

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



LAGO DE COATEPEQUE  
AGUA PARA USO RECREATIVO

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

ERICK GEOVANNI PERÉZ HERNÁNDEZ  
BEATRIZ ELIZABETH VALLE CABALLERO

PARA OPTAR AL GRADO DE  
LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

MAYO 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA

SECRETARIO GENERAL

LICENCIADO PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

MAESTRA NANCY ZULEYMA GONZÁLEZ SOSA

SECRETARIA

LICENCIADA EUGENIA SORTO LEMUS

DIRECCIÓN GENERAL DE PROCESOS DE GRADO

DIRECTORA GENERAL (AD-HONOREM)

MAESTRA KATIA LISSETTE MARTÍNEZ DE PALACIOS

TRIBUNAL EVALUADOR

ASESORAS DE ÁREA DE INDUSTRIA FARMACÉUTICA, COSMÉTICOS, VETERINARIA  
Y PRODUCTOS AFINES

MAESTRA MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ

MAESTRA ROSA MIRIAN RIVAS DE LARA

TUTORA

LICENCIADA KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

## **AGRADECIMIENTOS**

En primer lugar, agradecemos a nuestro padre celestial por brindarnos la fuerza, paciencia, sabiduría y perseverancia para terminar nuestro trabajo de graduación. Sin él no lo hubiéramos logrado.

A la Licenciada Katia Eunice Leyton Barrientos, nuestra maestra y guía, expresamos nuestro más profundo agradecimiento por su invaluable orientación y paciencia. Sus conocimientos y su metodología de trabajo han sido fundamentales para la culminación de este proyecto. Gracias por creer en nosotros y por motivarnos a dar siempre lo mejor de cada uno.

Al señor Julio Beltrán, encargado del Centro de recreación del Lago de Coatepeque y trabajador del Ministerio de Previsión Social por habernos dado su apoyo en el desarrollo del documental y tomar a bien este lindo proyecto para que se den a conocer las acciones que se han realizado en el Lago de Coatepeque.

Erick Geovanni Pérez Hernández

Beatriz Elizabeth Valle Caballero

## **DEDICATORIA**

En primer lugar, deseo expresar mi más profundo agradecimiento a Dios, por brindarme la salud, la fuerza y la sabiduría necesarias para llevar a cabo este proyecto. A ti, Señor, te debo todo lo que soy y todo lo que he logrado.

A mi madre Zoila Hernández y a mi padre Salvador Pérez, les agradezco infinitamente su amor incondicional, su apoyo constante y su confianza en mí. Sus enseñanzas han sido mi guía a lo largo de este camino y son el motor que me impulsa a seguir adelante.

A mi hermana, Kenia Pérez, gracias por ser mi confidente y mi amiga. Tu apoyo ha sido fundamental en los momentos más difíciles.

A Beatriz Valle, mi compañera de trabajo de grado, quiero expresar mi más sincero agradecimiento por su colaboración, su paciencia y su valiosa ayuda en la realización de este trabajo. Gracias por compartir conmigo tus conocimientos y por ser una fuente constante de inspiración.

A mi amigo Ricardo Valdez, gracias por tu amistad, por estar siempre a mi lado, celebrando mis logros y apoyándome en mis momentos difíciles. Tu amistad me ha dado la fuerza necesaria para superar cualquier obstáculo.

Este trabajo es el resultado de muchos años de estudio, esfuerzo y dedicación. Cada noche en vela, cada libro leído, cada experimento realizado, ha sido un paso más hacia la culminación de este sueño. Agradezco a todos aquellos que, de una u otra forma, han contribuido a que este proyecto sea una realidad.

Este logro no solo es mío, sino también de todos aquellos que han creído en mí. A todos ustedes, ¡muchas gracias!

Erick Geovanni Pérez Hernández

## **DEDICATORIA**

A nuestro señor Jesucristo; por ser guía en mí camino, por brindarme sabiduría, salud y paciencia. A ti mi padre Celestial te debo todo lo que soy y todo lo que tengo.

A mi madre Sandra Caballero y mi Padre Oscar Valle, les agradezco por estar siempre pendientes de mí en este proceso, por todo su amor incondicional, apoyo, guía y sacrificios para poder darme lo mejor. No los cambiaría por nada.

A mi hermana, Michelle Valle y mi sobrina Chloé por todo su amor y alegría que me regalan cada día.

A mi novio, Edwin por todo tu amor, cariño, apoyo y comprensión, por el sacrificio, la paciencia y por estar siempre ahí y darme la fuerza cuando me quería rendir.

A mi Compañero, Erick Geovanni por todos los sacrificios y desvelos que al final valieron la pena para culminar este trabajo de graduación, por su amistad y por creer en mí para realizar este proyecto tan bonito.

A todos lo que creyeron en mí.

¡Muchas gracias!

Beatriz Elizabeth Valle Caballero

## ÍNDICE GENERAL

	Pág N°
<b>RESUMEN</b>	9
<b>CAPÍTULO I</b>	
<b>1.0 INTRODUCCIÓN</b>	11
<b>CAPÍTULO II</b>	
<b>2.0 OBJETIVOS</b>	13
<b>CAPÍTULO III</b>	
<b>3.0 MARCO TEÓRICO</b>	
3.1 Agua para uso recreativo	16
3.1.1 Clasificación de las aguas	16
3.2 La importancia de la calidad del agua	17
3.3. Calidad del agua para uso recreativo	18
3.3.1 Marco legal y regulatorio:	18
3.3.2 Monitoreo y evaluación	18
3.3.3 Cuerpos de agua destacados	18
3.4 Normativa mundial OMS	19
3.5 Reglamento Técnico Salvadoreño	19
3.6 Clasificación de los balnearios	21
3.7 Importancia del monitoreo	22
3.8 Enfermedades transmitidas por uso de aguas recreativas contaminadas	23
3.9 Bacterias indicadoras de contaminación	24
4.0 Estudios realizados en el Lago de Coatepeque en los últimos 10 años	25
4.1 Medidas de control	30
<b>CAPÍTULO IV</b>	
<b>4.0 PRODUCTO FINAL</b>	32
<b>CAPÍTULO V</b>	
<b>5.0 CONCLUSIONES</b>	34
<b>CAPÍTULO VI</b>	
<b>6.0 RECOMENDACIONES</b>	36
<b>REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS</b>	38

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla N°</b>		<b>Pág. N°</b>
1	Parámetros microbiológicos de calidad del agua en piscinas abastecidas con agua superficial	20
2	Parámetros Físicoquímicos de la calidad del agua en piscinas con sistema de recirculación	20
3	Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano (año 2014)	26
4	Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano (año 2021)	27
5	Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano (año 2022)	28
6	Clasificación del estado de eutrofización	29
7	Resultados del índice de eutrofización	29
8	Resultados del índice del estado trófico (IET)	30

## **RESUMEN**

El Lago de Coatepeque, un recurso natural de gran belleza e importancia para El Salvador, enfrenta un grave problema de contaminación que amenaza la calidad del agua y su uso para actividades recreativas.

