

UNIVERSIDAD DE EL SALVADOR

FACULTAD DE QUÍMICA Y FARMACIA



PLANTA POTABILIZADORA DE AGUA TOROGOZ

TRABAJO DE GRADO EN MODALIDAD DE CURSO DE ESPECIALIZACIÓN

PRESENTADO POR

DANIELA ESTHER Crespín Córdova

Diego José Ramírez Mejía

PARA OPTAR AL GRADO DE

Licenciado (A) en Química y Farmacia

SEPTIEMBRE 2024

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

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

MAESTRA MARÍA DEL CARMEN POLÍO MARTÍNEZ

ASESOR DE ÁREA DE MICROBIOLOGÍA

MAESTRO GUILLERMO EMILIO ALVARENGA MARROQUÍN

TUTORA

LICENCIADA KATIA EUNICE LEYTON BARRIENTOS

## **AGRADECIMIENTOS**

A nuestra docente Licda. Katia Eunice Leyton Barrientos, quien nos ha guiado sabiamente para la culminación del curso de especialización y de quien hemos aprendido grandes lecciones, le estamos sumamente agradecidos.

A la red trinacional por el rescate del río Lempa, por su compromiso con este vital recurso, por la información recopilada y por la propuesta de ley para salvar y conservar el río Lempa.

A la comunidad y personas interesadas en conservar el río Lempa.

Daniela Esther Crespín Córdova

Diego José Ramírez Mejía

## DEDICATORIA

La fortaleza del ser humano son las personas que lo rodean.

Quiero dedicar este trabajo a Dios, primeramente, mi luz en muchos momentos de oscuridad. “Pero te llamé al sentir que me caía, y tú Señor, con mucho amor, me sostuviste. En medio de mis angustias y grandes preocupaciones, tú me diste consuelo y alegría”. Salmos 94:18-19

Dedicarla a mi mamá Teres de Jesús Córdova, mi soporte, apoyo y motivación, la voz de la razón en los días de duda, gracias por tanto amor, tanto sacrificio y tanta paciencia.

A mi hermano Juan Diego Crespín, un verdadero apoyo, el hermano perfecto para mí, gracias por tanto apoyo.

Quiero dedicársela a mi familia, la familia Córdova, que desde pequeña han puesto en mí su confianza, me han animado a continuar, me han dado momentos de felicidad y de paz.

A mí Tía Consuelo Córdova y mi Tío Bernardo Torres, quienes han sido segundos padres para mí, siempre pendientes, siempre motivándome.

También dedicarla a los hermanos de mi comunidad, Renovación Carismática Católica, quienes me han acompañado con sus oraciones y me han apoyado con sus palabras.

Dedicársela a mis amigos, han sido un soporte fundamental, no puedo hacer nada sola y su compañía me ha alentado a continuar.

A mi compañero Diego Ramírez, su apoyo incondicional y comprensión han sido un soporte valioso en mi vida, agradezco a Dios por hacernos coincidir, he aprendido mucho de ti como persona, te admiro y estoy orgullosa.

Por último, me la dedico a mí, a todo mi esfuerzo, estoy orgullosa de mí.

Daniela Esther Crespín Córdova

## **DEDICATORIA**

A Dios, por ser la luz que ha iluminado mi camino, brindándome sabiduría y perseverancia para superar cada desafío. Gracias por la vida y por permitirme llegar hasta aquí; sin tu misericordia, nada de esto habría sido posible.

A mi madre, Ana Isabel Mejía de Ramírez, por ser la madre perfecta para mí, siempre apoyándome en todos los aspectos de mi vida. Tu amor incondicional y tus sacrificios han sido el motor que me impulsa a ser una mejor persona cada día. Gracias por tu ejemplo de dedicación y por estar siempre a mi lado, este logro sin duda alguna también es tuyo.

A mi tía, Herminia Mejía de Hernández (QEPD) y su familia, quienes se convirtieron en una segunda familia para mí. Herminia, gracias por tu amor y generosidad, por brindarme tu apoyo y tus consejos como si fueras mi propia madre. Fuiste un pilar fundamental en mi vida, y tu sabiduría y tus enseñanzas siguen presentes en mi corazón.

