de un incremento de la cantidad de nutrientes, en las aguas superficiales.

Adicionalmente, se determina el Índice de Eutrofización e Índice del Estado Trófico, para evaluar las condiciones de eutrofización del lago debido a las aportaciones de nutrientes de la cuenca.

I. Metodología de trabajo

Sitios de muestreo

El área de Calidad de Agua de la Dirección del Observatorio de Amenazas y Recursos Naturales, realizó el día diez de marzo del año 2021, una campaña de muestreo en el lago de Coatepeque.

Los sitios de muestreo fueron seleccionados para evaluar la incidencia de las actividades antropogénicas y naturales de las diversas zonas de la cuenca en la calidad de las aguas; adicionalmente se evalúa el centro del lago como una referencia de mezcla de las aguas de todo el cuerpo de agua.

Los sitios identificados de muestreo para evaluar la calidad de las aguas superficiales en el lago son los siguientes.

Tabla 1

Sitios de muestreo de calidad de agua en el Lago de Coatepeque

Sitios	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	Anteos	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"

Fuente: MARN

En el siguiente mapa, se muestran la ubicación en el espejo de agua, de los sitios seleccionados para la evaluación de la calidad del agua en el sistema léntico, denominado del lago de Coatepeque.

Red de sitios de muestreo calidad de agua

Lago de Coatepeque

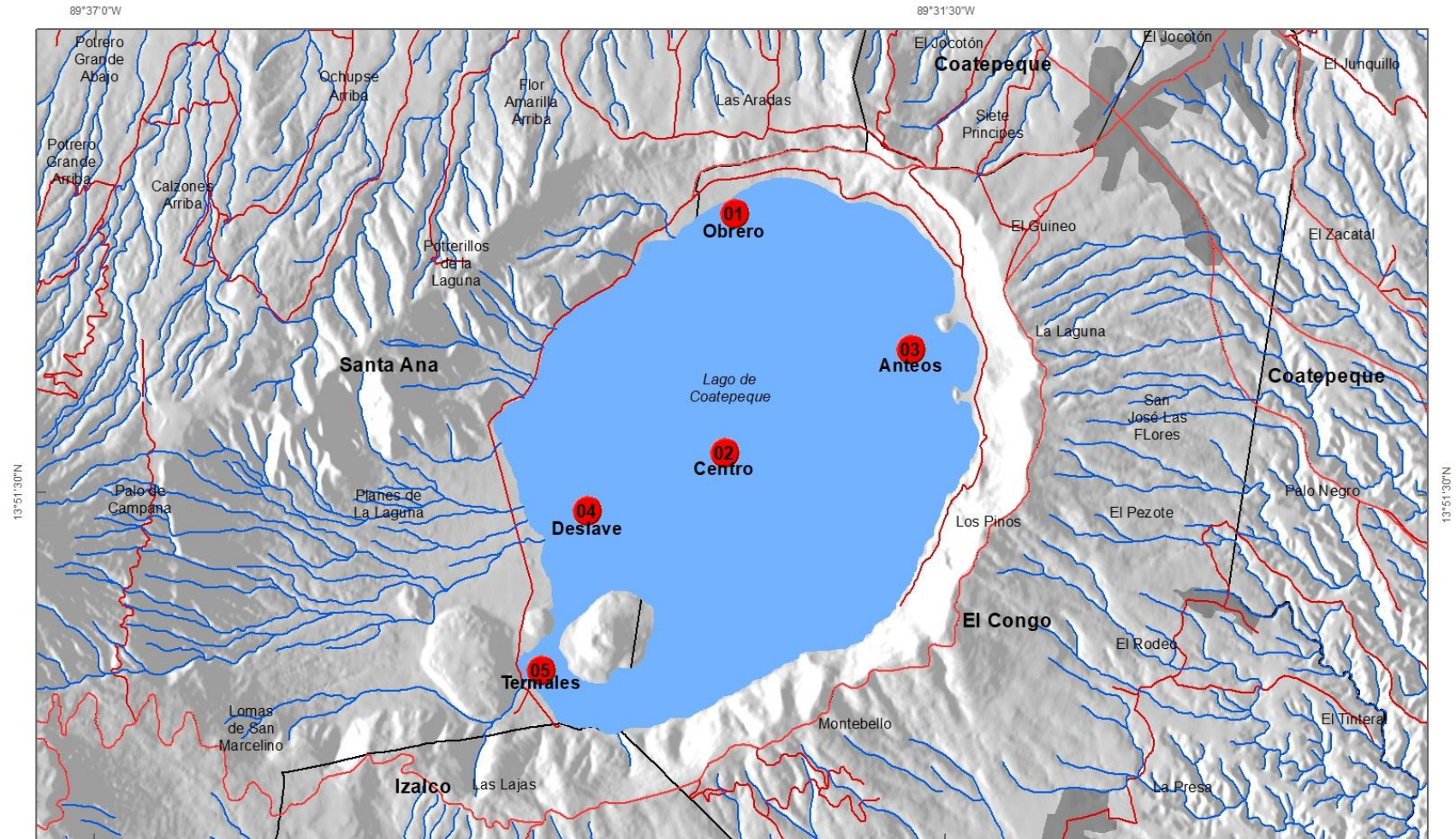


Figura 1. Sitios de evaluación de la calidad del agua en el Lago de Coatepeque

Fuente: MARN

Trabajo de campo

Como parte del muestreo, en cada uno de los sitios se evaluaron parámetros de calidad de agua *"in situ"*, con una sonda multiparamétrica de calidad de agua, se recolectaron, preservaron y trasladaron muestras al Laboratorio de Calidad de Agua del MARN.

Los parámetros evaluados en campo fueron:

- Condiciones generales del clima
- Temperatura ambiente
- temperatura de la muestra
- pH
- Conductividad
- Sólidos disueltos totales
- Oxígeno disuelto
- Transparencia (Disco Secchi)

A continuación, se muestran imágenes sobre el proceso de trabajo que se realiza en campo.



Figura 2. Medición de parámetros de calidad de agua *"in situ"* con la sonda multiparamétrica de calidad de agua.

