



MANAGEMENT

COMIL 4

Revista Científica



2025

Vol. 2, No. 2, 163-197

Artículo

Análisis de la alteración de los componentes del agua en los ríos de Cuenca por efecto de las aguas residuales

Leonela Jacqueline Cando Marfetán¹

¹Unidad Educativa de FF. AA Colegio Militar N° 4 “Abdón Calderón”, **COMIL 4**

Cuenca, Ecuador

Email: lj.cando@comilcue.edu.ec

 <https://orcid.org/0009-0000-9247-9642>

Resumen

El agua, líquido vital para el bienestar de todos los seres vivos que coexisten en un mismo territorio. Sin embargo, en las últimas décadas la sociedad ha sido participe de un aumento en la polución de las fuentes de agua, debido a las descargas de vertidos residuales. Este problema afecta a ríos de todo el mundo, incluyendo los ríos Tomebamba, Yanuncay, Tarqui y Machángara en la ciudad de Cuenca. El objetivo fue analizar los parámetros de la calidad del agua como el pH y la conductividad eléctrica para determinar si existe altos niveles de contaminación a causa de las aguas residuales, las cuales alteran el estado físico-químico del agua. La metodología aplicada en esta investigación es descriptiva con un enfoque cuali-cuantitativo. Se llevó a cabo una revisión exhaustiva de la literatura, consultando fuentes confiables como artículos científicos y documentos de ETAPA-EP, además se aplicó una encuesta estructurada a estudiantes universitarios para conocer su percepción

sobre el problema de la contaminación del agua. También se realizó una entrevista al ingeniero, jefe de la planta de tratamiento, para obtener información sobre el funcionamiento de la misma. Los resultados del análisis de laboratorio indicaron que, en general, el agua de los ríos presenta una ligera alcalinidad y niveles de conductividad que se consideran normales, aunque se notaron variaciones entre los diferentes puntos de muestreo. No obstante, la encuesta reveló que la mayoría de los estudiantes sugieren que la calidad del agua de los ríos ha empeorado en los últimos años y señalan a las industrias como los principales culpables de la contaminación.

Palabras clave: Análisis; aguas residuales; contaminación; industrias; calidad.

Código de clasificación internacional: 2508.11 - Calidad de las aguas

Analysis of the alteration of water components in the rivers of Cuenca due to wastewater.

Abstract

Water, a vital liquid for the well-being of all living beings that coexist in the same territory. However, in recent decades, society has witnessed an increase in the contamination of water sources, due to wastewater discharges. This problem affects rivers all over the world, including the Tomebamba, Yanuncay, Tarqui, and Machángara rivers in the city of Cuenca. The objective was to analyze water quality parameters such as pH and electrical conductivity to determine if there are high levels of contamination due to wastewater, which alters the physical-chemical state of the water. The methodology applied in this research is descriptive with a quali-quantitative approach. An exhaustive review of the literature was carried out, consulting reliable sources such as scientific articles and documents from ETAPA-EP. In addition, a structured survey was applied to university students to learn about

their perception of the water pollution problem. An interview was also conducted with the engineer, head of the treatment plant, to obtain information about its operation. The results of the laboratory analysis indicated that, in general, the river water presents a slight alkalinity and conductivity levels that are considered normal, although variations were noted between the different sampling points. However, the survey revealed that the majority of students suggest that the water quality of the rivers has worsened in recent years and point to industries as the main culprits of the pollution.

Keywords: Analysis; wastewater; pollution; industries; quality.

International classification code: 2508.11 - Water quality

1. Introducción

El agua es el recurso esencial para la vida y el bienestar de los seres vivos. No obstante, en las últimas décadas la contaminación de las fuentes hídricas ha aumentado de manera significativa debido a la acción humana, principalmente por la liberación de aguas residuales. En Ecuador, las fuentes hídricas situadas en las provincias de Guayas y Esmeraldas poseen un alto índice de contaminación, debido a que se ubican en las áreas más productivas del país donde no existen plantas de tratamiento suficientes que permitan devolver las aguas de los ríos a su estado natural (Youtopia, 2024).

Los ríos Yanuncay, Tarqui, Machángara y Tomebamba realzan la belleza de la ciudad de Cuenca, tres de las cuatro cuencas hídricas surgen en las cordilleras andinas, específicamente en el Parque Nacional Cajas, situado al oeste de la ciudad. Esta área protegida es reconocida por su flora y fauna endémica, así como sus lagunas y páramos que funcionan como fuentes naturales de agua (Mancino, 2024). Los ríos surgen de las cumbres del Cajas, nutridos por el agua pluvial y el deshielo, se dirigen hacia la ciudad y, al final se unen formando el río Cuenca; posteriormente aguas más abajo toman el

nombre de río Paute, siendo el principal afluente de la Hidroeléctrica Paute-Mazar.

En los últimos años las fuentes hídricas han sido objeto de vertidos residuales que han afectado su composición química y biológica. En el plano químico, las aguas residuales contienen un gran número de compuestos, tanto orgánicos como inorgánicos, que provocan el crecimiento excesivo de algas y reducen la cantidad de oxígeno en el agua, lo que conlleva a una extinción de especies acuáticas nativas. Por otro lado, el aspecto biológico de la contaminación del agua se ve representado en el aumento de microorganismos perjudiciales, que a su vez pone en peligro la salud pública de la ciudadanía cuencana (ETAPA-EP, 2024).

Este tipo de contaminación provoca una serie de consecuencias negativas en diversos ámbitos. En el ámbito ambiental, la restricción del uso del recurso afecta tanto en la agricultura como en la pérdida de la fauna acuática; además pone en peligro la sanidad pública y la tranquilidad de la población cuencana, que depende de las fuentes hídricas mencionadas. Desde un punto de vista socioeconómico, la degradación de paisajes naturales ribereños disminuye su atractivo turístico, afectando de esta manera los ingresos de los negocios que se encuentran a los alrededores de los ríos (Steinfeld et al., 2009).

En el ámbito legal, en Ecuador existen normativas ambientales que indican el porcentaje de la calidad del agua que se puede considerar adecuada; sin embargo, Pauta *et al.*, (2019): sostiene que “El agua destinada a consumo humano debe cumplir requisitos de calidad, los mismos que cada vez son más difíciles de alcanzar, debido a la presencia de sustancias de muy diverso origen en las corrientes receptoras”. La ciudad de Cuenca dispone de una planta de tratamiento de vertidos residuales, pero posiblemente su

capacidad de purificación puede resultar insuficiente, ya sea por la infraestructura o por los altos niveles de vertidos emitidos de las fábricas y la población.

Es necesario trabajar mancomunadamente con las entidades municipales para frenar esta problemática que trae consigo consecuencias negativas, las cuales pueden afectar la vida cotidiana de la ciudadanía cuencana. Posteriormente, Pesántez *et al.*, (2021): quien afirma que “en tal sentido, en ámbitos medio ambientales realizar un análisis de la calidad del agua de las fuentes hídricas es sumamente importante para contribuir en el desarrollo sostenible, esto implica el análisis de los diferentes parámetros del agua”. La obtención de estos resultados, con ayuda de la entidad municipal ETAPA (Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca), permitirá reconocer el nivel de contaminación de los ríos y sus posibles repercusiones a corto y largo plazo.

