

**UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
DEPARTAMENTO DE MEDICINA
SECCIÓN DE LABORATORIO CLÍNICO**



**INFORME FINAL DEL CURSO DE ESPECIALIZACIÓN:
CARACTERIZACIÓN Y ANÁLISIS DE AGUA**

**TÍTULO DE INFORME FINAL:
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE EL AGUA EN EL RÍO LEMPA.**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE:
LICENCIATURA EN LABORATORIO CLÍNICO**

PRESENTADO POR:
CINTHIA GUADALUPE MARTÍNEZ HERNÁNDEZ N° CARNET MH18046
KATHERINE PAOLA RIVERA VILLALOBOS N° CARNET RV18044
ANTONY JOSUÉ ROMERO GÓMEZ N° CARNET RG19021

DOCENTE ASESOR:
LIC. DARTHON ALEXANDER VELÁSQUEZ

OCTUBRE DE 2025
SAN MIGUEL, EL SALVADOR, CENTROAMÉRICA

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
AUTORIDADES



MSC JUAN ROSA QUINTANILLA
RECTOR

DRA. EVELYN BEATRIZ FARFÁN
VICERRECTORA ACADÉMICA

MSC. ROGER ARMANDO ARIAS ALVARADO
VICERRECTOR ADMINISTRATIVO

LIC. PEDRO ROSALÍO ESCOBAR CASTANEDA
SECRETARIO GENERAL

LIC. CARLOS AMILCAR SERRANO RIVERA
FISCAL GENERAL

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR
FACULTAD MULTIDISCIPLINARIA ORIENTAL
AUTORIDADES



MSC. CARLOS IVÁN HERNÁNDEZ FRANCO
DECANO

DRA. NORMA AZUCENA FLORES RETANA
VICEDECANA

LIC. CARLOS DE JESÚS SÁNCHEZ
SECRETARIO

DR. AMADEO ARTURO CABRERA GUILLÉN
JEFE DEL DEPARTAMENTO DE MEDICINA

MSC. LORENA PATRICIA PACHECO DE QUINTANILLA
COORDINADORA DEL PROCESO DE GRADO DE LA CARRERA DE
LICENCIATURA EN LABORATORIO CLÍNICO

AGRADECIMIENTOS

Agradecemos primeramente a Dios por acompañarnos en todo momento, por guiarnos y darnos la fortaleza necesaria para culminar con éxito este artículo. A nuestros padres por ser un apoyo incondicional y siempre creer en nosotros.

A nuestros docentes Lic. Darthon Alexander Velásquez y Lic. Lorena Patricia Pacheco De Quintanilla, por compartimos sus conocimientos, por su apoyo a lo largo de la realización de este artículo.

Con mucho aprecio: Cinthia Martínez, Katherine Rivera y Antony Romero.

DEDICATORIA

Dedico este artículo a Dios, por darme la fortaleza para alcanzar mis metas.

A mi Mamá Cecilia Hernández y a toda mi familia, por su amor, apoyo incondicional y confianza en mí.

También a Milo mi querido perrito, que ya no está a mi lado, pero cuyo amor sincero y compañía llenaron mis días de alegría y me acompañaron incluso en los momentos más desafiantes de este artículo, su recuerdo siempre estará en mi corazón, recordándome la importancia del amor y la lealtad.

A mis amigas, por estar a mi lado, compartiendo risas y motivándome en los momentos difíciles y acompañarme en esta etapa tan importante de mi vida.

Y por último a mis compañeros de trabajo Katherine Rivera y Antony Romero, por su colaboración, sus risas y ánimo durante este camino. Este logro lleva consigo a todos ustedes.

Cinthia Guadalupe Martínez Hernández.

DEDICATORIA

Dedico este artículo primeramente a Dios por que sin el nada habría sido posible.

A mis padres por sus esfuerzos, amor y apoyo que me dieron en todo momento por ser un pilar importante en mi vida.

A mis hermanos por sus palabras de ánimo, por sus consejos y por las risas que me ayudaron en los momentos de estrés.

A mi amiga Cinthia Martínez por todo su esfuerzo, su apoyo en todo momento.

A mi mejor amigo Antony Romero que no solo hemos compartido estudios, estrés y preocupaciones sino también risas y buenos momentos y por eso, este logro les pertenece tanto como a mí.

Katherine Paola Rivera Villalobos.

DEDICATORIA

Dedico este artículo a Dios, por ser mi guía y darme la fuerza para no rendirme ante las dificultades.

A mis padres, por su amor, esfuerzo y por enseñarme el valor del trabajo y la perseverancia.

Y a mi hermano, por su apoyo constante y por estar siempre presente en cada etapa de mi vida, esta meta es también de ustedes.

Antony Josué Romero Gómez.