A mi padre, José Abel Ramírez Ramos, por ser un apoyo inquebrantable, por cuidar de nuestra familia y ser un ejemplo de superación. Gracias por enseñarme el valor de la disciplina y el esfuerzo, y por estar siempre disponible cuando he necesitado tu guía y apoyo.

A mi amiga y compañera de tesis, Daniela, agradezco a Dios por haber cruzado nuestros caminos y a ti por regalarme tu amistad. No puedo imaginar cómo habría sido mi recorrido universitario sin tu compañía.

Diego José Ramírez Mejía

## ÍNDICE GENERAL

	Pág N°
RESUMEN	
CAPÍTULO I	9
1.0 INTRODUCCIÓN	10
CAPÍTULO II	11
2.0 OBJETIVOS	12
CAPÍTULO III	13
3.0 MARCO TEÓRICO	14
3.1 Agua para consumo humano	14
3.2 Contexto histórico del suministro de agua potable en El Salvador	14
3.3 Abastecimiento de agua potable en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)	14
3.3.1 Río Lempa.	15
3.4 Plantas de tratamiento de agua	15
3.4.1 Planta de tratamiento de agua potable	15
3.5 Planta Potabilizadora “Torogoz”	16
3.5.1 Laboratorio de calidad de la planta Torogoz.	16
3.6 Río Lempa: la “columna vertebral” del agua en El Salvador	17
3.6.1. Contaminación por vertidos urbanos, industriales y agrícolas	17
3.6.2 El problema de los plásticos	17
CAPÍTULO IV	19
4.0 PRODUCTO FINAL	20
CAPÍTULO V	21
5.0 CONCLUSIONES	22
CAPÍTULO VI	24
6.0 RECOMENDACIONES	25
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	27
ANEXOS	28

## RESUMEN

El acceso a agua potable es esencial para la salud pública y el desarrollo socioeconómico de los países. Sin embargo, en El Salvador, a pesar de su relevancia, la mayoría de las aguas superficiales presentan baja calidad. En este contexto, el río Lempa juega un papel fundamental en el abastecimiento de agua potable y en diversas actividades agrícolas, siendo considerado la columna vertebral de los recursos hídricos del país.

El objetivo de este estudio es dar a conocer el proceso de potabilización realizado en la Planta Potabilizadora Torogoz, detallando cada una de sus etapas. Al mismo tiempo, se busca hacer un llamado a la protección de este recurso hídrico tan importante. Según el boletín estadístico del año 2023 de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA), el 32.6% del agua para el área metropolitana de San Salvador fue producida en la Planta Torogoz, utilizando el flujo superficial del río Lempa.

Esta planta, anteriormente conocida como Las Pavas, fue construida en 1993 y modernizada en 2021. Su función principal es purificar el agua cruda, eliminando microorganismos, así como contaminantes físicos y químicos. Sin embargo, la contaminación generada por la minería transfronteriza, las malas prácticas agrícolas, las descargas de aguas residuales y el manejo inadecuado de desechos sólidos representan desafíos significativos para la protección del río Lempa y la biodiversidad que alberga.

Para abordar la contaminación del río Lempa y asegurar un uso sostenible de este recurso hídrico, es esencial implementar soluciones integrales que incluyan el apoyo del gobierno de los 3 países que comparten la cuenca transfronteriza en materia de regulación ambiental, promover prácticas agrícolas e industriales sostenibles y desarrollar sistemas eficientes de tratamiento de aguas residuales. Además, la educación y concienciación a la población sobre la protección de las fuentes de agua son fundamentales para reducir la contaminación y asegurar la sostenibilidad del suministro de agua potable en el AMSS.

## **CAPÍTULO I**

## 1.0 INTRODUCCIÓN

La disponibilidad de agua limpia y segura en El Salvador es fundamental para prevenir enfermedades y garantizar una adecuada calidad de vida. En este contexto, el proceso de potabilización del agua se convierte en un pilar esencial para la gestión de los recursos hídricos, asegurando que el agua destinada al consumo humano cumpla con los estándares de calidad establecidos por los Reglamentos Técnicos Salvadoreños. Este proyecto detalla el tratamiento completo del agua potable, subrayando la importancia del río Lempa como fuente principal para la Planta de Potabilización Torogoz, ubicada en San Pablo Tacachico, La Libertad. Al mismo tiempo, busca generar conciencia en la población sobre los desafíos ambientales que enfrenta el río, especialmente en cuanto a la contaminación.

