

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR  
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



EUTROFIZACIÓN EN EL LAGO DE COATEPEQUE  
TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR:

WILBER SALVADOR CARTAGENA VÁSQUEZ

IVANIA BERENICE PEÑA GARAY

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

OCTUBRE 2023

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO

SECRETARIO GENERAL

MAESTRO FRANCISCO ANTONIO ALARCÓN SANDOVAL

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA

DECANA

LICDA. REINA MARIBEL GALDÁMEZ.

SECRETARIA

LICDA. EUGENIA SORTO LEMUS.

## DIRECCIÓN DE PROCESOS DE GRADO

### DIRECTORA GENERAL

M.Sc. Ena Edith Herrera Salazar

### TRIBUNAL EVALUADOR

### ASESORES

M.Sc. Guillermo Emilio Alvarenga

Lic. Mario Antonio Hernández Melgar

### TUTORA

Licda. Katia Eunice Leyton Barrientos

## **AGRADECIMIENTOS**

Queremos expresar nuestra más sincera gratitud a la Fundación Coatepeque, cuyo apoyo a lo largo de todo este proyecto ha sido verdaderamente invaluable. La disposición de su equipo técnico y profesional ha sido un faro que nos ha guiado en la compleja tarea de abordar la problemática de la eutrofización en el Lago de Coatepeque. Su compromiso inquebrantable ha sido un cimiento sobre el cual hemos edificado nuestros esfuerzos.

Asimismo, extendemos nuestros agradecimientos a la Universidad de El Salvador, Facultad de Química y Farmacia. Su respaldo constante y su estímulo académico han sido un motor fundamental en la realización de este proyecto. La alianza entre la academia y la acción práctica ha demostrado ser un camino fructífero para encontrar soluciones concretas a retos medioambientales apremiantes.

No podemos dejar de mencionar el apoyo invaluable brindado por nuestra familia y amigos. Sus palabras de aliento, comprensión y constante ánimo han sido el sustento emocional que ha fortalecido nuestra determinación en cada paso del camino.

Extendemos, por supuesto, nuestros agradecimientos al Ministerio de Medio Ambiente (MARN). Su respaldo profesional ha sido una columna vertebral en nuestra búsqueda incansable de soluciones efectivas y sostenibles para conservar y revitalizar la salud del ecosistema acuático fundamental que es el Lago de Coatepeque.

Una vez más, nuestro más profundo agradecimiento a todas estas entidades y personas cuyos esfuerzos han sido esenciales para forjar un camino hacia un entorno más saludable y sostenible para las generaciones presentes y futuras.

## **DEDICATORIA**

**A DIOS:** Por brindarme la salud y sabiduría a lo largo de toda mi carrera.

A mis padres: Por estar siempre conmigo brindándome su apoyo y cariño, tenerme paciencia en los momentos que me estresaba y sobre todo darme el mejor consejo cuando más lo necesitaba, sin su apoyo este logro no habría sido posible

A mi Hermano: Porque siempre pude contar con su apoyo

A mis Familiares y amigos merecen un agradecimiento especial por su apoyo emocional y por ser una fuente constante de motivación

## **DEDICATORIA**

A DIOS: Agradezco de corazón por otorgarme salud y sabiduría a lo largo de esta travesía académica. Tu guía constante ha sido mi fortaleza en cada paso que he dado.

A mis padres: Su amor incondicional y apoyo constante han sido la luz que ha iluminado mi camino. Su paciencia en los momentos de estrés y sus consejos sabios han sido mi refugio. Gracias por ser mis pilares.

A mis Hermanos: Que siempre han sido mis aliados, mis confidentes y mis compañeros de aventuras. Su apoyo inquebrantable ha sido mi motivación y un recordatorio constante de la importancia de la familia.

A mis Familiares y amigos: La calidez de su amistad y el respaldo en cada etapa de este viaje han sido invaluable. Gracias por ser mi red de apoyo, por compartir mis triunfos y consolarme en los momentos de desafío.

Esta dedicación es el reflejo de mi gratitud hacia cada uno de ustedes. Su presencia ha dado significado a mi camino y ha enriquecido mi experiencia de vida.