1.1 Eficiencia del sistema de tratamiento de aguas residuales

La entidad pública ETAPA-EP (Empresa de Telecomunicaciones, Agua Potable, Alcantarillado y saneamiento de Cuenca), se creó en 1968 con el objetivo de proteger las fuentes hídricas de la ciudad y preservar el medio ambiente. A través de su infraestructura moderna y estrategias innovadoras la entidad busca garantizar la calidad del agua y minimizar el impacto de aguas residuales en los entornos locales; posee diversas plantas de potabilización en diferentes puntos estratégicos de la ciudad, que eliminan sustancias tóxicas y purifican el agua para el consumo humano (ETAPA EP, 2023).

La empresa dispone de un sistema de alcantarillado de aguas residuales que fue construido en 1934 por el municipio, donde varias quebradas pequeñas como: Chanchaco, Gallinazo y Milchichig eran utilizadas

para llevar las aguas residuales de la mayor parte de la ciudad. Posteriormente en los años 70 se realizó la rehabilitación del primer sistema de alcantarillado que fue construido con piedra y cal en forma de canales o trapecios, ETAPA-EP en la década de los 90 ejecutó el Plan Maestro con la finalidad de controlar la contaminación que serviría hasta el 2020; en ese tiempo se ampliaron las redes de alcantarillado y se reemplazaron los canales antiguos con materiales modernos y resistentes, también se construyeron interceptores que son grandes tuberías paralelas a los ríos (ETAPA EP,2023).

Actualmente las aguas residuales de la ciudad no van a las fuentes hídricas, el sistema de alcantarillado recibe estas aguas, las entrega a los interceptores y son conducidas a la planta de tratamiento, donde las aguas son tratadas para devolverlas al río, libres de contaminación. ETAPA-EP vigila continuamente la calidad de los ríos, debido a que, cuando los ríos estaban contaminados solo las lombrices y sanguijuelas vivían en el fondo, por ende, el índice de calidad de agua era pésimo. Ahora otros organismos viven en los ríos libres de contaminación y el índice de pureza del agua se ha recuperado y es bueno para el consumo humano (ETAPA EP, 2023).

La Planta de Tratamiento más importante es la que se encuentra en el sector Ucubamba junto a la autopista Cuenca-Azogues, la misma que gestiona el 95% de vertidos residuales de la ciudad de Cuenca. Además, el propósito principal de esta infraestructura es normalizar la presión y el flujo de entrada a la planta, así como la eliminación de sólidos, que por su naturaleza conforman una carga para la Planta de Tratamiento. Se desechan aproximadamente 4,30 m^3 /día para un volumen promedio de 1300 l/s; así mismo cuenta con personal especializado para este tipo de infraestructura, con la finalidad de mantener en buen estado las instalaciones públicas (ETAPA EP, 2024).

Los procesos que se llevan a cabo en la Planta de Tratamiento para purificar el agua se dividen en tres etapas: pretratamiento, fase líquida y fase sólida. El proceso inicia en la zona de pretratamiento con un cajón rompe presión que está diseñado para 3640 m/s en temporada de lluvia y 1800 m/s en temporada seca. Posteriormente el agua pasa a las cribas auto limpiantes, que es donde se retiene la mayor cantidad de desechos sólidos grandes, luego se dirige hacia los desarenadores, en los cuales se evacuan los sólidos como arena o partes orgánicas de menor tamaño que lograron pasar en las cribas. Una vez que el agua está en los desarenadores se extrae toda la arena y los desechos, los cuales son cubiertos con cal para neutralizar los olores que emana el ambiente.

Después, empieza la fase líquida, que está compuesta por las lagunas aereadas, facultativas y de maduración. Las lagunas aereadas tienen una dimensión de 6 hectáreas cada una con una profundidad de 4.5 metros, poseen un talud de inclinación de 2 metros y una capacidad 135 000 metros cúbicos; estas lagunas poseen aereadores los cuales son utilizados para oxigenar el agua, que son necesarios para que la carga orgánica sea del 90%. Las lagunas facultativas tienen una dimensión de 3 hectáreas cada una, 2 metros de profundidad, un talud de 2 metros y una capacidad de 260 metros cúbicos cada una.

En las lagunas facultativas se sedimentan los sólidos, es decir, los lodos para que las algas unicelulares, mediante la fotosíntesis con ayuda de la luz solar realicen el trabajo de la remoción de cargas. Posteriormente el agua sigue su curso hasta las lagunas de maduración, las cuales tienen una dimensión de 7 hectáreas cada una, 2 metros de profundidad, un talud de 2 metros y cuentan con una capacidad de 148 metros cúbicos cada laguna. En

estas lagunas se eliminan los restos de los desechos sobrantes y por consiguiente el agua, libre de deseos, es vertida a los ríos.

En estas lagunas se realiza un tratamiento adicional al lodo que sale de las lagunas facultativas, allí se bombea, mediante estaciones de bombeo hacia la planta de lodos, en la cual mediante presión con filtro bandas y rodillos se deshidrata el lodo con la ayuda de un solo químico que es el polímero floculante, el cual ayuda a la separación del agua y el lodo. Con este tratamiento el lodo sale deshidratado con un 64% de humedad, siendo ese el parámetro normal que maneja ETAPA-EP, este material es evacuado mediante la volqueta hacia el relleno sanitario, lugar donde concluye el tratamiento.

Cabe recalcar que las instalaciones fundamentales en el proceso de saneamiento del agua para el consumo humano son las lagunas de estabilización: dos aereadas, las cuales mediante el uso aereadores flotantes se obtiene la aeración artificial, que facilita la asimilación de materia orgánica soluble en el agua en un tiempo limitado. Esto ayuda a disminuir la cantidad de sólidos y la carga orgánica a niveles apropiados para que el tratamiento continúe en las lagunas facultativas, donde se descompone la materia orgánica con la asistencia de microorganismos que requieren oxígeno para llevar a cabo su función (ETAPA EP, 2023).

Las lagunas facultativas se componen de tres niveles: el primero es un área aerobia superficial, un área facultativa intermedia y un área anaerobia donde se acumulan lodos en el fondo de la misma. La función primordial de estas lagunas radica en la retención y absorción de sólidos orgánicos, la regulación de carga biológica y de oxígeno mediante la acción de algas unicelulares en la superficie, así como la erradicación de nemátodos

intestinales. Por último, dos lagunas de maduración que desempeñan un papel análogo al de las lagunas facultativas con la única distinción que en ellas no se produce una acumulación de lodos en el fondo (ETAPA EP, 2023).

Todas estas lagunas son vitales para el funcionamiento de la planta, en primer lugar, actúan como grandes estanques donde las aguas residuales se almacenan durante un tiempo considerable, este tiempo de retención permite que los sólidos se sitúen en el fondo, separándolos de la fase líquida. Además, las lagunas de estabilización fomentan el desgaste biológico de la materia orgánica existente en las aguas contaminadas. Las algas, a través de la fotosíntesis liberan oxígeno en el agua, lo que a su vez estimula la actividad de las bacterias anaerobias que se encargan de aislar la materia orgánica.

El proceso de tratamiento de aguas residuales genera grandes cantidades de lodos que son residuos semisólidos que se producen al separar los sólidos del agua residual; los cuales necesitan ser deshidratados antes de su disposición final para esto existe una planta que reduce significativamente su peso y su volumen antes de su eliminación. La instalación destinada a la deshidratación de lodos, está ubicada dentro de la Planta de Tratamiento Ucubamba, ocupando un área de aproximadamente 2300 m^2 , con una inclinación que se dirige hacia las lagunas de estabilización. Las elevaciones máxima y mínima son de aproximadamente 2425 y 2423 metros sobre el nivel del mar, y está compuesto por suelos de relleno que poseen un grosor que varía entre 1 a 2.5 metros (ETAPA EP, 2023).

