



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR

**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL**

**TRABAJO DE TITULACIÓN COMO REQUISITO PREVIO PARA
LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE
INGENIERO AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL
AGUA DEL RÍO MILAGRO**

AUTOR

CASTRO CARRIEL MARLON STEVEN

TUTOR

ING. MOREJON TROYA FERNANDO JAVIER, M.Sc

MILAGRO, ECUADOR

2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TUTOR

El suscrito, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: "EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL AGUA DEL RÍO MILAGRO" realizado por el Sr. CASTRO CARRIEL MARLON STEVEN; con cédula de identidad N° 0942345604 de la carrera INGENIERÍA AMBIENTAL, Ciudad Universitaria Milagro, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos y legales exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,


ING. MOREJON TROYA FERNANDO JAVIER, M.Sc
TUTOR

Milagro, 26 de agosto del 2026



UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN

Los abajo firmantes, docentes designados por el H. Consejo Directivo como miembros del Tribunal de Sustentación, aprobamos la defensa del trabajo de titulación: "EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL AGUA DEL RÍO MILAGRO", realizado por la estudiante CASTRO CARRIEL MARLON STEVEN, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

Ing. Gavilanes Muñoz Humberto, M.Sc
PRESIDENTE

Ing. Carrasco Schuldt Ángel, M.Sc.
EXAMINADOR PRINCIPAL

Ph.D Gaviláñez Luna Freddy
EXAMINADOR PRINCIPAL

Milagro, 26 de agosto del 2026

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios por guiar mis pasos y darme la fortaleza para alcanzar este objetivo. A mis padres, por su sacrificio, ejemplo y apoyo inquebrantable a lo largo de mi vida estudiantil. Y a mi esposa, por su paciencia infinita, amor y por ser mi compañera idónea en este importante logro profesional.

Autorización de Autoría Intelectual

Yo CASTRO CARRIEL MARLON STEVEN, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre "EVALUACIÓN Y ESTRATEGIAS DE MITIGACIÓN DEL AGUA DEL RÍO MILAGRO" para optar el título de INGENIERO AMBIENTAL, por la presente autorizo a la UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR, hacer uso de todos los contenidos que me pertenecen o parte de los que contienen esta obra, con fines estrictamente académicos o de investigación.

Los derechos que como autor(a) me correspondan, con excepción de la presente autorización, seguirán vigentes a mi favor, de conformidad con lo establecido en los artículos 5, 6, 8; 19 y demás pertinentes de la Ley de Propiedad Intelectual y su Reglamento.

Milagro, 26 de agosto del 2026



CASTRO CARRIEL MARLON STEVEN
C.I. 0942345604

RESUMEN

El agua dulce es un recurso indispensable para la supervivencia y el desarrollo humano; sin embargo, su distribución desigual, la sobreexplotación y la contaminación generan graves amenazas para la seguridad hídrica global. Ante esta problemática, esta investigación evaluó la calidad orgánica y microbiológica del río Milagro mediante un enfoque descriptivo, exploratorio y no experimental. Para ello, se recolectaron muestras en tres puntos estratégicos a lo largo del cauce: el puente de la Cámara de Comercio, el puente central y el puente de la Policía. Los análisis físico-químicos y biológicos revelaron un deterioro ambiental progresivo y alarmante a medida que el río avanza, registrando niveles de demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5) de 4.2, 6.5 y 8.3 mg/L, y concentraciones de coliformes totales de 1200, 2500 y 5000 unidades respectivamente, mientras que el pH y la temperatura se mantuvieron estables entre 6.8 y 7.7, y 24 y 28 °C. Esta alteración crítica de los parámetros se debe a los impactos identificados en las riberas, que incluyen descargas directas de aguas residuales, deforestación, acumulación de basura y arrastre de agroquímicos, factores que ya comprometen a la fauna local. Como solución para mitigar estos daños en el ecosistema, se plantea la construcción o mejora de una planta de tratamiento de aguas residuales, el desarrollo de programas de reforestación marginal y la implementación de controles estrictos sobre los vertidos químicos y desechos sólidos.

Palabras claves: Ambiente, orgánico, monitoreo, eficacia.

