

**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 DEL INFORME FINAL:

REVISIÓN DE ESTUDIOS MICROBIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS EN
CUERPOS DE AGUA EN EL SALVADOR.

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

PRESENTADO POR:

ALVARENGA DE PORTILLO, JUANA GISSELL N° CARNET AD14024
PEREIRA RAMOS, IRIS GRISELDA N° CARNET PR19072
REYES DE REQUENO, VERÓNICA ARELY N° CARNET RH07037

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

AGRADECIMIENTO

A DIOS TODOPODEROSO por permitirnos culminar nuestra carrera universitaria, y por la salud que nos ha concedido durante todo este tiempo. A nuestros asesores, Lic. Lorena Patricia Pacheco de Quintanilla, coordinadora del proceso de grado, por haber contribuido orientándonos en la elaboración final de este trabajo, por el tiempo que nos dedicó con mucha paciencia y cariño y quien además fue parte de nuestra formación como docente durante la carrera, al Lic. Darthon Alexander Velásquez, nuestro docente asesor del curso de especialización por sus valiosos conocimientos que compartió y que contribuyeron a nuestra formación durante todo este proceso, a su vez agradecemos por orientarnos con sus aportes en el desarrollo de este artículo, sobre todo por su paciencia y disposición para que todo esto sea posible.

Gissell, Iris y Verónica

DEDICATORIA

Primeramente, dar gracias a Dios por guiar cada uno de mis pasos en la vida y haberme permitido llegar a la culminación de mi carrera.

A mi mami, mi eterna Rosita, quien es la persona más importante en mi vida, la cual siempre me motivó a luchar cada día, ella es la razón de toda mi existencia y este logro es para usted mami hasta el cielo.

A mi amado esposo, quien ha sido mi soporte en los momentos difíciles y buenos.

A mi hijo, quien es la personita que me motiva siempre a salir adelante.

A mis hermanos, que son muy valiosos para mí, por siempre impulsarme a seguir.

A mi tía Daysi, que ha sido siempre como una segunda madre para mí.

A mi padre y demás tíos, gracias por cada uno de sus consejos.

A mis amigas, por su amistad sincera, compañía y consejo oportuno en cada momento compartido.

Gissell Alvarenga

DEDICATORIA

Quiero agradecer a Dios por permitirme culminar mi carrera universitaria, por siempre guiarme durante este proceso de formación, por guardarme, ya que gracias a su misericordia me ayudo a vencer cada obstáculo que vino durante este proceso de formación académica.

A mi madre, Agustina Ramos, por siempre impulsarme y ser mi mayor inspiración, para llegar a la meta final, dedico a ella este logro hasta el cielo.

A mi familia, en especial a mi hermana Brenda y a Ramírez OA, por su apoyo y motivación para no desistir de esta carrera, a mi hermano, padre y a mi tía Modesta.

Agradezco a cada uno de los docentes, que formaron parte de mi formación académica, por compartir su conocimiento y experiencias de vida, lo cual me motivo para seguir adelante.

A mis compañeros y amigos, de la Universidad lo cual hizo un ambiente ameno dentro de las aulas y fuera de ellas.

Iris Pereira.

DEDICATORIA

Dedico este trabajo principalmente a Dios por haberme asistido en cada momento de mi vida y permitirme haber llegado hasta este momento tan importante de mi formación profesional.

A mis padres y suegros por el apoyo tan importante que me brindaron cuidando de mis hijos en los momentos que necesite.

A mi amado esposo que fue tan fundamental en este camino, por su sacrificio y esfuerzo, por haber luchado junto a mi durante todo este proceso y por animarme en todo momento y confiar en mí, aunque hubo muchos momentos difíciles siempre me brindo su comprensión y amor.

A mis hijos que fueron mi fuerza, mi mayor motivación, los que le dan sentido a mi vida, por ellos mis sacrificios se volvieron más fáciles de llevar y por la paciencia que siempre me tuvieron.

A mis hermanos que siempre me estuvieron animando, y que de una u otra forma me apoyaron.

A mis compañeras que juntas realizamos este trabajo por su tiempo, por su dedicación y esfuerzo para que esto haya sido posible, las aprecio mucho y valoro todo el empeño que cada una puso.

Verónica Reyes

ÍNDICE

Resumen	9
Abstract	10
Introducción	11
Discusión	13
Estudios Internacionales del análisis de la calidad del agua	13
Estudios y análisis de la calidad del agua en El Salvador	15
Ríos que desempeñan un papel importante en el sistema hidrográfico de El Salvador	20
Conclusión.....	22
Referencias Bibliográficas.....	24

Resumen

El estudio del análisis microbiológico y físico-químico en los cuerpos de agua de El Salvador es fundamental para evaluar la calidad del recurso hídrico y su impacto en la salud pública, la biodiversidad y el desarrollo sostenible.