Analizando de cerca las instalaciones se puede determinar que la Planta de Tratamiento de la ciudad de Cuenca se encuentra en óptimas condiciones para gestionar las aguas residuales que se producen día a día, sin embargo, es necesario que el municipio local invierta sus recursos

económicos con el fin de mejorar la infraestructura y de esta manera garantizar a la población agua potable de buena calidad. El personal encargado de la planta realiza constantemente estudios y análisis de las diferentes condiciones que determinan la calidad del agua, para asegurar el cumplimiento de normativas ambientales y la protección de las cuencas hídricas.

1.2 Evaluación de la calidad físico-química del agua

El agua es el recurso más esencial para la vida en nuestro planeta si no existiera la vida no fuese posible, para ello Mayorga et al., (2017) señala que “Al caer en forma de lluvia, el agua arrastra impurezas del aire, y a medida que circula por la superficie, o al filtrarse a través de la misma, se le añaden otros contaminantes químicos, físicos y biológicos” (p. 428-429). Por ende, es fundamental realizar evaluaciones constantes del agua para asegurarse de que sea adecuada para los diferentes usos por parte de la sociedad, desde el consumo humano hasta el mantenimiento de los ecosistemas acuáticos.

La evaluación consiste en el análisis de varios parámetros que sirven como indicadores de calidad, mostrando la presencia y concentración de sustancias físicas, químicas y biológicas que pueden alterar las propiedades naturales del agua y representar riesgos para la salud y el medio ambiente. Entender y monitorear de manera rigurosa estos parámetros es fundamental para la administración sostenible de los recursos hídricos en la ciudad, lo que habilita a los ciudadanos cuencanos a la toma de decisiones fundamentadas para salvaguardar las fuentes de agua, optimizar los procesos de tratamiento y garantizar un suministro seguro y adecuado para las generaciones actuales y futuras.

Existe múltiples factores que se consideran al momento de evaluar la calidad del agua, estos factores pueden reflejar características químicas como

la temperatura, el pH o la conductividad eléctrica. Sin embargo, también pueden expresar concentraciones de un sinnúmero de nutrientes existentes en el agua de los ríos, tales como nitratos y fosfatos; a su vez desempeñan el papel de indicador de componentes y elementos esenciales como el oxígeno disuelto. Cada parámetro posee ciertas reglas y pautas generales para establecer si una muestra recolectada debe ser considerada aceptable o peligrosa para la salud humana (Instruments, 2022).

Sin embargo, también es indispensable considerar los parámetros biológicos con el fin de garantizar la calidad del agua que sostiene la vida y el desarrollo de la región; estos son señales que evidencian la existencia de seres vivos en el agua, además de la actividad biológica que esta podría representar, estos están vinculados directamente con la calidad del agua y, por ende, su capacidad para diversos usos (Instituto del agua, 2024). La presencia de ciertos organismos patógenos puede considerarse un riesgo directo para la salud humana, ya que pueden causar diversas enfermedades transmitidas por el agua.

Entre los factores biológicos más relevantes del agua se encuentran: los microorganismos patógenos, que se identifican como un indicador de la contaminación fecal en el agua; el plancton, que incluyen tanto el fitoplancton (organismos vegetales en estado flotante) como el zooplancton (organismos animales en estado flotante), los cuales son fundamentales para la red trófica acuática. También se consideran las algas, ya que su excesiva proliferación puede provocar fenómenos no deseados como las floraciones algales, además la evaluación del volumen de oxígeno que los microorganismos absorben durante la descomposición de material orgánico (Instituto del agua, 2024).

Las descargas residuales sin un tratamiento adecuado hacían las fuentes hídricas pueden alterar significativamente los parámetros de la calidad del agua en las fuentes hídricas de Cuenca, afectando así los ecosistemas acuáticos naturales y poniendo en peligro la salud de la población. Por ejemplo, la disminución de oxígeno disuelto puede alterar las cadenas alimenticias de los animales acuáticos, también la alteración del pH puede afectar la solubilidad de diversos compuestos, como nutrientes y metales pesados y tener un impacto directo en la fisiología de los organismos acuáticos.

En el magnífico entorno de Cuenca, analizar el pH y la conductividad del agua de sus ríos se convierte en una tarea fundamental. El pH demuestra si el agua es ácida o alcalina, el intervalo normal de pH en cuerpos de agua superficial se sitúa entre 6.5 a 8.5, por ende, el agua pura presenta un pH de 7.0, si es menor indica acidez y si es mayor a ese valor determinado indica que el agua es básica, lo que genera un impacto directo en la solubilidad de los nutrientes y la toxicidad de ciertos contaminantes, afectando así la vida en el agua acuática, la salud pública y los procesos biogeoquímicos.

Por otro lado, la conductividad eléctrica, visto como un parámetro para sales disueltas en el líquido, facilita el cálculo de los iones y su relación en este recurso, siendo especialmente relevante para el Sulfato, Cloruro, Bicarbonato, Sodio, Magnesio, Fósforo y Calcio. El cálculo se realiza en microhmio/cm, pero también se expresa en siemens/cm. La conductividad actúa como un indicador indirecto de los sólidos disueltos (Colmenares y Cruz, 2020). Esto ayuda a identificar tendencias, detectar irregularidades y respaldar la implementación de medidas de protección y remediación, todo con el fin de cuidar la salud de los ríos y asegurar su calidad para el bienestar de la población y para las generaciones futuras.

1.3 Identificación de fuentes de contaminación

Para comprender como las aguas residuales afectan la pureza de los ríos que fluyen por la ciudad, es crucial enfocarse en identificar y caracterizar cuidadosamente las principales fuentes de contaminación. Este aspecto se convierte en un pilar fundamental de la investigación de campo, ya que busca desentrañar la variedad de orígenes de estos efluentes que se vierten en los sistemas hídricos locales.

Para ello es esencial diferenciar entre los vestidos residuales domésticos, que proceden de los centros urbanos y de las actividades diarias de sus habitantes; las descargas industriales, que son el resultado de los procesos de producción y las actividades manufactureras en la ciudad; y las descargas del sector agrícola, que están influenciadas por el uso de fertilizantes, pesticidas y las aguas de riego, sin embargo este tipo de contaminación es provocado únicamente por las zonas rurales de la ciudad, ya que allí la principal fuente económica de los habitantes es la siembra de productos locales así como la crianza de ganado.

Los cuatro ríos que fluyen por la ciudad son víctimas de la agricultura, la deforestación y también factores como el plástico y los restos de las edificaciones. De acuerdo con Gustavo Chacón, director de Gestión Ambiental de la Municipalidad, uno de los problemas más graves que surgen hoy en día se encuentran en las zonas rurales del cantón, donde los agricultores aplican fertilizantes y pesticidas en sus terrenos, los cuales se desbordan con las constantes precipitaciones. Asimismo, la orina de los animales se acumula en las aguas, provocando una masiva contaminación que es tratada en las instalaciones de potabilización de agua de la empresa ETAPA-EP (El Telégrafo, 2020).

Otro factor que causa la contaminación en los ríos es la deforestación de árboles nativos del sector. Existen habitantes que cortan árboles provocando así, la obstrucción de los arroyos; esto con el pasar de las horas provoca que el terreno se vuelva susceptible, y que la tierra se desplace de manera permanente a los ríos. Además, los plásticos, ruedas de automóviles y residuos en general se han transformado en componentes perjudiciales para el agua debido a las grandes descargas que estos generan. Debido a esta problemática el municipio realizará estudios en las zonas rurales tales como Sayausi, San Joaquín, Tarqui, entre otros sitios; con el fin de mitigar el impacto ambiental (El Telégrafo, 2020).