Sin embargo, para asegurar que este hermoso lugar siga siendo un atractivo turístico y un ecosistema saludable, es esencial mantener una vigilancia constante sobre la calidad de sus aguas. Estudios previos realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) en los años 2014, 2021, 2022 y 2024 ofrecen una valiosa base para conocer la evolución de la calidad del agua a lo largo del tiempo. Analizar esta información, junto con otros factores como las actividades humanas que se desarrollan en los alrededores del lago, permitieron tener una visión integral del estado actual del Lago de Coatepeque y tomar medidas informadas para su preservación.

Posteriormente, se realizaron visitas de campo al lago, donde se observaron las condiciones ambientales y se recopilaron datos in situ. Además, se llevaron a cabo entrevistas con la comunidad local y actores clave para identificar las posibles causas de contaminación que afectan al lago. Este proceso investigativo permitió establecer una relación entre las actividades humanas, la contaminación del agua y la proliferación de cianobacterias, un problema que puede tener consecuencias negativas tanto para la fauna acuática como para la salud humana.

Los resultados obtenidos evidenciaron un aumento significativo en la contaminación del lago durante los últimos años. Ante esta situación, se han propuesto medidas de control con el objetivo de preservar este invaluable recurso natural. Estas acciones buscan concientizar a pobladores, turistas y autoridades sobre la importancia de proteger el lago, tanto por su valor ecológico como por su contribución a la economía local. Se espera que estas iniciativas fomenten el cuidado del lago y aseguren su disfrute para las generaciones futuras.

## **CAPÍTULO I**

## **1.0 INTRODUCCIÓN**

El Lago de Coatepeque, conocido por su impresionante belleza natural y su importancia cultural, se ha convertido en un destino popular para actividades recreativas en El Salvador. Sus aguas cristalinas y de color turquesa atraen a visitantes que buscan disfrutar de deportes acuáticos, pesca, paseos en lancha y actividades de esparcimiento. Sin embargo, el uso recreativo intensivo del lago plantea desafíos significativos en términos de calidad del agua y sostenibilidad ambiental.

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) ha realizado valiosos estudios sobre la calidad del agua del Lago de Coatepeque a lo largo de los años, proporcionando información crucial sobre sus características fisicoquímicas y microbiológicas. Estas investigaciones han permitido identificar tendencias y cambios en la calidad del agua, así como los posibles factores que influyen en ella.

En el presente estudio, se buscó conocer la calidad del agua del Lago de Coatepeque para uso recreativo, tomando como referencia los datos y hallazgos de los estudios previos del MARN. Se compararon los resultados obtenidos en diferentes años (2014, 2021, 2022 y 2024) para identificar patrones y variaciones, tomando como referencia el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14) Vigilancia Sanitaria de Piscina y Balnearios y la Guía Mundial de la Salud (OMS). Este estudio se justificó por la necesidad de contar con información actualizada y precisa sobre la calidad del agua del Lago de Coatepeque, que sirva de base para la toma de decisiones y la implementación de medidas de gestión y conservación adecuadas.

Asimismo, se busca generar conciencia sobre la importancia de proteger este valioso recurso natural para las generaciones presentes y futuras.

Los hallazgos de esta investigación no solo proporcionan información valiosa para la gestión del lago, sino que también ofrecerán recomendaciones para la promoción de un uso recreativo sostenible. La preservación de la calidad del agua es crucial para garantizar la continuidad de las actividades recreativas y la protección del patrimonio natural que el Lago de Coatepeque representa y el impacto de las actividades humanas en la calidad del agua ya que el creciente número de turistas y la práctica de deportes acuáticos hacen necesario comprender el impacto de estas actividades en el ecosistema.

## **CAPÍTULO II**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Determinar la calidad del agua, del Lago de Coatepeque con base a estudios realizados, para ser utilizada con fines recreativos.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 2.2.1 Investigar la existencia de estudios sobre la calidad del agua para uso recreativo.
- 2.2.2 Evaluar cómo ha evolucionado la calidad del agua del Lago de Coatepeque para uso recreativo a través de los últimos 10 años.
- 2.2.3 Comparar los resultados de los análisis de calidad del agua del Lago de Coatepeque con los límites máximos permitidos para uso recreativo establecidos por la Guía Mundial de la Salud (OMS) y el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14) para determinar si el agua cumple con los estándares de calidad para uso recreativo.
- 2.2.4 Proponer medidas de control que disminuyan la contaminación del lago.

## **CAPÍTULO III**

### 3.0 MARCO TEÓRICO

El agua es un elemento esencial para la vida en nuestro planeta, ya que juega un papel fundamental en la supervivencia de los seres vivos, el mantenimiento de los ecosistemas y el desarrollo de las actividades humanas. <sup>1,2</sup>

El agua, además de ser una sustancia imprescindible para la vida, por sus múltiples propiedades, es ampliamente utilizada en actividades diarias tales como la agricultura (70% al 80%), la industria (20%), uso doméstico (6%), entre otras; convirtiéndose en uno de los recursos más apreciados del planeta. <sup>1,2</sup>

Debido a su importancia, es esencial adoptar prácticas de conservación y gestión sostenible del agua. Esto incluye reducir el desperdicio, promover el reciclaje y la reutilización del agua, y proteger las fuentes naturales de la contaminación. También es fundamental educar a las personas sobre la importancia del agua y cómo pueden contribuir a su conservación.

Enfrentar los desafíos relacionados con el agua, como el cambio climático, la contaminación y el crecimiento poblacional, requiere un esfuerzo conjunto entre gobiernos, empresas y ciudadanos. Sólo con una gestión responsable y consciente puede asegurarse que este recurso vital esté disponible para las generaciones futuras. <sup>1</sup>

Desde hace años, se reconoce que el uso recreativo del agua tiene una gran influencia en la salud y el bienestar de las personas, Los deportes acuáticos pueden ofrecer opciones de ejercicio vigorizante y saludable para todas las edades, los beneficios son evidentes al observar a los niños jugar en el agua u observar a las familias pasar el tiempo que tanto necesitan juntos relajándose en una playa, río, lago etc.

