



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA URBANA EN EL  
ECUADOR, EFECTOS EN LA SALUD Y SUS ALTERNATIVAS DE  
MITIGACIÓN

ORDOÑEZ LEON WILSON HERNAN  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA URBANA EN EL  
ECUADOR, EFECTOS EN LA SALUD Y SUS ALTERNATIVAS DE  
MITIGACIÓN

ORDOÑEZ LEON WILSON HERNAN  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MACHALA  
2023



# UTMACH

FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS Y DE LA SALUD

CARRERA DE BIOQUÍMICA Y FARMACIA

EXAMEN COMPLEXIVO

ANÁLISIS DE CONTAMINACIÓN DEL AGUA URBANA EN EL ECUADOR,  
EFECTOS EN LA SALUD Y SUS ALTERNATIVAS DE MITIGACIÓN

ORDOÑEZ LEON WILSON HERNAN  
BIOQUÍMICO FARMACÉUTICO

MALDONADO GUERRERO EMERSON ARMANDO

MACHALA, 06 DE SEPTIEMBRE DE 2023

MACHALA  
06 de septiembre de 2023

# Análisis de contaminación del agua urbana en el Ecuador, efectos en la salud y sus alternativas de mitigación

*por* Wilson Hernán Ordoñez León

---

**Fecha de entrega:** 03-ago-2023 05:59p.m. (UTC-0500)

**Identificador de la entrega:** 2140998016

**Nombre del archivo:** or,\_efectos\_en\_la\_salud\_y\_sus\_alternativas\_de\_mitigaci\_n\_1.docx (252.41K)

**Total de palabras:** 3864

**Total de caracteres:** 20368

## CLÁUSULA DE CESIÓN DE DERECHO DE PUBLICACIÓN EN EL REPOSITORIO DIGITAL INSTITUCIONAL

El que suscribe, ORDOÑEZ LEON WILSON HERNAN, en calidad de autor del siguiente trabajo escrito titulado Análisis de contaminación del agua urbana en el Ecuador, efectos en la salud y sus alternativas de mitigación, otorga a la Universidad Técnica de Machala, de forma gratuita y no exclusiva, los derechos de reproducción, distribución y comunicación pública de la obra, que constituye un trabajo de autoría propia, sobre la cual tiene potestad para otorgar los derechos contenidos en esta licencia.

El autor declara que el contenido que se publicará es de carácter académico y se enmarca en las disposiciones definidas por la Universidad Técnica de Machala.

Se autoriza a transformar la obra, únicamente cuando sea necesario, y a realizar las adaptaciones pertinentes para permitir su preservación, distribución y publicación en el Repositorio Digital Institucional de la Universidad Técnica de Machala.

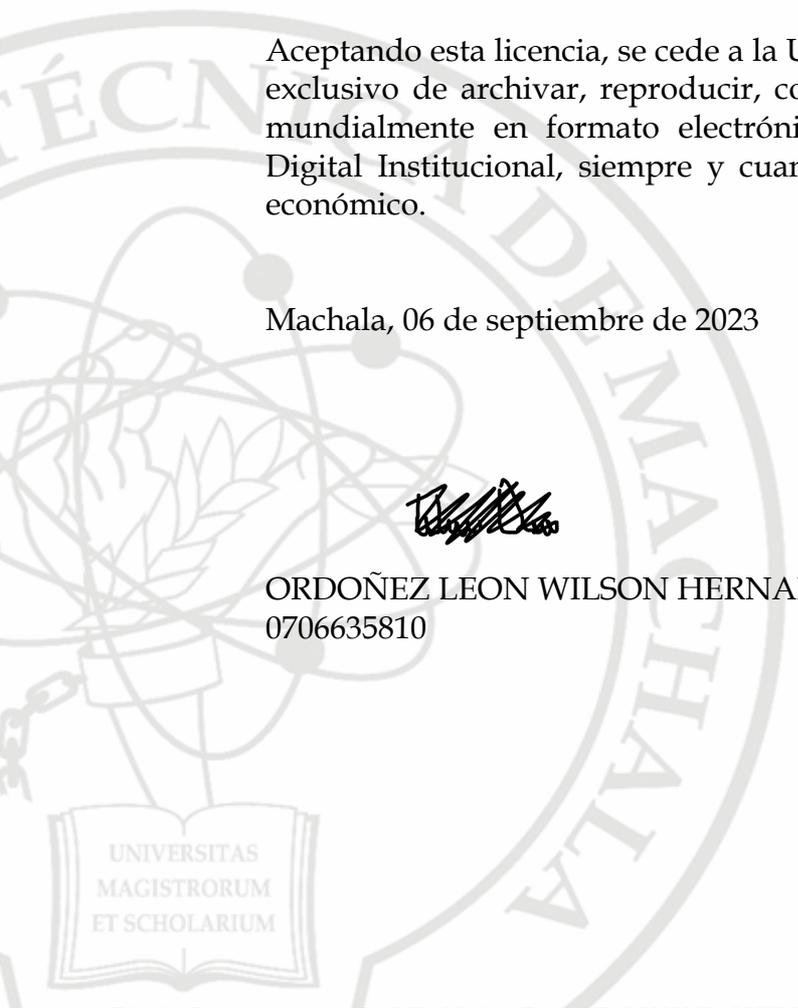
El autor como garante de la autoría de la obra y en relación a la misma, declara que la universidad se encuentra libre de todo tipo de responsabilidad sobre el contenido de la obra y que asume la responsabilidad frente a cualquier reclamo o demanda por parte de terceros de manera exclusiva.

Aceptando esta licencia, se cede a la Universidad Técnica de Machala el derecho exclusivo de archivar, reproducir, convertir, comunicar y/o distribuir la obra mundialmente en formato electrónico y digital a través de su Repositorio Digital Institucional, siempre y cuando no se lo haga para obtener beneficio económico.