Este artículo se centra en investigar parámetros físico-químicos como pH, temperatura, oxígeno disuelto, conductividad, turbidez, dureza, nitratos, fosfatos y demanda biológica y química de oxígeno (DBO y DQO), los cuales indican el nivel de contaminación y la capacidad del agua para sostener vida acuática.

Paralelamente, el análisis microbiológico evalúa la presencia de microorganismos patógenos, principalmente Coliformes totales y fecales (*Escherichia coli*), que evidencian contaminación por aguas residuales domésticas o actividades agrícolas y ganaderas.

En El Salvador, diversos estudios realizados en Ríos y Lagos, han mostrado un deterioro progresivo de la calidad del agua debido a la descarga de desechos industriales, agrícolas y urbanos sin tratamiento adecuado. Este deterioro afecta tanto los ecosistemas acuáticos como las comunidades humanas que dependen de estas fuentes para consumo o riego.

Los resultados de estas investigaciones son esenciales para el diseño de políticas ambientales, el fortalecimiento de la gestión integrada del recurso hídrico, y la promoción de programas de saneamiento y educación ambiental que permitan reducir la contaminación y conservar los cuerpos de agua del país.

Palabras claves: Análisis físico-químico; Análisis microbiológico; Fábrica algodonera Monsanto; Toxafeno; Cauce; Bacterias; Aguas residuales; Desechos sólidos.

Abstract

The study of microbiological and physicochemical analysis in the water bodies of El Salvador is crucial to assess the quality of the water resource and its impact on public health, biodiversity, and sustainable development.

This article focuses on investigating physicochemical parameters such as pH, temperature, dissolved oxygen, conductivity, turbidity, hardness, nitrates, phosphates, and biochemical and chemical oxygen demand (BOD and COD), which indicate the level of pollution and the water's capacity to support aquatic life.

Simultaneously, microbiological analysis evaluates the presence of pathogenic microorganisms, primarily total and fecal coliforms (*Escherichia coli*), which indicate contamination from domestic wastewater or agricultural and livestock activities.

In El Salvador, various studies conducted in rivers and lakes have shown a progressive deterioration in water quality due to the discharge of industrial, agricultural, and urban waste without proper treatment. This deterioration affects both aquatic ecosystems and the human communities that depend on these sources for consumption or irrigation.

The results of these studies are essential for the design of environmental policies, the strengthening of integrated water resource management, and the promotion of sanitation and environmental education programs that help reduce pollution and conserve the country's water bodies.

Keywords: Physical-chemical analysis; Microbiological analysis; Monsanto cotton mil; Toxaphene; Riverbed; Bacteria; Wastewater; Solid waste.

Introducción

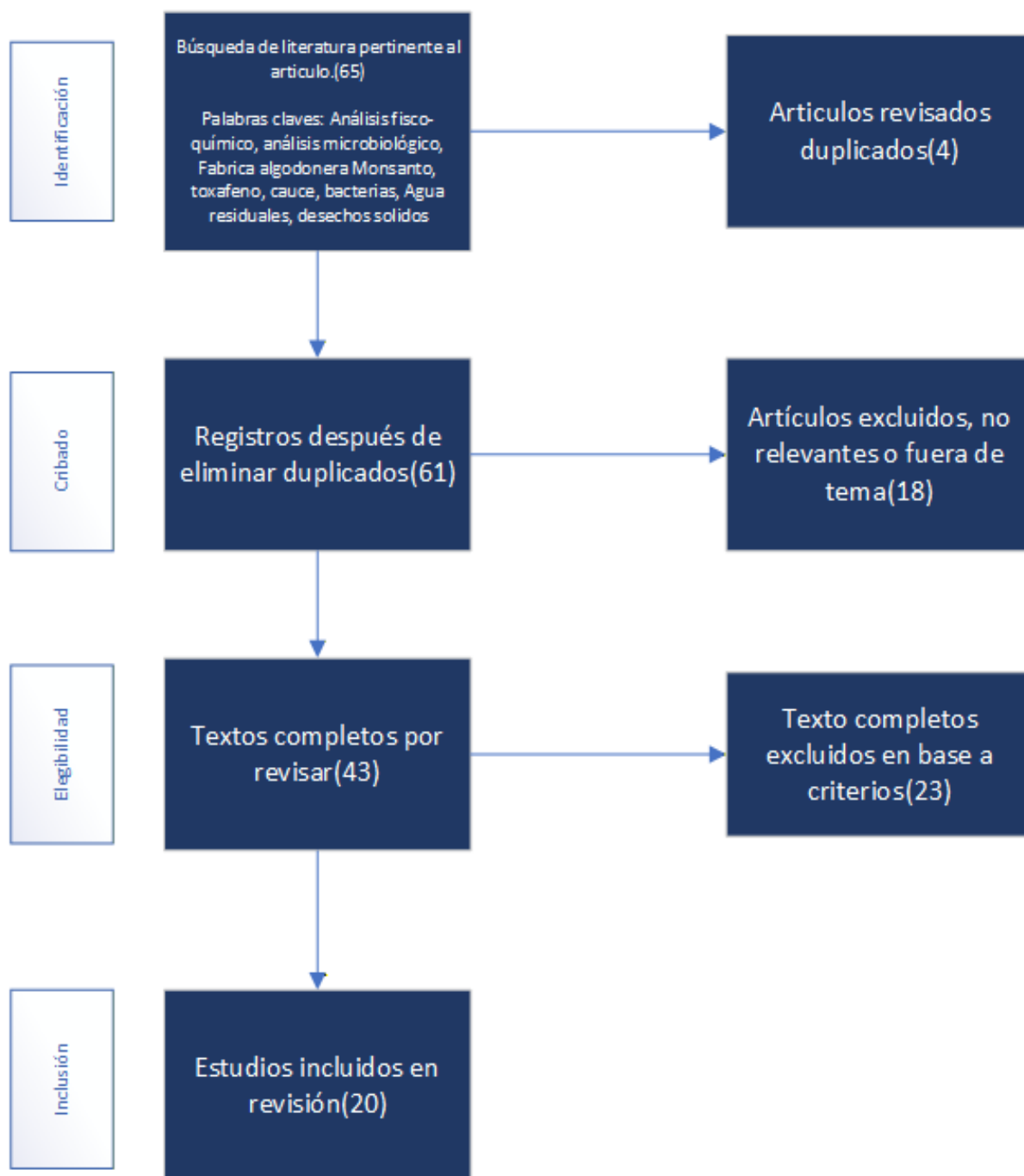
La calidad del agua constituye uno de los principales desafíos socio ambientales en El Salvador, ya que la contaminación se ha vuelto un problema generalizado para la población y los ecosistemas. Es importante comprender que la contaminación disminuye significativamente la disponibilidad del agua. Aunque las fuentes de esta contaminación son variadas, los principales focos provienen del vertido de desechos tóxicos, aguas residuales sin tratamiento que desembocan en los ríos, el uso de pesticidas y fertilizantes en la agricultura, la utilización y disposición inadecuada de materiales no biodegradables que pueden solubilizarse en el agua y el desperdicio de productos químicos peligrosos.