ABSTRACT

Freshwater is an indispensable resource for human survival and development; however, its unequal distribution, overexploitation, and pollution pose serious threats to global water security. In light of this issue, this study evaluated the organic and microbiological quality of the Milagro River using a descriptive, exploratory, and non-experimental approach. To this end, samples were collected at three strategic points along the river: the Chamber of Commerce Bridge, the Central Bridge, and the Police Bridge. Physical-chemical and biological analyses revealed progressive and alarming environmental deterioration as the river flows downstream, with biochemical oxygen demand (BOD₅) levels of 4.2, 6.5, and 8.3 mg/L, and total coliform concentrations of 1,200, 2,500, and 5,000 units, respectively, while pH and temperature remained stable between 6.8 and 7.7, and 24 and 28 °C. This critical alteration in parameters is due to the impacts identified along the riverbanks, which include direct wastewater discharges, deforestation, trash accumulation, and the runoff of agrochemicals—factors that are already threatening the local fauna. As a solution to mitigate this damage to the ecosystem, the following measures are proposed: the construction or improvement of a wastewater treatment plant, the development of riparian reforestation programs, and the implementation of strict controls on chemical discharges and solid waste.

Keywords: Environment, organic, monitoring, effectiveness.

ÍNDICE GENERAL

1. INTRODUCCIÓN	12
1.1 Antecedentes del problema	12
1.2 Planteamiento y formulación del problema.....	14
1.3 Justificación de la investigación	14
1.4 Delimitación de la investigación	15
1.5 Objetivo General	16
1.6 Objetivos Específicos	16
1.7 Hipótesis.....	16
2. MARCO TEÓRICO.....	17
2.1 Estado del Arte	17
2.2 Bases Teóricas	19
2.3 Marco Legal.....	25
3. MATERIALES Y MÉTODOS.....	27
3.1 Enfoque de la investigación.....	27
3.2 Metodología.....	27
4. RESULTADOS.....	33
4.1 Análisis de los niveles de contaminación del agua en el río Milagro, enfocados en parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO ₅) y coliformes totales	33
4.2 Determinación del impacto ambiental de la contaminación en la biodiversidad acuática y los ecosistemas ribereños del río Milagro.	34
4.3 Propuesta de estrategias de mitigación para reducir la contaminación del agua en el río Milagro y sus impactos ambientales y sociales.	37
5. DISCUSIÓN	39
6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	45
6.1 Conclusiones.....	45
6.2 Recomendaciones.....	46

7. BIBLIOGRAFÍA	47
8. ANEXOS.....	50

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. <i>Variables Independientes</i>	28
Tabla 2. <i>Variables dependientes</i>	28
Tabla 3. <i>Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua</i>	32
Tabla 4. Resultados consolidados de los puntos de muestreo del río Milagro	35
Tabla 5. <i>Bioindicadores en la biodiversidad del río Milagro</i>	35
Tabla 6. <i>Matriz de identificación de impactos</i>	36
Tabla 7. Estrategias de mitigación y medidas para reducir la contaminación del río milagro.....	38

ÌNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Río Milagro	50
Anexo 2. Puntos de muestreo	50
Anexo 3. Análisis de agua	51
Anexo 4. Constitución de la república del Ecuador	52
Anexo 5. Puente de la av. Chirijo.....	55
Anexo 6. Puente 17 de Septiembre.....	56
Anexo 7. Puente San Miguel.	56

1. INTRODUCCIÓN

1.1 Antecedentes del problema

Desde la antigüedad la preservación de recursos naturales, como el agua resulta indispensable para el desarrollo de los diferentes ecosistemas existentes desde las aves, plantas, animales hasta el ser humano para su estabilidad y supervivencia. A pesar de ello, al pasar el tiempo muchos ríos han sido afectados en gran manera por el deterioro significativo de la calidad de sus aguas.

A nivel global es una emergencia ambiental que afecta a la mayoría de los países; debido a la manipulación humana en diferentes ámbitos para su estabilidad y comodidad afectando de manera directa e indirecta la calidad del agua para el desarrollo sustentable de este factor indispensable. Entre las principales causas de este problema se encuentra las descargas de aguas residuales, acumulación de basura, componentes químicos. No obstante, estas acciones afectan un gran porcentaje las corrientes fluviales por lo que representan un severo deterioro en su calidad (Murrugarra Retamozo, 2021).