Machala, 06 de septiembre de 2023



ORDOÑEZ LEON WILSON HERNAN  
0706635810



UNIVERSITAS  
MAGISTRORUM  
ET SCHOLARIUM

## RESUMEN

Este estudio de tipo bibliográfico se enfoca en analizar las principales fuentes de contaminación en el Ecuador, los efectos que causan en la salud y proponer alternativas de mitigación. El agua es un recurso esencial, pero su disponibilidad es limitada. La mala gestión de agua residual, principalmente por la industria, provoca la contaminación y afecta a la salud de la población. Anualmente, alrededor de 534,000 niños menores de 5 años fallecen debido a enfermedades relacionadas con la exposición a aguas contaminadas. La metodología cualitativa-descriptiva se empleó para la investigación, buscando artículos científicos en revistas de alto impacto. Se identificaron las principales fuentes de contaminación en las ciudades del país y se describió la normativa vigente. Actividades como la explotación de hidrocarburos, el uso de pesticidas y el descargo de residuos sólidos urbanos son responsables de la contaminación. Los efectos en la salud varían según la actividad, siendo los metales pesados y pesticidas los más letales. El proyecto concluye proponiendo políticas públicas que concienticen y promuevan alternativas menos contaminantes para las empresas. Además, destaca la importancia de la normativa y las sanciones para garantizar la calidad del agua y proteger la salud de la población.

**Palabras clave:** *Contaminación del agua, Ecuador, Normativas, Alternativas de mitigación*

## **ABSTRACT**

This project focuses on analyzing urban water pollution in Ecuador, with an emphasis on major cities. Through a comprehensive review of scientific literature, the objective is to clarify the health effects and propose mitigation alternatives. Water is an essential resource, but its availability is limited. Poor management of wastewater, mainly by industries, causes pollution and affects public health. Annually, around 534,000 children under 5 years old die due to diseases related to exposure to contaminated waters. The qualitative-descriptive methodology was employed for the research, searching for scientific articles in high-impact journals. The main sources of pollution in the country's cities were identified, and the current regulations were described. Activities such as hydrocarbon exploitation, pesticide use, and discharge of urban solid waste are responsible for contamination. Health effects vary depending on the activity, with heavy metals and pesticides being the most lethal. The project concludes by proposing public policies that raise awareness and promote less polluting alternatives for companies. It also highlights the importance of regulations and sanctions to ensure water quality and protect public health.

**Keywords:** *Water pollution, Ecuador, Regulations, Mitigation alternatives.*

## CONTENIDO

<b>RESUMEN</b>	<b>1</b>
<b>ABSTRACT</b>	<b>2</b>
<b>OBJETIVOS</b>	<b>4</b>
Objetivo general	4
Objetivos específico	4
<b>INTRODUCCION</b>	<b>5</b>
<b>DESARROLLO</b>	<b>7</b>
Contaminación del Agua	7
Fuentes de contaminación del agua en las principales ciudades del Ecuador	7
Contaminantes emergentes en el agua urbana del Ecuador	7
Efectos de la contaminación del agua en la salud	8
Normativa vigente para el control de la contaminación del agua en el Ecuador	8
Metodología	9
<b>CONCLUSION</b>	<b>13</b>
<b>BIBLIOGRAFIA</b>	<b>14</b>

## INDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Principales fuentes de contaminación en ciudades del Ecuador	17
<b>Tabla 2.</b> Criterios permisibles del agua para consumo humano	17
<b>Tabla 3.</b> Enfermedades y su incidencia causada por el agua contaminada	19

## **1. OBJETIVOS**

### **1.1 Objetivo general**

Analizar la contaminación del agua urbana en el Ecuador, realizando una revisión exhaustiva de la literatura científica, con el fin de esclarecer los efectos en la salud y sus alternativas de mitigación

### **1.2 Objetivos específico**

- Identificar las principales fuentes de contaminación del agua urbana en las principales ciudades del país
- Describir la normativa vigente que regula la contaminación del agua en el territorio ecuatoriano

## 2. INTRODUCCION

La existencia del agua en la vida es esencial en todas sus formas, el cuerpo humano está compuesto principalmente por agua constituyendo un 70%, mientras que en plantas y animales está presente en sus cuerpos en un rango que varía del 50% y 95% en cada caso, incluso en nuestro planeta la abundancia de agua es significativa, cubriendo un 70% de la superficie, sin embargo, el 97% del total es de agua salada y solo el 3% es dulce, de este pequeño porcentaje de agua dulce, únicamente el 1% está a disposición para consumo humano y presente en ecosistemas<sup>1</sup>. La gran mayoría de países sudamericanos, administran la mayor cantidad de reservas de agua dulce del planeta, pero lamentablemente la administración de las fuentes de agua no ha sido la correcta, suscitándose problemas como el uso indiscriminado de agua y la contaminación del recurso hídrico, esto conlleva a riesgos principalmente en la salud y desarrollo de la población<sup>2</sup>. El problema de contaminación del agua ha sido observado durante varias décadas por las complicaciones que comenzaron a generar, el 84% de especies acuáticas han desaparecido desde 1970 y diversas investigaciones atribuyen el hecho a la contaminación del agua. El problema sigue en aumento y de acuerdo con las estimaciones proporcionados por las Naciones Unidas, para el año 2030 habrá escasez de agua que afectará directamente a 1800 millones de personas y el porcentaje de especies acuáticas en extinción también aumentará<sup>3</sup>.

Según la literatura se cree que la contaminación inicio en el siglo XVIII con la creación de la maquina a vapor, pero lo que conllevó al aumento exorbitante del problema, sucedió en el siglo XIX con el crecimiento urbano evidente y aumento de daño al ambiente por emisión y liberación, limitando el proceso natural de remediación del suelo, agua y aire, esta modificación al sistema genero problemas de contaminación de origen bacteriano, viral, parasitario, fúngico y químico provocando problemas de salud <sup>1,3</sup>.

La mayor demanda de agua proviene del sector industrial que representa un 20% de consumo, frente 5% que corresponde al uso doméstico, esto anualmente contempla el 80% de agua residual que son vertidas directamente a fuentes de agua sin tratamiento previo<sup>3</sup>. La mala gestión de agua residual provoca graves problemas ambientales y sanitarios que lamentablemente los más afectados son niños, siendo así en el 2017 la causa de muerte de aproximadamente 534 000 infantes menores de 5 años por enfermedades como fiebre tifoidea, poliomielitis, diarrea, colera, hepatitis A, disentería entre otras, que están relacionadas por la exposición fecal que se halla en las fuentes de agua contaminada<sup>1,4</sup>.