Fuente: MARN



Figura 3. Recolección de muestras de agua con la botella de profundidad de Kemmerer, a una profundidad de 2 metros.

Fuente: MARN



Figura 4. Llenado de frascos con agua para traslado de muestras al Laboratorio de Calidad de Agua MARN
Fuente: MARN



Figura 5. Preservación de muestras de aguas para diversos análisis y posterior traslado al Laboratorio de Calidad de Agua MARN.
Fuente: MARN

Índice de Calidad de Agua (CCME — WQI)

A partir del presente año, la valoración del Índice de calidad de agua se realiza a través de la metodología del *Canadian Council of Ministers of the Environment - Water Quality Index* (CCME —WQI), en sustitución del índice ICA, debido a que el CCME — WQI, brinda una valoración más representativa de la calidad de las aguas, para protección de la vida acuática.

Este Índice ha sido diseñado para analizar toda la información disponible y, engloba la información histórica de los parámetros de calidad de agua que tienen afectación en la calidad de la vida acuática.

Por lo anterior, no es una determinación puntual como el ICA, que analizaba la información de un año en específico, sino un dato respaldado por los datos existentes, en la base de datos de calidad de agua de la DOA, que se han levantado durante varios años.

La metodología de cálculo se basa en el análisis estadístico de todos los datos de calidad de agua disponibles (período 2006 al 2020) y, su resultado depende de la cantidad de ocasiones que el valor del parámetro rebasa la guía de calidad de agua. Así como, la concentración por cuanto rebasa, dicha guía de calidad de agua.

El valor obtenido para el Índice CCME — WQI, representa la valoración de toda la información existente para los parámetros siguientes: Coliformes fecales, DBO5, Fósforo total, Nitrato, Nitrógeno amoniacal, Oxígeno disuelto, pH, Sólidos disueltos totales, Sólidos suspendidos totales, Plomo, Mercurio, Cadmio, Cromo total, Arsénico y Cobre.

Con el índice CCME — WQI, se dispone de información más representativa de la calidad de las aguas superficiales, hacia la protección de vida acuática y para posibilitar la zonificación las aguas superficiales del país.