Cuenca, es un cantón que ha experimentado un notable desarrollo económico en el ámbito industrial. La importancia de las actividades que se llevan a cabo en el parque industrial radica, sobre todo, en la generación de empleo, lo que ha contribuido al progreso económico y social de la ciudad. Sin embargo, estas actividades también producen efectos negativos tanto en la población cuencana como en el entorno ambiental, puesto que la industria se establece como una de las principales fuentes de contaminación y degradación ambiental, siendo la responsable de la polución y el daño ecológico (Tobar, 2020).

Entre los contaminantes que emana el Parque Industrial de la ciudad se encuentran el plomo y el mercurio, los cuales son desechados sin pasar por un tratamiento previo, infiltrándose en los acuíferos y causando una contaminación hidrogeológica. Las industrias químicas y las dedicadas a la curtiduría son ejemplo de este tipo de actividad. Esta clase de contaminación a menudo surge de aspectos estructurales, la falta de conciencia y las políticas ambientales inadecuadas, las cuales ocasionan fallas en la administración y el

mantenimiento de la infraestructura, así como de los equipos y máquinas en los procesos industriales (Astudillo Pillo & Geovanny, 2016).

El progreso en el sector industrial genera polución en aguas tanto oceánicas como fluviales, siendo el desafío principal el uso de aguas para fines industriales, el cual ha ido creciendo con el tiempo lo que resulta en la escasez de este vital recurso. (Sánchez & Uribe, 2018). Por lo tanto, la industria necesita establecer regulaciones centradas en disminuir el uso de agua a través de la recuperación de vertidos residuales y la mejora de los procesos de producción, abordando simultáneamente dos desafíos: la expulsión de contaminantes y la falta de agua (Pabón et al., 2020).

Las aguas residuales domésticas están formadas mayormente por desechos líquidos que provienen de establecimientos estériles y actividades de cocina, así como de diversas fuentes, que constituyen una fuente de contaminación en los ríos de la ciudad (Muralikrishna y Manickam, 2017). Cuando estas aguas se vierten directamente en ríos, lagos o acuíferos, estos contaminantes afectan la calidad del agua, volviéndola insegura para el dispendio humano, el riego, la recreación y la vida acuática; también conlleva a la contaminación masiva del suelo, deteriorando su calidad y la pureza de las plantas cultivadas.

1.4 Impacto en la biodiversidad

La fauna y flora son componentes esenciales del ecosistema, ya que ayudan a mantener el equilibrio ecológico de un lugar geográfico; sin embargo, son los más afectados por la contaminación de los ríos provocado por las descargas constantes de aguas residuales de diversas industrias, labores agrícolas y desechos domésticos. Cuando la polución del agua provoca una proliferación de algas en los ríos, el aumento de nutrientes recién aportados

fomenta el crecimiento de vegetación y algas, lo que a su vez disminuye la cantidad de oxígeno en el agua, impidiendo así el desarrollo y crecimiento de las especies nativas del lugar.

La falta de oxígeno en los ríos, conocida como eutrofización, asfixia a las plantas y animales, y puede generar “zonas muertas”, donde las aguas están prácticamente carentes de vida. En ciertas ocasiones, estas floraciones de algas dañinas pueden también generar neurotoxinas que afectan a la fauna y flora. (Rodríguez, 2017). El decrecimiento de las comunidades biológicas de algunas especies de peces y otros organismos invertebrados acuáticos puede desestabilizar las cadenas alimentarias y provocar un desequilibrio ecológico sumamente grave causando la pérdida masiva de la biodiversidad local.

La polución de los ríos puede debilitar el sistema inmunológico de los seres que allí residen, es decir peces y truchas los cuales están propensos a diversas enfermedades. Sin embargo, no son los únicos seres acuáticos perjudicados por esta problemática para esto López *et al.*, (2018) explica que “existen especies y organismos que desempeñan la función de filtradores, mientras que los organismos planctónicos están en situación de vulnerabilidad debido a los metales pesados disueltos en el agua o a las partículas con las que están asociados” (p.13), de esta manera se altera el equilibrio natural de los ecosistemas fluviales y pone en riesgo su biodiversidad acuática.

Entre los metales pesados que afectan la pureza del agua se encuentran el Arsénico (As), Mercurio (Hg), Zinc (Zn), Plomo (Pb), Cromo (Cr), Níquel (Ni) y Cadmio (Cd), dado que tienen la facultad de formar complejos con diversos minerales como carbonatos y sulfatos. Además, mantienen una conexión más íntima con compuestos orgánicos gracias a procesos como el intercambio de iones, quelación, absorción y reacciones químicas entre los

elementos. Esto conlleva a una acumulación en el entorno, la cual se demuestra en las sedimentaciones que ocurren en los embalses de los ríos de la ciudad (Muyulema *et al.*, 2019, p. 41-42).

La exposición de los seres vivos a metales pesados ocurre mayormente por medio de la cadena alimenticia, donde estos componentes dañinos entran en el cuerpo del ser vivo después de combinarse con agua, aire o tierra contaminada. Así, estos componentes no solo modifican los ecosistemas, sino que también constituyen un peligro considerable para todos los seres vivos que coexisten en el planeta. (Lopez, 2024). No obstante, la exposición de los metales pesados al ser humano impacta negativamente su bienestar, provocando problemas de salud y, en ocasiones la muerte.

La franja ribereña es un área de transformación entre el ecosistema acuático y terrestre que constituye una extensa línea de vegetación próxima a los ríos, su presencia es crucial para el bienestar de los sistemas acuáticos, ya que su función principal es preservar la calidad del agua al evitar su eutrofización debido a los contaminantes que arrastra el flujo superficial de aguas industriales y urbanas. (Cariño *et al.*, 2014). Este tipo de vegetación brinda diversos servicios ambientales que beneficia tanto a la población cuencana como a la fauna acuática, para ello otros autores han afirmado lo siguiente:

“Las raíces de los árboles y arbustos en las orillas permiten que la infiltración del agua en el suelo sea mayor, lo que disminuye la erosión de las orillas de los ríos y reduce las escorrentías superficiales, de manera que se recarga el manto freático. Al retener el agua, la vegetación ribereña no solo ayuda a que las inundaciones río abajo sean menores, también mantiene la calidad del agua de los ríos al actuar como filtro, ya que retiene sedimentos, nutrientes y contaminantes” (Gonzalo Castillo, 2022).

Los árboles que se encuentran a lo largo de los ríos, tales como: laurel, tocte, canelo, flor de madera, arrayán, romerillo, entre otros; mejoran la calidad del agua, cuando este contiene altos índices de contaminación, sin embargo, también sirven como conexión entre las diferentes poblaciones que coexisten en un mismo territorio. La vegetación en las franjas ribereñas realza la belleza natural de los ríos, atrayendo a turistas nacionales y extranjeros con la finalidad de conocer el valor cultural e histórico de las fuentes hídricas para la población, así como fortalecer la conexión del ser humano con el entorno natural.

Hoy en día en la ciudad de Cuenca, la vegetación acuática y ribereña está en riesgo debido al vertido de aguas no tratadas a los ríos, ciertas algas que se expanden gracias a la abundancia de nutrientes compiten contra las plantas nativas, con el objetivo de obtener luz solar para su desarrollo; sin embargo, esto ocasiona la disminución de especies vegetales autóctonas del lugar. Por esa razón es indispensable que el municipio local realice campañas de concientización sobre los riesgos que corren estas especies vegetales e implementar medidas para el cuidado y protección de la franja ribereña. (National Research Council, 2002).