El Ecuador es un país de regiones diversas que contribuyen a la formación de una red hídrica impresionante que nacen de la vertiente pacífica y amazónica creando ríos importantes como el río Guayas, Napo, Pastaza y Esmeraldas<sup>5</sup>. No obstante, la realidad es distinta, aunque dispongamos de una amplia variedad de ríos, su calidad es muy deficiente, ya que, según investigaciones, el 70% de ríos en el Ecuador están siendo contaminados, de acuerdo con la Organización Panamericana de la Salud (OPS) solo el 5% del total de aguas servidas del Ecuador son tratadas antes de ser descargadas a un flujo natural<sup>6</sup>.

Las investigaciones que se han realizado dentro del país muestran hasta 80 productos químicos encontrados en el agua, entre los agentes contaminantes están el Thiachloprid, arsénico, mercurio, plomo y el Carbenzadín, que conforme detalla la literatura pueden generar cáncer, alterar el sistema endocrino y dañar el sistema nervioso<sup>7</sup>.

La constitución del Ecuador considera el agua como un “recurso natural estratégico y esencial para la vida, la biodiversidad y el desarrollo sostenible del país”, esto conlleva a buscar reformas fiscales que puedan resolver o minimizar el problema de contaminación de este recurso hídrico, sin embargo, es incierto, debido a que el país no dispone de un sistema ejemplar de monitoreo de calidad de agua, y la información que existe es a través de estudios realizados por investigadores<sup>5,8</sup>. Por ello la importancia de este trabajo que es sobre el Análisis de contaminación del agua urbana en el Ecuador, efectos en la salud y sus alternativas de mitigación

En la cumbre de las Naciones Unidas de 2015 se aprobaron 15 metas de sostenibilidad que abordan muchos problemas de gran relevancia, con la visión de alcanzarlas para el año 2030, dentro de estas metas, la número 6 de título “Agua limpia y saneamiento”, tiene como objetivo Asegurar el acceso al agua y su uso responsable y eficiente, así como al saneamiento adecuado, para toda la población<sup>9</sup>. Los recursos naturales de nuestro planeta pueden mejorar el desarrollo y bienestar de las personas en su calidad de vida y más aún porque son recursos limitados, para ello se necesita buscar alternativas innovadoras y eficaces de conservación de agua en cantidad y calidad, por esta razón, se presenta las siguientes preguntas:

¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua en las grandes ciudades y cómo afectan a la salud de la población?

¿Qué alternativas existen para evitar la contaminación del agua y qué normativas se aplican para el cumplimiento de las mismas?

### **3. DESARROLLO**

#### **3.1 Contaminación del Agua**

La contaminación del agua se define como la introducción de sustancias u objetos que alteran la composición del agua y que la hacen inútil para el consumo humano. Desde hace mucho tiempo atrás, se han producido diversos eventos ambientales de contaminación causados por la acción humana, y son los mismos que generan graves consecuencias no positivas para los ecosistemas, al no tener un control preventivo del recurso hídrico, la escasez de agua potable se ha convertido en una realidad<sup>1</sup>.

Las industrias petrolera y agrícola, son fundamentales para el sostenimiento de la sociedad, y también responsables principales de la contaminación de los recursos hídricos. Los accidentes ocurridos en la industria petrolera en todo el mundo son devastadores cobrando la vida de miles de especies marinas por años y contaminando gran parte de agua del océano, Por otro lado, la industria agrícola, dado el imperativo de proporcionar alimentos a la población global y la necesidad de controlar el daño causado por las plagas, ha recurrido al uso de sustancias muy nocivas, como plaguicidas, fungicidas y otras, y han incrementado en más del 50% su consumo entre los años de 1996 y 2016, según reportó la Organización Mundial de la Salud (OMS)<sup>10,11</sup>.

#### **3.2 Fuentes de contaminación del agua en las principales ciudades del Ecuador**

Se denomina fuentes de contaminación a los lugares o actividades que originan sustancias o agentes que alteran la calidad del agua y perjudican su uso, las principales fuentes de contaminación del agua en el Ecuador son por actividades petroleras, mineras y la deficiencia en la gestión administrativa de aguas servidas. En la mayor parte de estudios de fuentes de agua contaminadas realizadas dentro del país, es común que los resultados evidencien presencia de sustancias de dichas actividades (metales pesados, agentes químicos, residuos sólidos urbanos, etc)<sup>12</sup>.

Las fuentes de contaminación en el Ecuador generalmente son provocadas por actividades ilegales, entre ellas está la minería clandestina, una actividad que no respeta normas ni controles ecológicos y sus desechos que contienen sustancias tóxicas, se vierten directamente al agua y es el principal problema de varios cantones entre el más afectado está el cantón Zaruma<sup>13</sup>. Además de las actividades clandestinas que contaminan el agua, hay otras fuentes de contaminación que afectan a la mayoría de las ciudades del país, y son los residuos sólidos urbanos que se desechan sin tratamiento previo y que terminan en los ríos, alterando su calidad y su biodiversidad<sup>14</sup>.

#### **3.3 Contaminantes emergentes en el agua urbana del Ecuador**

Se describe a los contaminantes emergentes como sustancias u objetos que, al estar presentes en el agua, afecta la salud de las personas que usan este recurso

contaminado. En el Ecuador la industria agrícola es la principal actividad de muchas familias, pero también es la causante de gran medida de contaminación en el ambiente, en varias investigaciones se reveló que solo el 1% de los pesticidas aplicados tiene un efecto directo sobre el problema que se quiere resolver. El resto se dispersa por el ambiente, contaminando la tierra y el agua<sup>11</sup>.