Por otra parte, de forma cualitativa, se dice que el agua es potable si no tiene olor, color, ni sabor. Lo que le confiere estas cualidades es un complejo sistema de características físicas, químicas y microbiológicas que coexisten en equilibrio. Cuando el agua está contaminada este equilibrio se rompe y puede ocasionar daños a la salud y al medio ambiente.

Además, en este artículo se presentan diferentes estudios que han sido realizados tanto a nivel internacional como en nuestro país brindando un aporte al conocimiento sobre esta problemática, buscando a la vez concientizar a la población para hacer un buen uso de este recurso que con el paso del tiempo va escaseando.

Para la elaboración del siguiente artículo, se hizo una búsqueda de literaturas, repositorios y base de datos, lo cual se resume en el siguiente diagrama de flujo.

Figura 1. Diagrama de flujo para los resultados de búsqueda de literatura.



Fuente: Elaboración propia.

Discusión

La calidad del agua, de acuerdo con la OMS y otros organismos internacionales, se puede resumir como las condiciones en que se encuentra el agua respecto a características físicas, químicas y biológicas, en su estado natural o después de ser alteradas por el accionar humano. El concepto de calidad del agua ha sido asociado principalmente al uso del agua para consumo humano, entendiéndose que el agua es de calidad cuando puede ser usada sin causar daño. Sin embargo, dependiendo de otros usos que se requieran para el agua, también se puede definir la calidad del agua en función de dichos usos. (1)

Estudios Internacionales del análisis de la calidad del agua

En el Perú, dos estudios realizados de la calidad del agua de los dispensadores de las oficinas farmacéuticas en el departamento de Lima, se obtuvieron los siguientes resultados; el primer estudio que se realizó en el distrito de Villa del Salvador-2018, el 28,75 % de las muestras de agua excedieron los límites máximo permisibles para heterótrofos (500 UFC/100 mL), el 15 % de las muestras superan los límites máximos permisibles de coliformes totales y coliformes fecales (0 UFC/ mL) y 15 % de las muestras analizadas presentaron resultados positivos para la cepa *Escherichia coli* (0 UFC/ mL). El segundo estudio realizado en el distrito de Breña-2017, el 4.5 % de las muestras analizadas excedieron los límites máximos permitidos para heterótrofos (500 2 UFC/mL). y 2.9 % presentaron resultados positivos para coliformes totales (0 UFC/100 mL). (2)

El Estudio Nacional del Agua publicado por el IDEAM en el 2014, da a conocer el Inventario nacional de puntos de agua subterránea, en el cual informa que la distribución del agua subterránea en Colombia y las necesidades de cada región para el desarrollo social y económico según su uso, ha estimulado la

formulación y elaboración de estudios locales y regionales, a cargo de las Autoridades Ambientales y entidades del orden nacional (como el Servicio Geológico Colombiano, IDEAM, Ministerios, entre otros), para la construcción de modelos hidrogeológicos conceptuales que permiten tener de mayor conocimiento de las aguas subterráneas. (3)