Wilber Salvador Cartagena Vásquez

## ÍNDICE GENERAL

RESUMEN	
<b>CAPÍTULO I</b>	
1.0 Introducción	X
<b>CAPÍTULO II</b>	
2.0 Objetivos	
<b>CAPÍTULO III</b>	
3.0 Justificación	13
<b>CAPÍTULO IV</b>	
4.0 Producto final	16
<b>CAPÍTULO V</b>	
5.0 Conclusiones	18
<b>CAPÍTULO VI</b>	
6.0 Recomendaciones	20
Referencias Bibliográficas	

## **RESUMEN**

La eutrofización en el Lago de Coatepeque es un proceso ambiental que implica un enriquecimiento excesivo de nutrientes, en el agua del lago. Esto promueve un crecimiento descontrolado de algas y plantas acuáticas, lo que a menudo conduce a problemas como la disminución de la calidad del agua, la pérdida de biodiversidad y la formación de zonas muertas.

En el caso del Lago de Coatepeque, ubicado en El Salvador, la eutrofización se ha vuelto un tema de preocupación debido a la influencia de actividades humanas, como la agricultura intensiva, la descarga de aguas residuales y la erosión del suelo. Estos factores han contribuido al aumento de la concentración de nutrientes en el lago.

La importancia de abordar este problema radica en la necesidad de preservar el Lago de Coatepeque como fuente de agua, recreación y biodiversidad. Además, la eutrofización afecta negativamente a las comunidades locales que dependen de este recurso para sus actividades económicas.

La concienciación y la toma de medidas efectivas para reducir la eutrofización en el Lago de Coatepeque son cruciales para garantizar la sostenibilidad a largo plazo de este ecosistema y para preservar sus beneficios económicos y ambientales. La cooperación entre gobiernos, comunidades locales y organizaciones ambientales es esencial para enfrentar este desafío y proteger este valioso recurso natural.



**CAPÍTULO I**  
**INTRODUCCIÓN**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

En la actualidad en El Salvador, los recursos hídricos están experimentando un grave deterioro, principalmente debido a la creciente contaminación. Este fenómeno se origina por el aumento de actividades agrícolas, deforestación, explotación forestal y turismo, entre otros factores.

La contaminación alcanzado niveles alarmantes debido a una gestión y tratamiento deficiente de las aguas residuales domésticas e industriales. Además, la presencia de desechos sólidos, el escurrimiento de retornos agrícolas y sedimentos arrastrados contribuyen al enriquecimiento de nutrientes en los cuerpos de agua. Esto crea condiciones ideales para el proceso de eutrofización.

La eutrofización es un fenómeno ambiental de creciente preocupación en todo el mundo debido a sus impactos negativos en los ecosistemas acuáticos. Este proceso, caracterizado por un enriquecimiento excesivo de nutrientes, puede desencadenar una serie de consecuencias adversas, desde la proliferación de algas hasta la degradación de la calidad del agua y la pérdida de biodiversidad.

La investigación busca no solo comprender los factores que impulsan la eutrofización en este entorno único, sino también proponer estrategias de manejo y conservación que puedan servir como referencia para la protección de otros cuerpos de agua en riesgo. A través de este estudio, se pretende contribuir al conocimiento científico y a la preservación de uno de los tesoros naturales más preciados de la región.

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en un estudio detallado de la eutrofización en el emblemático Lago de Coatepeque, ubicado en el departamento de Santa Ana. La elección de este sitio se basa en su relevancia ambiental, su importancia como fuente de recursos hídricos y su papel crucial en la economía y el turismo locales. Esta investigación se llevó a cabo durante un periodo de seis meses, comprendido entre diciembre 2022 a junio 2023.