ÍNDICE

RESUMEN	1
ABSTRACT	2
INTRODUCCIÓN.....	3
DISCUSIÓN	5
Río Lempa: origen y caudal de vida.....	5
Calidad del agua del Río Lempa: parámetros físico-químico y microbiológicos del agua.....	6
Problemática actual de la contaminación en los ríos.....	9
CONCLUSIÓN.....	13
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	14

Resumen

El Río Lempa se origina en Guatemala, donde también comienza su contaminación, pues es ahí donde las aguas negras se vierten en él. El Río Lempa entra ya contaminado a Honduras, donde los habitantes enfrentan las consecuencias de recibir agua contaminada, la cual les sirve para el consumo diario, el riego de sus cultivos y para el ganado. En Honduras también lo contamina la gran cantidad de desechos que vienen de actividades domésticas, industriales y agrícolas, además de la acumulación de micro plásticos.

La calidad del agua del Río Lempa no cumple con las características para potabilizarla, debido a valores fuera de rango, todos los sitios muestreados principalmente para los siguientes parámetros: Coliformes fecales, Fósforo total, Fenoles, Demanda Bioquímica de Oxígeno, Arsénico, Mercurio y también se encuentran fuera de rango en menor proporción otros parámetros como: pH, Hierro, Nitrógeno amoniacal, Nitritos, Sólidos totales disueltos, Oxígeno disuelto y Sulfatos.

En El Salvador, el estrés hídrico debería ser de interés nacional ya que está en un estado muy crítico debido a la deforestación, la contaminación humana, contaminación industrial, la cual está comprometiendo la calidad del agua en el país. Últimamente, las variaciones climáticas que están ocurriendo en El Salvador, acompañado de la contaminación generada por las empresas de bienes raíces, embotelladoras y la deforestación, etc. Ayudan en gran manera con el estrés hídrico en el país y es muy viable que esa situación empeore si no se empiezan a imponer leyes contra la mala gestión y explotación del agua que existe.

Palabras clave: Rio lempa, contaminación, coliformes fecales, metales pesados.

Abstract

The Lempa River originates in Guatemala, where its contamination also begins, as this is where sewage is discharged into it. The river enters Honduras already polluted, and its residents face the consequences of receiving contaminated water, which they use for daily consumption, crop irrigation, and livestock. In Honduras, the river is also polluted by a large amount of waste from domestic, industrial, and agricultural activities, in addition to the accumulation of microplastics.

The water quality of the Lempa River does not meet the standards for purification due to out-of-range values. All sampled sites show this, especially for the following parameters: Fecal Coliforms, Total Phosphorus, Phenols, Biochemical Oxygen Demand, Arsenic, and Mercury. Other parameters such as pH, Iron, Ammoniacal Nitrogen, Nitrites, Total Dissolved Solids, Dissolved Oxygen, and Sulfates are also out of range, though to a lesser extent.

In El Salvador, water stress should be a matter of national interest as it is in a critical state due to deforestation and human and industrial pollution, which is compromising the country's water quality. Lately, climate variations occurring in El Salvador, combined with pollution from real estate companies, bottling companies, and deforestation, etc., contribute significantly to water stress in the country. It is highly likely that this situation will worsen if laws are not imposed against the poor management and exploitation of existing water resources.

Key Words: Lempa River, Contamination, Fecal Coliforms, Heavy Metals.

Introducción

El Río Lempa es un recurso hídrico vital para El Salvador, Guatemala y Honduras, y lucha con una problemática ambiental grave ya que la calidad de su agua ha sido calificada de regular a pésima en los últimos años debido a diferentes factores incluyendo la deforestación, la contaminación por desechos sólidos, la presencia de metales pesados, pesticidas, el vertido de aguas residuales y aguas negras. Esta situación no solo afecta a los ecosistemas acuáticos, sino que también representa un riesgo importante para la salud humana, también se han detectado parámetros como: coliformes fecales, pH, turbidez, altas concentraciones de metales pesados, esta contaminación afecta la calidad del agua hasta el punto que se debe mezclar con agua de acuíferos subterráneos antes de su distribución para el consumo humano en el Área Metropolitana de San Salvador, ya que su sabor y olor la hacían inaceptable para la población.