En México, las enfermedades entéricas son la quinta causa de mortalidad (3.18% de todas las muertes) en niños menores de cinco años. En los estados del centro y norte del país se han realizado estudios de contaminación biológica y química del agua en las tomas de agua domiciliaria y de acuerdo con los resultados se tuvo presencia de Coliformes fecales y Enterococos fecales. Por otro lado, la contaminación de cuerpos de agua se origina por descargas de desechos domésticos e industriales sin un pretratamiento, así como a la falta de mantenimiento de los sistemas de alcantarillado, que influye de manera importante en la presencia de microorganismos en el agua potable final. Los efectos a la salud de la población están directamente relacionados por el consumo de agua, que no ha sido cuidadosamente monitoreada y que genera alteraciones en las características organolépticas, físicas, químicas y microbiológicas. (4)

Estudios sobre la calidad del agua en los principales Ríos de Panamá efectuados por la Universidad de Panamá y la Universidad Tecnológica de Panamá, revelan un gran deterioro de los mismos, con elevadas concentraciones de materia orgánica y alta carga bacteriana (ANAM, 2003). Por otra parte, análisis físicos, químicos y microbiológicos realizados por el Laboratorio del Ministerio de Salud (MINSA) en la provincia de Los Santos en el 2009 confirmaron la contaminación de origen fecal en el cauce del Río Estivaná y como antecedente al nuevo hallazgo, exámenes realizados en los años 2005 y 2006 por esta misma entidad, detectaron la contaminación del Río Estivaná por heces fecales provenientes de las lagunas de oxidación de las porquerizas (MINSA, 2009). (5)

Estudios y análisis de la calidad del agua en El Salvador

Los distintos estudios y análisis de la calidad del agua reiteran que los desechos domésticos, industriales, agroindustriales y agrícolas son las principales fuentes de contaminación. En el caso de las aguas servidas domésticas, la poca cobertura de servicios de alcantarillado contribuye a la contaminación hídrica, ya que de los 262 municipios solamente 82 cuentan con servicios de alcantarillado sanitario en las zonas urbanas. (6)

Durante el año 2019 se ejecutó el proyecto de investigación “Diagnóstico de la calidad físico-química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca departamento de La Unión, El Salvador”, en asocio con la Escuela Militar a través del Centro de Educación e Instrucción Naval de El Salvador (CEIN), participando de forma activa docentes y estudiantes de la carrera de Técnico de Manejo Integrado de Recursos Costero Marinos con Especialidad en Acuicultura y Pesquería, de ITCA-FEPADE Centro Regional MEGATEC La Unión. Y por parte del CEIN participaron 12 estudiantes junto a 2 investigadores. (7)

En el informe del antes mencionado proyecto se dan a conocer los resultados obtenidos durante el proceso de monitoreo, realizado durante doce meses de colecta y análisis de agua. Entre las bacterias reportadas se encuentra *Enterococcus*, *Pseudomonas*, *Vibrios* y Heterótrofas, dichas bacterias están asociadas con diferentes enfermedades para la salud humana, tal es el caso de las pseudomonas, las cuales están frecuentemente asociadas a infecciones de los tractos respiratorio y urinario. (7)

Ese proyecto permitió conocer la calidad microbiológica del agua del Golfo de Fonseca, a través de un programa de monitoreo realizado durante 12 meses, en 9 puntos de muestreo distribuidos en 3 sectores (“A” Estero La Manzanilla-

Isla Perico, “B” Ciudad de La Unión – bocana Río Goascorán y “C” Estero El Tamarindo – Isla Meanguera), con el fin de obtener registros de contaminación de aguas costeras para el país y el impacto que las aguas residuales producen en el ambiente costero y la pérdida de la calidad del agua para actividades tales como la maricultura y la recreación. (7)

Los cúmulos de desechos orgánicos al descomponerse liberan sustancias que cuando entran en contacto con el agua se infiltran hacia los acuíferos y los contaminan, este proceso es conocido como lixiviación. Los desechos sólidos y sobre todo plásticos de un solo uso son hoy en día uno de los mayores contaminantes para los Ríos. Las principales consecuencias de la contaminación por desechos sólidos en los Ríos son: generación de malos olores, muerte de peces, disminución del oxígeno disuelto y aumento en la concentración de la materia orgánica disuelta que propician la aparición de microalgas tóxicas que causan el envejecimiento de las aguas, fenómeno conocido como eutrofización del cuerpo de agua. (8)