**CAPÍTULO II**  
**OBJETIVOS**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL:**

Analizar el estado actual de la eutrofización en el Lago de Coatepeque y evaluar su evolución en los últimos 10 años.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS:**

- 2.2.1 Identificar las principales causas que han contribuido a la eutrofización de las aguas del Lago de Coatepeque en los últimos 10 años
- 2.2.2 Comparar los resultados del estado trófico y el índice de eutrofización del Lago de Coatepeque durante los últimos 10 años, utilizando datos proporcionados por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN).
- 2.2.3 Examinar las consecuencias de la eutrofización en la fauna acuática y en las comunidades que habitan en las cercanías del lago.
- 2.2.4 Proponer alternativas para prevenir el progreso acelerado de la eutrofización en las aguas del Lago de Coatepeque.

**CAPÍTULO III**  
**JUSTIFICACIÓN**

### 3.0 JUSTIFICACIÓN

La eutrofización, como proceso de contaminación de aguas en cuerpos como lagos, ríos y embalses, se ha convertido en una problemática de suma actualidad y relevancia. Este fenómeno, desencadenado principalmente por el exceso de nutrientes, especialmente nitrógeno y fósforo, es en gran medida atribuible a actividades humanas, como la deforestación, la erosión de los suelos, el turismo y la agricultura. El uso imprudente de fertilizantes y agroquímicos representa una amenaza directa para la calidad del agua.

En El Salvador, a pesar de contar con un Reglamento Técnico Salvadoreño que regula las aguas residuales (RTS 13.05.01:18), la falta de alcantarillados sanitarios en áreas costeras y rurales conduce a niveles significativos de contaminación debido a la liberación de aguas residuales sin tratamiento. Esta problemática es alimentada por diversas fuentes, incluyendo la industria, la urbanización y la agricultura, todas ellas contribuyendo a la descarga de productos químicos y desechos sólidos en los cuerpos de agua.

Esta contaminación no solo tiene un impacto ambiental negativo, sino que también afecta al ecosistema acuático, con graves consecuencias para la fauna y, potencialmente, para la salud humana si los productos contaminados ingresan en la cadena alimentaria.

A pesar de los estudios previos sobre la eutrofización en lagos salvadoreños y su progreso alarmante, aún falta la implementación de medidas efectivas para detener esta problemática. En este contexto, resulta fundamental investigar y comprender el avance de la eutrofización en las aguas del Lago de Coatepeque, ubicado en el departamento de Santa Ana.

Este estudio no solo busca generar conciencia ambiental en la población local, incluyendo turistas y dueños de negocios, sino también fomentar cambios de comportamiento en busca de la sostenibilidad de los recursos del lago. La eutrofización es una amenaza medioambiental que, si no se controla de manera oportuna, podría causar

daños irreversibles en los ecosistemas acuáticos, subrayando la urgencia de abordar este problema de manera integral y efectiva.

La Universidad de El Salvador, con su compromiso con la excelencia académica y su enfoque en la investigación científica, proporciona la infraestructura, los recursos y el conocimiento necesarios para llevar a cabo este estudio de manera rigurosa y efectiva. Como resultado, se espera que este trabajo contribuya no solo al avance del conocimiento científico, sino también a la protección y sostenibilidad del Lago de Coatepeque y su entorno.

**CAPÍTULO IV**  
**PRODUCTO FINAL**



## 4.0 PRODUCTO FINAL

Esta investigación pretende dar a conocer el progreso que ha tenido la eutrofización en los últimos 10 años en el lago de Coatepeque, conocer las causas y consecuencias de dicho fenómeno y como afecta la fauna acuática, a los pobladores del municipio y el turismo en general de esa zona.

El control de la eutrofización es fundamental debido a los efectos negativos que tiene dicha problemática tanto ecológicos como económicos, es un campo de estudio importante para el manejo y conservación de las aguas y requiere el esfuerzo colectivo de científicos, gobernantes, ciudadanos y distintos sectores industriales para prevenir este fenómeno comenzando por el desarrollo de un diagnóstico ambiental integral para un bien común.

Se realizó una investigación bibliográfica de los últimos 10 años y se evaluó el progreso que ha tenido dicho fenómeno a la actualidad, además se realizaron entrevistas a habitantes de la zona, para saber de primera mano cómo se han visto afectados y que medidas han tomado para evitar el progreso de la eutrofización en el lago.