El agua se utiliza para una gran variedad de actividades humanas, y su clasificación según este criterio es fundamental para la gestión y el aprovechamiento sostenible de este recurso.

El agua se clasifica según su uso en:

- Agua para consumo humano: Es el agua que ha sido tratada y cumple con los estándares de calidad para ser consumida por personas y animales sin riesgo para la salud. <sup>3</sup>
- Agua para uso agrícola: Se utiliza para el riego de cultivos y la producción de alimentos.
- Agua para uso industrial: Se utiliza en procesos industriales, generación de energía, refrigeración, limpieza y otras actividades. <sup>4</sup>
- Agua para uso doméstico: Se utiliza para actividades cotidianas como higiene personal, limpieza del hogar, cocina y jardinería. <sup>4</sup>

- Agua para uso recreativo: Se utiliza en actividades como natación, navegación, pesca, deportes acuáticos y turismo.<sup>4</sup>
- Agua para uso ambiental: Se utiliza para mantener ecosistemas acuáticos saludables, preservar la biodiversidad y garantizar el equilibrio ecológico.<sup>4</sup>

### **3.1 Agua para uso recreativo**

Se refiere al agua utilizada en actividades recreativas destinado al baño y actividades acuáticas. Se establecen límites y pautas para la calidad bacteriológica y otros parámetros físicos y químicos para garantizar la seguridad de los usuarios.<sup>5</sup>

3.1.1 Las aguas de uso recreativo se clasifican en:

- Aguas dulces (ríos, lagos, lagunas, piscinas y otros).<sup>5</sup>
- Aguas saladas (mares, playas y esteros). Además, pueden agruparse en aguas a temperatura ambiente y termales (con temperatura mayor a 30°C), en las que se incluyen las aguas naturales y artificiales.<sup>5</sup>

También pueden clasificarse como:

- Aguas recreativas con contacto primario (usadas para natación y buceo).<sup>6</sup>

En términos generales, son aquellas donde se desarrollan actividades que conllevan un riesgo significativo de tragar agua y/o el contacto prolongado con el líquido, incluyendo generalmente la inmersión completa de pies y membranas mucosas (órganos sensibles como nariz, boca, ojos y oídos). Involucra actividades recreativas como la natación, piragüismo, etc. en las cuales las extremidades o el cuerpo total (cara, tronco, extremidades) son humedecidos o inmersos en el agua.<sup>6</sup>

- Aguas con contacto secundario (usadas para deportes náuticos y la pesca).<sup>6</sup>

Tipo de agua cuya utilización involucra actividades recreativas (navegación, pesca, observar pájaros e ir de gira), que no impliquen un contacto prolongado con el líquido, ni la inmersión completa de piel y membranas mucosas. Involucra actividades recreativas de no contacto o contacto incidental con el líquido, donde solamente las extremidades llegan a humedecerse.<sup>6</sup>

### **3.2 La importancia de la calidad del agua.**

La calidad del agua es un factor fundamental para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo sostenible. El agua es esencial para la vida en todas sus formas, y su calidad influye directamente en nuestra salud, bienestar y la sostenibilidad de los ecosistemas.<sup>7</sup>

#### 3.2.1 Salud humana

- Agua potable segura: El acceso a agua potable de calidad es fundamental para prevenir enfermedades transmitidas por el agua, como cólera, fiebre tifoidea, diarrea y otras infecciones gastrointestinales. Estas enfermedades pueden ser especialmente peligrosas para niños pequeños, personas mayores y personas con sistemas inmunológicos debilitados.<sup>7</sup>
- Higiene y saneamiento: El agua de calidad es necesaria para mantener la higiene personal, la limpieza del hogar y el saneamiento adecuado. Esto ayuda a prevenir la propagación de enfermedades y a mejorar la calidad de vida en general.<sup>8</sup>

#### 3.2.2 Medio ambiente

- Ecosistemas acuáticos saludables: La calidad del agua es vital para la salud de los ecosistemas acuáticos, que albergan una gran diversidad de vida. La contaminación del agua puede dañar o destruir estos ecosistemas, afectando a peces, plantas, insectos y otros organismos que dependen de ellos.<sup>8</sup>
- Biodiversidad: El agua contaminada puede tener efectos negativos en la biodiversidad, ya que muchas especies no pueden sobrevivir en aguas contaminadas. Esto puede llevar a la extinción de especies y a la pérdida de diversidad biológica.<sup>9</sup>

#### 3.2.3 Desarrollo sostenible

- Agricultura: El agua de calidad es esencial para la agricultura y la producción de alimentos. La contaminación del agua puede afectar la productividad agrícola, la calidad de los alimentos y la seguridad alimentaria.

La calidad del agua es un factor crucial para la salud humana, el medio ambiente y el desarrollo sostenible. Es fundamental proteger y preservar este recurso vital para garantizar un futuro saludable y sostenible para todos.

### **3.3 Calidad del agua para uso recreativo**

En El Salvador, la calidad del agua para uso recreativo es un tema importante debido a la presencia de diversos cuerpos de agua como lagos, ríos y playas que son utilizados para actividades recreativas.

#### **3.3.1 Marco legal y regulatorio**

El país cuenta con un marco legal y regulatorio para la gestión de la calidad del agua, que incluye:

- Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 13.02.04:14: Establece los criterios de calidad del agua para piscinas y balnearios.<sup>14</sup>
- Ley de Medio Ambiente: Regula la gestión y protección de los recursos naturales, incluyendo el agua.
- Normas de calidad del agua: Se aplican las directrices de la Organización Mundial de la Salud (OMS) para la calidad del agua de uso recreativo.

#### **3.3.2 Monitoreo y evaluación**

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) es la institución encargada de monitorear y evaluar la calidad del agua en diferentes cuerpos de agua del país. Se realizan muestreos y análisis para determinar si el agua cumple con los estándares de calidad establecidos para uso recreativo.