La siguiente Tabla muestra la clasificación del agua del lago, basado en los resultados obtenidos para el Índice CCME — WQI.

Tabla 2

Valoración de Calidad de Agua de los ríos del país según el CCME — WQI

Calidad de agua	Rango de valor	Usos
Excelente	81 a 100	Facilita el desarrollo de vida acuática
Buena	71 a 80	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

Fuente: MARN

Metodología de evaluación de aptitudes de uso

Para la valoración de la calidad de agua para diferentes usos, se aplicaron guías de calidad de agua elaboradas a través de “mejor juicio profesional”, tras la revisión de normativas nacionales e internacionales.

Los cuatro usos del agua objeto de interés para este estudio son:

- (1) Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales
- (2) Agua para riego sin restricciones
- (3) Agua para consumo animal y
- (4) Agua para actividades recreativas

Los valores guía para cada una de las aptitudes de uso, se han resumido en las siguientes Tablas, considerando, además, los parámetros evaluados.

Tabla 3
Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Arsénico	mg/L	≤	0.01
Boro	mg/L	≤	0.3
Cadmio	mg/L	≤	0.003
Cobre	mg/L	≤	2
Cromo Total	mg/L	≤	0.068
Hierro	mg/L	≤	0.3
Manganeso	mg/L	≤	0.5
Mercurio	mg/L	≤	0.001
Níquel	mg/L	≤	0.02

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Plomo	mg/L	≤	0.01
Zinc	mg/L	≤	3
Cianuro Total	mg/L	≤	0.07
Cloruros	mg/L	≤	250
Coliformes fecales	NMP/100 mL	≤	2000
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg/L	≤	4
Fenoles	mg/L	≤	0.01
Fósforo total	mg/L	≤	0.15
Nitratos (NO ₃ -)	mg/L	≤	50
Nitritos (NO ₂ -)	mg/L	≤	3
Nitrógeno Amoniacal	mg/L	≤	1.5
Oxígeno Disuelto	mg/L	≥	4
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	≤	6.5 a 9.5
Sodio	mg/L	≤	200
Sólidos Disueltos Totales	mg/L	≤	500
Sulfatos	mg/L	≤	250

Fuente: Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeseo, Mercurio, Níquel, Plomo, Zinc, Cianuro Total, Cloruros, Nitratos, Nitritos, Nitrógeno Amoniacal, Sodio y Sulfatos son Guías de la OMS (2006); Coliformes Fecales es del Decreto 1594 (1984); Demanda Bioquímica de Oxígeno es de N° 33903-MINAE-S (2007); Fenoles, Oxígeno Disuelto y Sólidos Disueltos Totales son de la Ley Federal de Aguas (2015); Fósforo Total es de D.S. Ni 015-2015-MINAM (2015) y Potencial de Hidrógeno es de 98/83/CE (1998).

Tabla 4
 Agua para riego sin restricciones

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Aluminio	mg/L	≤	5
Arsénico	mg/L	≤	0.1
Boro	mg/L	≤	0.7
Cadmio	mg/L	≤	0.01
Cobre	mg/L	≤	0.2
Cromo Total	mg/L	≤	0.1
Hierro	mg/L	≤	5
Manganeso	mg/L	≤	0.2
Níquel	mg/L	≤	0.2
Plomo	mg/L	≤	5
Zinc	mg/L	≤	2
Bicarbonatos	mg/L	≤	91.52
Cloruros	mg/L	≤	142
Coliformes fecales	NMP/100 mL	≤	1000
Conductividad	μS/cm	≤	700
Nitratos (NO ₂ -N)	mg/L	≤	5
Potencial de Hidrógeno	Unidad de pH	≤	6.5 a 8.4
RAS	Unidad	≤	9
Sólidos disueltos totales	mg/L	≤	450

Fuente: Aluminio, Arsénico, Boro, Cadmio, Cobre, Cromo Total, Hierro, Manganeso, Níquel, Plomo, Zinc, Bicarbonatos, Conductividad, Nitratos, Potencial de Hidrógeno, RAS, Sólidos disueltos totales son de FAO (2010), Cloruros es de N° 33903-MINAE-S (2007); Coliformes fecales es de Ley Federal de derechos (2004).