Este trabajo se desarrolló a partir de una investigación bibliográfica centrada en los procesos de potabilización del agua que se llevan a cabo en la Planta Torogoz, así como en las normativas vigentes relacionadas con el agua para consumo humano. Además, se realizó una investigación de campo en uno de los puntos de contaminación del río Lempa, complementada con entrevistas a algunos habitantes de las zonas cercanas al río. Todo esto se llevó a cabo durante el período comprendido entre febrero y septiembre de 2024.

El río Lempa es fundamental para El Salvador, ya que suministra el 72% del agua potable al Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), abasteciendo a 1.5 millones de personas. Sin embargo, su contaminación representa una amenaza constante. Por ello, es crucial concienciar a la población sobre la importancia de proteger nuestros recursos hídricos. Este estudio culmina en una herramienta audiovisual impactante que no solo informa, sino que también busca fomentar un cambio de actitud hacia la conservación y el uso sostenible del agua en el país.

## **CAPÍTULO II**

## **2.0 OBJETIVOS**

### **2.1 OBJETIVO GENERAL**

Describir el funcionamiento de las plantas de tratamiento de agua, con un enfoque específico en la planta Torogoz, y exponer la importancia crítica del río Lempa en el proceso de obtención de agua potable.

### **2.2 OBJETIVOS ESPECÍFICOS**

2.2.1 Detallar el diseño y la operación de la planta potabilizadora de agua que abastece el área metropolitana de San Salvador.

2.2.2 Investigar las fuentes y tipos de contaminantes antropogénicos presentes en el río Lempa

2.2.3 Conocer las estrategias comunales de gestión y mitigación de la contaminación del agua en el río Lempa, con el fin de identificar prácticas sostenibles que promuevan el desarrollo ambientalmente responsable en las comunidades aledañas.

### **CAPÍTULO III**

### **3.0 MARCO TEÓRICO**

#### **3.1 Agua para consumo humano**

El agua salubre y de fácil acceso es importante para la salud pública. La mejora del abastecimiento, el saneamiento y de la gestión de los recursos hídricos puede impulsar el crecimiento económico de los países. La meta 6.1 de los Objetivos de Desarrollo Sostenible consiste en proporcionar acceso universal y equitativo a agua potable salubre y asequible.<sup>1</sup>

El agua contaminada y el saneamiento deficiente contribuyen a la transmisión de enfermedades como el cólera, otras enfermedades diarreicas, la disentería, la hepatitis A, la fiebre tifoidea y la poliomielitis<sup>1</sup>.

#### **3.2 Contexto histórico del suministro de agua potable en El Salvador**

Inicialmente, las alcaldías gestionaban los sistemas de acueductos y alcantarillados en El Salvador, supervisadas por el Ministerio de Obras Públicas a través del "Departamento de Obras Hidráulicas". Este departamento evolucionó a la "Dirección de Hidráulica". El 17 de octubre de 1961, mediante el decreto 341, se creó la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados (ANDA). Dos días después, la ley de ANDA se publicó en el Diario Oficial, detallando su estructura y administración. Según el artículo 3, literal L, ANDA se encarga del estudio, captación, tratamiento, almacenamiento y distribución de agua potable<sup>2</sup>. Dado que ANDA fue establecida con el propósito de gestionar y administrar los sistemas de agua potable y alcantarillado a nivel nacional, la construcción de infraestructuras importantes como la planta potabilizadora Torogoz está dentro de su ámbito de responsabilidad.

#### **3.3 Abastecimiento de agua potable en el Área Metropolitana de San Salvador (AMSS)**

Para la ANDA, el AMSS está conformado por los siguientes distritos: San Salvador, Ayutuxtepeque, Mejicanos, Cuscatancingo, Ciudad Delgado, Soyapango, Ilopango, San Marcos, San Martín, Apopa, Panchimalco, Antiguo Cuscatlán y Santa Tecla<sup>3</sup>.