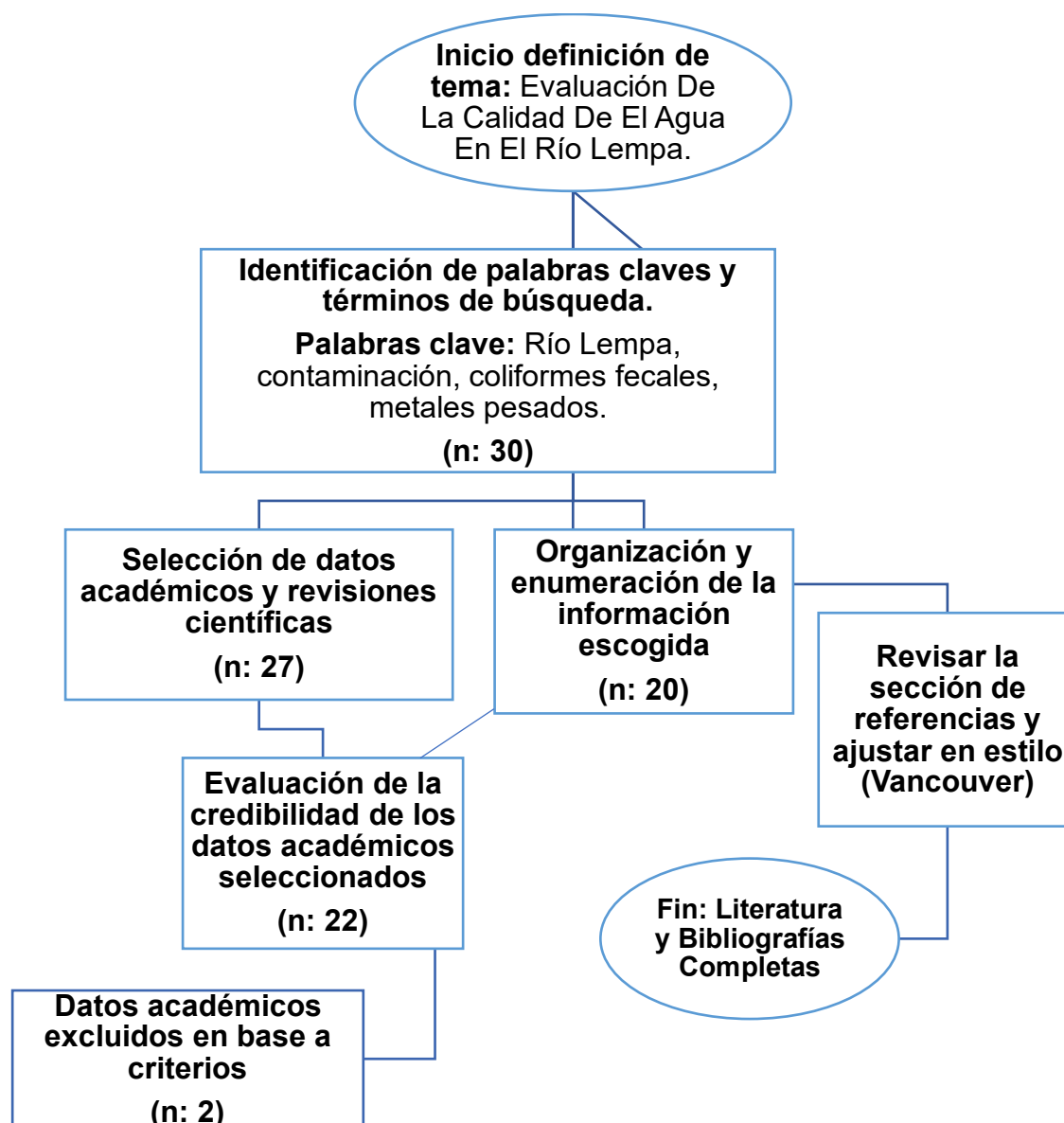
Además de la contaminación, el Río Lempa se ve afectado por el cambio climático, llevando a una situación de estrés hídrico crítica para el país, a pesar de que existen algunos puntos del río con una mejor calidad de agua la situación general de la cuenca se considera crítica y requiere de monitoreos periódicos y acciones para evitar un mayor deterioro.

El presente artículo busca evaluar la calidad del agua del Río Lempa mediante la recopilación de información de las diferentes fuentes bibliográficas, con el propósito de conocer los diferentes parámetros de contaminación que lo afectan como la presencia de coliformes fecales, metales pesados, así como la turbidez y los sólidos totales. De esta manera que se busca comprender el estado actual del río, identificar las principales fuentes de contaminación y resaltar los riesgos que esto representa para la salud y el medio ambiente.

Para la elaboración del presente artículo se hizo la revisión de literatura siguiendo un proceso sistemático y estructurando e ilustra de manera concisa las etapas metodológicas implementadas, desde la definición inicial del tema y la

identificación de palabras clave como: Río Lempa, contaminación y metales pesados; hasta la selección, evaluación de credibilidad y organización final de las referencias académicas utilizadas para sustentar el artículo el cual se muestra en el siguiente diagrama de flujo. (Ver figura 1)

Figura 1: Diagrama de flujo de los resultados de búsqueda de literatura



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

Río Lempa: origen y caudal de vida.