Tabla 5

Agua para consumo de especies de producción animal

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Aluminio	mg/L	≤	5
Arsénico	mg/L	≤	0.2
Boro	mg/L	≤	5
Cadmio	mg/L	≤	0.05
Cobre	mg/L	≤	0.5
Cromo Total	mg/L	≤	1
Manganeso	mg/L	≤	0.05
Mercurio	mg/L	≤	0.01
Plomo	mg/L	≤	0.1
Zinc	mg/L	≤	24
Conductividad	(μS/cm)	≤	1500
Magnesio	mg/L	≤	250
Nitritos (NO ₂ -N)	mg/L	≤	10

Fuente: FAO (1985)

Tabla 6

Agua para actividades recreativas sin restricción

Parámetro	Unidad	Valor Guía	
Aceites y grasas	mg/L	≤	5
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤	200
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥	5
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidad de pH	≤	6 a 9
Turbiedad	UNT	≤	50

Fuente: Aceites y grasas, Coliformes fecales y Turbiedad son de US EPA (1976) y Oxígeno Disuelto y Potencial de Hidrógeno son de D.S. N° 015-2015-MINAM (2015).

Índice de Eutrofización (IE)

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:

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

Dónde:

I_E : 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 las nutrientes obtenidas en cada una de los sitios de muestreo durante los muestreos realizados.

X: Concentración natural de nutrientes

A continuación, se detalla la escala de clasificación del Índice de Eutrofización (IE), es la que se detalla a continuación:

Tabla 7
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	$IE > 5$

Fuente: MARN

Índice del Estado Trófico (IET)

El estado trófico de los lagos es un concepto fundamental en la gestión de los mismos, ya que 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 Fósforo total y valores de Clorofila, como se detalla en la siguiente Tabla.

Tabla 8
Clasificación del estado de eutrofia en base a los datos de Fósforo total y Clorofila.

Estado	IET	Fósforo total (mg/L)	Clorofila a ($\mu\text{g/L}$)
Oligotrófico TSI<30	0	0.00075	0.04
	10	0.0015	0.12
	20	0.003	0.34
	30	0.006	0.94

Estado	IET	Fósforo total (mg/L)	Clorofila a (µg/L)
Mesotrófico 30<TSI<60	40	0.012	2.6
	50	0.024	6.4
	60	0.048	20
Eutrófico 60<TSI>90	70	0.096	56
	80	0.192	154
	90	0.384	427
Hipertrófico TSI>90	100	0.768	1183

Fuente: MARN

El cálculo se realizará aplicando la siguiente fórmula (Carlson 1977, 1980):

$$IET_{final} = \frac{IET_{PT} + IET_{Clorfa}}{2}$$

II. Resultados obtenidos

En este apartado se explican los resultados obtenidos referente a la calidad del agua en el lago, aptitudes de uso, así como, del Índice de Eutrofización (IE) y Estado Trófico (IET).

Índice de Calidad de Agua (CCME — WQI)

La siguiente Tabla resume, para cada uno de los puntos de muestreo, los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Calidad de Agua (ICA), para las muestras recolectadas en lago de Coatepeque.

Tabla 9

Resultados de la calidad de agua valorada a través del CCME— WQI

ID Sitio	Unidades	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Coliformes fecales	NMP/ml	ND	ND	ND	ND	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DB05)	mg O2/l	1.44	1.67	1.66	1.34	1.41
Fósforo Total	mg PO4/l	0.34	0.2	0.88	0.18	0.45