Según el boletín estadístico de ANDA, para el año 2023, se registró una producción de 216.4 millones de m<sup>3</sup> de agua potable, en donde los Sistemas Tradicionales y el Sistema Zona Norte produjeron el 45.4% y el 21.8%, respectivamente, del agua que abastece al AMSS utilizando como fuente los mantos acuíferos subterráneos, mientras que la Planta Potabilizadora Torogoz produjo el 32.6% a través del flujo superficial del río Lempa<sup>3</sup>.

### 3.3.1 Río Lempa.

El río Lempa, con una longitud de 422 km, es uno de los ríos más largos de Centroamérica y el más extenso de El Salvador, con vertiente al océano Pacífico. Su cuenca abarca 18,240 km<sup>2</sup> distribuidos entre Guatemala, Honduras y El Salvador, donde se encuentra la mayor parte (56%). El recorrido principal del río, incluyendo su desembocadura, está en territorio salvadoreño, lo que lo convierte en un recurso estratégico para el país.

Este río es vital para El Salvador, ya que suministra el 72% del agua potable al Área Metropolitana de San Salvador (AMSS), abasteciendo a 1.5 millones de personas. Además, apoya la agricultura, irrigando 10 mil hectáreas de tierras cultivables. En términos energéticos, el Lempa es crucial, generando el 28% de la energía del país mediante cuatro centrales hidroeléctricas. También alberga un ecosistema diverso, incluyendo cuatro humedales designados bajo la Convención Ramsar, que son esenciales para la biodiversidad acuática y terrestre<sup>4</sup>.

### 3.4 Plantas de tratamiento de agua

Las plantas de tratamiento de aguas desempeñan un papel fundamental en la purificación y gestión del agua en diferentes contextos. Se dividen en varios tipos según su propósito y la naturaleza del agua que tratan<sup>5</sup>:

- Plantas de Tratamiento de Agua Potable: Estas plantas se dedican a la purificación del agua para que sea segura y apta para el consumo humano.
- Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales: Estas plantas se encargan del tratamiento de aguas usadas, ya sea de fuentes domésticas, industriales o comerciales, antes de devolverlas al medio ambiente o reutilizarlas.
- Plantas de Tratamiento de Agua para Uso Industrial: Estas instalaciones están diseñadas específicamente para satisfacer las necesidades de la industria.

#### 3.4.1 Planta de tratamiento de agua potable

Es una instalación donde el agua cruda es sometida a diversos procesos con el objetivo de eliminar los microorganismos y, los contaminantes físicos y químicos, hasta los límites aceptables que estipulan las normativas de agua potable. Por su proceso se clasifican en plantas de filtración rápida y plantas de filtración lenta, por su tecnología usada se clasifican en plantas convencionales antiguas, plantas convencionales de tecnología apropiada y plantas de tecnología importada o de patente<sup>6</sup>.

Los procesos de potabilización de agua generalmente incluyen la captación desde la fuente de agua, pretratamiento, desarenado, decantación, filtración, pos tratamiento o desinfección.

### 3.5 Planta Potabilizadora “Torogoz”

La Planta Potabilizadora Torogoz se encuentra ubicada en el cantón Las Pavas, municipio La Libertad Norte, Departamento de La Libertad. Esta Planta fue construida en el año 1993 con una producción inicial de 1.5 m<sup>3</sup>/seg; sin embargo, en el año 2021 la planta se modernizó, permitiendo un uso más eficiente de la energía y aumentando la capacidad de producción a 3.0 m<sup>3</sup>/seg; beneficiando a más de 1.5 millones de familias del AMSS.