El caserío El Tamarindo es una zona rural donde no existe un suministro nacional de agua ni tan poco una entidad que supervise la calidad de esta, por tanto, la población no tiene otra opción que consumir el agua de sus manantiales sin un tratamiento. Según informe de Asociación Salva mi Riñón (ASALMIR) en la Comunidad El Tamarindo de las 150 familias que residen en el lugar cada una de ellas tiene un familiar que padece de la Enfermedad crónica Renal, y solo en el año 2011 fallecieron 10 personas a causa de esta enfermedad. En el mismo año un grupo multidisciplinario de profesionales y estudiantes del Departamento de Medicina, de la Facultad Multidisciplinaria de Oriente de la Universidad de El Salvador, realizó un estudio sobre algunos parámetros clínicos en los habitantes de la comunidad El Tamarindo, encontrándose hallazgos sobre incidencia de enfermedades de tipo Renal, lo que motivó a efectuar estudios sobre la calidad del agua. (9)

El Salvador es uno de los tres países de América Latina que viven en estrés hídrico, la constante destrucción de los árboles en muchos casos ubicados en las zonas de recarga acuífera, la grave contaminación de las aguas superficiales y subterráneas, la sobreexplotación de los acuíferos, los evidentes problemas de disponibilidad y acceso son solo algunas señales de la grave problemática en que se encuentra en este país los recursos hídricos y dentro de estos, el agua para consumo humano. (10)

Es importante destacar que la contaminación de las aguas, tanto superficiales como subterráneas provenientes de los usos industriales y agropecuarios, ha adquirido en los últimos años gran relevancia y materia de discusión y atención por parte de las autoridades de Salud y Medio Ambiente, debido al incremento notorio en algunos puntos específicos del país, de enfermedades renales crónicas (ERC), asociadas al uso intensivo de plaguicidas y contaminación de aguas con trazas de elementos químicos y metales, que tienen entre sus causas principales las fumigaciones intensivas en las antiguas haciendas aldoneras y en alguna medida en las actuales plantaciones de caña de azúcar, pues los niveles freáticos de los acuíferos locales son de muy poca profundidad oscilando entre los 4 m y 12 m, lo cual los hace muy susceptibles a la contaminación. (11)

La calidad de las aguas superficiales de la región hidrográfica, del Rio Grande de San Miguel no cumple con las características de calidad de agua, debido a valores fuera de rango, principalmente para los siguientes parámetros:

Coliformes fecales se encuentran dentro de un rango de 1700 a los 54 millones de bacterias/100 ml, siendo el valor guía 2000 NMP/100 ml; Fósforo total en el rango de 0.93 a 5.55 mg/L, siendo el valor guía menor a 0.15 mg/L; Arsénico en el rango de 0.02 a 0.036 mg/L, siendo el valor guía menor a 0.01 mg/L; Fenoles en el rango de 0.03 a 0.52 mg/L, siendo el valor guía de 0.01 mg/L y DBO5 en el rango de 5.56 a 43.91 mg/L siendo el valor guía menor o igual a 4.00 mg/L. Adicionalmente, otros parámetros de calidad de agua, en menor

frecuencia, como: Boro, Sulfatos, Oxígeno disuelto y Nitrógeno amoniacal. (12)

En el municipio de Nueva Trinidad del departamento de Chalatenango hay un total de 335 familias que son afectadas por escasez de agua, dado que el nacimiento del cual se abastecían de agua potable se ha secado y han optado por consumir agua de pozos y de los Ríos (Gualsinga y Guayampoque) cercanos a sus viviendas para satisfacer sus necesidades de agua para consumo, actividades domésticas y agrícolas (Abrego 2017, Guzmán 2017).

Se realizó un análisis microbiológico del agua de pozos y Ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador, con el objetivo de determinar las concentraciones de Coliformes totales, Coliformes fecales y *Escherichia coli* para conocer la calidad de agua que consumen los habitantes del municipio, así mismo, correlacionar los resultados de concentraciones de bacterias entre los pozos y Ríos. (13)

La Norma Salvadoreña para medir la calidad de agua potable NSO 13.07.01:08 tiene los siguientes requisitos microbiológicos (Tabla 1).

Tabla 1: Límites máximos permisibles para la calidad microbiológica de agua potable CONACYT (2009).

Parámetro	Límite máximo permisible		
	Técnicas		
	Filtración por membranas	Tubos múltiples	Placa vertida
Bacterias Coliformes Totales	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
Bacterias Coliformes Fecales o Termotolerantes	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
<i>Escherichia coli</i>	0 UFC/100 ml	< 1,1 NMP/100 ml	-----
Conteo de bacterias heterótrofas y aerobias mesófitas	100 UFC/ ml	-----	100 UFC/ ml
Organismos patógenos	Ausencia		

Fuente: Análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad,

Chalatenango, El Salvador. (13)

El acceso al agua potable es fundamental para la salud, uno de los derechos humanos básicos y un componente de las políticas eficaces de protección de la salud. El acceso al agua potable es una cuestión importante en materia de salud y desarrollo en los ámbitos nacional, regional y local. (14)

Existen diferentes métodos para potabilizar el agua, habitualmente incluyen diversos procesos donde toda el agua que se trata puede pasar por tratamientos de filtración, coagulación, floculación o decantación. Uno de los métodos más populares es a través de la filtración del agua con arena, en donde únicamente se eliminan las sustancias sin disolver. Por otro lado, mediante la cloración se logra eliminar microbios peligrosos. (14)

Actualmente, un total de 748 millones de personas no tienen acceso a agua potable de forma sostenida en el mundo, y se calcula que 1.800 millones más san una fuente que está contaminada con heces, según un informe publicado por la Organización Mundial de la Salud (OMS, 2014). Asegura que 2.500 millones de personas no tienen acceso a un saneamiento adecuado, y que 1.000 millones defecan al aire libre; nueve de cada diez, en áreas rurales.

