

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



LAGO DE GÜIJA: UN PARAÍSO EN PELIGRO

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

ROMMEL ENRIQUE BENÍTEZ PÉREZ

KARLA ESTHER GALICIA ROSA

PARA OPTAR AL GRADO DE

LICENCIADO(A) EN QUÍMICA Y FARMACIA

OCTUBRE 2025

SAN SALVADOR, EL SALVADOR, CENTRO AMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

RECTOR

MAESTRO JUAN ROSA QUINTANILLA 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

ASESORA

LICENCIADA MARLENE EMPERATRIZ ACOSTA MARTÍNEZ

ASESOR DEL ÁREA DE MICROBIOLOGÍA

MAESTRO GUILLERMO EMILIO ALVARENGA MARROQUÍN

TUTORA

LICENCIADA KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

AGRADECIMIENTOS

Deseamos expresar nuestro más sincero agradecimiento a todas las personas e instituciones que, de manera directa o indirecta, hicieron posible la realización de este trabajo de graduación.

A nuestras familias, por su apoyo incondicional, amor y paciencia durante todo este proceso.

A nuestros padres, por ser ejemplo de esfuerzo y dedicación, por sus consejos y por confiar siempre en nuestras capacidades; y a nuestros seres queridos, por comprender nuestras ausencias y alentarnos a no desistir.

A la Universidad de El Salvador, en especial a la Facultad de Química y Farmacia, por habernos brindado la oportunidad de formarnos como profesionales y dotarnos de las herramientas académicas necesarias para desarrollarnos.

A nuestros docentes y asesores, por su valiosa guía, acompañamiento y aportes que enriquecieron la investigación. Un agradecimiento especial a nuestra tutora Licenciada Katia Leyton, por su paciencia, compromiso y orientación en cada etapa del proyecto.

A nuestros compañeros y amigos, gracias por compartir experiencias, conocimientos y esfuerzos que enriquecieron mi proceso de aprendizaje.

Finalmente, expresamos nuestro reconocimiento a todas las personas e instituciones que colaboraron de manera desinteresada con este trabajo, aportando información, tiempo o recursos que resultaron indispensables para su desarrollo.

A todos, nuestro más profundo agradecimiento.

Rommel Enrique Benítez Pérez

Karla Esther Galicia Rosa

DEDICATORIA

En primer lugar, a la vida misma, una dulce y buena camarada hasta la fecha, por brindarme cada día la oportunidad de aprender, equivocarme y seguir adelante con esperanza y pasión. Agradezco profundamente a mi familia, quienes han sido mi refugio y mi fuerza en los momentos de duda, celebrando conmigo cada logro y animándome en los desafíos. A mis amistades, así como también a mi pareja, por compartir sonrisas, consejos y palabras de aliento que me han ayudado a seguir adelante.

También deseo expresar mi gratitud al personal docente y compañeros de este viaje académico, cuyo acompañamiento y conocimientos han enriquecido no solo este trabajo, sino mi crecimiento personal y profesional. Sin el apoyo, la comprensión y la inspiración que me han brindado, este proyecto no habría sido posible.

Finalmente, dedico este logro a todas las experiencias, tanto buenas como adversas, que han forjado mi carácter y me han impulsado a perseguir mis metas con determinación.

Rommel Enrique Benítez Pérez

DEDICATORIA

Con profunda gratitud y sentimientos encontrados dedico este trabajo a todas las personas que hicieron posible este camino.

A Dios, fuente de mi fortaleza, sabiduría y esperanza. Gracias por guiar cada uno de mis pasos, por darme animo en los momentos difíciles y por abrir caminos donde parecía no haber ninguno. Este logro es testimonio de Tu fidelidad y amor en mi vida.

A mis padres, por sus oraciones, su amor incondicional, su apoyo constante, el valor del esfuerzo y la perseverancia. Por creer en mí, incluso cuando yo dudaba.

A mi querida hermana que es como un motor en mi vida, me impulsa para seguir adelante. Por tu amor incondicional y por estar siempre presente. Gracias por acompañarme en este camino.

En memoria de mi querida Tita, quien con su amor, sabiduría y fe dejó una huella imborrable en mi vida. Aunque ya no estés conmigo, tu presencia me acompañó en cada paso. Este trabajo también es tuyo, porque tus enseñanzas y tu cariño siguen siendo parte de mí.

A mi fiel compañero de cuatro patas, mi compañero de estudio, Cooper. Gracias por tu silenciosa y leal compañía. Tu amor incondicional y tu calidez hicieron de mis noches de desvelo un poco más llevaderas.

A mis docentes, por compartir su conocimiento y motivarme a crecer con cada enseñanza. De manera especial, dedico este logro a la memoria del Lic. Guillermo Castillo, quien partió hace algunos años pero dejó una huella imborrable en mi formación.