El proceso de potabilización del agua comienza en la bocatoma, una estructura hidráulica que permite la captación del agua cruda, es decir el agua sin tratamiento del río Lempa, esta estructura se encuentra ubicada a 1 km de distancia de la planta, ahí el agua es recibida en un tanque de captación que permite la oxigenación del líquido. Previo al proceso de potabilización, el agua pasa por un desarenador, donde la arena sedimenta en el fondo por la fuerza de gravedad, luego el agua es tratada con carbón activado para eliminar cualquier mal olor o sabor. A continuación, el agua ingresa a los tanques de mezcla y floculación, también conocidos como “licuadoras”, en esta etapa se agregan coagulantes y floculantes para agrupar los sólidos suspendidos, permitiendo disminuir la turbidez del agua. Inicialmente, los mezcladores rápidos distribuyen los coagulantes de manera uniforme en el cuerpo de agua, neutralizando las cargas negativas de las partículas y permitiendo la formación de microflóculos. Luego, los mezcladores lentos se encargan del proceso de floculación, aglomerando los microflóculos en flóculos más grandes.

Posteriormente, el agua fluye a los decantadores, donde los flóculos sedimentan fácilmente en el fondo del tanque debido a que son más densos que el agua, en esta etapa puede darse la proliferación de algas por este motivo es importante proteger el agua del exceso de luz solar, tras la decantación, el agua decantada pasa a través de unos filtros de grava, arena y antracita, que eliminan las partículas de menor peso y tamaño, junto con olores y sabores remanentes.

La etapa final del tratamiento consiste en la desinfección con cloro en estado gaseoso, un germicida muy efectivo. La inyección de cloro asegura que el agua cumpla con los niveles de cloro residual estipulados en el Reglamento Técnico Salvadoreño de Agua para Consumo Humano, que establece que los niveles de cloro residual libre en todos los puntos de la red de distribución deben estar en un rango de 0.3 a 1.1 mg/L.

#### 3.5.1 Laboratorio de calidad de la planta Torogoz.

El laboratorio de calidad juega un papel crucial en el aseguramiento y control de la calidad del agua, este laboratorio cuenta áreas de microbiología, análisis fisicoquímico, cromatografía y absorción de gases.

En el área de microbiología, se analizan parámetros básicos como *E. coli*, coliformes totales y fecales. Además, se cuenta con un laboratorio de alerta temprana para el análisis de fitoplancton y limnológicos, donde se monitorean las algas las 24 horas del día, los 7 días de la semana, tras cada muestreo.

En el área de absorción atómica y cromatografía de gases se analizan metales pesados como arsénico y boro, así como trihalometanos y pesticidas organoclorados y organofosforados, mientras que en el área fisicoquímica se evalúan parámetros organolépticos como olor, color, sabor, pH y temperatura, además de otros parámetros químicos que garantizan la inocuidad del agua que es suministrada a todos los habitantes del AMSS.

### **3.6 Río Lempa: la “columna vertebral” del agua en El Salvador**

Actualmente el río Lempa se enfrenta a una crisis debido a la degradación de su cuenca por la sobreexplotación de los servicios que brinda, en donde las principales fuentes de contaminación incluyen el uso excesivo de agroquímicos, el manejo inadecuado de desechos sólidos, industriales y agroindustriales, la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado desde centros urbanos y la deforestación en sus riberas.

De acuerdo al Informe sobre la calidad de los ríos de El Salvador del año 2020 del Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales, de todos los sitios evaluados en la región hidrográfica del río Lempa, 18 presentan una calidad de agua regular que limita el desarrollo de vida acuática, 33 presentan calidad de agua mala que restringe el desarrollo de la vida acuática y 6 presentan calidad de agua pésima que imposibilita el desarrollo de la vida acuática.

#### **3.6.1. Contaminación por vertidos urbanos, industriales y agrícolas**

En la cuenca del río Lempa, grandes cantidades de residuos domésticos, industriales y agrícolas son vertidos sin el tratamiento adecuado, lo que afecta la calidad del agua y los ecosistemas. A nivel centroamericano, la situación es similar, ya que las aguas negras son la principal causa de los problemas de salud pública, en donde los ríos de la región Trifinio superaron los límites de coliformes fecales entre el 2010-2018, además, el 53% de estos ríos exceden los límites de fosfatos, lo que promueve el crecimiento de algas y daña los recursos pesqueros.

#### **3.6.2 El problema de los plásticos**

El manejo inadecuado de basura en la cuenca del río Lempa infiltra plásticos en los humedales, lo que afecta la fauna acuática e introduce microplásticos en la cadena alimenticia, que eventualmente pueden terminar acumulándose en nuestros cuerpos. Por este motivo, es

fundamental reducir drásticamente la producción y el consumo de plástico, junto con regulaciones que aborden la contaminación desde su origen.