Dentro de las conclusiones del informe GLASS 2014, un estudio realizado cada dos años por la OMS, y que en esta ocasión tiene por título «Invertir en agua y saneamiento, incrementar el acceso, reducir las desigualdades», se recuerda que el acceso a agua potable y a saneamiento adecuado tiene implicaciones en un amplio rango de aspectos, desde la reducción de la mortalidad infantil, pasando por la salud materna, al combate de enfermedades infecciosas, reducción de costes sanitarios hasta medio ambiente. (15)

Ríos que desempeñan un papel importante en el sistema hidrográfico de El Salvador

El Río Sensunapán es el más grande del departamento de Sonsonate, pero la demanda de agua a la que está sometido, por los siete proyectos hidroeléctricos, cultivos y otros usos, supera la cantidad que tiene disponible, y no solo eso, el Río ha sido utilizado como sumidero para los desechos urbanos; no solo está contaminado por aguas servidas, sino que también por residuales industriales, domésticas, agrícolas y estos factores contribuyen a su deterioro. (16)

El Salvador también dispone de aguas subterráneas. Aunque su delimitación geográfica no ha sido detallada, existe un estimado de 2.000 millones de m³ de recarga de precipitación al año. Los acuíferos de mayor rendimiento corresponden a Sonsonate-Acajutla, Jiboa-Lempa, Lempa-Jiquilisco, Usulután-Vado Marín, Valle de Zapotitán, Quezaltepeque-Opico, y San Salvador, entre otros. Todos ellos se encuentran ubicados en la Fosa Central y Planicie costera del territorio. El Río Sucio es un importante afluente del Río Lempa, desempeña un papel importante en el sistema hidrográfico de la región. Su contribución al Río Lempa no solo aumenta el caudal, si no también influye en la calidad del agua. (17)

En la actualidad existe mucha preocupación por el incremento de problemas de contaminación en general, y en particular del agua. La contaminación del agua ocurre en diversos puntos del abastecimiento tales como: zonas de desagüe, las corrientes, los pozos, así como también durante el transporte al

lugar de consumo. La contaminación fecal del agua se origina cuando las excretas del hombre y los animales se ponen en contacto con la misma. (18)

Entre los años 2000 y 2009 la PDDH mantuvo un seguimiento constante de la situación de los 98 barriles de toxafeno, abandonados en la ex fábrica algodonera Monsanto, ubicada en el kilómetro ciento cuarenta y tres de la Carretera Panamericana en el departamento de San Miguel. (19)

En la resolución final emitida en el año 2002 se señaló el incumplimiento de las obligaciones por parte de las autoridades estatales relacionadas con la protección de la población y los ecosistemas. Posteriormente, y ante la constatación de la falta de medidas adecuadas para evitar los daños en la vida, la salud y el medio ambiente, la PDDH emitió una resolución de Censura Pública por la falta de cumplimiento a las recomendaciones establecidas y los graves impactos en contra de la vida y de la salud de las personas de las comunidades afectadas; de igual forma, se estableció responsabilidades para el Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales por las afectaciones a los derechos humanos a consecuencia de la contaminación generada por el abandono de los barriles de toxafeno. (19)

El agua segura debería tener las siguientes características microbiológicas, químicas y físicas:

Estar libre de agentes patógenos (un agente patógeno es un organismo que causa enfermedades. Los agentes patógenos que suelen estar presentes en el agua son las bacterias, los virus, los protozoos y los helmintos). Tener bajas concentraciones de sustancias químicas tóxicas. Ser cristalina. Ser insípida, inodora e incolora (por una cuestión estética). (20)

Conclusión

Los diferentes estudios microbiológicos realizados en nuestro país determina que un amplio grupo de personas tienden a consumir agua que contiene bacterias y esto ocasiona en cada una de estas, enfermedades diarreicas, con lo cual esto también se vuelve una fuente de contaminación, porque en diversos lugares donde se realizaron estos estudios las personas cuentan con fosas donde defecan y esto conlleva un arrastre de estas aguas negras con bacterias hacia las aguas superficiales y esto llega, a lo que son los pozos de los cuales se abastecen estas personas, ya que debido que son personas de escasos recursos no tienden a comprar agua de las envasadoras, la cual ya está previamente tratada y es apta para consumo, por ende tienden a tomar esta agua sin ningún previo tratamiento.