A mis amistades, por acompañarme con cariño, risas y palabras de aliento cuando más las necesité.

Karla Esther Galicia Rosa

ÍNDICE

	Pág N°
GLOSARIO	
RESUMEN	
CAPÍTULO I	
1.0 INTRODUCCIÓN.....	12
CAPÍTULO II	
2.0 OBJETIVOS.....	14
CAPÍTULO III	
3.0 MARCO TEÓRICO.....	16
3.1 El Agua: conceptos relacionados.....	16
3.1.1 Agua como recurso vital.....	16
3.1.2 Importancia del agua.....	16
3.1.3 Calidad del agua.....	17
3.2 Lagos.....	17
3.3 Lago de Güija.....	18
3.4 Generalidades del Lago de Güija.....	19
3.5 Contaminantes del lago.....	20
3.5.1 Físico-Químicos.....	20
3.5.2 Microbiológicos.....	20
3.5.3 Microcistina-LR.....	21
3.5.4 Contaminación por desechos sólidos.....	21
3.6 Riesgos localizados en el lago de Güija.....	22
3.6.1 Riesgo para bañistas.....	22
3.6.2 Metales pesados en el agua y en caracoles del género <i>Pomacea flagellata</i>	23

3.7 Consideraciones teóricas finales.....	24
---	----

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL.....	26
-------------------------	----

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES.....	28
-----------------------	----

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES	30
---------------------------	----

REFERENCIAS BIBLIOGRAFICA

ANEXOS

GLOSARIO

Lago: Masa de agua dulce o salobre en depresión, con entrada y salida hídrica.

Agua: Compuesto H₂O, disolvente universal, importancia para los seres vivos.

Características del agua: Parámetros físicos (pH, temperatura, turbidez), químicos (N, P, metales pesados), microbiológicos (coliformes, cianobacterias).

Desechos sólidos: Residuos domésticos y plásticos vertidos por comunidades e incluso por vertidos directos.

Aguas residuales: descargas sin tratamiento de aguas negras urbanas y turísticas.

Minería metálica: actividad especialmente en Guatemala, genera escorrentías que permiten entrada de metales pesados como mercurio, arsénico y plomo.

RESUMEN

El Lago de Güija, ubicado en la frontera entre El Salvador y Guatemala, no solo se considera una belleza natural, sino que también es una fuente económica como sustento para las comunidades locales. Posee importancia arqueológica, además es una valiosa fuente de agua dulce; igualmente los habitantes se recrean y realizan turismo local. Sin embargo, en las últimas décadas ha enfrentado un creciente problema de contaminación, principalmente por el vertido de desechos sólidos domésticos y residuos generados por actividades mineras provenientes del lado guatemalteco.

La contaminación por desechos sólidos se debe, en gran parte, a la falta de una adecuada gestión de residuos por parte de los habitantes cercanos al lago, tanto en el área salvadoreña como guatemalteca. Muchos residuos terminan en el cuerpo de agua, afectando la calidad del agua, la salud pública y la fauna acuática. A esto se suma la actividad minera en Guatemala, cuyos desechos y aguas residuales con metales pesados son arrastrados por los ríos que desembocan en el lago, provocando un daño ambiental significativo.

Durante la investigación se constató la presencia de metales pesados, así como acumulación de basura tanto en las orillas como en la isla Teotipa, lo que evidencia la urgencia de intervención. Aunque actualmente los niveles de riesgo para la población no son graves, es fundamental implementar medidas preventivas y correctivas, ya que, de no actuar oportunamente, la situación podría agravarse y generar consecuencias severas en el futuro para la salud humana y el equilibrio ecológico del Lago de Güija.

CAPÍTULO I

1.0 INTRODUCCIÓN

El Lago de Güija, se extiende entre El Salvador y Guatemala y cuenta con una historia milenaria que lo convierte en mucho más que un simple cuerpo de agua. Desde épocas prehispánicas, este lago ha sido refugio y punto de encuentro para pueblos náhuatl y maya-chortí, quienes encontraron en sus orillas condiciones ideales para la pesca y la agricultura, y lo reconocieron como sitio ceremonial y de intercambio. A lo largo del tiempo, el lago ha sido como una frontera natural, fuente de vida y escenario de múltiples interacciones culturales, albergando la memoria de quienes han habitado sus alrededores y los desafíos ambientales que hoy se enfrentan.