Origen: La Cuenca del Río Lempa se localiza entre los meridianos 90° 09' y 87°46' y los paralelos 14° 41' y 13° 39'. La extensión total de la misma es de 18 mil 246 km², de los cuales el 49% se encuentra en El Salvador, correspondiendo a un total de 10 mil 255 km². El Río Lempa se origina al noreste de la República de Guatemala; continúa por el departamento de Nueva Ocotepeque al sudoeste de la República de Honduras, e ingresa a El Salvador al noroeste del departamento de Chalatenango, atravesando el territorio nacional con rumbo norte-sur, oeste-este y norte-sur hasta desembocar en el Océano Pacífico. Tiene 257.5 Km. de longitud, de los cuales antes de entrar a El Salvador ya ha recorrido 90 Km., representando el mayor potencial hidroeléctrico del país. (1)

El Río Lempa entra ya contaminado a Honduras, donde los pobladores enfrentan las consecuencias de recibir agua sucia, misma que les sirve para el consumo diario, para el riego de sus cultivos y para el ganado. También lo contaminan gran cantidad de desechos, provenientes de actividades domésticas, industriales y agrícolas; las aguas negras y residuales también son descargadas en los ríos de su cuenca, generalmente sin tratamiento que reduzca su impacto negativo sobre la calidad del agua. En los últimos años, la calidad del agua del Río Lempa ha sido calificada de regular a pésima, y se ha observado que en algunas zonas fluye con excremento, llantas, pesticidas y metales pesados. (2)

El documento sobre La Construcción de paz y diplomacia ciudadana en América Latina y el Caribe, hace un análisis del conflicto ambiental y menciona que “ Los recursos naturales fueron afectados sensiblemente por la falta de protección ambiental adecuada. Baste decir que la erosión debida fundamentalmente a la deforestación y malas prácticas agrícolas provoca la pérdida de una lámina de un metro de espesor en el 75% del territorio del país, en el que la cuenca del Lempa con tales condiciones de gran fragilidad aporta una significativa cuota del recurso suelo que se pierde en el mar.” (3)

Calidad del agua del Río Lempa: parámetros físico-químico y microbiológicos del agua

El Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador en 2022 hace un análisis detallado de la calidad de las aguas superficiales de la Región Hidrográfica del Río Lempa, mostrando que no cumple con las características de calidad de agua para este uso, debido a valores fuera de rango en todos los sitios muestreados, principalmente para los siguientes parámetros. (4) **(ver tabla 1)**

Tabla 1. Informe de la Calidad del agua del Rio Lempa.

Parámetros	Resultados	Limite permitido
Coliformes fecales	2200 a los 92 NMP/100ml	2000 NMP/100 ml
Fósforo total	0.5 a 18.19 mg/L	Menor a 0.15 mg/L
Demanda Bioquímica de Oxígeno	4.06 a 130.7 mg/L	Menor o igual a 4 mg/L
Arsénico	00.11 a 0.083 mg/L	Menor o igual a 0.01 mg/L
Mercurio	0.0011 a 0.0715 mg/L	Menor o igual a 0.001 mg/L

Fuente: Elaboración propia a partir del Informe de la Calidad del Agua de los Ríos de El Salvador. (4).

Un estudio realizado por el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales en 2003-2004, clasifica tres de cinco sitios estudiados como de calidad **“Buena”**, **“Mala”** y **“Regular”** con los siguientes parámetros. (5) **(ver tabla 2)**

Tabla 2. Evaluación de la calidad de agua del Río Lempa en la cuenca alta época seca.

Buena	Mala	Regular
niveles muy buenos de oxígeno disuelto, niveles alcalinos de pH	niveles de pH de casi 10 unidades, niveles de oxígeno disuelto menores de 1 mg/L	niveles muy buenos de oxígeno disuelto, niveles alcalinos de pH
Coliformes fecales menores a 100 NMP/100 ml	Coliformes fecales niveles mayores de 1000 NMP/100 ml	Coliformes fecales niveles menores de 300 NMP/100 ml

Fuente: Elaboración propia a partir del documento evaluación de la calidad del agua del Río Lempa en la cuenca alta época seca 2003-2004. (5)

En 2010 la Universidad de El Salvador (UES) y la Organización de los Estados Americanos (OEA) realizó una investigación sobre la Clasificación de la calidad de Agua del Río Lempa donde se encontraron los siguientes parámetros evaluados. (6) **(ver tabla 3)**

Tabla 3. Análisis fisicoquímicos y microbiológicos de las aguas del río Lempa y su relación con las Normas Técnicas de Aguas. (Decreto No. 40)