#### **3.3.3 Cuerpos de agua destacados**

Algunos cuerpos de agua destacados en El Salvador para uso recreativo son:

- Lago de Coatepeque: Es un lago de origen volcánico que ofrece actividades como natación, kayak y buceo.<sup>10</sup>
- Lago de Ilopango: Es el lago natural más grande de El Salvador, donde se pueden realizar paseos en lancha y pesca deportiva.<sup>11</sup>
- Playas de la Costa del Sol: Esta zona costera cuenta con varias playas aptas para el baño y deportes acuáticos.<sup>12</sup>

### 3.4 Normativa Internacional (OMS)

La Organización Mundial de la Salud (OMS) ha establecido directrices y recomendaciones a nivel mundial sobre la calidad del agua para uso recreativo. Estas directrices se basan en la evidencia científica disponible y tienen como objetivo proteger la salud de las personas que utilizan las aguas recreativas.<sup>13</sup>

Principales aspectos de la normativa de la OMS

- Enfoque en la salud humana: La OMS se centra en proteger la salud de los usuarios de aguas recreativas, previniendo enfermedades infecciosas y otros riesgos para la salud.<sup>13</sup>
- Evaluación de riesgos: Se recomienda realizar evaluaciones de riesgos para identificar los peligros potenciales en las aguas recreativas y establecer medidas de control adecuadas.<sup>13</sup>
- Indicadores microbiológicos: Se establecen valores guía para indicadores microbiológicos como *Escherichia coli* y enterococos intestinales, que indican la presencia de contaminación fecal y el riesgo de enfermedades.<sup>13</sup>
- Otros contaminantes: Se consideran otros contaminantes como cianobacterias, algas tóxicas y sustancias químicas, y se establecen recomendaciones para su control y gestión.<sup>13</sup>
- Clasificación de las aguas: Se propone clasificar las aguas recreativas en diferentes categorías según su nivel de contaminación y riesgo para la salud, lo que permite establecer medidas de gestión diferenciadas.<sup>13</sup>
- Monitoreo y vigilancia: Se recomienda establecer programas de monitoreo y vigilancia de la calidad del agua para evaluar el cumplimiento de los estándares y detectar posibles problemas.<sup>13</sup>
- Información al público: Se destaca la importancia de informar al público sobre la calidad del agua y los riesgos potenciales para la salud, para que puedan tomar decisiones informadas sobre el uso de las aguas recreativas.<sup>13</sup>

### 3.5 Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS) 13.02.04:14

El RTS 13.02.04:14, titulado "Vigilancia Sanitaria de Piscinas y Balnearios", establece los requisitos y criterios de calidad del agua para piscinas y balnearios en El Salvador. Aunque se enfoca en estos establecimientos, sus principios y parámetros pueden ser aplicados y considerados para otros cuerpos de agua de uso recreativo.

Principales aspectos del El Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14) "Vigilancia Sanitaria de Piscinas y Balnearios"<sup>14</sup>

- Parámetros microbiológicos: Se establecen límites máximos permisibles para indicadores microbiológicos como *Escherichia coli* y enterococos intestinales, que indican la presencia de contaminación fecal y el riesgo de enfermedades. **(Ver Tabla N°1)**
- Parámetros fisicoquímicos: Se especifican valores para parámetros como pH, turbidez, color, olor y sabor, que pueden afectar la calidad estética y la potabilidad del agua. **(Ver Tabla N°2)**
- Sustancias químicas: Se establecen límites para sustancias químicas como cloro residual, metales pesados y otros contaminantes que puedan ser perjudiciales para la salud.
- Mantenimiento y limpieza: Se establecen requisitos para el mantenimiento y la limpieza de piscinas y balnearios, incluyendo la desinfección del agua y el control de vectores.
- Información al público: Se exige a los establecimientos proporcionar información al público sobre la calidad del agua y las medidas de seguridad.

Cabe mencionar que el RTS 13.02.04:14 se enfoca principalmente en piscinas y balnearios, y no establece criterios específicos para otros cuerpos de agua como lagos, ríos o playas. Sin embargo, sus principios y parámetros pueden ser tomados como referencia para evaluar la calidad del agua en estos lugares.

**Tabla N° 1.** Parámetros microbiológicos de calidad del agua en piscinas abastecidas con agua superficial.<sup>14</sup>

Parámetro	Valor admisible
Coliformes fecales	1000 NMP/100 mL

**Tabla N°2.** Parámetros Fisicoquímicos de la calidad del agua en piscinas con sistema de recirculación según RTS 13.02.04:14 "Vigilancia Sanitaria de Piscinas y Balnearios"<sup>14</sup>

Parámetros Físico-químicos	Valores admisibles
pH	7.2 - 8.0
Color verdadero	≤15 Pt- Co
Olor	No rechazable
Cloro residual libre	1 - 3 mg/L
Dureza	200-400 mg/L CaCO <sub>3</sub>
Turbidez	≤ 5 UNT

### 3.6 Clasificación de los balnearios

Los balnearios son espacios de recreación acuática que ofrecen a los visitantes la oportunidad de disfrutar de cuerpos de agua naturales o artificiales. Estos lugares varían considerablemente en sus características, desde lagos y ríos hasta playas y parques acuáticos. Para una gestión efectiva y segura de estos espacios, es esencial contar con una clasificación clara y precisa de los balnearios. Esta clasificación permite establecer requisitos y normativas específicas para cada tipo de balneario, garantizando así la protección de la salud de los usuarios y la preservación del medio ambiente.

En este contexto, el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14) "Vigilancia Sanitaria de Piscinas y Balnearios", juega un papel fundamental. Aunque el reglamento se enfoca principalmente en piscinas y balnearios artificiales, sus disposiciones y criterios pueden servir como base para establecer una clasificación más amplia de los balnearios en El Salvador.

A continuación, se explorará cómo el RTS 13.02.04:14 aborda la clasificación de los balnearios, así como los diferentes tipos de balnearios que se pueden identificar según sus características y origen. Esta clasificación permitirá comprender mejor la diversidad de estos espacios y establecer medidas de control y vigilancia adecuadas para cada uno de ellos.

El Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14) vigilancia sanitaria de piscinas y balnearios clasifica a los balnearios como<sup>3</sup>:

- Balnearios con sistema de recirculación
- Balnearios sin sistema de recirculación abastecidas por aguas superficiales
- Balnearios que cuentan con piscinas con y sin sistemas de recirculación.

El Lago de Coatepeque, al ser un cuerpo de agua natural de gran tamaño, no cuenta con un sistema de recirculación (filtros) como las piscinas. Esto se debe a que su vasta extensión y la dinámica natural del lago hacen inviable la implementación de un sistema de filtración a gran escala.

En lugar de recirculación, el lago confía en procesos naturales de purificación, como la sedimentación, la dilución y la acción de microorganismos. Sin embargo, estos procesos pueden verse sobrepasados por la contaminación, lo que afecta la calidad del agua para uso recreativo.

La ausencia de un sistema de filtración artificial en el Lago de Coatepeque resalta la importancia de prevenir la contaminación en origen. Es fundamental implementar medidas para reducir la

descarga de aguas residuales, desechos sólidos y otros contaminantes que puedan afectar la calidad del agua del lago.<sup>15</sup>

A pesar de la falta de un sistema de recirculación, el Lago de Coatepeque sigue siendo un importante destino turístico y recreativo. Sin embargo, es crucial realizar monitoreos regulares de la calidad del agua y tomar medidas para proteger este valioso recurso natural.