Aparte de esto la sedimentación de metales tóxicos en el fondo de los ríos dificulta que broten semillas y que germinen nuevos ejemplares alterando así, el funcionamiento de los ecosistemas ribereños. Sin embargo, la ausencia de sombra proporcionada por los árboles de este ecosistema provocaría una elevación en la temperatura del agua, lo que sería perjudicial para la fauna acuática. Cuando la vegetación nativa de las cuencas hídricas disminuye casi en su totalidad, se reduce la disponibilidad de alimento y refugio para la fauna de ese sector, lo que conlleva a colocar a varias especies acuáticas en estado crítico. (National Research Council, 2002).

2. Metodología (Materiales y métodos)

En este estudio se ha llevado a cabo un riguroso análisis sobre la alteración de los componentes del agua en los ríos que recorren la ciudad de Cuenca debido a las descargas de aguas residuales. En este contexto se ha desarrollado una metodología con un enfoque cuali-cuantitativo, que combina el análisis numérico con la riqueza de las perspectivas y experiencias; este enfoque permitirá evaluar los parámetros que indican la calidad del agua de los ríos teniendo en cuenta diversos ámbitos y las opiniones de actores clave.

El tipo de investigación que guiará este estudio es descriptivo, con el objetivo de detallar y caracterizar el impacto de vertidos residuales a los ríos; la fase inicial incluirá una exhaustiva revisión en diversas fuentes de información confiables tales como Redalyc, sciELO y Google Académico, así como de la página principal de ETAPA-EP; con el propósito de explorar investigaciones previas sobre la calidad del agua en ríos urbanos, los efectos de las aguas residuales en los ecosistemas acuáticos, las normativas ambientales locales y estudios específicos realizados en la ciudad de Cuenca.

Posteriormente se realizó una entrevista al ingeniero Santiago Rivera, jefe de planta ETAPA-EP; con el propósito de obtener información detallada acerca del proceso de tratamiento de aguas residuales, la función de cada alguna de estabilización, los parámetros de calidad del agua que se monitorean constantemente y las acciones que se han ejecutado para reducir los índices de contaminación. Asimismo, para obtener resultados más factibles se recogió pequeñas muestras de los ríos en diferentes sectores estratégicos de la ciudad, las cuales fueron analizadas en los laboratorios de la empresa pública con ayuda del personal que labora en esa prestigiosa entidad.

Con el objetivo de recopilar información, se diseñó una encuesta

utilizando el software de formularios de Google teniendo como sondeo de estudio a 30 estudiantes universitarios de la carrera de Ingeniería Ambiental, con la finalidad de abordar desde diferentes perspectivas el impacto ambiental que padecen los recursos hídricos. Los resultados que arrojó la encuesta fueron satisfactorios, de esta manera se puede mencionar que el género biológico que tuvo mayor participación en la encuesta fue el género femenino con el 53.3%. Por otro lado, el 46.7% de los encuestados se identificó con el género masculino.

Sin embargo, se registró una variedad de rangos de edad desde 18 hasta los 27 años, dónde el conjunto más grande está formado por los estudiantes de 18 a 21 años con el 43.3%. A continuación, en términos de proporción está el grupo de 21 a 24 años que constituye el 33.3% de los participantes. Por último, un porcentaje más pequeño del 23.4%, se sitúan en el rango de edad de 24 a 27 años. Respecto al lugar de residencia de los encuestados el 66.7% vive en zonas urbanas, mientras que el 33.3% se encuentran en zonas rurales; de esta manera se puede determinar que la mayoría de estudiantes encuestados conoce el estado actual de los ríos.

3. Resultados

Los ríos, arterias vitales que recorren cada rincón de nuestro planeta, son el sustento de ecosistemas complejos y dan vida a todo lo que encuentran a su paso. Sin embargo, esta pureza se ve afectada por un enemigo silencioso pero tenaz: las aguas residuales; cuando se vierten estas aguas repletas de desechos orgánicos e inorgánicos y sustancias químicas, alteran la delicada composición de los ríos. La problemática de la contaminación del agua en la ciudad no solo degrada su calidad, sino que también provoca una serie de efectos negativos en la fauna y flora acuáticas, desestabilizando ecosistemas enteros y poniendo en riesgo la salud de nuestro planeta.

En la actualidad, la preocupación por la salud de los ríos urbanos se vuelve cada vez más urgente, ya que conforme transcurre el tiempo no se observa cambios y la población cuencana no demuestra cierto grado de interés en tratar de proteger las fuentes hídricas. Se realizó una encuesta exhaustiva con la finalidad de recoger las voces y experiencias de estudiantes universitarios, ya que ellos están en constante vínculo con el medio ambiente. Los datos obtenidos que reflejan las inquietudes, el conocimiento y las posibles soluciones que la comunidad de estudio ha identificado, se presentan de manera clave y reveladora en la siguiente tabla.

Tabla 1. Resultados de la encuesta sobre el análisis de la alteración de los componentes del agua en los ríos de Cuenca por efecto de las aguas residuales.

Preguntas	Detalles y resultados			
	A diario	Varias veces al mes	Ocasionalmente	Nunca
1. ¿Con que frecuencia visita los ríos de Cuenca?	26.7%	23.3%	50%	0%
2. ¿Considera que la calidad del agua en los ríos ha cambiado en los últimos años?	Ha mejorado	Se mantiene igual	Ha empeorado	No tengo conocimiento sobre el tema
	10%	40%	33.3%	16.7%
3. ¿Cuál considera que es la principal fuente de contaminación de los ríos en Cuenca?	Aguas residuales domésticas	Aguas residuales	Basura y desechos sólidos	Actividades agrícolas y ganaderas
	10%	30%	56,7%	3,3%
	Hogares	Industrias y	Falta de políticas y	Sector agricultor y

		empresas	regulación Gubernamental	ganadero
4. ¿Quién cree que es el principal responsable de la contaminación de las fuentes hidrográficas?	10%	66,7%	23,3%	0%
	Extinción de biodiversidad acuática	Contaminación del medio ambiente	Contaminación de otras fuentes de agua	No afecta significativamente
5. ¿Qué impacto cree que tiene la contaminación del agua en la biodiversidad de los ríos?	40%	46,7%	13,3%	0%
	Aumentan enfermedades infecciosas	Contaminan el agua usada para el riego de cultivos	Dañan la calidad del agua potable	
6. ¿Cómo cree que las aguas residuales afectan a la salud humana?	70%	26,7%	3,3%	
	Cambio en el color del agua	Mal olor	Presencia de residuos sólidos	Disminución de la vida acuática
7. ¿Qué tipo de alteraciones considera que han sufrido los ríos debido a las aguas residuales?	33,3%	23,3%	20%	23,3%
	Bueno	Regular	Malo	
8. ¿Cómo calificaría el nivel de tratamiento de aguas residuales en Cuenca?	23,3%	70%	6,7%	
	Sí	No		

9. ¿Cree que las plantas de tratamiento de aguas residuales son suficientes para reducir la contaminación de los ríos?	63,3%	36,7%		
	Eficientes	Regulares	Insuficientes	
10. ¿Cómo calificaría las acciones del municipio local para controlar la contaminación de los ríos por aguas residuales?	13,3%	66,7%	20%	
	Mejor tratamiento de aguas residuales	Sanciones más estrictas a quienes contaminan	Educación ambiental a la población	Promoción del reciclaje y reducción de residuos
11. ¿Qué medida cree que se debe tomar para reducir la contaminación de los ríos?	26,7%	46,7%	23,3%	3,3%
	Sí	No	La información genera confusión	
12. ¿Cree que la población de Cuenca está suficientemente informada sobre los riesgos de la contaminación de los ríos por aguas residuales?	16,7%	73,3%	10%	

Fuente: Leonela Cando (2025).