ID Sitio	Unidades	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Nitratos (NO ₃ -)	mg NO ₃ -/l	ND	ND	ND	ND	ND
Nitrógeno amoniacal	mg NH ₃ /l	0.07	0.23	0.14	0.12	0.16
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg O ₂ /l	7.14	6.44	7.3	7.28	7.93
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades	8.65	8.67	8.75	8.615	8.73
Sólidos disueltos totales	mg/l	1048	1033	1050	1070	1022
Sólidos Suspendidos Totales	mg/l	3	3	4	4	4
Plomo	mg Pb/l	0.03	0.026	0.032	0.03	0.03
Mercurio	mg Hg/l	0.0007	0.0005	ND	ND	0.0004
Cadmio	mg Cd/l	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	mg Cr/l	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg As/l	0.108	0.118	0.123	0.105	0.097
Cobre	mg Cu/l	ND	ND	ND	ND	ND
CCME — WQI		66	68	62	67	65
CLASIFICACION		REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR	REGULAR

Fuente: MARN

Los resultados muestran que la calidad del agua del lago de Coatepeque, según el Índice de Calidad de Agua (ICA), es “Regular”, lo que indica una limitación del desarrollo de la vida acuática, debido a la calidad de las aguas superficiales.

Agua para riego sin restricciones

Se presentan los resultados de la calidad del agua para riego sin restricciones.

Tabla 10
Agua para riego sin restricciones

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Aluminio	mg/l Al	<5	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l As	<0.1	0.108	0.118	0.123	0.105	0.097
Boro	mg/l B	<0.7	4.27	4.44	4.46	4.26	4.25
Cadmio	mg/l Cd	<0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/l Cu	<0.2	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	mg/l Cr	<0.1	ND	ND	ND	ND	ND
Hierro	mg/l Fe	<5	ND	ND	ND	ND	ND
Manganeso	mg/l Mn	<0.2	ND	ND	ND	ND	ND

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Níquel	mg/l Ni	<0.2	ND	ND	ND	ND	ND
Plomo	mg/l Pb	<5	0.03	0.026	0.032	0.03	0.03
Zinc	mg/l Zn	<2	0.011	0.012	0.01	0.011	0.011
Bicarbonatos	mg/l CaCO ₃	<91.5252	203.39	201.33	197.23	201.33	199.28
Cloruros	mg/l Cl ⁻	<142	313.64	313.64	306.17	308.66	306.17
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤1000	ND	ND	ND	ND	ND
Conductividad Eléctrica	μs/cm	<700	1813.5	1866.5	1862.5	1853.5	1900.5
Nitratos (NO ₃ ⁻)	mg/l NO ₃ ⁻	<5	ND	ND	ND	ND	ND
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades	6.5-8.4	8.65	8.67	8.75	8.615	8.73
RAS	Unidades	<9	0.155509852	0.16241689	0.162060305	0.161288756	0.159716289
Sólidos disueltos totales	mg/l	<450	1.048	1.033	1.05	1.07	1.022
Aptitud			NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: MARN

Los resultados de la calidad de agua muestran que, ninguno de los sitios evaluados en el lago, cuenta con las características necesarias de calidad de agua, para ser utilizada en actividades de riego sin restricciones, debido a valores fuera de los valores guías de calidad de agua para Boro, Arsénico, Cloruros, Bicarbonatos, Conductividad eléctrica y pH.

Agua para consumo de especies de producción animal

A continuación, se presentan los resultados de la calidad del agua para consumo de especies de producción animal:

Tabla 11
Agua para consumo de especies de producción animal

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Aluminio	mg/l Al	<5	ND	ND	ND	ND	ND
Arsénico	mg/l As	<0.2	0.108000	0.118000	0.123000	0.105000	0.097
Boro	mg/l B	<5	4.27	4.44	4.46	4.26	4.25
Cadmio	mg/l Cd	<0.05	ND	ND	ND	ND	ND
Cobre	mg/l Cu	<0.5	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	mg/l Cr	<1	ND	ND	ND	ND	ND
Manganeso	mg/l Mn	<0.05	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	mg/l Hg	<0.01	0.0007	0.0005	ND	ND	0.0004
Plomo	mg/l Pb	<0.1	0.030000	0.026000	0.032000	0.030000	0.030000
Zinc	mg/l Zn	<24	0.011	0.012	0.010	0.011	0.011
Conductividad Eléctrica	µS/cm	<1500	1813.50	1866.50	1862.50	1853.50	1900.50
Magnesio	mg/l Mg	≤250	90.04	95.8	94.63	90.52	92.23
Nitritos	mg/l NO ₂ -	≤10	0.002	0.003	ND	0.006	ND
Aptitud			NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: MARN

Los resultados de la calidad de agua muestran que ninguno de los sitios evaluados cuenta con la calidad de agua para ser utilizada para consumo de especies de producción animal, debido a valores que no cumplen las guías de calidad de agua, para el parámetro de Conductividad eléctrica.

Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales

Se muestran los resultados de la calidad del agua para potabilizar por métodos convencionales.

Tabla 12
Agua cruda para potabilizar por métodos convencionales

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Arsénico	mg/l As	<0.01	0.108	0.118	0.123	0.105	0.097
Boro	mg/l B	<0.3	4.27	4.44	4.46	4.26	4.25
Cadmio	mg/l Cd	<0.003	ND	ND	ND	ND	ND
Cianuro	mg/l CN-	<0.07	0.011	0.008	0.009	0.009	0.014
Cloruros	mg/l Cl-	<250	313.64	313.64	306.17	308.66	306.17
Cobre	mg/ Cu	<2	ND	ND	ND	ND	ND
Coliformes fecales	NMP/100 ml	≤2000	ND	ND	ND	ND	ND
Cromo	mg/l Cr	<0.068	ND	ND	ND	ND	ND
Demanda Bioquímica de Oxígeno (D.B.O.5)	mg/l O ₂	≤4	1.44	1.67	1.66	1.34	1.41
Fenoles	mg/l	≤0.01	ND	ND	ND	ND	ND
Fósforo total	mg/l PO ₄ ⁻³	≤0.15	0.34	0.2	0.88	0.18	0.45
Hierro	mg/l Fe	<0.3	ND	ND	ND	ND	ND
Manganeso	mg/l Mn	<0.5	ND	ND	ND	ND	ND
Mercurio	mg/l Hg	<0.001	0.0007	0.0005	ND	ND	0.0004

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	02CENTRO	03ANTEOS	04DESLAVE	05TERMAL
Níquel	mg/l Ni	<0.02	ND	ND	ND	ND	ND
Nitratos (NO ₃ -)	mg/l NO ₃ -	<50	ND	ND	ND	ND	ND
Nitritos (NO ₂ -)	mg/l NO ₂ -	<3	0.002	0.003	ND	0.006	ND
Nitrógeno Amoniacal	mg/l NH ₄	<1.5	0.07	0.23	0.14	0.12	0.16
Oxígeno Disuelto	mg/L O ₂	≥4	7.14	6.44	7.3	7.28	7.93
Plomo	mg/l Pb	≤0.01	0.03	0.026	0.032	0.03	0.03
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades	6.5 a 9.5	8.65	8.67	8.75	8.615	8.73
Sodio	mg/l Na	≤200	232.6	250.1	248.2	241.6	241.2
Sólidos Disueltos Totales	mg/l	≤500	1.048	1.033	1.05	1.07	1.022
Sulfatos	mg/l SO ₄	<250	211	190	184	206	198
Zinc	mg/l Zn	<3	0.011	0.012	0.01	0.011	0.011
Aptitud			NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: MARN

Los resultados de la evaluación de la calidad de agua para potabilizar por métodos convencionales, muestran que el agua del lago de Coatepeque no cumple con las guías de calidad de agua, debido a valores fuera de norma, específicamente, los parámetros: Fósforo total, Boro, Arsénico, Cloruros, Plomo y Sodio.

Agua para actividades recreativas

A continuación, se presentan los resultados de la calidad del agua para actividades recreativas con contacto humano.

Tabla 13
Agua para actividades recreativas con contacto humano

ID Muestreo	Unidades	Valor guía	01OBRERO	04DESLAVE	05TERMAL	02CENTRO	03ANTEOJOS
Aceites y grasas	mg/L	<5	ND	ND	ND	333	ND
Coliformes Fecales	NMP/100 ml	<200	ND	ND	ND	ND	ND
Oxígeno Disuelto (Valor mínimo)	mg/L	≥5	7.14	7.28	7.93	6.44	7.3
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades	6 a 9	8.65	8.615	8.73	8.67	8.75
Turbidez	NTU	≤50	50	38	53	43	52
Aptitud			CUMPLE	CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE	NO CUMPLE

Fuente: MARN

Los resultados muestran que la calidad del agua, frente al Centro Obrero y frente al sitio donde fue el deslave en el caserío El Javillal, cumple con las características para el presente uso, los restantes tres (3) sitios no cumplen, debido a valores fuera de los valores guías de calidad de agua para: Aceites y grasas y, Turbiedad.