Un ejemplo de estos esfuerzos se puede observar en el puente del cantón Colima, donde miembros de la ADESCO, en colaboración con otras entidades, implementan medidas para minimizar la contaminación que llega al embalse del Cerrón Grande. En este sitio, se ha instalado una rioborda, la cual desempeña un papel crucial en la reducción de desechos, contribuyendo así a la protección de este importante recurso hídrico.

## **CAPÍTULO IV**

#### **4.0 PRODUCTO FINAL**

Este es un video documental que expone a la población las generalidades de las plantas de tratamiento, el funcionamiento de la planta Torogoz, la importancia vital del Río Lempa como fuente hídrica para la obtención de agua potable y las estrategias actuales de gestión y mitigación de la contaminación del agua en la región. Este producto final, aspira a ser una herramienta informativa y educativa, destinada a sensibilizar a la comunidad sobre la relevancia crítica de la sostenibilidad hídrica en el área metropolitana de San Salvador.

<https://youtu.be/VzUk2kz9cH8>

## **CAPÍTULO V**

## 5.0 CONCLUSIONES

1. El proceso de potabilización en la Planta Potabilizadora Torogoz incluye una serie de etapas cuidadosamente diseñadas para transformar el agua cruda del río en agua apta para el consumo humano. Todo comienza en la bocatoma, donde se capta el agua y se transporta a la planta. Este proceso inicia con un pretratamiento o desarenación, seguido de diversas etapas de purificación que eliminan las impurezas, tales como la mezcla y floculación, la decantación, y la desinfección con cloro en estado gaseoso para erradicar microorganismos patógenos. Sin embargo, el éxito de la potabilización depende en gran medida de la calidad del agua cruda captada en la bocatoma. Un río libre de contaminantes antropogénicos proporciona agua de mejor calidad, lo que permite que el proceso sea más eficiente y económico.
2. Comprender el proceso de potabilización es fundamental para apreciar el valor del agua que utilizamos a diario. Este conocimiento nos hace conscientes de la importancia de los recursos y de los esfuerzos necesarios para transformar el agua del río Lempa en agua potable. A través de este documental, buscamos fomentar una mayor responsabilidad en la forma en que interactuamos con el agua en nuestros hogares, ya que es nuestro deber colectivo proteger este recurso hídrico. Promover hábitos que reduzcan el desperdicio es esencial, así como la protección de nuestros ríos, ya que mantenerlos limpios representa una inversión en la salud pública y en la eficiencia de nuestros sistemas de tratamiento. Proteger el río Lempa no solo garantiza el acceso a agua potable, sino que también preserva una fuente de vida que sustenta a nuestras comunidades.
3. La contaminación del río Lempa es una amenaza latente que ha persistido a lo largo de los años. De acuerdo a un informe de organizaciones no gubernamentales, los principales problemas de contaminación incluyen el manejo inadecuado de basura y las descargas de aguas negras provenientes de los centros urbanos y rurales de la región, el uso inadecuado de agroquímicos y el manejo deficiente de desechos agroindustriales e industriales, también la confluencia del río Acelhuate con el río Lempa es uno de los principales focos de contaminación, todas estas fuentes de contaminación han agravado la situación del río y causado que durante los últimos años la calidad del agua en la región hidrográfica del río Lempa sea de regular a mala.

4. Una de las estrategias implementadas por los habitantes de Suchitoto y algunos residentes del cantón Colima para mitigar la contaminación del río Lempa ha sido la instalación de riobordas. Estas estructuras son efectivas para retener los residuos plásticos que son arrastrados en los cuerpos de agua. Sin embargo, para proteger realmente nuestros ríos y garantizar su sostenibilidad a largo plazo, es fundamental abordar el problema desde su origen. Esto implica prevenir que los desechos lleguen al río y reducir el uso de plásticos que eventualmente pueden terminar en los cuerpos de agua.