Este video documental ofrece una mirada exhaustiva a la eutrofización en el Lago de Coatepeque, desde sus causas y consecuencias hasta los estudios científicos realizados por Ministerios y otras entidades relacionadas con el medio ambiente en El Salvador, estos estudios proporcionaron los datos y se conocieron los análisis fundamentales para comprender el alcance y la gravedad de la eutrofización en el Lago de Coatepeque.

Destaca como esta problemática no solo afecta al ecosistema acuático, sino también a los pobladores locales y plantea desafíos significativos para la conservación y sostenibilidad del lago.

<https://youtube.com/watch?v=Dz43u1Xpxuc&feature=shared>

**CAPÍTULO V**  
**CONCLUSIONES**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. Se ha identificado de manera efectiva las principales causas que han contribuido a la eutrofización en el Lago de Coatepeque durante la última década, esto incluye factores como la agricultura, la deforestación, el turismo, falta de acceso a agua potable y sistema de tratamiento de aguas residuales, así como también la falta de alcantarillados.
2. Tras un análisis detallado del estado trófico y el índice de eutrofización en la última década, hemos observado que los cambios en la eutrofización en el Lago de Coatepeque son variables y están fuertemente influenciados por la época del año, principalmente la temporada de vacaciones, que es cuando el lago recibe un mayor número de personas, lo que genera un mayor enturbiamiento de las guas debido a las diferentes actividades que se practican en él; así mismo Durante la temporada de lluvias, se registra un aumento significativo en las escorrentías y las descargas de aguas sin tratamiento, lo que perturba el ecosistema del lago.
3. Esta investigación ha revelado que la eutrofización en el Lago de Coatepeque tiene un impacto significativo tanto en la fauna acuática como en la comunidad local. La proliferación de algas y la disminución de oxígeno en el agua afectan negativamente a la vida acuática, lo que puede resultar en la muerte de peces y otros organismos. Además, la contaminación del agua puede poner en riesgo la salud de los habitantes del lago, lo que subraya la urgencia de abordar este problema para proteger tanto el ecosistema como la calidad de vida de las personas que dependen de él.
4. El proceso de proponer alternativas para prevenir el avance de la eutrofización en el Lago de Coatepeque ha resultado en la identificación de estrategias y medidas viables. Estas alternativas no solo ofrecen una perspectiva esperanzadora para la preservación del lago, sino que también sugieren que, mediante la gestión adecuada de nutrientes, la educación ambiental y la regulación de actividades humanas, es posible mitigar los efectos de la eutrofización y proteger este recurso valioso para las generaciones futuras.