El estudio revela que el 26.7% de las personas encuestadas visita los ríos de Cuenca todos los días; por otro lado, un 23.3% menciona que va varias

veces al mes. Un 50% indica que visita los ríos de manera ocasional, lo que representa la mayoría de los encuestados, esto demuestra que la mayoría de los encuestados si conoce el estado de los ríos. En cuanto a la percepción sobre la calidad del agua en los ríos, el 10% de los encuestados piensa que ha mejorado en los últimos años, el 40% señala que se mantiene igual, otro 33.3% considera que ha empeorado por diversos factores externos y finalmente, un 16.7% afirma no tener conocimiento al respecto.

Cuando se trata de las fuentes de contaminación, el 10% opina que los vertidos residuales domésticos son la principal causa del problema. Por otro lado, un 30% indica que las aguas residuales son la mayor fuente de contaminación. La mayor parte, un 56.7% señala que la basura y desechos sólidos contaminan significativamente los ríos; sin embargo, el 3.3% menciona que las actividades agrícolas y ganaderas son responsables de la contaminación ambiental. En la pregunta referente a las fuentes de contaminación, el 10% señala a los hogares. Otro 66.7%, la mayor parte, apunta a las industrias y empresas como los principales responsables. Por otro lado, el 23.3% menciona que la falta de políticas y regulación es el agente primordial contribuye a la contaminación. Finalmente, los encuestados aluden que el sector agrícola y ganadero no generan altos índices de contaminación.

Hablando sobre las consecuencias de la contaminación en la biodiversidad, un 40% piensa que esto conlleva a la extinción de especies acuáticas nativas. La mayor parte, un 46.7% opina que la contaminación del agua afecta negativamente al medio ambiente. Un 13.3% menciona que impacta otras fuentes hídricas, además los encuestados señalan que la contaminación del agua no afecta al entorno. En cuanto a los problemas que genera esta problemática en la salud humana, la mayoría de las personas un 70% piensa que las aguas residuales aumentan las enfermedades infecciosas.

Un porcentaje notable, 26.7% cree que las aguas residuales afectan los cultivos poniendo en riesgo la salud alimentaria. Solo una pequeña parte de los encuestados el 3.3% considera que dichas aguas perjudican la calidad de agua potable.

Los encuestados han notado varios cambios en los ríos a causa de las aguas residuales, siendo el cambio en el color del agua el más mencionado, con un 33.3%. Un porcentaje similar, el 23.3% destaca la presencia de malos olores y la reducción de la vida acuática como impactos significativos. La acumulación de residuos sólidos también se considera una alteración importante, aunque en menor cantidad con un 20%. En cuanto a la efectividad del tratamiento de aguas residuales en Cuenca, la mayoría de las opiniones, el 70% lo califican como regular, un 23.3% lo considera como bueno, mientras que el 6.7% de los encuestados señala que el proceso de purificación de vertidos residuales es malo y no satisface las expectativas de la población cuencana.

En relación a la efectividad de la planta de tratamiento de aguas residuales de la ciudad, la mayoría de los encuestados el 63.3% piensa que es adecuada para minimizar la contaminación de los ríos y de esta manera preservar la naturaleza, aunque un porcentaje significativo del 36.7% presenta una opinión diferente. Al analizar las acciones del municipio local para controlar la polución de los ríos por aguas residuales, la calificación más común es regular con el 66.7%. Solo un pequeño grupo piensa que son efectivas con el 13.3%, mientras que un 20% señala que son insuficientes. Estos resultados demuestran que existe una percepción mixta sobre la efectividad de la planta de tratamiento y las medidas que ha tomado el municipio de Cuenca para combatir esta problemática.

Para combatir la contaminación de los ríos de Cuenca, la opción que

más respaldo recibe de los encuestados con el 46.7% es la implementación de sanciones severas para quienes contaminan. En segundo lugar, se encuentra la mejora en el tratamiento de aguas residuales que representa el 26.7% y, en tercer lugar, la educación ambiental para la población con el 23.3%. La promoción del reciclaje y la reducción de residuos cuenta con un apoyo menor de 3.3%. En cuanto al conocimiento que tiene la población sobre los efectos de la contaminación de los ríos la gran mayoría, el 73.3% señala que no está lo suficientemente informada, mientras que solo un 16.7% indica que si conoce del tema. Por último, un 10% adicional menciona que la información disponible en diversos medios de comunicación genera confusión.

Con la finalidad de obtener resultados factibles que aporten al estudio se ha realizado un exhaustivo análisis de laboratorio de las aguas de los ríos que recorren la ciudad, dicho análisis se realizó en las instalaciones de la empresa pública ETAPA-EP con ayuda del Ingeniero Santiago Rivera y el personal que labora en ese lugar. Para ello las muestras de agua fueron recolectadas de manera estratégica en diferentes puntos a lo largo del curso de los ríos, abarcando tanto zonas aguas arriba como aguas abajo de las posibles fuentes de contaminación.

El análisis se centró en la medición de tres variables fundamentales tales como la temperatura, la conductividad eléctrica y el pH, las mismas que son indispensables para comprender el estado en el que se encuentran los ríos. Gracias a la utilización de técnicas de laboratorio y equipos de última tecnología, se obtuvo datos confiables y representativos sobre la calidad del agua en el momento del muestreo, por ende, este análisis permite entender la magnitud de la contaminación en los ríos de la ciudad a causa de los vertidos residuales. Los resultados obtenidos en el análisis meticoloso de los parámetros de la calidad de agua de los ríos se evidencian en la siguiente

tabla.

Tabla 2. Resultado del análisis de los parámetros de la calidad del agua en los ríos de la ciudad de Cuenca.

Número de muestra	Dirección	pH	Temperatura	Conductividad Eléctrica
1	Río Tarqui: Vicente Pinzón	7.4	27°C	105 µS/cm
2	Río Yanuncay: Parque Neptuno (Av. 27 de febrero)	7.5	27.8 °C	80.6 µS/cm
3	Río Tomebamba: El Vado (Av. 12 de abril)	7.7	27.4 °C	112.7 µS/cm
4	Río Machángara: Patamarca	7.6	26.9 °C	202 µS/cm
5	Río Tarqui: Av. 24 de mayo	7.8	27 °C	124.3 µS/cm
6	Río Yanuncay: Av. 1 de mayo	7.7	27.2 °C	65.7 µS/cm
7	Río Tomebamba: Av. Manzaneros	7.8	26.8°C	111.7 µS/cm
8	Río Machángara: Canchas Cdla. Kennedy	7.8	26.1 °C	122.3 µS/cm
9	Sector Jardines del Río.	7.5	26.1 °C	153.2 µS/cm
10	Llacao: Canchas Barrio. Capulispamba	7.9	23.1 °C	186.6 µS/cm
11	Planta de Tratamiento Ucubamba (Laguna de maduración)	8.4	21.5 °C	582 µS/cm
12	Planta de Tratamiento Ucubamba (Zona de pretratamiento)	7.7	18.9°C	601 µS/cm

Fuente: Leonela Cando (2025).