Otro contaminante encontrado desde mucho tiempo atrás y es muy recurrente en investigaciones son los metales pesados (Cr, Cu, Ni, Zn, As) en más del 90% de los ríos de la región sur del Ecuador<sup>15,16</sup>. Igualmente, debido a la falta de un adecuado control en el tratamiento de aguas residuales, estas son vertidas directamente en los ríos, en diversos estudios se han encontrado presencia de *Escherichia coli* y coliformes totales, disminuyendo así la calidad de agua para consumo humano y promoviendo las enfermedades gastrointestinales y malignas<sup>10,17</sup>.

### **3.4 Efectos de la contaminación del agua en la salud**

Los efectos de contaminación en la salud pueden definirse como el daño o enfermedad causada por el agua con agentes químicos tóxicos al organismo humano por su contacto directo. Las enfermedades pueden variar dependiendo del agente químico con el cual se esté contaminando el agua, porque puede ser de carácter químico o biológico, en el Ecuador la contaminación por metales pesados e hidrocarburos es más habitual, esto por los daños causados en varias regiones donde se practican actividades petroleras y mineras<sup>14</sup>.

La exposición a metales pesados (Pb, Cd, As, Hg, Cr), incrementan el riesgo de padecer cáncer, incluso todos los años se producen eventos de envenenamiento que cobra la vida de aproximadamente un millón de personas. Por otro lado, los contaminantes de hidrocarburos más nocivos para la salud se clasifican como PAH y BTEX, el primer contaminante, según diversas investigaciones, está relacionado con enfermedades mortales como la hepatitis, la leucemia y los efectos genotóxicos y cancerígenos, El segundo contaminante, aunque es muy tóxico, no ha sido muy estudiado. Sin embargo, se sabe que puede causar desde irritación de los órganos superiores hasta cáncer. Dentro de este grupo se encuentran compuestos muy conocidos como el benceno y el pireno<sup>10,14</sup>.

### **3.5 Normativa vigente para el control de la contaminación del agua en el Ecuador**

Dentro del territorio ecuatoriano tiene vigencia oficialmente dos tipos de reglamentos, entre ellos está la norma INEN 1-108 y TULSMA (Texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente), cada una de ellas establecen prioridades particulares, en el caso de la norma INEN 1-108 está más relacionada en la calidad del agua para consumo humano, dentro de esta norma se detallan parámetros establecidos como pH, conductividad, cantidad mínima de coliformes fecales y también de

compuestos inorgánicos entre otros más, con la finalidad de que al cumplir con los parámetros que establecen tengan agua de calidad sin riesgo de contaminación, sin embargo la norma como cualquiera otra, ha sufrido cambios sujetos a resultados de investigaciones, es por ello que en la norma INEN 1-108 en el 2006 se consideraron 34 parámetros inorgánicos establecidos, y para el 2014 fueron propuestos 14 parámetros más, estos cambios regulan la calidad del agua para consumo humano y se actualizan periódicamente para garantizar que el agua sea segura y saludable<sup>10</sup>.

Las normas del texto unificado de legislación secundaria del ministerio del ambiente, también rigen dentro del país, sin embargo, están más estructuradas para parámetros de control en fuentes de agua que se han aplicado tratamiento de purificación antes del consumo, cada norma tiene un enfoque diferente pero el objetivo es el mismo, determinar si la fuente de agua tiene calidad de consumo y que no tiene riesgo de promover enfermedades en el organismo, la norma TULSMA al igual que la INEN 1-108, ha tenido cambios pero la particularidad de ambas es que ninguno de los parámetros con los que iniciaron han sido eliminados, mejor aún se incrementaron parámetros para tener mayor control y seguridad en las aseveraciones de cada norma. Las normas en la comunidad son importantes, puesto que pueden usarlas para llevar a los causantes de las fuentes de contaminación a instalaciones legales por la contaminación causada y presentar alternativas de remediación y control, porque el agua dentro de la constitución “garantiza a los ecuatorianos el acceso seguro y permanente al agua, medio ambiente sano y ecológicamente equilibrado”<sup>10,11,13</sup>. Por ello el Ministerio del Ambiente(MAE) creo el Código Orgánico Ambiental (COA) en 2017, y aborda temas de importancia ambiental incluido la fauna, patrimonio forestal y áreas protegidas, los artículos 40 y 42 del COA tienen un enfoque directo en la protección del agua, se enfocan sobre la “prevención y control de la contaminación del agua”, donde establece que es necesario aplicar medidas para prevenir, controlar y recuperar las fuentes hídricas que tengan este problema, el COA en el ámbito jurídico es de suma importancia, desde su creación hasta la actualidad, sigue siendo crucial para establecer el orden frente a las irregularidades ambientales<sup>18</sup>.

### **3.6 Metodología**

En este trabajo de investigación se aplicó la metodología de tipo cualitativa-descriptiva, en donde se realizó la investigación y búsqueda de artículos científicos en revistas de alto impacto(Sciendirect, scielo, Redalyc, dialnet) para fundamentar el estudio que está enfocado en todo el Ecuador, pero especialmente en datos de las grandes ciudades del país, de esta manera se logró cumplir con los objetivos planteados y se llegó a una conclusión coherente sobre el análisis de la contaminación del agua urbana en el Ecuador, efectos causados en la salud y alternativas para la mitigación del problema.

### **3.7 ¿Cuáles son las principales fuentes de contaminación del agua en las grandes ciudades y cómo afectan a la salud de la población?**

Entre las diversas actividades que afectan al medio ambiente en Ecuador, es fundamental identificar las que causan mayor perjuicio en la sociedad, es por ello que todo lo relacionado con el recurso hídrico debe ser analizado y regulado, ya que se trata del líquido vital para la vida y no puede ser afectado<sup>13</sup>. Las actividades que generan mayor contaminación en el recurso hídrico se presentan a continuación, primero están relacionadas a verter desechos directamente a las fuentes de agua, es así como argumenta la literatura que actualmente encontrar fuentes de agua sin contaminación por debajo de los 2000 metro de altitud es casi imposible, este tipo de contaminación es generado por aguas residuales y actividades mineras ilegales, se ha logrado encontrar metales pesados como mercurio, plomo, arsénico que son elementos que generalmente están por debajo del suelo y son extraídos en el proceso de obtención de oro<sup>19</sup>. Este problema es muy recurrente en la parte sur del país, en el cantón Zaruma que es popular por la actividad minera, según la literatura existen más de 110 plantas procesadoras de mineral de aproximadamente 400 minas, y la mayoría realizan las actividades a orilla de los ríos<sup>19</sup>.