La contaminación del Lago de Güija es un fenómeno complejo, originado por residuos sólidos, vertidos agrícolas y actividades mineras, que impacta negativamente en el entorno ecológico, la salud pública y la economía local. Entre los principales riesgos se encuentran la presencia de cianobacterias tóxicas y metales pesados como el arsénico, los cuales afectan tanto la biodiversidad como a las comunidades que dependen del lago para su alimentación y actividades cotidianas. Aunque se han registrado episodios de mortandad de peces y deterioro del agua, las acciones de monitoreo y remediación aún son insuficientes, en parte por la falta de coordinación binacional entre El Salvador y Guatemala.

En este contexto, se desarrolló un proyecto documental durante los meses de marzo a septiembre 2025, empleando una metodología que integró investigación bibliográfica, entrevistas a personas expertas y habitantes locales, y registros audiovisuales de los paisajes, actividades productivas y problemáticas presentes. El resultado es una obra informativa y educativa que busca dar voz a las comunidades ribereñas, resaltar la memoria histórica y visibilizar los retos para la protección y el manejo sostenible del Lago de Güija. El formato de video documental favorece la difusión y comprensión para públicos diversos, conectando testimonios, imágenes y datos relevantes.

CAPÍTULO II

2.0 OBJETIVOS

2.1 Objetivo general

Conocer las consecuencias de la contaminación por desechos sólidos, aguas residuales y la minería metálica en el Lago de Gūija.

2.2 Objetivos específicos

2.2.1 Identificar las diferentes fuentes de contaminación en el Lago de Gūija.

2.2.2 Investigar bibliográficamente, consultando bases de datos los valores de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos de la calidad del agua en el lago.

2.2.3 Determinar los efectos del lago en los seres humanos, flora y fauna acuática que habitan en él.

2.2.4 Promover estrategias de conservación del lago, promoviendo prácticas sostenibles en las comunidades locales para asegurar su equilibrio ecológico y uso responsable.

2.2.5 Elaborar un documental informativo, educativo que concientice sobre la problemática que se genera en el Lago de Gūija.

CAPÍTULO III

3.0 MARCO TEÓRICO

3.1 El Agua: conceptos relacionados

El agua es un cuerpo formado por la combinación de un átomo de oxígeno y dos de hidrógeno, líquido inodoro e insípido; en pequeña cantidad incoloro y verdoso en grandes masas, que refracta la luz, disuelve muchas sustancias, se solidifica por el frío, se evapora por el calor y, más o menos puro, forma la lluvia, las fuentes, los ríos y los mares.¹

De todos los recursos explotados por el hombre el agua, reviste mayor importancia, debido a que se emplea con fines domésticos, industriales y agrícolas, también para la pesca, la producción de energía, la navegación fluvial y marítima. Los recursos hídricos más importantes para el hombre son las aguas interiores, que son las aguas superficiales, de los subsuelos y las subterráneas.¹

3.1.1 Agua como recurso vital

El agua es esencial para la vida en la Tierra y cubre el 71 % de la superficie del planeta. Sin embargo, solo el 2.5 % es agua dulce, y menos del 1 % de esta está disponible para el consumo humano. De ese 2.5 %, el 68.7 % se encuentra en glaciares y casquetes polares, el 30.1 % en acuíferos subterráneos y solo el 1.2 % en aguas superficiales como ríos y lagos. Esto significa que los acuíferos contienen casi un tercio del agua dulce del planeta y más del 90 % del agua dulce líquida accesible para consumo inmediato. Esta disponibilidad limitada, combinada con el crecimiento poblacional, el cambio climático y la contaminación, ha generado presiones críticas sobre el recurso a nivel mundial. En Centroamérica y especialmente en El Salvador, el problema se agrava por la degradación ambiental, la debilidad institucional y la falta de políticas públicas efectivas.¹

3.1.2 Importancia del agua

El agua, más allá de su papel esencial en el sostén de la vida, representa el tejido invisible que conecta ecosistemas, culturas y economías. Su presencia define paisajes, moldea sociedades y determina posibilidades de desarrollo.^{1,2}

Como elemento vital, el agua es vehículo de memoria biológica y social, símbolo de pureza y transformación, y fundamento imprescindible para la resiliencia ambiental. Su gestión responsable es, por tanto, un acto de ética y visión a largo plazo, pues garantiza la salud de los sistemas naturales y la dignidad de las generaciones futuras.²

3.1.3 Calidad del agua

La calidad del agua es una variable fundamental del medio hídrico, tanto en lo que respecta a la caracterización ambiental como desde la perspectiva de la planificación hidrológica. Este término puede responder a varias definiciones, que se han visto reflejadas en la legislación a lo largo del tiempo. De forma tradicional se ha entendido por calidad de un agua el conjunto de características físicas, químicas y biológicas que hacen que el agua sea apropiada para un uso determinado. Esta definición ha dado lugar a diversas normativas, que aseguran la calidad suficiente para garantizar determinados usos, pero que no recoge los efectos y consecuencias que la actividad humana tiene sobre las aguas naturales.³

3.2 Lagos¹⁻²⁻³

Los lagos son uno de los recursos naturales más vitales de nuestro planeta. Actúan como fuente crucial de agua dulce, respaldando así el suministro de agua potable, la agricultura y la industria.