**CAPÍTULO VI**  
**RECOMENDACIONES**

## 6.0 RECOMENDACIONES

1. Recomendamos a las entidades de medio ambiente establecer un programa de monitoreo continuo de la calidad del agua y los niveles de nutrientes en el Lago de Coatepeque. Esto permitirá detectar cambios tempranos y tomar medidas preventivas para preservar la calidad del agua.
2. Sugerimos a las autoridades gubernamentales a evaluar y promover los sistemas de tratamiento de aguas residuales en las comunidades cercanas al lago para reducir la liberación de nutrientes y contaminantes en el agua.
3. Instamos a las instituciones relacionadas con la agricultura a implementar regulaciones sólidas para reducir la escorrentía de nutrientes de las actividades agrícolas cercanas al lago, promoviendo prácticas sostenibles y la creación de zonas de amortiguamiento.
4. Sugerimos a las agencias de medio ambiente realizar un seguimiento específico de las algas tóxicas y, en caso de brotes, tomar medidas adecuadas para limitar su crecimiento, como la introducción de organismos depredadores o técnicas de tratamiento.
5. Recomendamos a los ministerios de educación colaborar en la creación de programas educativos locales para concientizar a la comunidad sobre la eutrofización y promover prácticas sostenibles. Esto puede incluir talleres, charlas y material educativo interactivo.
6. Llamamos a las entidades de gobierno a fomentar la colaboración multisectorial entre comunidades, autoridades locales y organizaciones internacionales para abordar conjuntamente los desafíos de la eutrofización en el lago.
7. Instamos a las universidades y agencias de investigación a promover investigaciones científicas continuas para mejorar la comprensión de la dinámica del lago y desarrollar estrategias más efectivas para combatir la eutrofización en el contexto específico del Lago de Coatepeque. El apoyo a la generación de conocimiento es esencial para la protección a largo plazo de este recurso vital.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. bérica S. Eutrofización: Causas, consecuencias y soluciones [Internet]. Agua 2018 [citado el 11 de enero de 2023]. Disponible en: <https://www.iagua.es/noticias/sewervac-iberica/eutrofizacion-causas-consecuencias-y-soluciones>.
2. Nancy Hernández OM. INFOGRAFIA: ¿Cómo está dividido el lago de Coatepeque? [Internet]. Noticias de El Salvador - elsalvador.com. 2019 [citado el 11 de enero de 2023]. Disponible en: <https://historico.elsalvador.com/historico/632371/infografia-como-esta-dividido-el-lago-de-coatepeque.html>.
3. Zulma M, Mena E, De E, Calidad LA, Agua D. EVALUACIÓN DEL NIVEL DE EUTROFIZACIÓN DEL LAGO DE COATEPEQUE AÑO 2016 [Internet]. Gob.sv. [citado el 11 de enero de 2023].
4. Zulma Esperanza Mena, Luis Amaya Grande, Miriam Elena Salguero, Yesenia Peñate. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA LAGO DE COATEPEQUE [Internet]. 10, 2019.
5. Lagos [Internet]. geoenciclopedia.com. 2022 [citado el 2 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://www.geoenciclopedia.com/lagos-78.html>.
6. Servicio Nacional de Estudios Territoriales. INFORME DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL LAGO DE COATEPEQUE. 27 DE NOVIEMBRE DE 2006.
7. Zulma Esperanza Mena, Luis Amaya Grande, Miriam Elena Salguero. Evaluación de la calidad del agua del lago de Coatepeque. Junio de 2021.
8. Zulma Esperanza Mena, Luis Amaya Grande, Miriam Elena Salguero. EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA LAGO DE COATEPEQUE. Diciembre de 2022.

9. Lozano MG. Eutrofización: una visión general. Ciencia Acierta, Revista científica, tecnológica y humanística [Internet]. 26 de septiembre de 2016; Disponible en: <http://www.cienciacierta.uadec.mx/2016/09/26/eutrofizacion-una-vision-general/>.
10. Lee, G and Jones-Lee, Anne. (2005). Eutrophication (Excessive Fertilization). 10.1002/047147844X.sw1606.
11. Redfield, A.C. (1934) On the Proportions of Organic Derivatives in Sea Water and Their Relation to the Composition of Plankton. James Johnstone Memorial Volume, University Press of Liverpool, 176-192.
12. CDC. La proliferación de algas nocivas. REOP - Rev Esp Orientac Psicopedag [Internet]. 2021 [citado el 2 de marzo de 2023]; 32(2):172. Disponible en: <https://www.cdc.gov/habs/es/general.html>.
13. Marco CS. ESTADO TRÓFICO DE LAGOS Y LAGUNAS [Internet]. EcoSystems. 2020 [citado el 2 de marzo de 2023]. Disponible en: <https://ecosystems.com.ar/estado-trofico-de-lagos-y-lagunas/>.
14. Cartagena Vázquez WS, Peña Garay IB. Entrevista en el documental sobre Eutrofización en el Lago de Coatepeque. Entrevistado: M.Sc. Zulma Esperanza Mena. Lugar: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN), junio de 2023.
15. Cartagena Vázquez WS, Peña Garay IB. Entrevista en el documental sobre Eutrofización en el Lago de Coatepeque. Entrevistado: Blo. Rubén Sorto. Lugar: Fundación Coatepeque, junio de 2023.
16. Cartagena Vázquez WS, Peña Garay IB. Entrevista en el documental sobre Eutrofización en el Lago de Coatepeque. Entrevistado: Lic. Alejandro Villacorta. Lugar: Fundación Coatepeque, junio de 2023.