Otra actividad que contamina el agua es la extracción de hidrocarburos, el Ecuador es un país petrolero y su actividad representa el 50% de los ingresos económicos al país, de acuerdo con la literatura las provincias de Orellana y Sucumbíos son las más afectadas, y es allí donde se encuentra el 80% de los derrames de petróleo y el 97% de fosas de desechos, esto ocurría porque no había control sobre las aguas de formación y las liberaban directamente al ambiente, de igual manera enfatiza la literatura que desde el año 2000 esta práctica de liberación quedo prohibida, sin embargo personas aledañas han observado que siguen realizando la misma practica de contaminación por las noches<sup>10</sup>. Siguiendo con otra actividad, tenemos la agricultura, el incremento poblacional y la demanda de alimentos ha llevado al hombre a buscar maneras de cuidar sus cultivos de plagas, hongos e insectos, esto lo realizan con el uso de plaguicidas, fungicidas y herbicidas, teniendo en cuenta que según los estudios solo el 1% de estos químicos cumple su objetivo y el resto se dispersa en el ambiente, se han podido encontrar en análisis hasta 80 productos químicos en el agua de ríos de la ciudad de Manta, según como indica la literatura, conociendo la toxicidad de estos químicos la mayoría son propensos a generar enfermedades cancerígenas<sup>7</sup>. Y por ultima otra fuente de contaminación que sucede en todo el Ecuador es por medio del descargo de aguas residuales, la escasez de tratamiento de aguas residuales es muy evidente en los dato que presenta la PAO, detalla que solo el 5% del total de aguas residuales del país pasan por un tratamiento antes de vaciarlas a un flujo de agua continuo, este problema es muy

grave ya que contiene una carga alta de microbios que afectaran mediante enfermedades a las personas que utilicen el agua para consumo, este problema está presente en todo el Ecuador, sin embargo según plantea la literatura

el problema es más grave en provincias con mayor población, como Esmeraldas, Pichincha, Guayas, Azuay, poniendo en riesgo a la población<sup>6,20</sup>.

Conociendo las fuentes principales de contaminación de agua en el Ecuador, podemos notar que se produce por diversas actividades, es por ello que existe contaminación de tipo microbiana, contaminantes químicos persistentes (COP) y de metales pesados la intensidad de los daños o enfermedades que causan también no son similares para todos los tipos de contaminación. De acuerdo con la literatura la contaminación de tipo microbiana, se da por las actividades de verter residuos sólidos urbanos en las fuentes de agua, donde la carga bacteriana y viral será muy alta y puede provocar enfermedades leves desde una diarrea, hasta problemas más graves como hepatitis, colera, tifoidea, poliomieltitis entre otras, inclusive llegar a fallecer si no hay atención medica oportuna<sup>21</sup>. La contaminación por COP como señala la literatura, tiene mayor relación en las actividades agrícolas, en donde existe un uso mayor de productos que están hechos a base de estos químicos, en este caso los problemas que pueden provocar en la salud, son más graves e irreversibles, que pueden ir de problemas reproductivos hasta provocar enfermedades cancerígenas<sup>22</sup>. Por ultimo esta la contaminación por metales pesados, desde el punto de vista de la literatura las actividades no reguladas de minería ilegal son las causantes de este problema al verter sus desechos que se originan de la extracción del oro, directamente al mar, contiendo gran cantidad de metales como mercurio, arsénico, plomo, que tienen efectos graves en la salud de las personas cuando el consumo del agua es recurrente, ya que al ser metales, se pueden ir acumulando en los tejidos del cuerpo humano, entre las enfermedades que puede causar está el daño al sistema, renal, nervioso, hepático, cardiovascular y enfermedades cancerígenas<sup>23</sup>.

### **3.8 ¿Qué alternativas existen para evitar la contaminación del agua y qué normativas se aplican para el cumplimiento de las mismas?**

Los avances tecnológicos han traído nuevas alternativas para las actividades de mayor contaminación, como afirma la literatura, la manera tradicional de extraer oro es mediante el uso de cianuro, este elemento puede ser remplazado por un método más eco amigable usando almidón de maíz<sup>24</sup>. También pueden disminuir el uso de fungicidas y herbicidas, usando agua con plata y oro ionizado ya que como afirma la literatura es una buena alternativa para el control de plagas y menos contaminante para el ambiente<sup>25</sup>. En el caso del gobierno puede incrementar las medidas de concientización en las personas, apoyando el estudio de la contaminación del agua para que las cifras sean visibles por las personas y conozcan el impacto que tiene en la salud de la

sociedad, además motivar mediante prestamos o incentivos tributarios a las empresas que hagan uso de estas alternativas y cumplan con las normativas que están vigentes para el control de contaminación del agua en el Ecuador<sup>26</sup>.

Las normativas vigentes dentro del país son las normas INEN 1108 y TULSMAN, cada una tienen parámetros establecidos con el objetivo de asegurar que el agua tenga calidad y no produzca problemas luego del consumo, de acuerdo con la literatura para el cumplimiento de estas normas existe la parte judicial, y al no ser cumplida puede ser catalogado como un crimen. El agua dentro de la constitución tuvo mayor importancia desde la última reforma del 2008, donde asegura el acceso seguro a este recurso en un ambiente sano, o resumido todo en "Sumak Kwasay". Este no fue el único cambio que beneficio al agua, el plan de la nueva constitución era relacionar el desarrollo sustentable de la mano con el ambiente y la cultura para que sean protegidos, de esta manera se reconocía los derechos de la naturaleza, incitando a la población a participar en la gestión y protección ambiental, estos cambios estuvieron observados dentro del artículo 86 y 91 de la constitución<sup>27</sup>. Desde el punto de vista de la literatura existen otros artículos dentro de la constitución que tienen relación con la protección del agua esto lo estipula el artículo 72 que detalla que la naturaleza además de tener derecho a la protección, también tiene que ser restaurada, responsabilizando al estado ecuatoriano y a las personas que hayan hecho un daño al recurso hídrico, el artículo 71 también promueven el derecho a la "Pacha Mama" reconociendo su protección, mantenimiento y regeneración de los ciclos vitales<sup>6,28</sup>. Incluso dentro de la Ley de protección de recursos hídricos y aprovechamiento del agua, declara infracción muy grave el "Verter aguas contaminadas o sustancias tóxicas en dominios hídricos públicos sin tratamiento" esto lo estipula en capítulo V de infracciones del numeral 9 y 10, extrapolando esta información con lo investigado anteriormente se conocer que existen crímenes por contaminación de fuentes de agua e incluso leyes que prohíben estas actividades pero no hay un control o cumplimiento de las mismas<sup>27</sup>.