Más allá de su importancia ecológica, estos ecosistemas contribuyen a la regulación del clima manteniendo fresco el planeta, absorbiendo el agua de las inundaciones y almacenando carbono.

Existen diferentes tipos de lagos en el planeta, detallándose a continuación:

- **Tectónicos:** Son los lagos que rellenan las depresiones originadas por fallas y plegamientos. Son lagos formados por un movimiento del suelo que impide el libre curso de un río.
- **De barrera:** Se forman cuando los conjuntos de sedimentos arrastrados por un glaciar u otras materias, como coladas volcánicas o desprendimientos de tierras, taponan los valles y permiten la acumulación de las aguas e impiden su desagüe.

- **Glaciares:** Los glaciares excavan amplias cuencas al pulir el lecho de roca y redistribuir los materiales arrancados. Un lago glaciar se forma cuando las aguas ocupan el hueco erosionado por las masas glaciares.
- **De cráter:** Se pueden dar tras la explosión del cráter de un volcán, el cual forma una caldera volcánica o un hundimiento circular que puede ser inundado tras la extinción formando un lago. Si el cráter no tiene fisuras y está formado por materiales de escasa porosidad, puede convertirse en un lago permanente si recibe suficiente agua de la lluvia.
- **Endorreicos:** Los lagos de cuencas endorreicas son depresiones en la corteza terrestre que no poseen salida hacia el mar. Contienen aguas generalmente algo saladas, debido a la progresiva concentración de sales por efecto de la evaporación.
- **Pelágicos:** Los lagos pelágicos no son más que vestigios de antiguos mares que quedaron rodeados de tierras. Existen, además las Aguas Subsuperficiales, que se encuentran en el perfil del suelo y que las plantas aprovechan.

3.3 Lago de Güija

El Lago de Güija se ubica en América Central cuya superficie es compartida por El Salvador y Guatemala. El lago se ubica entre el departamento de Santa Ana (El Salvador) y el departamento de Jutiapa (Guatemala), a una altitud de 430 m s. n. m. (metros sobre el nivel del mar).

La morfogénesis del Lago de Güija, se debió a una corriente de lava lanzada por los volcanes de San Diego, Vega de la Caña y Masatepeque, la cual obstruyó los recursos naturales de los ríos Ostúa y Angue cerrando el drenaje de todo un valle, con la consecuente formación del lago, de acuerdo a lo anteriormente mencionado la clasificación del lago de Güija es de Barrera. En las zonas de esorrentía parte del agua fluye por diversos cauces.^{2,3}

La evidencia de la ocupación humana en el Lago de Güija incluye petroglifos, esculturas en piedra y restos de antiguas aldeas. En la Isla Teotipa, en el centro del lago, se han hallado petroglifos que representan figuras humanas, fauna local y símbolos acuáticos, atribuidos a culturas precolombinas. Además, hallazgos de cerámica policroma, puntas de obsidiana y restos de enterramientos confirman el papel del lago como centro ritual y de intercambio.²

Los petroglifos encontrados en las islas y alrededores del lago representan un conjunto notable de arte rupestre de las culturas precolombinas mesoamericanas. Los más conocidos se encuentran especialmente en: Isla Teotipa, Isla Igualtepeque e Isla Cerro de Tule.³

Estas islas no solo son centros naturales, sino también arqueológicos, donde se han hallado figuras grabadas en piedra que podrían datar de los períodos Preclásico Tardío (400 a.C. – 250 d.C.) o Clásico Temprano (250–600 d.C.).³

3.4 Generalidades del Lago de Güija³

El lago tiene una extensión aproximada de 42 km² (kilómetros cuadrados) y es compartida por los países de Guatemala y El Salvador. El Salvador cuenta con el 74 % de su extensión y Guatemala con el otro 26 %.

El Lago de Güija se caracteriza por sus aguas relativamente tranquilas y una profundidad media de entre 10 y 15 metros, alcanzando zonas más profundas en algunos sectores. Su origen es volcánico, rodeado de colinas y formaciones geológicas de gran belleza escénica. El lago cuenta con varias islas, entre ellas la Isla Teotipa, que posee vestigios arqueológicos importantes. Sus márgenes presentan humedales, playas y zonas rocosas, aportando diversidad al entorno físico.