### 3.6.1 Estudios realizados sobre la calidad del agua para uso recreativo en el Lago de Coatepeque

El Lago de Coatepeque es un importante destino turístico en El Salvador, reconocido por su belleza natural y sus aguas aptas para el uso recreativo. Sin embargo, es fundamental asegurar que la calidad del agua se mantenga óptima para proteger la salud de los visitantes y el ecosistema del lago.

A lo largo de los años, se han realizado diversos estudios para evaluar la calidad del agua del Lago de Coatepeque y determinar si es apta para uso recreativo. Estos estudios han analizado parámetros fisicoquímicos y microbiológicos relevantes, como pH, turbidez, oxígeno disuelto, coliformes fecales, nutrientes y metales pesados.

Algunos estudios han revelado que la calidad del agua del Lago de Coatepeque puede variar según la época del año y la ubicación. En general, se ha observado que el agua es apta para uso recreativo, pero se han detectado algunos problemas puntuales de contaminación, como la presencia de coliformes fecales en zonas cercanas a descargas de aguas residuales o la proliferación de algas en ciertas épocas del año.<sup>15</sup>

En los últimos años, se han intensificado los esfuerzos para monitorear y evaluar la calidad del agua del Lago de Coatepeque. Se han realizado estudios más exhaustivos que han permitido identificar las principales fuentes de contaminación y evaluar el impacto de las actividades humanas en la calidad del agua.

En 2019, un informe del MARN determinó que las aguas del Lago de Coatepeque no son aptas para el consumo humano, y que incluso no son adecuadas para potabilizarse, uso de riego de cultivos, ni para el desarrollo de vida acuática, debido a los altos niveles de sólidos disueltos, aceites, grasas, arsénico, entre otros contaminantes.<sup>16</sup>

En 2020 y 2022, el laboratorio de FUSADES y la Fundación Coatepeque realizaron un monitoreo de calidad de agua, identificando que el agua tenía una calidad regular, con tendencia a mala, según el Índice de Calidad del Agua (ICA).<sup>17</sup>

### 3.6.2 Causas de la contaminación del agua para uso recreativo

La contaminación del agua para uso recreativo es un problema ambiental complejo y creciente, con graves implicaciones para la salud humana y los ecosistemas acuáticos. A medida que aumenta la demanda de actividades recreativas en cuerpos de agua como lagos, ríos y playas, es crucial comprender las diversas causas de esta contaminación para implementar medidas de prevención y control efectivas.

En este contexto, se exploran las principales causas de la contaminación del agua para uso recreativo, que abarcan desde la contaminación por aguas residuales y desechos sólidos hasta la contaminación por actividades agrícolas y turísticas. Al analizar estas causas, se busca crear conciencia sobre la importancia de proteger la calidad del agua para uso recreativo y promover prácticas sostenibles que garanticen la salud de las personas y el medio ambiente.

### **3.7 Importancia del monitoreo**

Debe hacerse monitoreos generales de calidad en el agua para determinar si ha habido cambios en las características físicas y químicas de esta, que pudiesen resultar peligrosas al entrar en contacto con los usuarios, provocando problemas como: irritación de la piel, ojos y mucosas. Los parámetros que deberían monitorearse con mayor frecuencia son aquellos cuya medición constituya un menor costo y que puedan ser medidos fácilmente por los encargados del mantenimiento dando resultados confiables; entre los parámetros destacan: turbidez, oxígeno disuelto y pH. Es recomendable realizar monitoreos también microbiológicos. Por lo que es de suma importancia, contar con una normativa para aguas recreativas que establezca los parámetros que se deben regular y monitorear cada cierto tiempo.

### **3.8 Enfermedades Transmitidas por uso de aguas recreativas contaminadas**

Las aguas recreativas, como lagos, ríos, playas y piscinas, ofrecen oportunidades para el esparcimiento y la actividad física. Sin embargo, si estas aguas están contaminadas, pueden convertirse en un foco de transmisión de diversas enfermedades. La presencia de microorganismos patógenos, sustancias químicas tóxicas y otros contaminantes en el agua representa un riesgo para la salud de las personas que entran en contacto con ella.

Las enfermedades transmitidas por el uso de aguas recreativas contaminadas pueden variar desde infecciones leves hasta enfermedades graves e incluso mortales. Los grupos más vulnerables,

como niños pequeños, personas mayores y personas con sistemas inmunológicos debilitados, son especialmente susceptibles a estas enfermedades.<sup>19</sup>

Es fundamental comprender los diferentes tipos de enfermedades que pueden transmitirse a través del agua recreativa contaminada, así como los factores que contribuyen a la contaminación de estas aguas. Al conocer los riesgos y tomar medidas preventivas adecuadas, podemos disfrutar de las actividades acuáticas de forma segura y proteger nuestra salud.<sup>19</sup>

La transmisión de enfermedades asociadas al uso de aguas recreativas contaminadas puede ocurrir a través de diversos mecanismos, principalmente por:

- Ingestión: Al nadar o realizar actividades acuáticas en aguas contaminadas con desechos fecales, los usuarios pueden ingerir inadvertidamente microorganismos patógenos como virus (por ejemplo, norovirus, rotavirus), bacterias (por ejemplo, *Escherichia coli*, *Salmonella*) y protozoarios (por ejemplo, *Giardia lamblia*, *Cryptosporidium*). Estos patógenos pueden causar enfermedades gastrointestinales, como diarrea, vómitos y fiebre.<sup>19</sup>
- Contacto: La exposición a aguas contaminadas con ciertos microorganismos puede provocar infecciones en la piel, los ojos y los oídos. Algunas bacterias como *Pseudomonas aeruginosa* y *Aeromonas sp.* pueden causar foliculitis, dermatitis y otitis externa. Amebas de vida libre como *Acanthamoeba sp.* y *Naegleria fowleri* (esta última especialmente peligrosa) pueden causar queratitis (infección de la córnea) y meningoencefalitis, respectivamente.<sup>19</sup>
- Inhalación: La inhalación de aerosoles contaminados con bacterias como *Legionella sp.* y *Mycobacterium sp.* Presentes en duchas de agua caliente, saunas o baños de vapor, puede causar neumonías y otras infecciones respiratorias, incluyendo la enfermedad del legionario.<sup>19</sup>