El impacto de la contaminación no solo afecta el agua superficial de los ríos; también afecta las fuentes de agua subterráneas, que pueden estar conectados a las fuentes de agua superficial. Los contaminantes se absorben en el suelo pueden infiltrarse en los subterráneos, contaminando así fuentes importantes de agua potable.

Actualmente, la contaminación de este recurso impacta de manera directa la estabilidad y conservación de especies por la necesidad biológica que demanda este recurso indispensable para la preservación de vida. En Latinoamérica este fenómeno ambiental no ha sido la excepción de perjuicio en las grandes riberas ya que por lo general es un factor común para los ríos, lagos, océanos entre otras fuentes de agua; como es el caso de Perú con un alto nivel de contaminación que acrecienta de manera imponente y preocupante en las diferentes zonas de este país.

Murrugarra (2021) afirma que "En Perú la mayor parte de estos desechos se vierten indiscriminadamente por la población; y lo más preocupante es que tales residuos terminan en los principales ríos o en el Océano Pacífico. Lo anterior bien puede ser contrastado con lo ocurrido recientemente en el año 2019 cuando el

Ministerio de Agricultura y Riego del Perú, por medio de la Autoridad Nacional del Agua, fue parte de la II Jornada de Limpieza Binacional del Lago Titicaca y el Río Desaguadero en donde, según el Ministerio, se llegó a recolectar alrededor de 30 toneladas de basura (Autoridad Nacional del Agua, 2019, párr. 1). (p. 65)

Esta afección constituye en gran parte unos de los principales desafíos en el Perú debido a las diversas actividades humanas que afectan la calidad de este recurso y repercute de manera drástica los elementos vivos dependientes del mismo poniendo riesgo de estabilidad ambiental (Ubillús et al., 2022).

En Ecuador de manera singular este fenómeno afecta la estabilidad del buen funcionamiento de los ecosistemas a nivel nacional, según Oriente (2019) manifiesta que “uno de los principales problemas del Ecuador es que sus descargas de aguas residuales se dan directamente a sus ríos”, estudios que se han realizado a ríos de las regiones Costa, Sierra y Amazonia, mostraron todos niveles importantes de *Escherichia Coli* y Coliformes totales (bacterias de heces humanas y animales) por encima del límite máximo según las legislaciones internacional y ecuatoriana.”

Particularmente es el caso del río Milagro, su relevancia radica en su uso para actividades agrícolas, industriales y recreativas, además de su importancia ecológica dentro del entorno urbano y rural del cantón. Por ello, resulta indispensable evaluar y monitorear de manera integral su calidad orgánica y microbiológica.

Según el autor Rodríguez (2025), actualmente en su investigación afirmó que “En la ciudad de Milagro se ha evidenciado que el 95% de sus aguas aceleran la eutrofización, según estudios realizados mediante caracterización fisicoquímica y microbiológica. Este río en el año 2016 no cumplió en todas las normativas respecto a sus parámetros” p. 115

La realización de esta investigación surge de la necesidad de analizar los niveles de contaminación del agua del río mediante parámetros físico-químicos y así obtener la situación actual de la calidad del agua del río Milagro, considerando los efectos que la contaminación ha provocado. Para ello se evaluarán las principales fuentes contaminantes y el impacto que estas ocasionan.

Los resultados de este estudio servirán como un aporte para futuras investigaciones y podrán ser considerados como un referente en la formulación de

acciones encaminadas a la conservación y recuperación del río. De igual manera se espera que la información obtenida contribuya a fortalecer la conciencia ambiental de la ciudadanía.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

1.2.1 Planteamiento del problema

El recurso hídrico dulce representa un elemento esencial para el desarrollo de la vida y las actividades humanas; sin embargo, su disponibilidad es limitada y su distribución presenta importantes desigualdades a escala global, generando retos relacionados con la gestión y seguridad del agua. Esta situación se vuelve más compleja cuando los ecosistemas acuáticos enfrentan procesos de contaminación, degradación ambiental y presión por el uso excesivo del recurso. En este contexto, el río Milagro adquiere especial importancia debido a su contribución en actividades agrícolas, industriales y de recreación, además de cumplir una función ecológica relevante dentro de las zonas urbanas y rurales del cantón.