El lago es un ecosistema complejo que alberga una rica biodiversidad. En sus aguas y alrededores habitan numerosas especies de peces, aves acuáticas y terrestres, reptiles, anfibios e invertebrados. Entre las especies de peces destacan la mojarra, el guapote y la tilapia. Además, el Lago de Güija es refugio de especies endémicas y en riesgo, constituye una importante área de descanso para aves migratorias y sostiene comunidades vegetales de humedales y bosques ribereños, que contribuyen a la regulación ecológica y la provisión de servicios ambientales.

El lago de Güija tiene en su área cuenta con un total de 61 especies de aves acuáticas han sido registradas y se espera la ocurrencia de hasta 73 especies. Recientemente este sitio ha sido objeto de monitoreo de anátidos y otras aves acuáticas.

3.5 Contaminantes del lago

Según una publicación de ScienceDirect, “la contaminación de un lago se define como la degradación de la calidad del agua de un lago debido a la introducción de sustancias nocivas, que pueden incluir contaminación microbiana de desechos domésticos y agrícolas, escorrentía química de pesticidas y fertilizantes y desechos plásticos, a menudo exacerbada por la densidad de población humana y prácticas inadecuadas de gestión de desechos”.⁴

Dentro de los contaminantes presentes en el Lago de Gūija podemos mencionar, los fisicoquímicos, microbiológicos y la Microcistina-LR.

3.5.1 Físico-Químicos

En el caso del lago de Gūija, se evidenció bibliográficamente que el arsénico y el plomo están presentes en niveles mayores que el cadmio y el mercurio, especialmente en el agua y fondo del lago (sedimento), lo cual puede estar relacionado con el origen volcánico del mismo, u otras causas antrópicas, como la agricultura y la ganadería.⁵

3.5.2 Microbiológicos

La *Escherichia coli* H057 es una bacteria establecida como indicadora de contaminación fecal de alimentos, bebidas, y agua. Se debe usar el Número Más Probable (NMP) para definir los Límites Máximos Permisibles (LMP), siendo esta una bacteria comparada por índices o intervalos.⁶

Se consideran a las comunidades cercanas al lago, como fuente de desecho de bacterias fecales al lago, lo cual explicaría también la presencia de esta clase de genotipos, En cuanto a los indicadores de contaminación fecal, aunque no se encontraron patógenos estrictos como la *Escherichia coli* H057, en la zona existe presencia de organismos reservorios.^{5,6}

Además de lo anterior, los niveles de nutrientes encontrados en el agua, especialmente los nitratos, nitritos y amonio, favorecen la multiplicación microbiana en ese ecosistema, lo cual vuelve al lago de Gūija, un ambiente propicio para encontrar genes de resistencia en esas bacterias.⁵

3.5.3 Microcistina-LR

La Microcistina-LR es una toxina producida por ciertas cianobacterias presentes en cuerpos de agua eutrofizados, puede identificarse por métodos de laboratorio como el ensayo inmunoenzimático ELISA que permite su identificación precisa.⁷

Se detectó la presencia de Microcistina-LR en el lago Güija, en concentraciones inferiores a las del valor guía de la OMS de 1 µg/L en todos los puntos muestreados. Los valores oscilaron entre <0.25 µg/L y 0.80 µg/L, por lo que ninguno representa un peligro a la salud por exposición.⁷

FIGURA N° 1. Resultados del Análisis de Microcistina-LR en muestras de puntos del lago⁷

Punto	Microcistina-LR Mx 1 µg/L	Microcistina-LR Mx 2 µ/L
Las Conchas	<0.25	<0.25
Desembocadura rio Angue	<0.25	<0.25
La Barra	<0.25	<0.25
Desembocadura rio Ostúa	0.78	0.79
El Centro	0.80	0.80
El Mojón	0.28	0.28
Desembocadura rio Cusmapa	0.35	0.35
Azacualpa 1	<0.25	<0.25
Azacualpa 2	0.26	0.26
El Desagüe	0.26	0.25

3.5.4 Contaminación por desechos sólidos.

La contaminación de los lagos por desechos sólidos es un problema grave que afecta la calidad del agua, la vida acuática y el medio ambiente en general. Los desechos sólidos, como plásticos, basura doméstica, y residuos industriales, pueden ser arrastrados por el viento, la lluvia o los ríos hacia los lagos, causando daños significativos.³

3.6 Riesgos localizados en el lago de Güija

3.6.1 Riesgo para bañistas

El Laboratorio de Toxinas Marinas de la Universidad Nacional de El Salvador (LABTOX-UES) junto con apoyo de la Autoridad Salvadoreña del Agua (ASA) y guarda recursos del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales (MARN) localizaron cianobacterias en el lago de Güija las cuales representan un nivel de riesgo medio. Según las guías de alerta por abundancia de cianobacterias establecida por la Organización Mundial de la Salud (OMS) para aguas recreacionales, la concentración de las cianobacterias localizadas (>100,000 cel/mL) representó un nivel medio para los bañistas. Los resultados de las muestras de agua recolectadas en Metapán, en Santa Ana Norte (15 de noviembre de 2024) en 6 puntos diferentes del lago. Descubrieron cianobacterias que son consideradas como potencialmente tóxicas, según la lista de referencia taxonómica de microalgas nocivas de la UNESCO.^{3,7}