#### **4. CONCLUSION**

Se analizó la contaminación del agua urbana en el Ecuador, y existen varias actividades que contaminan el recurso hídrico, aunque algunas resultan más letales que otras, entre ellas está la explotación de hidrocarburos, el uso de pesticidas, fungicidas, herbicidas, descargo de residuos sólidos urbanos y desechos de minas en los ríos, los efectos en la salud son devastadores, cada una de las actividades que contaminan el agua tienden a provocar un daño diferente en la salud, en el caso de los desechos sólidos urbanos por su gran carga microbiana provoca enfermedades de igual relación, mientras que por actividades en minas y metales pesados son las más letales junto con el uso de pesticidas, fungicidas, herbicidas porque pueden provocar cáncer o daños en varios sistemas del cuerpo, las nuevas tecnologías han brindado alternativas con menor impacto de contaminación, sin embargo son costosas y poco investigadas, por ello se propone que el gobierno genere políticas públicas que además de concientizar a las personas, facilite a las grandes empresas a incluir alternativas más amigables con menos contaminación.

La normativa vigente dentro del territorio ecuatoriano es la INEN 1108 y TULSMAN donde se encuentran parámetros con requerimientos mínimos para establecer que el agua tiene calidad y ningún tipo de contaminación que pueda afectar en la salud, además dentro de la constitución y del código orgánico del ambiente, define el agua como un recurso vital e importante para las personas, que debe ser cuidado y remediado en caso de contaminación caso contrario hay sanciones monetarias y carcelarias.

El descargo de residuos sólidos urbanos es un problema de todas las ciudades del país además de ser la principal fuente de contaminación en las grandes ciudades, como Guayaquil, Quito, Cuenca, Machala, sin embargo, hay otras ciudades donde la contaminación es más grave, es el caso de Sucumbíos en la extracción de crudo, Zaruma en la actividad minera, Manta en el uso de pesticidas, fungicidas, herbicidas.

## 5. BIBLIOGRAFIA

- (1) Zambrano Mero, J. D.; Delgado Párraga, A. G.; Zambrano Mero, E. T.; Peñaherrera Villafuerte, S. L. Contaminantes Biológicos Presentes En Fuentes de Agua Del Centro-Sur de La Provincia de Manabí, Ecuador. *Siembra, ISSN 1390-8928, ISSN-e 2477-8850, Vol. 9, N° 2, 2022 (Ejemplar dedicado a: SIEMBRA; e3969) 2022, 9 (2), 1.* <https://doi.org/10.29166/siembra.v9i2.4011>.
- (2) Benito Intriago-Flores, J. I.; Santiago Quiroz-Fernandez, L. I. Calidad Del Agua de La Cuenca Media Del Río Portoviejo. Estrategias Para Mitigar La Contaminación. *Polo del Conocimiento: Revista científico - profesional, ISSN-e 2550-682X, Vol. 6, N° 6, 2021 (Ejemplar dedicado a: JUNIO), págs. 1172-1195 2021, 6 (6), 1172–1195.* <https://doi.org/10.23857/pc.v6i6.2811>.
- (3) Iturralde Jácome, X. A.; Hernández Escobar, A. A. Biofiltración de Aguas Residuales de Industrias Arroceras de San Jacinto de Yaguachi, Ecuador Mediante Cascarilla de Arroz. *Revista Iberoamericana Ambiente & Sustentabilidad, ISSN 2697-3510, ISSN-e 2697-3529, N° 5, 2022 2022, 5 (5), 271.* <https://doi.org/10.46380/rias.v5.e271>.
- (4) Goddard, F. G. B.; Pickering, A. J.; Ercumen, A.; Brown, J.; Chang, H. H.; Clasen, T. Faecal Contamination of the Environment and Child Health: A Systematic Review and Individual Participant Data Meta-Analysis. *Lancet Planet Health 2020, 4 (9), e405–e415.* [https://doi.org/10.1016/S2542-5196\(20\)30195-9](https://doi.org/10.1016/S2542-5196(20)30195-9).
- (5) Izurieta, R.; Campaña, A.; Calles, J.; Estevez, E.; Ochoa, T. *Calidad Del Agua En Ecuador; Mexico, 2019.*
- (6) Cruz P; Bajaña B; Morales C. Vulneración de Los Derechos de La Naturaleza En El Ecuador. *Revista Arbitrada de Ciencias Jurídicas y Criminalísticas 2021, 6 (1), 738–743.* <https://doi.org/10.35381/racji.v6i1.1533>.
- (7) Celio Bravo-Moreira; Ítalo Bello-Moreira; Yester López-Zambrano. Contaminación de Agua Cruda de Rio y Potabilizada de Consumo Doméstico En Manta - Ecuador. *Dominio de las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 2, N° 3, 2016, págs. 171-186 2016, 2 (3), 171–186.*
- (8) Lesi, V. M.; Giler, E.; Marcela, P. M.; Sánchez, S.; Manuel, S. D.; Álvarez, V. El Agua: Gravámenes Sobre Su Contaminación. *Dilemas contemporáneos: Educación, Política y Valores 2020.* <https://doi.org/10.46377/DILEMAS.V35I1.2259>.
- (9) Organización de Naciones Unidas. *Agua y saneamiento - Desarrollo Sostenible.* <https://www.un.org/sustainabledevelopment/es/water-and-sanitation/> (accessed 2023-07-20).
- (10) Maurice, L.; López, F.; Becerra, S.; Jamhoury, H.; Le Menach, K.; Dévier, M. H.; Budzinski, H.; Prunier, J.; Juteau-Martineau, G.; Ochoa-Herrera, V.; Quiroga, D.; Schreck, E. Drinking Water Quality in Areas Impacted by Oil Activities in Ecuador: Associated Health Risks and Social Perception of Human Exposure. *Science of The Total Environment 2019, 690, 1203–1217.* <https://doi.org/10.1016/J.SCITOTENV.2019.07.089>.