La investigación en este ámbito es fundamental no solo para determinar el estado actual del río Milagro, sino también para generar información que permita implementar estrategias efectivas de gestión, recuperación y conservación del recurso hídrico. Sin embargo, a pesar de la importancia ambiental y social que representa este cuerpo de agua, la problemática de contaminación continúa agravándose debido a la insuficiente acción por parte de las instituciones competentes y a la limitada conciencia ambiental de la ciudadanía, factores que contribuyen al deterioro progresivo del ecosistema fluvial.

1.2.2 Formulación del problema

¿De qué manera se encuentra la calidad orgánica y microbiológica del agua en el río Milagro y qué efectos tiene sobre su aprovechamiento en las actividades agrícolas e industriales?

1.3 Justificación de la investigación

La presente investigación surge como respuesta a la creciente problemática de contaminación que afecta al río Milagro, ocasionada principalmente por el vertimiento de aguas residuales domésticas, uso intensivo de agroquímicos y

disposición inadecuada de desechos sólidos en sus riberas. Estas acciones han provocado alteraciones en la calidad del agua, afectando parámetros orgánicos y microbiológicos como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y los coliformes totales, generando impactos negativos sobre la biodiversidad acuática y los ecosistemas ribereños.

El estudio resulta importante debido a que el río Milagro constituye una fuente hídrica de gran relevancia utilizado para actividades agrícolas, productivas y sociales dentro del cantón, por lo que el deterioro de su calidad representa un riesgo ambiental y sanitario para la población y para las especies que dependen de este ecosistema. Asimismo, la investigación permite identificar los niveles actuales de contaminación en distintos puntos del río, facilitando el análisis de las principales fuentes contaminantes y su incidencia sobre el entorno natural.

Desde la perspectiva científica y ambiental, del presente estudio los resultados obtenidos aportan información técnica especializada para el servicio y posibles acciones futuras acciones de recuperación, conservación y manejo sostenible del recurso hídrico. De igual manera, el estudio busca fortalecer la conciencia ambiental de la población y promover la participación conjunta de las instituciones públicas sobre la necesidad de reducir las prácticas contaminantes que afectan al río Milagro y promover medidas de mitigación orientadas a mejorar la calidad ambiental y la salud pública, favoreciendo así la conservación de este importante ecosistema para las generaciones presentes y futuras

1.4 Delimitación de la investigación

La investigación se realizó en cierta zona del río Milagro, la delimitación geográfica del proyecto será en la coordenada $2^{\circ}07'45''$ S y $79^{\circ}35'39''$ parte céntrica del río. El período de investigación abarcará un total de 5 meses desde agosto a diciembre del 2024, Durante este tiempo, se llevarán a cabo todas las etapas del estudio, desde la recopilación de datos hasta el análisis y la presentación de resultados. La investigación estuvo compuesta por diversas partes interesadas que se encuentran involucradas en la gestión y conservación del río Milagro como estudiantes y residentes del área a estudiar

1.5 Objetivo General

Identificar los niveles de contaminación del agua en el río Milagro mediante parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y los coliformes totales, para el planteamiento de estrategias de mitigación ambiental.

1.6 Objetivos Específicos

- Analizar los niveles de contaminación del agua en el río Milagro, enfocados en parámetros como la demanda biológica de oxígeno (DBO_5) y coliformes totales.
- Determinar el impacto ambiental de la contaminación en la biodiversidad acuática y los ecosistemas ribereños del río Milagro.
- Proponer estrategias de mitigación para reducir la contaminación del agua en el río Milagro y sus impactos ambientales y sociales.

1.7 Hipótesis

Se plantea que el río Milagro presenta niveles de contaminación microbiológica y orgánica que superan los límites permisibles para la conservación de la vida acuática, principalmente en las zonas con mayor influencia del desarrollo urbano.