El estudio de la calidad del agua en sectores rurales como Vicente Pinzón, Parque Neptuno, El Vado y Patamarca que son las cabeceras de los ríos demuestran que la mayoría de las muestras presentan una ligera alcalinidad, con pH que varía entre 7.4 y 7.7, cabe recalcar que el pH se mide con una escala del 0 al 14 donde, del 0 al 7 indica acidez, 7 es considerado como neutro y del 7 al 14 se denomina alcalino; por ende, las muestras presentan un pH “normal” y con bajos niveles de contaminación. La temperatura también presenta cambios moderados, generalmente oscila entre 27 °C y 28 °C.

El rango general de la conductividad eléctrica en ríos suele estar entre 50 a 500 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este parámetro indica la concentración de iones disueltos; sin embargo, se observa una variabilidad considerable en diferentes puntos de muestreo, con valores que van desde 80 hasta 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$ los cuales se encuentran dentro del rango considerado como normal. Si el valor fuese mayor al establecido se dice que el agua presenta cierto nivel de contaminación causado por vertidos residuales, pero en este caso las muestras están libres de contaminación debido al lugar en donde se recolectaron las muestras.

Se evidencia que el análisis de las muestras de agua en sectores urbanos de la ciudad tales como avenidas principales y la ciudadela Kennedy presentan un ligero índice de alcalinidad que se considera normal, ya que se encuentran dentro del rango establecido; con un pH que varía entre 7.7 y 7.8. Sin embargo, la temperatura presenta cambios leves generalmente entre 26 °C y 27 °C, la conductividad eléctrica también se encuentra dentro del parámetro establecido, en este caso oscila entre 65 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 202 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

En el sector Jardines del Río, donde se unen los cuatro afluentes y forman el río Cuenca, el pH se encuentra dentro del rango normal con un valor de 7.5, a su vez la conductividad eléctrica es de 153.2 $\mu\text{S}/\text{cm}$ con una temperatura de 26.1°C. Al norte de la ciudad específicamente en la parroquia Llaqueo, barrio Capulispamba se señala que el pH del agua en el río Cuenca es de 7.9 con una temperatura decreciente de 23.1°C. La conductividad eléctrica señala que no existe presencia de metales pesados en el afluente siendo su valor de 186.6 $\mu\text{S}/\text{cm}$.

La muestra que se recogió en la Planta de Tratamiento Ucubamba específicamente en la laguna de maduración, lugar donde se eliminan los microorganismos patógenos, se evidencia que el pH es de 8.4 lo que significa un ligero aumento de alcalinidad; la temperatura también desciende drásticamente a 21.5°C. La conductividad eléctrica de 582 $\mu\text{S}/\text{cm}$ demuestra

que existe un bajo nivel de contaminación por metales pesados.

Posteriormente, la muestra que se recogió en la zona de pretratamiento de la planta de tratamiento señala que existe un ligero índice de alcalinidad con un pH de 7.7, el cual se encuentra dentro del rango normal; se observa que la temperatura disminuye a 18.9°C, así como la conductividad eléctrica que aumenta a 601 $\mu\text{S}/\text{cm}$, este valor significa que existe un alto porcentaje de contaminación debido a que esa zona recibe directamente los vertidos residuales proveniente de las fábricas de la ciudad y no cuentan con el debido proceso de saneamiento.

Con los resultados alcanzados en la aplicación de la encuesta y el análisis de laboratorio de las muestras tomadas en sectores estratégicos de la ciudad se determinó que no existe mayor índice de contaminación por aguas residuales en las cuencas hídricas, esto se debe a que la entidad pública encargada de mantener una buena calidad de agua en los ríos de la ciudad, realiza constantemente monitoreos para detectar algún cambio en el pH y la conductividad eléctrica que puedan alterar el estado natural del agua. Con el análisis previamente realizado, se procede a formular una serie de sugerencias y recomendaciones que se implementarían a corto y largo plazo.

Figura 1. Propuesta para la minimización de la contaminación de los ríos que recorren la ciudad de Cuenca.



Fuente: Leonela Cando (2025).

Para abordar de manera efectiva la contaminación de las fuentes hídricas en Cuenca, es esencial poner en marcha una estrategia integral que combine la mejora de la infraestructura con políticas de gestión ambiental más rigurosas. Es fundamental priorizar la ampliación y mejoramiento de la planta de tratamiento de aguas residuales debido al crecimiento poblacional que existe en la actualidad, con el fin de garantizar el control total de desechos que genera la ciudad. Sin embargo, es necesario que la empresa encargada del saneamiento y gestión ambiental realice constantemente monitoreos para detectar cualquier metal pesado que altere la pureza de agua en los ríos.

Es indispensable la protección y restauración de las franjas ribereñas ya que, estas zonas funcionan como filtros naturales evitando que los contaminantes lleguen a los ríos y manteniendo el bienestar de los

ecosistemas acuáticos, así como la implementación de programas de reforestación con especies vegetales nativas y fomentar la conservación de la vegetación existente. Para ello es fundamental la educación ambiental, ya sea a través de medios de comunicación y redes sociales con el objetivo de sensibilizar a la ciudadanía cuencana acerca de la importancia de estas áreas para el desarrollo de la vida.

Además, es crucial implementar programas educativos en diferentes instituciones que informen sobre las causas, efectos y repercusiones en el futuro de la contaminación del agua, así como prácticas responsables que los estudiantes puedan incorporar en su día a día. También es fundamental promover la participación activa de la sociedad en las decisiones sobre la administración del agua, creando espacios para el diálogo y la colaboración. Solo a través de un esfuerzo conjunto y continuo podremos garantizar la preservación de este líquido vital para las generaciones actuales y futuras.

4. Conclusiones

La contaminación de las fuentes hídricas de la ciudad de Cuenca es un tema que trasciende de generación en generación. Las aguas residuales son las principales culpables de alterar los componentes del agua en los ríos Tarqui, Machángara, Yanuncay y Tomebamba; con el propósito de indagar acerca de los cambios físicos y químicos que presentan dichos ríos se realizó el respectivo análisis de laboratorio, y se determinó que no existe un grado alto de polución por metales pesados tanto en el sector rural como urbano. Esto se debe a el sistema de alcantarillado que existe en la ciudad, el cual recoge todos los vertidos residuales que expulsan las fábricas y los conduce hasta la planta de tratamiento para su respectivo saneamiento.

La gestión de las aguas residuales, llevada a cabo por la empresa

ETAPA-EP, es un esfuerzo notable para reducir las consecuencias de la contaminación del agua. Esto se logra mediante la acción de la planta de tratamiento que se encarga de procesar gran parte de los vertidos residuales de la ciudad, con el objetivo de eliminar los contaminantes antes de que se vierta en los ríos, lo que ayuda a proteger tanto al entorno natural como la salud pública. No obstante, la creciente urbanización y actividades industriales están ejerciendo una presión constante sobre la capacidad de la planta, por lo que resulta indispensable que el municipio invierta en infraestructura y tecnología para asegurar una gestión eficiente y sostenible de las aguas residuales.

Para enfrentar esta problemática, es necesario adoptar un enfoque integral y colaborativo que incluya a diferentes sectores de la ciudad. Esto significa que se debe fomentar la conservación de las franjas ribereñas, así como la reforestación de árboles autóctonos para proteger la calidad del agua y la biodiversidad. La educación ambiental y la sensibilización de la población son clave para promover prácticas sostenibles y la participación ciudadana en la protección de los recursos hídricos, asegurando así que estos valiosos ecosistemas se preservan para las futuras generaciones.