- (11) Andréé, D. C.; Marie Anne Eurie, F.; Niels, D. T.; Isabel, G. A.; Arne, D.; Wout, V. E.; Lenin, R. F.; Jasmine, D. R.; Liesbeth, J.; Pieter, S.; Luis, D. G.; Peter L.M., G. From Field to Plate: Agricultural Pesticide Presence in the Guayas Estuary (Ecuador) and Commercial Mangrove Crabs. *Environmental Pollution* **2021**, *289*, 117955. <https://doi.org/10.1016/J.ENVPOL.2021.117955>.
- (12) Gonzaga Figueroa, A. G. Formación de Gestores Ambientales Comunitarios Para Mitigar La Contaminación de La Microcuenca Jipiro. *Revista Científica Hallazgos21, ISSN-e 2528-7915, Vol. 21, N°. Extra 3, 2018* **2018**, *21* (3), 25.
- (13) Antúnez Sánchez, A.; Guanoquiza Tello, L. La Contaminación Ambiental En Los Acuíferos de Ecuador. *Revista Visión Contable, ISSN-e 2539-0104, ISSN 0121-5337, N°. 19, 2019 (Ejemplar dedicado a: Enero-Junio), págs. 64-101* **2019**, No. 19, 64–101. <https://doi.org/https://doi.org/10.24142/rvc.n19a4>.
- (14) Jiménez-Oyola, S.; Chavez, E.; García-Martínez, M. J.; Ortega, M. F.; Bolonio, D.; Guzmán-Martínez, F.; García-Garizabal, I.; Romero, P. Probabilistic Multi-Pathway Human Health Risk Assessment Due to Heavy Metal(Loid)s in a Traditional Gold Mining Area in Ecuador. *Ecotoxicol Environ Saf* **2021**, *224*, 112629. <https://doi.org/10.1016/J.ECOENV.2021.112629>.
- (15) González-Osorio, B. B.; Saá-Yáñez, L. M.; Simba-Ochoa, L. F.; Barragán-Monrroy, R.; Cadme-Arevalo, M. L.; González-Osorio, B. B.; Saá-Yáñez, L. M.; Simba-Ochoa, L. F.; Barragán-Monrroy, R.; Cadme-Arevalo, M. L. Vegetación Riparia y La Calidad Del Recurso Hídrico En La Zona Centro Del Litoral Ecuatoriano. *Terra Latinoamericana* **2022**, *40*. <https://doi.org/10.28940/TERRA.V40I0.1070>.
- (16) Aveiga Ortiz, A. M.; Noles Aguilar, P. J.; Macías, F. P.; Herrera, E. M.; Aveiga Ortiz, A. M.; Noles Aguilar, P. J.; Macías, F. P.; Herrera, E. M. Distribución de Arsénico En Agua Superficial y Sedimento En La Cuenca Del Río Carrizal, Manabí - Ecuador. *Revista de la Sociedad Química del Perú* **2020**, *86* (3), 260–275. <https://doi.org/10.37761/RSQP.V86I3.299>.
- (17) Arcentales-Ríos, R.; Carrión-Méndez, A.; Cipriani-Ávila, I.; Acosta, S.; Capparelli, M.; Moulatlet, G. M.; Pinos-Vélez, V. Assessment of Metals, Emerging Contaminants, and Physicochemical Characteristics in the Drinking Water and Wastewater of Cuenca, Ecuador. *Journal of Trace Elements and Minerals* **2022**, *2*, 100030. <https://doi.org/10.1016/J.JTEMIN.2022.100030>.
- (18) *El Código Orgánico del Ambiente (COA) – Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica*. <https://www.ambiente.gob.ec/codigo-organico-del-ambiente-coa/> (accessed 2023-07-27).
- (19) Mora, A.; Jumbo-Flores, D.; González-Merizalde, M.; Bermeo-Flores, S. A.; Mora, A.; Jumbo-Flores, D.; González-Merizalde, M.; Bermeo-Flores, S. A. Niveles de Metales Pesados En Sedimentos de La Cuenca Del Río Puyango, Ecuador. *Revista internacional de contaminación ambiental* **2016**, *32* (4), 385–397. <https://doi.org/10.20937/RICA.2016.32.04.02>.
- (20) Román Calero, F. B. Contaminación de Las Aguas y Efectos En La Salud En Una Región Llamada Santo Domingo de Los Tsáchilas, Ecuador. *Mikarimin* **2015**, *1* (2), 33–44.