## **CAPÍTULO VI**

## 6.0 RECOMENDACIONES

1. A la Asamblea Legislativa de El Salvador, se recomienda considerar con urgencia la aprobación y aplicación rigurosa del Anteproyecto de Ley de Protección, Conservación y Restauración de la Cuenca Hidrográfica del río Lempa. Esta ley es crucial para abordar los múltiples factores que contribuyen a la contaminación del río, incluyendo el manejo inadecuado de desechos provenientes de los rastros, los residuos agroindustriales e industriales, la erosión causada por la deforestación y el cambio de uso de suelos, así como la contaminación provocada por la extracción minera.

Se insta a que la legislación incluya disposiciones específicas como:

- Regular y supervisar el manejo de desechos provenientes del destace de animales (rastros), asegurando prácticas que minimicen la contaminación del agua y suelos.
  - Implementar controles estrictos sobre los residuos agroindustriales e industriales, con énfasis en la adopción de tecnologías limpias y la correcta disposición de desechos.
  - Promover la reforestación y la conservación de los suelos en toda la cuenca, para mitigar la erosión y preservar la integridad del ecosistema.
  - Restringir y regular la actividad minera, imponiendo normativas que protejan los cuerpos de agua y que incluyan sanciones claras para quienes incumplan.
  - Establecer un sistema de monitoreo y evaluación ambiental que garantice el cumplimiento de estas normativas y que permita la adaptación de las estrategias según sea necesario.
  - Además, se recomienda que esta ley incluya programas educativos y de concientización para las comunidades locales y los actores industriales, subrayando la importancia de preservar el río Lempa y sus recursos hídricos para las generaciones futuras.
  - La adopción y la aplicación efectiva de esta ley no solo contribuirán a la protección del río Lempa, sino que también serán fundamentales para asegurar la salud pública y la sostenibilidad ambiental en El Salvador y en las regiones vecinas que dependen de esta importante cuenca hidrográfica.
2. A las alcaldías, organizaciones no gubernamentales (ONGs), líderes comunitarios, instituciones educativas y grupos ambientalistas, se recomienda desarrollar e implementar programas de educación ambiental dirigidos a las comunidades locales

para enfrentar la contaminación del río Lempa. Estos programas deben abarcar desde las escuelas hasta las organizaciones comunitarias, con el objetivo de aumentar la conciencia sobre la importancia de preservar el río y su ecosistema. La educación debe enfocarse en prácticas sostenibles, como la correcta disposición de residuos, la reducción del uso de productos químicos nocivos y la adopción de métodos agrícolas más ecológicos. Además, es fundamental incluir en la capacitación el impacto a largo plazo de la contaminación en la salud pública y en la sostenibilidad de los recursos hídricos, asegurando que la población entienda las consecuencias directas de sus acciones sobre el medio ambiente.

## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. World Health Organization. Agua para consumo humano [Internet]. WHO; 2023. [Citado el 2 de marzo de 2024]. Disponible en: Agua para consumo humano (who.int)
2. Corte Suprema de Justicia de El Salvador Centro de Documentación Judicial [Internet]. Ley de la Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. CSJ; 1961. [Citado el 27 de febrero de 2024]. Disponible en: Microsoft Word - Ley de ANDA.doc
3. Administración Nacional de Acueductos y Alcantarillados. Boletín estadístico 2023. Ed. 45. ANDA; 2024. [Citado el 18 de julio de 2024]. Disponible en URL: Portal de Transparencia - El Salvador
4. Merlos E. ¡Rescatemos el Río Lempa, porque es fuente de vida y desarrollo para Centroamérica! [Internet]. Red DT SV; 2023. [Citado el 5 de mayo de 2024]. Disponible en: ¡Rescatemos el Río Lempa, porque es fuente de vida y desarrollo para Centroamérica! (desarrolloterritorialsv.org)
5. Integral Source Solutions. Tipos de plantas de tratamiento. [Citado el 11 de junio de 2024]. Disponible en: Tipos de Plantas de Tratamiento de Aguas - Integral Source Solutions (issolution.us)
6. De Vargas L. Procesos unitarios y plantas de tratamiento. [Citado el 8 de junio de 2024]. Disponible en: Cap3.Procesos.p65 (ingenieroambiental.com)