A continuación, en la Tabla N° 2 se muestran los valores de concentraciones de cianobacterias más abundantes y potencialmente tóxicas encontradas en muestras del Lago Güija. Según la Lista de Referencia Taxonómica de Microalgas Nocivas de la UNESCO y literatura científica. ND: No Detectado. * Tipos de bacterias que pueden producir.

FIGURA N°2 Concentraciones de cianobacterias en lago Güija.⁸

Taxón	Concentración celular (cel/mL)						Categoría ¹
	P1	P2	P3	P4	P5	P6	
<i>Raphidiopsis cf. raciborskii</i>	523000	359000	876000	1.231000	432000	672000	Potencialmente tóxica Saxitoxinas cilindrospermopsinas*
<i>Pseudanabaena cf. limnetica</i>	43000	11000	500000	532000	13000	11000	Potencialmente tóxica Microcistinas, Nodularina, Saxitoxinas*
<i>Dolichospermum sp.</i>	31000	8000	ND	229000	123000	346000	Potencialmente tóxica Microcistinas Anatoxina-a*
<i>Eucapsis sp.</i>	23000	87000	245000	265.000	10000	1000	Inocua

Se tomaron parámetros fisicoquímicos medidos *in situ* los cuales tuvieron un comportamiento similar en todos los puntos de muestreo. T: Temperatura TDS: Sólidos disueltos totales, Cond: Conductividad pH: potencial de hidrógeno.

FIGURA N° 3. Valores de parámetros fisicoquímicos en Lago de Guija.⁸

Punto	T (°C)	pH	TDS (ppm)	Oxígeno Disuelto (%)	Transparencia (m)	Turbidez (FNU)	Cond. (μS/cm)
P1	27.8	8.18	117	40.80	1.5	3.30	233
P2	28.0	8.15	137	65.10	1.0	12.90	275
P3	28.7	8.90	115	82.10	1.5	6.00	231
P4	28.9	9.10	108	96.50	1.5	0.10	216
P5	28.7	8.87	113	81.30	1.5	5.90	226
P6	28.2	8.61	115	60.40	1.2	4.70	230

3.6.2 Metales pesados en el agua y en caracoles del género *Pomacea flagellata*

Según la bibliografía se cuantificó las concentraciones de cadmio, arsénico, plomo y mercurio, en el agua, sedimento y el molusco de ejemplares de la especie *Pomacea flagellata* del lago de Güija. Estos elementos son metales pesados que se encuentran naturalmente en cuerpos lacustres cuyo lecho tiene un origen volcánico y se consideran xenobióticos cuando son introducidos en cantidades adicionales por actividades humanas aumentando su biodisponibilidad para los organismos acuáticos. *Pomacea flagellata*, es un caracol que es capturado con fines de consumo y comercio en la zona.^{5,8}

Los metales pesados en una investigación de tipo y alcance descriptivo con diseño longitudinal abarcando la época seca y lluviosa de 2020, se analizaron por espectrofotometría de absorción atómica con llama, horno de grafito y generador de hidruros y se observó un comportamiento inverso entre los niveles de metales.⁵

En dicha investigación se evidenció bioacumulación de metales pesados en el músculo de caracol en el siguiente orden: As > Pb > Cd > Hg, por lo que es importante su monitoreo periódico, especialmente considerando que durante la época seca se observaron las mayores concentraciones de metales en las muestras.⁵

3.7 Consideraciones teóricas finales

El análisis teórico desarrollado a lo largo de este trabajo ha permitido comprender que la contaminación del Lago de Gūija no puede ser abordada únicamente desde una perspectiva ambiental, sino que debe analizarse como un fenómeno multidimensional que involucra factores sociales, económicos, políticos y culturales. Desde la teoría ecológica, se evidencia cómo los ecosistemas acuáticos son altamente sensibles a la intervención humana, especialmente cuando esta se realiza sin una planificación adecuada y sin considerar los límites de carga del entorno natural.

En este contexto, el Lago de Gūija se presenta como un caso paradigmático en el que confluyen problemáticas como el vertido de aguas residuales domésticas e industriales, la escorrentía agrícola con alta carga de agroquímicos, y la ausencia de políticas públicas eficaces para la gestión integral del recurso hídrico. A partir de los enfoques de la ecología política, también se reconoce que detrás de la contaminación ambiental subyacen relaciones de poder, intereses económicos y prácticas de gobernanza que favorecen ciertos sectores en detrimento del bienestar colectivo y la sostenibilidad del ecosistema.