### **3.9 Bacterias indicadoras de contaminación**

Las condiciones bacteriológicas del agua son fundamentales desde el punto de vista sanitario. Las normas bacteriológicas de calidad establecen que el agua debe estar exenta de patógenos de origen entérico, responsables de transmitir enfermedades gastrointestinales, cutáneas, óticas, oculares, así como del tracto genitourinario.<sup>20</sup>

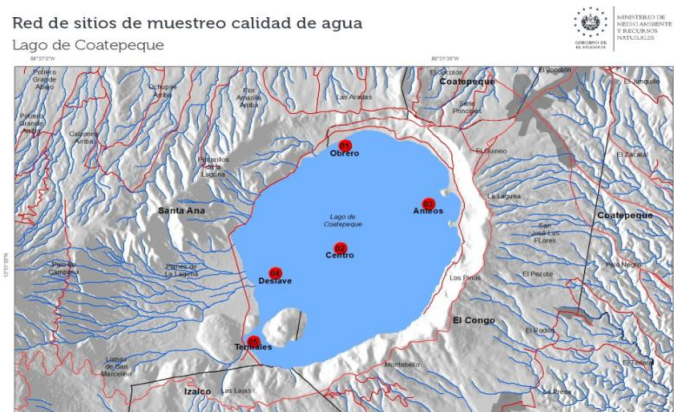
Los microorganismos indicadores de contaminación deben cumplir con los siguientes requisitos: deben ser fáciles de aislar y crecer en el laboratorio; ser relativamente inocuos para el hombre y los animales; y presencia en agua relacionada, cualitativamente y cuantitativamente, con la de otros microorganismos patógenos de aislamiento más difícil. Tres tipos de bacterias que cumplen con los requisitos son<sup>20</sup>:

- Coliformes fecales: indican contaminación fecal.
- Bacterias heterótrofas: determinan efectividad del tratamiento de las aguas.
- *Pseudomonas*: señalan deterioro en la calidad del agua o una recontaminación.

#### 4.0 Estudios realizados en el Lago de Coatepeque en los últimos 10 años por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN)

El Ministerio de Medio Ambiente a través del tiempo ha venido realizando diversos estudios sobre la calidad del agua del Lago de Coatepeque entre estos estudios se ha evaluado también la calidad del agua para uso recreativo

En el mapa siguiente (**Ver Figura N°1.**) se muestra la ubicación de los sitios seleccionados para la evaluación de la calidad del agua en el Lago de Coatepeque. (Obrero, Centro, Anteos, Deslave y termales).



**Figura N°1.** Sitios de evaluación de la calidad del en el Lago de Coatepeque<sup>14</sup>

El Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) realizó un estudio en el año 2014 para evaluar la calidad del agua para uso recreativo. Los resultados de este estudio proporcionan información valiosa sobre las condiciones de las aguas recreativas en el país y permiten identificar posibles riesgos para la salud de los usuarios.

**Tabla N°3.** Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano (año 2014) <sup>22</sup>

Parámetros	Unidades	Límite de detección	Valor guía	01Obrero	02Centro	03Anteos	04Deslave	05Termal
pH	unidades de pH		6 a 9	8.635	8.635	8.635	8.63	8.645
Coliformes fecales	NMP/100 mL	< 1.8	≤ 200	ND	ND	ND	ND	ND
DBO5	mg/L		≤ 10	1	1	1	4	1
Grasas y material flotante			Ausente	ND	3.333	ND	ND	ND

ND (No detectable)

Fuente: Elaboración propia

En el año 2014, se consideró que el agua del Lago de Coatepeque es recomendada para actividades recreativas sin restricciones en todos los alrededores del lago, debido a que todos los sitios cumplían con los valores guías de calidad de agua para dicho uso. El único sitio que no cumplió es (02 Centro) en el centro del lago, debido a los valores fuera de rango de Grasas y Aceites, posiblemente debido al arrastre de dicho componente por ser el punto de mezcla del lago. (Ver Tabla N° 3)

**Tabla N° 4.** Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano  
(año 2021) <sup>23</sup>

ID muestreo	Unidades	Valor guía	01 Obrero	04 Deslave	05 Termal	02 Centro	03 Anteos
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: Elaboración propia

En el año 2021, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales también realizó otra investigación de la calidad del agua para uso recreativo frente al centro Obrero (01) y frente al sitio donde ocurrió el deslave (04) en el caserío El Javillal, se evidencio el cumplimiento con las características para el agua de uso recreativo, los restantes tres sitios (Centro 02, Anteos 03 y Termales 05) no cumplieron, debido a que los valores obtenidos estaban fuera de los valores guías de calidad de agua para aceites, grasas y turbiedad. Mientras que los resultados mostraron que los sitios en Aguas termales (05) y la zona de Anteos (03) no cumplieron, debido a que los valores obtenidos estaban fuera de los valores recomendados de Turbidez. Por otro lado, el sitio del centro del lago (02), no cumple para esta aptitud de uso debido a que los valores obtenidos estaban fuera de los valores recomendados de aceites y grasa, las cuales provienen de las actividades antropogénicas que se desarrollan dentro y en los alrededores del lago. **(Ver Tabla N° 4)**

**Tabla N° 5.** Resultados de la calidad de agua para actividades recreativas con contacto humano (año 2022) <sup>24</sup>

ID muestreo	Unidades	Valor guía	01 Obrero	02 Centro	03 Anteojos	04 Deslave	05 Termal
Aceites y grasas	mg/L	<5	20.67	ND	ND	20.17	11.83
Coliformes fecales	NMP/100 mL	<200	78	ND	20	ND	68
Oxígeno disuelto (valor mínimo)	mg/L	≥5	8.52	7.92	8.13	8.53	8.11
Potencial de Hidrógeno (pH)	Unidades	6 a 9	8.98	8.92	8.9	8.98	8.95
Turbidez	NTU	≤50	0.29	0.73	0.32	0.24	0.47
Aptitud			No cumple	Cumple	Cumple	No cumple	No cumple

Fuente: Elaboración propia

En el año 2022, el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales también realizó otra investigación de la calidad del agua para uso recreativo, Los resultados mostraron que la calidad del agua frente al Centro Obrero (01), frente al sitio donde fue el deslave (04) en el caserío El Javillal y frente a la zona de emanación de aguas termales (05), no cumple con las características para el presente uso, debido a valores que no cumplieron con las guías de calidad de agua para Aceites y grasas. Por otro lado, la calidad del agua en el centro (02) del lago y en la zona de anteojos (03), cumple con las características para el agua de uso recreativo. **(Ver Tabla N° 5)**

En el año 2024, El Lago de Coatepeque experimentó un evento de floración algal en febrero del presente año. Este fenómeno, provocado por el aporte de nutrientes de la cuenca, genera preocupación sobre el estado de eutrofización del lago y su impacto en la calidad del agua.