5. Referencias

Astudillo Pillo, W. G., & Geovanny, W. (2016). Falta de control en la contaminación del agua provocado por los desechos tóxicos de las industrias al Río Machángara y la vulneración de los derechos ambientales.

Cariño, MM, Nolasco, AQ, Vinaja, Á. B., Magdaleno, HF, Bauer, M., Reyes, FG y Morales, BPZ (2014). ESTADO ECOLÓGICO DE RÍOS Y VEGETACIÓN RIBEREÑA EN EL CONTEXTO DE LA NUEVA LEY GENERAL DE AGUAS DE MÉXICO. *Revista Internacional de Contaminación Ambiental*, 30 (4), 429–436.

https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992014000400010

Colmenares, L. M. y Cruz, J. D. (2020). Análisis espacio-temporal de la calidad del agua del río Magdalena (periodo 2009-2018) a partir de la comparación de índices de calidad del agua. [Tesis de ingeniero ambiental, Universidad el Bosque, Bogotá, Colombia]. <https://acortar.link/WSeTw6>

Indicador Biológico de Calidad del Agua: Definición, Importancia y Ejemplos para Entender su Rol en la Salud Ambiental. (2024, enero 21). Instituto del Agua. <https://institudodelagua.es/calidad-del-agua/que-es-un-indicador-biologico-de-calidad-de-agua-calidad-del-agua/>

Instruments, H. (2022, agosto 30). *La guía para el análisis de la calidad de agua en el medio ambiente*. HANNA® instruments Ecuador. <https://hannainst.ec/blog/acuacultura/la-guia-para-el-analisis-de-la-calidad-de-agua-en-el-medio-ambiente%EF%BF%BC/>

La función de la vegetación ribereña y la calidad de los ríos. (2022, junio 2). Dr. Gonzalo Castillo Campos. <https://gonzalocastillo.com.mx/articulos/la-funcion-de-la-vegetacion-riberena-y-la-calidad-de-los-rios/>

Lopez, C. (2024, diciembre 23). *Metales pesados: el daño invisible a la salud humana y ecosistémica.* Revista Endémico; Revista Endemico. <https://endemico.org/metales-pesados-el-dano-invisible-a-la-salud-humana-y-ecosistemica/>

López, R.; Carrillo, F.; Carrillo, V.; Neira, G.; Poveda, G. 2018. Revisión de la sustentabilidad ecológica de las áreas verdes protegidas en la ciudad de Guayaquil provincia del Guayas- Ecuador. I Congreso Virtual Internacional sobre Economía Social y Desarrollo Local Sostenible. Disponible en: <https://www.eumed.net/actas/18/economia-social/1-revision-de-la-sustentabilidadecologica.pdf>

Mancino, R. (2024, septiembre 2). *¿Por qué el Río Tomebamba en Cuenca canta y encanta?* Vía Mía Blog. <https://www.viamiablog.com/2024/09/02/rio-tomebamba-canta-y-encanta-en-cuenca/>

Mayorga, O., Ramírez, M., & Mayorga, J. (2017). Nota técnica: Índice de calidad de agua de los ríos Albarregas y Milla del Estado Mérida, Venezuela. *Revista INGENIERÍA UC*, 24 (3), 428-432. <https://www.redalyc.org/pdf/707/70754692016.pdf>

Monitoreo de la integridad ecológica de los ríos de Cuenca – ETAPA EP. (2024, 22 mayo). ETAPA EP – Servicios de Telefonía, Televisión, Internet, Agua Potable, Alcantarillado de Cuenca - Ecuador. <https://www.etapa.net.ec/gestion-ambiental/plataformas-de-cuidado-meteorologico-e-hidrologico/monitoreo-de-la-integridad-ecologica-de-los-rios-de-cuenca/>

Muralikrishna, I. V., & Manickam, V. (2017). Wastewater Treatment Technologies. In *Environmental Management*. <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-811989-1.00012-9>

MUYULEMA, J., CANGA, S., PUCHA, P. y ESPINOSA, C. "Evaluación de la contaminación por metales pesados en suelos de la Reserva Ecológica de Manglares Cayapas Mataje (REMACAM) – Ecuador" *Revista Internacional de Investigación e Innovación Tecnológica [en línea]*, 2019, (Ambato - Ecuador), 7 (42), pp. 40-61. <http://www.scielo.org.mx/pdf/riiit/v7n41/2007-9753-riiit-7-41-40.pdf>

NATIONAL RESEARCH COUNCIL (2002) *Riparian Areas: Functions and Strategies for Management* Committee on Riparian Zone Functioning and Strategies for Management, Water Science and Technology Board, National Research Council. National Academy Press, Washington, D.C. 444 pp.

Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., Gallo, J. A., Pabón, S. E., Benítez, R., Sarria, R. A., & Gallo, J. A. (2020). Contaminación del agua por metales pesados, métodos de análisis y tecnologías de remoción. Una revisión. *Entre Ciencia e Ingeniería*, 14(27), 9–18. <https://doi.org/10.31908/19098367.0001>

Pauta, G., Velasco, M., Gutiérrez, D., Vázquez, G., Rivera, S., Morales, Ó., & Abril, A. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Maskana*, 10(2), 76–88. <https://doi.org/10.18537/mskn.10.02.08>

Pesántez, M. K., & Roldán, A. P. (2021). *Relación De La Calidad Del Agua De La Quebrada El Salado Con El Uso De Suelo Urbano Y Periurbano De*

La Parroquia Baños (bachelorThesis). Universidad de Cuenca.
<http://dspace.ucuenca.edu.ec/handle/123456789/36142>

Planta de tratamiento de aguas residuales de Ucubamba. (2023, julio 1). ETAPA EP – Servicios de Telefonía, Televisión, Internet, Agua Potable, Alcantarillado de Cuenca - Ecuador; ETAPA EP - Servicios de Telefonía, Televisión, Internet, Agua Potable, Alcantarillado de Cuenca. <https://www.etapa.net.ec/agua-potable-y-saneamiento/operacion-y-mantenimiento-agua-potable-y-saneamiento/planta-de-tratamiento-de-aguas-residuales-de-ucubamba/>

Rodríguez, H. (2017). Las aguas residuales y sus efectos contaminantes. [Blogs]. <https://acortar.link/3eY7e>

Sánchez, M. B., & Uribe, C. (2018). Contaminación de los ambientes acuáticos generados por la industria textil. *Revista Campus*, 23(26).

Steinfeld H, P Gerber, T Wassenaar, V Castel, M Rosales, C de Haan. 2009. La larga sombra del ganado. Problemas ambientales y opciones. Roma, Italia. Organización de las Naciones Unidas para la Agricultura y la Alimentación (FAO). 25 p.

Telégrafo, E. (2020, febrero 8). *Los fertilizantes son el principal contaminante de los ríos de Cuenca.* El Telégrafo. <https://www.eltelegrafo.com.ec/noticias/regional/1/fertilizantes-rios-cuenca>

Tobar, L. (2020). Cuenca y su aporte a la Economía del Ecuador Libro conmemorativo por el Bicentenario de la Independencia de Cuenca. ResearchGate.2

Youtopia. (2024, 21 octubre). *Por qué Cuenca y Quito son el buen y el mal ejemplo en el manejo del agua en Ecuador.* Youtopia. <https://youtopiaecuador.com/por-que-cuenca-y-quito-son-un-buen-y-un-mal-ejemplo-del-manejo-del-agua/>