Código Cuenca	Nombre del río	Altura (msnm)	T. amb. (°C)	T. agua (°C)	pH	OD (mg/L)	SOD (%)	TDS (mg/L)	Turbidez (FAU)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	DBO5 (mg/L)	C. fecales (NMP/100 ml)	Puntaje (ICA)	Clasificac. (ICA)
A01.1	Lempa	712	26.00	23.00	7.38	4.65	60.00	54.90	21.00	0.40	6.00	2.46	160000.00	43.02	Mala
Limite Decreto No.40				C*	C*	NC*			NC*			C*	NC*		
A02.2	Lempa	300	30.00	28.00	7.50	4.80	61.90	63.90	56.00	0.70	5.90	1.77	11000.00	49.02	Mala
Limite Decreto No. 40				C*	C*	NC*			NC*			C*	NC*		
A03.3	Lempa	23	23.00	28.00	7.80	4.44	62.80	52.10	36.00	0.30	5.40	2.04	400.00	61.84	Regular
Limite Decreto No. 40				C*	NC*	NC*			NC*			C*	C*		

*C= Cumple con la norma establecida en el Decreto 40

*NC= No cumple con la norma establecida en el Decreto 40

Fuente: Elaboración propia a partir de la Clasificación de la calidad del agua de los principales ríos de El Salvador y su relación con las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos (6)

Todo lo anterior conduce a reconocer la necesidad de implementar medidas tendientes a disminuir los procesos contaminantes en la cuenca del Río Lempa, o al menos evitar que continúe con su proceso acelerado de deterioro, lo cual es factible conocer si se realizan monitoreos periódicos y se implementan las acciones necesarias. (6)

Un documento realizado en Honduras por parte del Centro Agronómico Tropical De Investigación Y Enseñanza "Catie", lleva a cabo monitoreo para evaluar los valores promedio de turbidez del agua en los 14 ríos objeto de monitoreo variaron entre 5.84 y 72.68 UNT, siendo mayores en el Río Lempa, Guajoyo, Ostua y Jupilingo, especialmente en el tercer muestreo realizado en el mes de septiembre por la época lluviosa que contribuye al aumento de la turbidez de los ríos debido a suspensión de partículas de suelo. (7)

En la Ciudad de México se ha registrado un caso similar por contaminación físico-química y microbiológicos en el río Sordo en Xalapa, Veracruz, mostrando los resultados obtenidos en las ocho estaciones de muestreo durante la época seca y lluviosa: Los coliformes fecales no mostraron diferencias estadísticamente significativas entre los valores encontrados para la temporada seca y de lluvia. Los valores más altos se presentaron en la parte alta de la subcuenca, manteniéndose homogéneos en ambas épocas ($> 400,000$ UFC/100 mL), los niveles reducidos de oxígeno encontrados durante la época lluviosa pueden causar la mortalidad de muchas especies acuáticas. Los Sólidos Disueltos Totales (SDT) reflejan la concentración de las sales, ácidos minerales o contaminantes similares que están presentes en el agua las concentraciones de SDT oscilaron entre 110 mg/L y 413 mg/L para secas y entre 75 mg/L y 275 mg/L para lluvias, presentándose para ambas épocas los mayores valores en las estaciones. (8)

Un estudio publicado en el 2005 en la Ciudad de Venezuela expresa que, en el sistema del Lago de Maracaibo, son descargados grandes volúmenes de aguas residuales urbanas sin tratamiento previo, que, sumada a las descargas de nutrientes por escorrentía y a los eventuales derrames petroleros, lo han convertido en un lago hipereutrofizado. Las concentraciones promedio de coliformes totales fueron de 18.946,3 NMP/100mL y coliformes fecales: 8.210,82 NMP/100mL. Estos valores reflejan una contaminación microbiana en todos los ríos evaluados, siendo mayor para el río Chama. (9)

Problemática actual de la contaminación en los ríos

La sobreexplotación, es debido a la falta de conocimiento del estado de los recursos hídricos subterráneos y la inexistencia de planes de monitoreo, se desconoce si algunos acuíferos están sobreexplotados; sin embargo, en la década 1990-2000 ANDA declaró que el acuífero de Soyapango (parte del Área Metropolitana de San Salvador) estaba sobreexplotado, por lo que se denegaron las concesiones para explotar dichos recursos y además en algunos pozos de ANDA se detuvo la explotación para que el acuífero se pudiera recuperar. Simultáneamente, se introdujo el sistema de agua potable del Río Lempa, llevando el agua a través de 44 km de conducciones. (10)

Un estudio realizado en El Salvador sobre la situación del estrés hídrico habla, de los 300 ríos más importantes que existen en el país, y dice que han perdido entre el 30 y 70% gradualmente de su caudal, incluyendo al río más grande de El Salvador, el Río Lempa. La situación es realmente impactante, porque de los ríos más importantes que no ha perdido su caudal, es el río Acelhuate, debido a que está siendo alimentado constantemente por aguas negras y desechos sólidos de las grandes empresas, además de eso, podemos mencionar la contaminación que los humanos generamos y también la contaminación industrial, la cual está comprometiendo la calidad y la disponibilidad del agua en el país. (11)