La eutrofización es un proceso natural que se acelera por las actividades humanas, lo que puede tener consecuencias negativas para el ecosistema acuático y la salud humana. Por lo tanto, es fundamental evaluar el estado trófico del Lago de Coatepeque para comprender la magnitud del problema y tomar medidas adecuadas para su gestión y conservación.

En este estudio, determinaron la condición de eutrofización y el estado trófico del Lago de Coatepeque a partir del evento de floración algal ocurrido en febrero de 2024. **(Ver Tabla N° 6)**

Para evaluar el estado de eutrofización de un cuerpo de agua, se utilizan diversos índices que permiten clasificar el nivel de eutrofización en diferentes categorías, desde oligotrófico (bajo nivel de nutrientes y algas) hasta Hipereutrófico (alto nivel de nutrientes y algas). Estos índices se

basan en la medición de parámetros como la concentración de nutrientes (nitrógeno y fósforo), la biomasa de algas (clorofila a) y la transparencia del agua. La escala de clasificación del índice de eutrofización es la que se detalla a continuación: **(Ver Tabla N°6)**

**Tabla N°6.** Clasificación del estado de eutrofización. <sup>25</sup>

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: Elaboración propia

**Tabla N° 7.** Resultados del índice de eutrofización. <sup>25</sup>

ID Sitio	Fosforo total (mg/L)	Índice de Eutrofización	Clasificación
01 Obrero	0.21	0.72	Oligotrófico
02 Centro	0.37	0.73	Oligotrófico
03 Anteos	0.16	0.71	Oligotrófico
04 Deslave	0.22	0.72	Oligotrófico
<b>Promedio</b>		<b>0.72</b>	<b>Oligotrófico</b>

Fuente: Elaboración propia

En el año 2024, Los resultados del análisis del fósforo total, empleado para calcular el Índice de Eutrofización (IE) en el Lago de Coatepeque, clasifican al lago como oligotrófico. Esta clasificación sugiere una baja presencia de nutrientes en el cuerpo de agua durante el período de muestreo. **(Ver Tabla N° 7)**

El estado trófico de un cuerpo de agua es una medida de su productividad biológica, es decir, la cantidad de materia orgánica que se produce en él. Esta característica es fundamental para

comprender la salud y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, ya que refleja la disponibilidad de nutrientes y la actividad de los organismos que los habitan.

**Tabla N° 8.** Resultados del índice del estado trófico (IET).<sup>25</sup>

<b>ID sitio</b>	<b>Transparencia(metros)</b>	<b>IET</b>	<b>Clasificación</b>
01 Obrero	6.5	33.6	Mesotrófico
02 Centro	5.8	35.5	Mesotrófico
03 Anteos	5.4	36.7	Mesotrófico
04 Deslave	5.3	37.1	Mesotrófico
05 Termal	5.2	37.4	Mesotrófico
<b>Promedio</b>		<b>36.06</b>	<b>Mesotrófico</b>

En el año 2024, el Lago de Coatepeque fue clasificado como Mesotrófico según el Índice de Estado Trófico. Esto significa que el lago presenta una producción vegetal intermedia, lo que sugiere un nivel moderado de nutrientes y algas. (Ver **Tabla N°8**)

#### **4.1 Medidas de control**

Las medidas de control para el Lago de Coatepeque son esenciales para salvaguardar su ecosistema y garantizar su sostenibilidad a largo plazo. Un enfoque multifacético es crucial, comenzando por el monitoreo integral de la calidad del agua, que incluye la vigilancia constante de parámetros físico-químicos, nutrientes y, críticamente, la proliferación de cianobacterias y la presencia de sus toxinas. Paralelamente, es indispensable implementar programas de reducción de nutrientes provenientes de fuentes terrestres, como la mejora de los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las comunidades circundantes y la promoción de prácticas agrícolas sostenibles en la cuenca. Adicionalmente, la fiscalización y regulación de las actividades humanas en el entorno del lago, junto con una educación ambiental robusta dirigida a residentes y visitantes, son pilares para fomentar un uso responsable y consciente del recurso hídrico.

## **CAPÍTULO IV**

#### **4.0 PRODUCTO FINAL**

Mediante esta investigación se identificaron las condiciones del agua del Lago de Coatepeque y se realizó un video documental en el cual se presentaron las características físicas, químicas y bacteriológica que presenta el agua del Lago de Coatepeque, con un enfoque hacia las actividades recreativas que en él se realizan y los posibles efectos de éstas a la calidad del agua del lago. Aplicando criterios de la normativa nacional e internacional que rige el uso del agua y presentar posibles medidas de control.

Link de Youtube: [https://youtu.be/awgKjQ2EsEk?si=11Jj4tY0Y7t9\\_5pI](https://youtu.be/awgKjQ2EsEk?si=11Jj4tY0Y7t9_5pI)

## **CAPÍTULO V**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. La investigación permitió identificar la existencia de estudios realizados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) los cuales evaluaron la calidad del agua destinada al uso recreativo. Este hallazgo subraya la relevancia que se otorga a la protección de la salud pública y al disfrute de los recursos hídricos, evidenciando un campo de estudio activo y con aportaciones significativas.
2. El análisis de la calidad del agua del Lago de Coatepeque durante la última década (años 2014 al 2024) ha permitido identificar patrones de evolución significativos para su uso recreativo. Estos cambios, son cruciales para entender la dinámica del ecosistema lacustre y para implementar estrategias que garanticen su calidad para las actividades recreativas presentes y futuras.
3. En definitiva, la comparación realizada entre los análisis de la calidad del agua del Lago de Coatepeque y los límites establecidos por la Guía Mundial de la Salud (OMS) y el Reglamento Técnico Salvadoreño (RTS 13.02.04:14: Vigilancia Sanitaria de piscinas y balnearios) subraya la importancia de un monitoreo riguroso y la aplicación de estándares claros para proteger la salud pública. La determinación de si el agua cumple con estos criterios es esencial para asegurar que las actividades recreativas se desarrollen en un ambiente seguro y saludable, contribuyendo al bienestar de la comunidad y a la sostenibilidad del uso del lago.
4. Las medidas de control propuestas tienen como objetivo principal reducir la contaminación del Lago de Coatepeque, lo que se espera que conduzca a una mejora tangible en la calidad del agua. El éxito de estas acciones se traducirá en un ecosistema más saludable, un entorno más seguro para el uso recreativo y una mayor sostenibilidad de este valioso patrimonio natural.