Por otra parte, en cuanto a los análisis fisicoquímicos, en los resultados obtenidos por los investigadores, se determina que hay presencia de metales pesados, en un estudio en específico fue el realizado en el lugar del Tamarindo, donde está la presencia de metales que ocasionan la enfermedad renal en estas personas. así mismo la investigación realizada por la PDDH donde se abandonó los 98 barriles, ha dejado una amplia población afectada también con esta problemática, ya que este químico que contenían los barriles se impregno en los mantos acuíferos ocasionando contaminación en las aguas, ya que esta de manera superficial se impregna en los pozos de las personas, por ende, es de vital importancia que las instituciones pertinentes tomen cartas en el asunto y ayuden a cada una de estas personas.

En conclusión, es importante que como ciudadanos exijamos a las instituciones pertinentes su intervención, para evitar más daño a la salud, que realicen los estudios pertinentes y brinden herramientas que solvente este problema que están viviendo estas personas de la zona oriental del país y de esta manera evitar más muertes a consecuencia de la enfermedad renal, también que cada

uno sea consciente de que el agua es un vital líquido y que es necesario para nuestra supervivencia y que debemos cuidarla y que sea apta para consumir y nosotros debemos de evitar tirar basura a calles, quebradas, ríos y de esta manera seguiremos evitando la contaminación en los mantos acuíferos de El Salvador.

Para mejorar esta situación que se ha dado por años, se requiere una acción integral, lo primero sería, realizar un monitoreo constante de la calidad del agua, tanto superficial como subterránea. También, que se verifique que exista una remoción y tratamiento adecuado de residuos tóxicos, como lo es el Toxafeno, que haya mejoras en infraestructura de drenaje, para mitigar inundaciones por desbordamiento del río y así, reducir derrames contaminantes.

Es de suma importancia, siempre realizar campañas de concientización para que la comunidad conozca los riesgos y adopte medidas preventivas. Así como también, pedir apoyo gubernamental, especialmente del MARN, MINSAL, ANDA, con énfasis en la atención sanitaria de poblaciones afectadas.

Referencias Bibliográficas

1.	Biblioteca del Congreso Nacional de Chile BCN. Calidad del agua. [Online].; 2016 [cited 2025 Octubre 23. Available from: https://obtienearchivo.bcn.cl/obtienearchivo?id=repositorio/10221/23747/2/Calidad%20del%20Agua%20Final.pdf .
2.	Chávez Becerra MC, Soto Prudencio MC. Evaluación de la calidad microbiológica y fisicoquímica del agua para consumo humano de los dispensadores de oficinas farmacéuticas del aa.hh. Mariscal Cáceres del distrito de San Juan de Lurigancho -Lima, 2019. [Tesis de Pregrado]. Peru: Universidad Norbert Wiener; 2020 [citado 28-agosto-2025] Disponible en: https://repositorio.uwiener.edu.pe/server/api/core/bitstreams/9ac4569c-c2d1-4d1d-a86e-85379dd61930/content .
3.	Barrios Quintero RJ, Correa Jimenez AS. Análisis del comportamiento hidrogeológico del flujo de aguas subterráneas en la cabecera municipal de Turbaco Bolívar. [Tesis de Pregrado]. Colombia: Universidad de Cartagena; 2016 [citado 28 Agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.unicartagena.edu.co/server/api/core/bitstreams/678831bb-fdbf-4701-8c68-181f92ffb915/content .
4.	Ávila-Díaz JA, Arciniega Galaviz MA, Moreno Renteria KJ, Llanes Cardenas O. Contaminación microbiológica en agua potable de localidades rurales en el municipio de Ahome, Sinaloa, Mexico. RIDE. Rev Iberoam Investig Desarro Educ. 2020; 15(29): 135–142. Disponible en: https://www.ride.org.mx/index.php/RIDE/article/view/2182/5268 .
5.	Lombardo AdIC. Impacto del cambio climatico sobre la prevalencia de indicadores microbiologico, patogenos y parametros fisico quimicos de aguas superficiales del rio La Villa usadas para actividades agricola y humana. [Tesis de Maestria]. Panamá: Universidad de Panamá; 2018.[citado 10 agosto 2025]. Disponible en: https://up-rid.up.ac.pa/1574/1/alexis%20lombardo.pdf .
6.	Cuellar N. La contaminación del agua en El Salvador: Desafíos y respuestas institucionales. [Online].; 2001 [cited 2025 Agosto 5. Available from: https://prismaregional.org/wp-content/uploads/2020/02/bol43_la_contaminacion_del_agua_en_ESV.pdf .
7.	Quintanilla Corena A. Diagnóstico de la calidad físico-química y biológica del agua en el Golfo de Fonseca, departamento de La Unión, El Salvador: propuestas para el desarrollo sostenible. [Tesis de Pregrado]. Santa Tecla, La Libertad: Escuela Especializada en Ingeniería ITCA-FEPADE; 2020. ISBN: 978-99961-39-51-2. [citado 2025 Agosto 8]. Disponible en: http://redicces.org.sv/jspui/bitstream/10972/4217/1/13%20La%20Uni%c3%b3n%20Calidad%20del%20Agua%20Ebook.pdf .
8.	Castillo Mendoza JF. S.O.S Ríos de El Salvador. Rev Aquaciencia. 2023;2(1): 15–18. Universidad de El Salvador. Disponible en: https://revistas.ues.edu.sv/index.php/aqc/article/view/2671/2641
9.	Melgar Flores MY, Moya Turcios G, Polio Martinez MdC. Estudio Preliminar de la Calidad de Agua de Captación Superficial para Consumo Humano en El Caserío El Tamarindo, Cantón Las Delicias, Municipio de San Miguel, Año 2012; [Tesis de Maestria]. San Miguel, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2012 [citado 9 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/a3fbc3f8-54f8-41ee-9283-d6259d5631e3/content .
10.	Campos J, Delgado Delgado J, Romero Morejon H. Analisis de sostenibilidad del servicio