Un proyecto de investigación más reciente ejecutado por FUSADES y auspiciado por FIAES analizó el problema de la contaminación del Río Lempa y sus principales afluentes: ríos Suquiapa, Acelhuate y Quezalapa. De un total de 144 muestras, FUSADES concluyó que la contaminación del Lempa se debía a las aportaciones provenientes de los alcantarillados de los distintos centros urbanos, así como también de los lixiviados de los desechos sólidos, que poseen fuertes cargas de contaminantes orgánicos, inorgánicos y microbiológicos (FUSADES-FIAES, 2000), este proyecto recomendó mantener por un período mínimo de cinco años un programa de monitoreo de la contaminación de los puntos estudiados. (12)

Según el Diagnóstico Nacional de Calidad de Aguas Superficiales habla de que el 15.23% de las viviendas no poseen un sistema adecuado para deposición de excretas y el 49.3% no cuenta con un sistema de alcantarillado. La dificultad de acceder al agua es una situación que empeora las condiciones sanitarias, Podemos ver que el 56.74 % de las viviendas cuentan con servicio de agua por cañería y el 4.76% se abastecen de agua de río, el número de viviendas que se abastecen de agua por cañería es bajo considerando que el 59.10% de las viviendas son urbanas, esto nos indica que casi en su totalidad, la población rural no tiene acceso al servicio de agua potable. (13)

El MARN en el 2011 realizó una investigación respecto a la contaminación de suelos y agua por uso indiscriminado de agroquímicos afectando la salud humana y ciclo reproductivo de muchas especies costero-marinas, la contaminación del agua provoca enfermedades gastrointestinales y parasitismo, considerada una de las causas más frecuentes de morbilidad de los habitantes de la cuenca. Se están realizando investigaciones para determinar si hay una relación entre la contaminación de agroquímicos y la epidemia de insuficiencia renal en las zonas bajas. Otras fuentes de contaminación incluyen puertos de embarcaciones industriales como en el Estero de Jaltapeque, desechos de las camaroneras, aguas negras y desechos sólidos de muchas comunidades del Bajo Lempa. (14)

En un documento publicado en la Ciudad de Santiago de Chile habla sobre los aspectos sanitarios y dice que "Esta contaminación es debida en parte, a los niveles de urbanización, uso de tierras en las cuencas de captación de agua y a la ausencia de sistemas de tratamiento acordes con ese crecimiento. En la región, el vertimiento de desechos líquidos municipales a los ríos y lagos junto al reducido cubrimiento de los servicios sanitarios en algunos países han abonado un clima favorable para la propagación de muchas enfermedades de transmisión hídrica y para la creación de situaciones de eutroficación. En El Salvador en primer lugar se ubican las enfermedades diarreicas y dentro de las 10 primeras las enfermedades parasitarias la mayoría asociadas con la contaminación del agua". (15)

Un documento publicado por la Comisión Económica para América Latina y el Caribe (CEPAL) menciona que “las principales fuentes de contaminación de las aguas tanto dulces como del mar son la descarga directa de aguas servidas de origen doméstico e industrial. Hay una falta generalizada de plantas de tratamiento de aguas servidas salvo, en algunos casos, para los desechos industriales más tóxicos. Otro factor importante que contribuye a la contaminación de las aguas es la evacuación directa de desechos sólidos en los cuerpos de agua cercanos a las poblaciones, así como su disposición en vertederos abiertos, sin control alguno”. (16)

Se sabe que los ríos Paraná, Tíber, Danubio, abastecer de agua potable a la ciudad, sus aguas sirven para irrigación de los campos agrícolas, para las empresas industriales de la región como aguas de proceso, en las plantas termoeléctricas como agua de enfriamiento, para el transporte de materiales y mercaderías en ríos navegables. Sin embargo, la ciudad costera depende del sistema hídrico por la presencia dominante del agua, que afecta la estabilidad de los materiales y estructuras de ingeniería, por procesos fisicoquímicos de absorción, penetración, disolución, hidratación, hidrólisis, oxidación, carbonatación, erosión y/o corrosión, que se controlan mediante sistemas modernos de ingeniería. (17)

En un artículo publicado en Perú, habla sobre la contaminación de las aguas, y menciona que “se debe a que los ríos, lagos, lagunas y el mar sirven como punto de deposición final para la evacuación de las aguas residuales de las algunas empresas, industrias, minas y doméstica, según estudios realizados, el agua del Río Utcubamba se encuentra impactado negativamente por los residuos sólidos, lo que representa un problema potencial para las poblaciones aledañas, los ríos están sufriendo un fuerte impacto sobre todo por las diferentes actividades antropogénicas por lo que determinar su calidad ecológica significa analizar el estado de salud a nivel total o parcial; estos estudios son necesarios para buscar alternativas de solución a la problemática de contaminación que sufren los ríos y que afecta también a la población”. (18)