Asimismo, la teoría del desarrollo sostenible aporta un marco conceptual clave para reflexionar sobre la necesidad de equilibrar el crecimiento económico local con la conservación de los recursos naturales. El deterioro progresivo del lago compromete no solo la biodiversidad de la zona, sino también las condiciones de vida de las comunidades que dependen directamente del agua para su subsistencia, lo cual plantea un desafío urgente en términos de justicia ambiental y equidad intergeneracional.

Finalmente, el enfoque sistémico ha sido fundamental para entender que la contaminación del Lago de Gūija no es un problema aislado, sino parte de una red compleja de interacciones humanas y naturales. Por tanto, cualquier propuesta de solución debe considerar esta complejidad, integrando conocimientos científicos, saberes locales y participación comunitaria en la toma de decisiones. Solo así será posible avanzar hacia una gestión ambiental más justa, inclusiva y eficaz.

CAPÍTULO IV

4.0 PRODUCTO FINAL

Presentar un documental informativo y de concientización sobre la situación actual del Lago de Güija, en el que se exponen las diversas fuentes de contaminación que lo afectan y se analice el impacto directo que estos problemas tienen en la población local, así como en la flora y fauna que dependen de este ecosistema.

Ver el siguiente enlace: <https://youtu.be/oW37faPcR1g>

CAPÍTULO V

5.0 CONCLUSIONES

La contaminación del lago de Güija es un problema complejo de origen múltiple: residuos sólidos, vertidos agrícolas y minería. Estos problemas generan riesgos ecológicos, sanitarios y económicos. Se requiere respuesta integral: monitoreo, tratamiento, prevención, educación y políticas transfronterizas. El documental puede servir como herramienta educativa, concientizadora y movilizadora para la comunidad y autoridades.

La situación ambiental del Lago de Güija representa un grave problema ecológico, sanitario y transfronterizo que requiere atención urgente. Diversas fuentes de contaminación incluyendo aguas residuales sin tratar, agroquímicos, cianobacterias tóxicas y metales pesados provenientes de actividades mineras han deteriorado progresivamente la calidad del agua y afectado tanto a la biodiversidad como a las comunidades humanas que dependen del lago.

La presencia de cianobacterias potencialmente tóxicas y de elementos como el arsénico en el agua representa un riesgo directo para la salud humana, especialmente para quienes consumen peces del lago o utilizan el agua con fines recreativos o domésticos. Además, la mortandad de peces registrada en varios periodos recientes evidencia un desequilibrio ecológico significativo.

Pese a la gravedad del problema, el monitoreo ambiental y las acciones correctivas aún son limitados. Esto se ve agravado por la falta de coordinación efectiva entre El Salvador y Guatemala, ya que el lago se encuentra en una zona fronteriza compartida.

Es fundamental que se fortalezca la vigilancia ambiental, se impulse la cooperación binacional y se establezcan medidas de mitigación, remediación y prevención para proteger este valioso ecosistema y salvaguardar la salud y bienestar de las comunidades cercanas.

CAPÍTULO VI

6.0 RECOMENDACIONES

1. A las autoridades ambientales de El Salvador y Guatemala: Fortalecer el monitoreo transfronterizo del Lago de Güija, apoyándose en laboratorios independientes como el LABTOX-UES. Se recomienda establecer un sistema de monitoreo continuo de la calidad del agua, con énfasis en la detección de metales pesados, cianobacterias, nutrientes (nitratos y fosfatos) y contaminantes microbiológicos, para facilitar la toma de decisiones basada en evidencia científica actualizada.
2. A los gobiernos locales y nacionales: Implementar plantas de tratamiento de aguas residuales domésticas y agroquímicas. Urge la construcción y adecuada operación de sistemas de tratamiento de aguas negras y grises en las comunidades que descargan sus desechos en el lago o sus afluentes, con el fin de reducir la carga orgánica y microbiológica.
3. Al Ministerio de Agricultura y organismos afines: Controlar el uso de agroquímicos en la cuenca del Lago de Güija. Se debe promover la agricultura sostenible mediante la capacitación de los agricultores en el uso racional de fertilizantes y pesticidas, así como establecer zonas de amortiguamiento o barreras vegetales que prevengan el escurrimiento de químicos hacia el cuerpo de agua.
4. A las cancillerías de El Salvador y Guatemala: Crear un tratado bilateral para el manejo conjunto del Lago de Güija. Es indispensable fortalecer la coordinación entre ambos países para abordar la contaminación transfronteriza, especialmente la derivada de actividades mineras como el Proyecto Cerro Blanco en Guatemala.
5. A las municipalidades y centros educativos de la zona: Desarrollar campañas de educación ambiental comunitaria. Se recomienda implementar programas de sensibilización dirigidos a las comunidades ribereñas sobre la importancia ecológica del lago, los riesgos asociados a su contaminación y su rol en la protección del recurso desde el ámbito local.