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Estado del Arte

Diversos estudios han evidenciado que la contaminación de las diferentes zonas hídricas constituye uno de los principales problemas ambientales debido a sus efectos sobre la salud pública y el equilibrio de los ecosistemas. En este contexto Rodríguez Acosta (2025), identificó elevadas concentraciones de bacterias de origen fecal en un estuario. Destacando una abundante presencia de *Salmonella spp.* Asimismo, se observó la existencia de *Escherichia coli* en el mismo entorno. La presencia bacteriana en zonas de consumo directo por seres vivos compromete la salud y estabilidad de quienes dependen de este recurso natural, necesario para vivir.

Por su parte el Programa mundial de Evaluación de los Recursos Hídricos, de la UNESCO (2019), en su informe resalta la estrecha vinculación entre el estado de conservación o degradación de recursos hídricos y el crecimiento industrial. En el contexto existente, el desarrollo económico y la expansión de las actividades industriales generan una demanda creciente de agua para su uso en procesos productivos, refrigeración, y otros fines.

En consecuencia, a los factores que predominan la vulnerabilidad del recurso natural como a la exposición a la contaminación por diversos factores de manipulación constante que lo afectan dificulta el trabajo de mantenimiento preventivo. Ante este escenario, resulta imperativo adoptar normativas y estrategias que optimicen el aprovechamiento tecnológico e industrial del agua, a la par de ejecutar acciones de restauración ecológica que salvaguarden la biodiversidad fluvial, asegurando de este modo la continuidad y el abastecimiento del recurso a largo plazo.

Ubillus et al. (2022) según indican, que una proporción considerable de las aguas residuales, generadas tanto en entornos domésticos como industriales, son desechados en zonas hídricas, especialmente en los ríos. Este fenómeno es preocupante dado que un porcentaje de población resulta dependiente de para satisfacer sus necesidades diarias de agua.

Esta práctica conlleva una serie de consecuencias adversas y significativas, siendo las más destacadas la propagación de enfermedades entre la población. La contaminación de los ríos con aguas residuales sin tratar crea un ambiente propicio para la proliferación de patógenos, de microorganismos perjudiciales para la salud pública ya que son causa de diversas enfermedades. Además, esta contaminación también afecta negativamente a los ecosistemas acuáticos, alterando la biodiversidad, y comprometiendo la sostenibilidad de los recursos naturales (Ubillús et al., 2022).

Asimismo, Ibarra (2022) destaca que las principales razones detrás de la contaminación y deterioro de los recursos hídricos son el crecimiento poblacional y la descarga directa de desechos domésticos. El incremento en el número de habitantes resulta en demandante de agua y se relaciona a la vez con una cantidad alta de desechos, mientras que la eliminación directa de estos desechos en las diferentes zonas hídricas empeora la situación ambiental actual. Estos dos factores combinados representan un serio desafío y a la vez la salud de quienes dependen de este recurso indispensable.

Por otra parte, Moreira-Cevallos (2022) menciona que se realizaron muestreos de forma continua durante tres años consecutivos. Durante estos muestreos, se detectó la presencia de bacterias heterótrofas, así como coliformes totales y fecales, entre otros elementos contaminantes. Los resultados obtenidos indicaron que la calidad del agua en la laguna varía tanto en términos temporales como espaciales. Estas variaciones se atribuyen, en parte, a los cambios climáticos, como las temporadas de alta precipitación y las de escasa precipitación, como el verano.

En este contexto, la contaminación de los recursos hídricos se ha convertido en una problemática mundial, que requiere atención urgente. No solo compromete a la salud de los ecosistemas, sino que también impacta la calidad de vida de las personas, especialmente en zonas donde el acceso de agua es limitado.

1.2 Planteamiento y formulación del problema

Por lo general la problemática radica en la intervención manual del hombre que afecta composición del agua con diferentes actividades cotidianas utilizando el río como una vía de desechos sin tomar en cuenta el impacto negativo ocasionando una degradación perjudicial para el entorno de toda la zona poblacional y ecológica (Cevallos et al, 2022).