Se ha encontrado una investigación acerca de los ríos Machángara y Monjas y estos presentan una larga historia de contaminación, donde los efectos antropogénicos han sido determinantes, por cuanto atraviesan las zonas más pobladas de Quito y son altamente presionados por las descargas de aguas residuales, de origen industrial y doméstico. Según datos del Plan de Desarrollo 2012-2022 emitido por la Alcaldía de Quito, los ríos Machángara y Monjas, reciben el 70% y 20% de las descargas de la ciudad de Quito, respectivamente, el restante 10% pertenece a descargas no registradas. De acuerdo con información emitida por la SENAGUA, el principal foco de contaminación de estos efluentes son las descargas directas de aguas servidas y desechos provenientes de cuencas de drenaje urbano, donde los principales contaminantes que afectan a los ríos son, coliformes fecales y totales. (19)

Según una investigación realizada en Costa Rica menciona que es un país privilegiado por la cantidad de ríos y mantos acuíferos que posee, desafortunadamente, los niveles de contaminación de los ríos son altos. En la actualidad, las aguas residuales domésticas se descargan a un alcantarillado sanitario o pluvial y, en última instancia, directamente a los cuerpos de agua superficiales. se encontró que los puntos de muestreo con densidades poblacionales medias o altas están altamente contaminados con coliformes fecales. (20)

Conclusión

El presente artículo de revisión narrativa habla sobre la problemática de la calidad del agua del Río Lempa y permitió constatar con evidencia científica la magnitud de la contaminación que afecta este recurso vital, más allá de identificar parámetros fuera de lo normal, el análisis nos llevó a comprender que el problema no se limita a cifras en un informe, sino que refleja una amenaza real y constante para la salud de la población y para la sostenibilidad ambiental de El Salvador y la región centroamericana, al desarrollar este trabajo, se comprendió que la contaminación del Lempa es el resultado de una suma de factores como: descargas industriales y domésticas sin tratamiento, malas prácticas agrícolas, deforestación y ausencia de una gestión integral de la cuenca. Esto hizo reflexionar sobre cómo las decisiones humanas, la falta de educación ambiental, el débil cumplimiento de las leyes y la indiferencia hacia el recurso hídrico, repercuten directamente en la calidad de vida de miles de personas, este artículo nos enseña que evaluar la calidad del agua no es únicamente una tarea técnica, sino también un ejercicio de conciencia social, que permite reconocer la necesidad urgente de fortalecer la vigilancia, fomentar la participación comunitaria. Este artículo no solo deja un aprendizaje académico, sino también el compromiso de valorar, defender y promover el uso sostenible del agua, entendiendo que sin acciones inmediatas y coordinadas el Río Lempa seguirá deteriorándose y con ello se pondrá en riesgo el futuro de las próximas generaciones.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Servicio Nacional de Estudios Territoriales "SNET". Informe de: Evaluación de la Calidad del Agua del Río Lempa. [Online]. El Salvador: SNET; 2005 [Acceso 29 de Octubre de 2025. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/DescontaminacionLempa2005.pdf>
2. Sol M, González D, Carpio E. Río Lempa Caudal que muere lentamente. [Online]. El Salvador: UNAUES; 2025 [Acceso 12 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://unidadambiental.ues.edu.sv/wp-content/uploads/sites/44/2025/03/boletin-43.pdf>
3. Serbin A, Rodrigues T, Bourse A, Paz VM, Rodrigues MA, Ayerbe LF, et al. Construcción de paz y diplomacia ciudadana en América Latina y el Caribe. [Online]. 1ª ed. Buenos Aires, Argentina: Coordinadora Regional de Investigaciones Económicas y Sociales; 2008 [Acceso 12 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://www.cries.org/wp-content/uploads/2010/09/Construccion-de-paz.pdf>
4. Mena Z, Amaya Grande, Salguero M, Peñate Y. Informe de la calidad del agua de los ríos de El Salvador. [Online]. San Salvador: Ministerio de Medio Ambiente; 2022 [Acceso 12 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/UserFiles/hidrologia/CalidaAgua2022.pdf>
5. Servicio Nacional de Estudios Territoriales "SNET". Evaluación de la Calidad de Agua del Río Lempa en la Cuenca Alta Epoca Seca 2003-2004. [Online]. El Salvador: SNET; 2004 [Acceso 12 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://www.snet.gob.sv/Hidrologia/icalempa.pdf>
6. Pérez D, Serrano Cervantes L, Sermeño Chicas JM, Springer M, Paniagua Cienfuegos R, Rivas Flores W, et al. Clasificación de la calidad del agua de los principales Ríos de El Salvador y su relación con la población de macroinvertebrados acuáticos. [Online]. 1ª ed. San Salvador, El Salvador.: Editorial Universitaria UES; 2010 [Acceso 13 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://agriperfiles.agri-d.net/display/n276500>
7. Aguirre A, García Álvarez R, Suchini G, Rodríguez M. Análisis de la calidad del agua de los afluentes de la cuenca alta del Río Lempa y residuos de plaguicidas en la producción hortícola. [Online]. Honduras: Mancomunidad Trinacional Fronteriza Río Lempa; 2013 [Acceso 13 de Agosto de 2025. Disponible en: <https://riolempa.org/wp-content/uploads/2020/10/analisis-de-calidad-del-agua.pdf>