## **ANEXOS**

**ANEXO N°1**  
**ESQUEMA DEL PROCESO DE POTABILIZACIÓN**

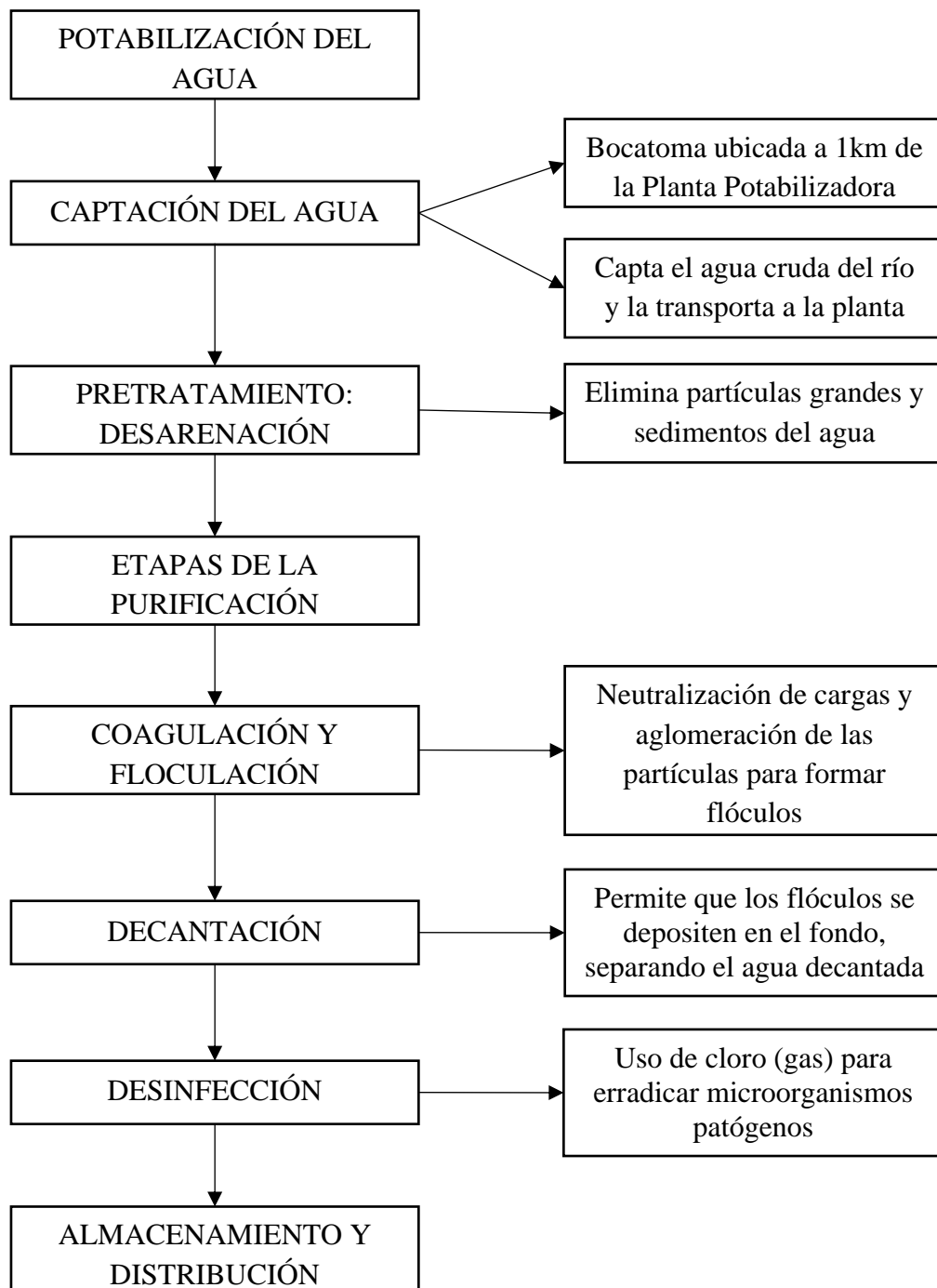


Figura N°1 Proceso de potabilización de agua en la Planta Potabilizadora Torogoz

Fuente: Elaboración propia