Los resultados muestran que los sitios en aguas termales y la zona de anteojos no cumple debido a valores levemente arriba del valor recomendado de Turbidez.

Por otro lado, el sitio del centro del lago, no cumple para esta aptitud de uso debido a un valor elevadísimo de Aceites y grasas, las cuales provienen de las actividades antropogénicas que se desarrollan dentro y en los alrededores del lago.

Índice de Eutrofización (IE) del Lago de Coatepeque

En la siguiente Tabla se presentan los resultados obtenidos del cálculo del Índice de Eutrofización, para el lago de Coatepeque.

Tabla 14
Resultados del índice de eutrofización

ID Sitio de muestreo	Fósforo Total	Índice de Eutrofización	Clasificación
	mg/l		
01OBRERO	0.34	0.50	Oligotrófico
02CENTRO	0.18	0.49	Oligotrófico
03ANTEOS	0.45	0.51	Oligotrófico
04DESLAVE	0.2	0.50	Oligotrófico
05TERMAL	0.88	0.67	Oligotrófico
Promedio		0.50	Oligotrófico

Fuente: MARN

Al valorar la eutrofización del lago de Coatepeque, a través del Índice de Eutrofización (IE), con el parámetro de Fósforo total, como elemento limitante, el resultado indica para todo el lago que, el agua se clasifica como Oligotrófico.

Esa clasificación indica que, es baja la presencia de nutrientes en el lago, al momento de muestreo.

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 15

Resultados del Índice del Estado Trófico (IET)

ID Sitio de muestreo	IET		Promedio	Clasificación
	Fósforo Total	Clorofila a		
01OBRERO	111.0	101.8	106.4	Hipertrófico
02CENTRO	119.0	113.3	116.2	Hipertrófico
03ANTEOS	107.5	117.0	112.2	Hipertrófico
04DESLAVE	117.7	113.9	115.8	Hipertrófico
05TERMAL	99.1	110.1	104.6	Hipertrófico
Promedio			111.1	Hipertrófico

Fuente: MARN

Los resultados de calidad de agua muestran que el lago de Coatepeque, en el momento del muestreo presentaba una IET, con características de Hipertrófico, debido a los niveles de producción vegetal excesiva.

Conclusiones

- El Índice de Calidad de Agua CCME — WQI, clasifica el agua del lago de Coatepeque, como de calidad “Regular”, lo que indica limitación en el desarrollo de vida acuática.
- La calidad del agua cumple con las características para actividades recreativas con contacto humano, en la zona de Centro Obrero Constitución 1950 y, en la zona del caserío el Javillal.
- Los valores del parámetro de Grasas y aceites, en el centro del lago de Coatepeque son elevados, referente a la guía de calidad de agua para actividades recreativas.
- La calidad de las aguas del lago de Coatepeque no es apta para los usos de agua potabilizar por métodos convencionales, agua para riego sin restricciones, agua para consumo de especies mayores, debido a la presencia de sales y metales pesados característicos de la naturaleza del origen de las aguas del lago (lago de origen cratérico).
- El estado de eutrofización valorado a través del Índice de Eutrofización (IE), clasifica al lago de Coatepeque como Oligotrófico, indicando que la presencia de nutrientes en el lago al momento de muestreo es baja.
- El estado trófico evaluado a través del Índice del Estado Trófico (IET), clasifica como Hipertrófico las aguas del lago de Coatepeque debido a los niveles de producción vegetal excesiva.



MINISTERIO DE
MEDIO AMBIENTE
Y RECURSOS
NATURALES

www.marn.gob.sv | medioambiente@marn.gob.sv