8. Olgúin E, González Portela, Sánchez Galván, Zamora Castro J, Owen. Contaminación de ríos urbanos: El caso de la subcuenca del Río Sordo en Xalapa, Veracruz, México. *Revista Latinoamericana de Biotecnología Ambiental y Alga*. [Online]. 2010 [Acceso 13 de Agosto de 2025];1(2): 178-190. Disponible en: <https://www.solabiaa.org/ojs3/index.php/RELBAA/article/view/23>
9. Rivas Z, Márquez R, Troncone, Sánchez J, Colina M, Hernández. Contribución de principales ríos tributarios a la contaminación y eutrofización del Lago de Maracaibo, Venezuela. [Online]. Maracaibo. Venezuela.; 2005 [Acceso 13 de Agosto de 2025] 13(1):68-77. Disponible en: https://web.archive.org/web/20180514162942id_/http://produccioncientificaluz.org/index.php/ciencia/article/viewFile/9241/9230
10. Hernández W, Guevara M, Rivas C, Márquez E. Estado de las aguas subterráneas en El Salvador, Boletín Geológico y Minero. [Online]. San Salvador. El Salvador; 2006 [Acceso 13 de Agosto de 2025] 117(1): 75-88. Disponible en: https://web.igme.es/Boletin/2006/117_1_2006/Art.6.PDF
11. Salguero Miranda DE, Procopio da Silva Scheer M. Estudio del Estrés Hídrico en El Salvador: un análisis por medio de la teledetectación durante el período 2012-2022. [Online]. Brasil: UNILA; 2024 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: <https://dspace.unila.edu.br/items/7bbe4c16-d476-433b-b2ae-e0d1bac215e6>
12. Cuéllar N. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. [Online]. El Salvador: PRISMA No. 43; 2001 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: https://prismaregional.org/wp-content/uploads/2020/02/bol43_la_contaminacion_del_agua_en_ESV.pdf
13. Servicio Nacional de Estudios Territoriales SNET, El Salvador. Diagnóstico Nacional de Calidad de Aguas Superficiales. [Online]. El Salvador: SNET/Servicio Hidrológico Nacional; 2004 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: <https://portafolio.snet.gob.sv/digitalizacion/pdf/spa/doc00225/doc00225-contenido.pdf>
14. Machado M, Lamer de Hernandez A, Vreugdenhil D. Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales de El Salvador. Fichas de las áreas de conservación de El Salvador. [Online]. San Salvador, El Salvador: MARN; 2011 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: https://www.birdlist.org/downloads/cam/el_salvador/areas_protegidas_prioritarias_el_salvador.pdf

15. Escobar J. La Contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. Recurso Natural e Infraestructura. [Online]. Santiago Chile: CEPAL; 2002 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: <https://repositorio.cepal.org/server/api/core/bitstreams/db3b12df-ae24-4302-97ca-94db2b0d738c/content>
16. Dourojeanni A, Jouravlev. Gestión de cuencas y ríos vinculados con centros urbanos. [Online]. CEPAL; 1999 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: <https://bibliotecadigital.ciren.cl/server/api/core/bitstreams/828c5897-c957-4107-8fba-49f93151f193/content>
17. Marcos M, Botana J, Valdez B, Schorr M. Polución y Corrosión en Ríos Contaminados. [Online]. Universidad de Cádiz. España; 2014 [Acceso 13 de Agosto de 2025]. Disponible en: http://www.ciccp.es/biblio_digital/icitema_iii/congreso/pdf/030509.pdf
18. García FT, Torres Delgado, Vergara Medrano E. Calidad Ecológica del Agua del Río Utcubamba en Relación a Parámetros Físicoquímicos y Biológicos, Amazonas, Perú. [Online]. SCIENDO; 2011 [Acceso 13 de Agosto de 2025] 14(1-2):7-19. Disponible en: https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/view/533/pdf_10
19. Campaña A, Gualoto, Chiluisa Utreras. Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua de los ríos Machángara y Monjas de la red hídrica del distrito metropolitano de Quito. [Online]. Bionatura; 2017 [Acceso 13 de Agosto de 2025] Vol.2. Disponible en: <https://revistabionatura.org/files/2017.02.02.6.pdf>
20. Calvo Brenes G, Mora Molina J. Contaminación fecal en varios ríos de la Gran Área Metropolitana y la Península de Osa. [Online]. Tecnología en Marcha; 2012 [Acceso 13 de Agosto de 2025] Vol.25, N°4. Pág 33-39. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/6998/699878360004.pdf>