	de agua suministrada por ANDA en la ciudad de San Miguel, Año 2012.[Tesis de Maestria].San Miguel, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2022 [citado 23 Octubre 2025] Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/cf5dfd63-74a2-4fe6-be26-0986b4a6be3c/content .
11.	Quiñones Basagoitia J, Meyer C. La gestion de las aguas urbanas del area metropolitana de El Salvador. El Salvador [Internet].El Salvador: Global Water Parnetship; 2014 [citado 23 Octubre 2025]. Disponible en: https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-cam_files/artef-informe-aguas-urbanas-gwp-el-salvador-13012015.pdf .
12.	Mena Z, Amaya Grande L, Salguero M, Peñate J. Informe de la Calidad del agua de los Rios de El Salvador. Año 2022.El Salvador: Ministerio de Medio Ambiente y Recursos Naturales(MARN); 2022. [Internet] [citado 23 octubre 2025]. Disponible en: https://www.snet.gob.sv/UserFiles/hidrologia/CalidaAgua2022.pdf .
13.	Menjivar Pineda NM. Análisis microbiológico del agua de pozos y ríos del municipio de Nueva Trinidad, Chalatenango, El Salvador.[Tesis Pregrado]; San Salvador, El Salvador: Univesidad de El Salvador; 2020 [citado 28 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/78b44d5a-0d65-4596-9fea-ffe278ebb646/content .
14.	Argueta Argueta ML, Juarez Hernandez LR. Determinación de la resistencia de cepas de <i>Pseudomonas aeruginosa</i> aisladas de agua potable de la zona metropolitana de San Salvador.[Tesis de Pregrado]. San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2024 [citado 28 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/0c6feb17-1dfe-4426-a16b-a782b238eaf4/content .
15.	Majano SE, Moran CL, Arevalo Herrera D. El derecho humano al agua en El Salvador y su impacto en el sistema hídrico. [Tesis Proyecto Investigacion Institucional]. San Salvador, El Salvador: Universidad Tecnologica de El Salvador; 2014; ISBN 978-99961-48-49-1 [citado 28 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.utec.edu.sv/server/api/core/bitstreams/7da42d49-bc70-40d3-9597-10068d50554b/content .
16.	Lazo Zacapa BdT, Contaminación de las aguas del río Sensunapán.[Tesis Pregrado].San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2023 [citado 28 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/170a5c97-2fe7-4bef-8da8-720550ad6f88/content .
17.	Artiga Suarez LS, Carbal Rivera AL. Fuentes de contaminación que afectan al río Sucio.[Tesis Pregrado].San Salvador, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2024 [citado 28 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/fd768d04-b0f9-4ebf-bf8c-ad4e09e6997a/content .
18.	Portillo Ayala AG. Análisis cualitativo y cuantitativo de coliformes en la cuenca media del río Grande de San Miguel, departamento de San Miguel, El Salvador. [Tesis Pregrado].San Miguel, El Salvador: Universidad de El Salvador; 2003 [citado 20 agosto 2025]. Disponible en: https://repositorio.ues.edu.sv/server/api/core/bitstreams/cc9bde5c-31ba-4c8b-bda4-f63eb460097d/content .
19.	Procuraduria para la Defensa de los Derechos Humanos. Informe de la Procuraduria para la Defensa de los Derechos Humanos sobre el uso de agrototoxicos en El Salvador y el impacto en los Derechos Humanos. [Internet].El Salvador; 2020 [citado 23 octubre 2025]. Disponible en: https://www.pddh.gob.sv/portal/wp-content/uploads/2020/02/informe-sobre-uso-de-agrot%C3%B3xicos-en-el-salvador.pdf .

20.	Centro de Tecnologías Asequibles de Agua y Saneamiento (CAWST). Introducción al análisis de la calidad del agua de consumo. [Internet]. Calgary, Canada; 2013 [citado 23 octubre 2025]. Disponible en: https://www.pseau.org/outils/ouvrages/cawst_introduccion_al_analisis_de_la_calidad_del_agua_de_consumo_2013.pdf .
-----	--------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------------