## **CAPITULO VI**

## 6.0 RECOMENDACIONES

### Al Ministerio de Previsión Social

- Informar a los visitantes: Crear campañas de sensibilización sobre la importancia de mantener el lago limpio y los efectos de la contaminación.
- Talleres educativos: Organizar charlas y talleres sobre la conservación del agua y el ecosistema local.
- Instalación de basureros: Colocar suficientes contenedores de basura y reciclaje en puntos estratégicos alrededor del lago.
- Regulación de actividades recreativas: Limitar el uso de embarcaciones de motor que pueden contribuir a la contaminación.
- Supervisión de instalaciones: Asegurarse de que los restaurantes y servicios cercanos cuenten con un adecuado tratamiento de aguas residuales.
- Reforestación: Implementar programas de reforestación en las áreas cercanas para ayudar a filtrar contaminantes.
- Promover prácticas sostenibles: Incentivar a los operadores turísticos a seguir prácticas que minimicen el impacto ambiental.
- Alianzas estratégicas: Trabajar con gobiernos locales, ONGs y universidades para desarrollar planes de acción efectivos.

### A la Comunidad local y turistas

- Promover la limpieza: Organizar eventos de limpieza del lago y sus alrededores con la participación de la comunidad.
- Apoyar iniciativas locales: Colaborar con emprendedores que ofrezcan servicios recreativos responsables.

### A los organismos encargados de brindar protección a los Recursos Naturales y Medio Ambiente (MARN)

- Zonas protegidas: Establecer áreas de conservación donde se prohíban actividades recreativas que puedan dañar el ecosistema.
- Pruebas regulares: Realizar análisis periódicos de la calidad del agua para identificar contaminantes y tomar medidas adecuadas.
- Transparencia en los resultados: Publicar los resultados de las pruebas de calidad del agua para que la comunidad esté informada.

- Regulación y cumplimiento: Asegurar que las leyes y normativas sobre protección del agua se apliquen y cumplan rigurosamente.
- Implementar estas recomendaciones puede ayudar a preservar el Lago de Coatepeque como un recurso recreativo valioso y saludable para todos.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Organización de las Naciones Unidas (ONU). (2023). *El agua: un recurso esencial para la vida*. Recuperado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.un.org/en/site-search?query=water>
2. FAO (Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura). (s.f.). *El agua en la agricultura*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.fao.org/interactive/state-of-food-agriculture/2020/es/>
3. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Agua potable*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
4. Naciones Unidas, Departamento de Asuntos Económicos y Sociales. (s.f.). *Agua y energía*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.unwater.org/>
5. Álvarez B. Evaluación de la Calidad del Agua en la Bahía de Buenaventura y Playas Turísticas del Pacífico Vallecaucano Destinación para Recreación Mediante Contacto Primario y Secundario. Colombia, Septiembre; 2008.
6. Héctor TA, Espino M. Norma Primaria de Calidad Ambiental y Niveles de Calidad para las Aguas Continentales de Uso Recreativo con y sin Contacto Directo. Panamá. 2008
7. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2017). *Agua potable*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.who.int/teams/environment-climate-change-and-health/water-sanitation-and-health/water-safety-and-quality/drinking-water-quality-guidelines>
8. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2019). *Saneamiento*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/sanitation>
9. United Nations Educational, Scientific and Cultural Organization (UNESCO). (2021). *Water and biodiversity*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://www.unesco.org/en/biodiversity>

10. MARN. (s.f.). *Lago de Coatepeque*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de [https://www.tripadvisor.com/Attraction\\_Review-g7806254-d555047-Reviews-Lake\\_Coatepeque-Coatepeque\\_Santa\\_Ana\\_Department.html](https://www.tripadvisor.com/Attraction_Review-g7806254-d555047-Reviews-Lake_Coatepeque-Coatepeque_Santa_Ana_Department.html)
11. MARN. (s.f.). *Lago de Ilopango*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de [https://en.wikipedia.org/wiki/Lake\\_Ilopango](https://en.wikipedia.org/wiki/Lake_Ilopango)
12. Turismo El Salvador. (s.f.). *Costa del Sol*. Consultado el 16 de mayo de 2024, de <https://elsalvador.travel/destination/costa-del-sol/en/>
13. Organización Mundial de la Salud (OMS). (2003). *Guías para ambientes acuáticos recreativos seguros*. Ginebra: OMS.
14. Ministerio de Salud de El Salvador. (2014). *Reglamento Técnico Salvadoreño RTS 13.02.04:14. Vigilancia Sanitaria de Piscinas y Balnearios*.
15. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (s.f.). *Verificamos variaciones en parámetros fisicoquímicos del Lago de Coatepeque*.
16. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN). (2019). *Informe de Índice de Calidad de Agua del Lago de Coatepeque*.
17. FUSADES y Fundación Coatepeque. (2020-2022). *Monitoreo de calidad de agua del Lago de Coatepeque*.
18. World Health Organization. Guidelines for safe recreational water environments. 2006; 2.
19. “Transmisión de enfermedades por aguas recreativas contaminadas” disponible para consulta abierta en el siguiente sitio web, 103 [http://www.uv.mx/gaceta/Gaceta100/100/Campus/Campus\\_02.htm](http://www.uv.mx/gaceta/Gaceta100/100/Campus/Campus_02.htm) Consultado 02 Septiembre de 2024.
20. Fuentes S, Beatriz M, Hernández, Alicia G. Determinación de la calidad Físico-Química y bacteriológica del agua del Lago de Guija”. 2007.
21. Consejo Nacional de Ciencia y Tecnología, CONACYT. Agua potable. 2008.
22. Evaluación de la Calidad del Agua Lago de Coatepeque. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2014
23. Evaluación de la Calidad del Agua Lago de Coatepeque. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2021 consulta abierta en el siguiente sitio web <https://bibliotecaambiental.ambiente.gob.sv/documentos/evaluacion-de-la-calidad-del-lago-de-coatepeque-el-salvador-2021>

24. Evaluación de la Calidad del Agua Lago de Coatepeque. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2022 consulta abierta en el siguiente sitio web [https://www.transparencia.gob.sv/system/documents/documents/000/517/728/original/Calidad\\_de\\_agua\\_Coatepeque\\_2022.pdf?1671722734](https://www.transparencia.gob.sv/system/documents/documents/000/517/728/original/Calidad_de_agua_Coatepeque_2022.pdf?1671722734)
25. Evaluación de la Calidad del Agua Lago de Coatepeque. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales. 2024