6. Al Ministerio de Salud y centros de investigación: Realizar estudios toxicológicos en peces y en la población. Es necesario investigar los efectos potenciales de los contaminantes presentes en el lago sobre la salud humana, particularmente en quienes consumen pescado o tienen contacto frecuente con el agua.
7. A las universidades y organizaciones de la sociedad civil: Promover su participación activa en la conservación del Lago de Güija. Se sugiere integrar a estas instituciones en el diseño de estrategias de investigación, monitoreo participativo y acciones de protección del ecosistema.
8. A los entes de desarrollo local y cooperación internacional: Fomentar alternativas económicas sostenibles en la zona. Es clave impulsar actividades como el ecoturismo, la pesca responsable y otras iniciativas que mejoren la calidad de vida de las comunidades sin comprometer la integridad del ecosistema lacustre.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Guerrero M. *El Agua*. México: Fondo de Cultura Económica; 2006.
2. Salazar GJ, et al. Determinación del grado de contaminación de las aguas de la quebrada "El Níspero", afluentes del río San Antonio de Mejicanos [trabajo de graduación]. San Salvador: Universidad de El Salvador; 2005. 87 p.
3. Vides W. Contaminación transfronteriza en Lago Güija [Internet]. San Salvador: Unidad Ecológica Salvadoreña; [s.f.] [citado 2025 feb 30]. Disponible en: <https://unes.org.sv/2023/03/09/contaminacion-transfronteriza-en-lago-guija/>
4. Xiaoyu Wang a , Yinqun Yang b , jing wan c , Zhuo Chen un , Nan Wang a , Yanqi Guo a , Yonggui Wang a, editor. Variación de la calidad del agua y factores impulsores: evaluación cuantitativa de lagos urbanos durante un rápido desarrollo socioeconómico [Internet]. Vol. 23. ELSEVIER BV; 2023. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S1642359323000617>
5. Sandoval de Avelar MA. Metales pesados en el agua y en caracoles del género *Pomacea* del lago de Güija, Metapán, Santa Ana [Internet]. *CHC*. 2022 feb 16 [citado 2025 jul 15];1(1):3–15. Disponible en: <https://revista.unasa.edu.sv/index.php/chc/article/view/12>
6. Indicadores de contaminación microbiológica de *Escherichia coli* en el lago de Güija [Internet]. San Salvador: Edu.sv; [s.f.] [citado 2025 jul 4]. Disponible en: <https://revistacultural.unasa.edu.sv/index.php/chc/article/view/36/47>
7. Determinación de microcistina-LR en agua del lago de Güija [Internet]. San Salvador: Edu.sv; [s.f.] [citado 2025 jul 5]. Disponible en: <https://revista.unasa.edu.sv/index.php/chc/article/view/50/69>

8. INF-C. Informe de cianobacterias y determinación de estado trófico del lago de Güija [Internet]. San Salvador: Edu.sv; 2000 [citado 2025 jul 15]. Disponible en: <https://naturales.ues.edu.sv/blog/2024/11/28/informe-de-cianobacterias-y-determinacion-de-estado-trofico-del-lago-de-guija/>
9. Poblador 1, Entrevista personal anónima, 29 Junio de 2025, Lago de Guija.
10. Poblador 2, Entrevista personal anónima, 29 Junio de 2025, Lago de Guija.

ANEXOS

ANEXO N° 1. REGISTRO FOTOGRÁFICO DEL PROCESO DE INVESTIGACIÓN.



Figura N° 1. Isla Teotipa ubicada en el centro del lago de Güija.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 2. Fragmentos de puntas de obsidiana.

Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 3. Fragmentos de puntas de obsidiana.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 4. Petroglifos que representan figuras humanas, fauna local, símbolos acuáticos y atribuidos a culturas precolombinas, encontrados en la Isla Teotipa.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 5. Petroglifos que representan figuras humanas, fauna local, símbolos acuáticos y atribuidos a culturas precolombinas, encontrados en la Isla Teotipa.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 6. Contaminación de desechos sólidos.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 7. Contaminación de desechos sólidos.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 8. Ejemplares de moluscos la especie. *Pomacea flagellata*.
Fuente: Elaboración Propia



Figura N° 9. Ejemplares de moluscos la especie. *Pomacea flagellata*.

Fuente: Elaboración Propia