- (21) Haz Álvarez, M.; Santo Domingo de Los Tsáchilas Quevedo, vía; Ríos, L.; Santo Domingo de los Tsáchilas Quevedo, vía; para correspondencia, A.; González Osorio, B. Calidad Del Agua Destinada al Consumo Humano En Un Cantón de Ecuador. *Revista Ciencia Unemi* **2016**, *9* (20), 109–117.
- (22) Alava, J. J.; Calle, P.; Tirapé, A.; Biedenbach, G.; Cadena, O. A.; Maruya, K.; Lao, W.; Aguirre, W.; Jiménez, P. J.; Domínguez, G. A.; Bossart, G. D.; Fair, P. A. Persistent Organic Pollutants and Mercury in Genetically Identified Inner Estuary Bottlenose Dolphin (*Tursiops Truncatus*) Residents of the Guayaquil Gulf, Ecuador: Ecotoxicological Science in Support of Pollutant Management and Cetacean Conservation. *Front Mar Sci* **2020**, *7*, 523688. <https://doi.org/10.3389/FMARS.2020.00122/BIBTEX>.
- (23) Järup, L. Hazards of Heavy Metal Contamination. *Br Med Bull* **2003**, *68* (1), 167–182. <https://doi.org/10.1093/BMB/LDG032>.
- (24) Liu, Z.; Frascioni, M.; Lei, J.; Brown, Z. J.; Zhu, Z.; Cao, D.; Iehl, J.; Liu, G.; Fahrenbach, A. C.; Botros, Y. Y.; Farha, O. K.; Hupp, J. T.; Mirkin, C. A.; Stoddart, J. F. Selective Isolation of Gold Facilitated by Second-Sphere Coordination with  $\alpha$ -Cyclodextrin. *Nature Communications* **2013**, *4* (1), 1–9. <https://doi.org/10.1038/ncomms2891>.
- (25) Aćimović, S. G.; Zeng, Q.; McGhee, G. C.; Sundin, G. W.; Wise, J. C. Control of Fire Blight (*Erwinia Amylovora*) on Apple Trees with Trunk-Injected Plant Resistance Inducers and Antibiotics and Assessment of Induction of Pathogenesis-Related Protein Genes. *Front Plant Sci* **2015**, *6* (FEB). <https://doi.org/10.3389/FPLS.2015.00016>.
- (26) Vargas, A.; Reyes, M. Incentivos Económicos Para La Conservación de Áreas Naturales: Una Revisión de La Literatura. *Lecturas de Economía* **2011**, No. 74, 151–170.
- (27) Sandoval, C. Criminología Verde y El Agua: Estudio Aplicado Del Caso de Zaruma Ecuador. *revista electrónica de medioambiente* **2018**, *19* (2), 238–256.
- (28) David Olmedo-Ponce, J. I.; Alfredo Quiñonez-Ramos, R. I. Derechos Humanos al Ambiente Saludable En Ecuador. *Dominio de las Ciencias, ISSN-e 2477-8818, Vol. 7, N°. Extra 4, 2021 (Ejemplar dedicado a: AGOSTO ESPECIAL), pág. 58* **2021**, *7* (4), 58. <https://doi.org/10.23857/dc.v7i4.2155>.
- (29) Oscullo, P.; Álvarez, L.; Chávez, E.; Ugsha, M. Análisis de Lluvia Ácida En La Ciudad de Nueva Loja, Provincia de Sucumbíos. **2021**. <https://doi.org/10.53313/gwj43002>.
- (30) Lindao, D.; Quisnancela, E. Aprovechamiento y Potencial Energético de Los Desechos Sólidos Urbanos Generados En El Cantón Guayaquil. *Congreso de Ciencia y Tecnología ESPE* **2015**, *10* (1), 95–101. <https://doi.org/10.24133/CCTESPE.V10i1.31>.
- (31) Pauta -Calle, G.; Vázquez, G. B.; Abril, A. F. T.; Torres, C. S.; Loja-Sari, M. C.; Palta-Vera, A. J. Indicadores Bacteriológicos de Contaminación Fecal En Los Ríos de Cuenca, Ecuador. *Maskana* **2020**, *11* (2), 46–57. <https://doi.org/10.18537/mskn.11.02.05>.

## 6. ANEXOS

**Tabla 1.** Principales fuentes de contaminación en ciudades del Ecuador

Ciudad	Fuente contaminante	Daños
Sucumbíos (Nueva Loja)	Hidrocarburos	Contiene el 80% de derrames de petróleo de todo el Ecuador <sup>10</sup> , existen lluvias acidas elevadas <5.60 por actividad petrolera <sup>29</sup> .
Guayas (Guayaquil y otras ciudades del país)	Desechos sólidos urbanos	El Ecuador genera 2,5 millones de toneladas anuales de desechos sólidos urbanos <sup>30</sup> .
Manabí (Manta)	Contaminantes químicos persistentes	Se han encontrado hasta 80 productos químicos en análisis del agua de río <sup>7</sup> .
Azuay (Cuenca)	Desechos sólidos urbanos, minería	Se encontró presencia de metales y carga microbiana de <i>Estreptococos fecales</i> <sup>17,31</sup> .
El Oro (Zaruma)	Minería ilegal	110 plantas procesadoras y 440 minas que vierten sus desechos en los ríos <sup>19</sup> .

Elaboración: Autor

**Tabla 2.** Criterios permisibles del agua para consumo humano

Parámetros	INEN 1108	TULSMA
Oxígeno disuelto (% saturación)	-	No menor a 80% de saturación
Nitritos (mg/l)	50	<2
Nitratos (mg/l)	50	50
Coliformes totales (NMP/100 ml)	-	200
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	<1,1	1000

Temperatura (°C)	-	-
pH	-	6 – 9
Dureza (mg/l)	-	500
Cloruros (mg/l)	-	-
Hierro (mg/l)	-	1
Manganeso (mg/l)	-	0,1
Sulfato SO4-2 (mg/l)	-	500
Color (UPC)	15	75
Turbidez (NTU)	5	100

Fuente:<sup>17</sup>

**Tabla 3.** Enfermedades y su incidencia causada por el agua contaminada

Contaminación	Agente causal	Patología	Incidencia
Microbiana	Vibrio cholera	Colera	84,6% <sup>12</sup>
	Parásitos, bacterias	Diarrea	
	Shigella spp, Entamoeba histolytica	Disentería	
	VHA	Hepatitis A	12996 (2017-2020) <sup>9</sup>
	Salmonella Typhi	Fiebre tifoidea	5007 (2017-2020) <sup>9</sup>
Contaminantes orgánicos persistentes	POP's	Cáncer, problemas reproductivos y de desarrollo, daño a los sistemas inmunológico, nervioso y endocrino	-
Metales pesados	Plomo	Daño al sistema nervioso, problemas de desarrollo, anemia, daño renal, abortos espontáneos y nacimientos prematuros	-
	Mercurio	Daño neurológico y del desarrollo,	-

		especialmente en fetos y niños pequeños	
	Cadmio	Daño renal, osteoporosis, cáncer de pulmón	-
	Arsénico	Cáncer de piel, pulmón, vejiga y riñón, enfermedades cardiovasculares, diabetes	-

Elaboración: Autor