En el caso específico del río Milagro, su relevancia radica en su uso para actividades agrícolas, industriales y recreativas, además de su importancia ecológica dentro del entorno urbano y rural del cantón. Por ello, resulta indispensable evaluar y monitorear de manera integral su calidad orgánica y microbiológica. La investigación en este ámbito es fundamental no solo para determinar el estado actual del río Milagro, sino también para generar información que permita implementar estrategias efectivas de gestión, recuperación y conservación del recurso hídrico. Sin embargo, a pesar de la importancia ambiental y social que representa este cuerpo de agua, la problemática de contaminación continúa agravándose debido a la insuficiente acción por parte de las instituciones competentes y a la limitada conciencia ambiental de la ciudadanía, factores que contribuyen al deterioro progresivo del ecosistema fluvial.

2.2 Bases Teóricas

2.2.1 Calidad del agua

La calidad del agua constituye un pilar fundamental para la protección de la salud pública, el equilibrio ambiental y el desarrollo sostenible. Un recurso hídrico con condiciones adecuadas favorece el abastecimiento de agua para consumo humano las actividades productivas y la conservación de los ecosistemas.

Para un análisis eficaz y efectivo para obtener la calidad del agua como punto de estudio para el tratamiento adecuado a través de muestras físicas que permiten conocer la cantidad de sólido; colocar en un recipiente la muestra que ha sido tomada en este caso del río (agua y materia residual), para observar el tipo de residuo una vez que haya sido sometida a temperaturas altas previamente establecidas y evaporada para corroborar los sólidos totales ya que estos pueden ser sustancias tóxicas, microorganismos de materia fecal perjudiciales para la salud ambiental (Rodríguez Acosta, 2025).

Para conocer calidad del agua del río Milagro, fue necesario analizar sus características fisicoquímicas, ya que estas permiten identificar las condiciones actuales de este recurso hídrico. Con este fin se tomaron como referencia los resultados de monitoreo realizados mediante métodos acreditados por agente de control como por la OAE (Organismo de Acreditación Ecuatoriano) y conforme a procedimientos establecidos en la Norma INEN 2841. Posteriormente la información se comparó con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente del Ecuador I del Ecuador a través del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio de Ambiente, del Libro VI Anexo 1. (Ministerio del Ambiente, 2015) (Fernández-Ronquillo, et al., 2016)

Según Flores Takahashi (2017), señala que garantizar una adecuada calidad de agua es un aspecto fundamental para proteger la salud de la población ya que contribuye a reducir el riesgo de enfermedades y favorece el bienestar de las personas. En este sentido, disponer de agua que cumpla con los estándares de calidad establecidos ya que permite promover un entorno más seguro y saludable.

2.2.1.1. Parámetros que determinan la calidad del agua.

2.2.1.1.1. Demanda Biológica de oxígeno (DBO_5)

Este parámetro permite determinar la cantidad de oxígeno, expresada en miligramos por litro, que los microorganismos requieren para degradar la materia orgánica presente en una muestra de agua. Su medición es fundamental para evaluar el nivel de contaminación por residuos biodegradables y estimar la disminución del oxígeno disuelto que puede producirse en los cuerpos de agua receptores. Como indica Ibarra (2023), debido a que este ensayo se basa en el metabolismo aerobio de los microorganismos, una elevada concentración de materia orgánica puede reducir significativamente el oxígeno disuelto en el agua. Esta situación afecta el equilibrio del ecosistema y pone en riesgo la supervivencia de los organismos acuáticos.

2.2.1.1.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO).

Este parámetro es un indicador fundamental en la evaluación de la calidad del agua, ya que permite cuantificar la cantidad de oxígeno necesaria para llevar a cabo la estabilización y la oxidación de las sustancias presentes mediante procesos químicos. Su metodología de laboratorio se fundamenta en la cuantificación del

remanente de un agente oxidante adicionado a la muestra, lo que permite estimar con precisión la concentración de contaminantes degradables (CAPAC, 2017). Determinar este índice es fundamental para identificar las principales fuentes de contaminación de origen humano, diseñar sistemas de tratamiento más eficientes y respaldar la implementación de políticas de conservación que contribuyan a proteger el equilibrio ecológico de los cuerpos de agua receptores (Rodríguez Acosta, 2025).

2.2.1.1.3. Coliformes totales

Los coliformes son grupo de bacterias capaz de fermentar lactosa que se encuentra de manera natural en el organismo de ciertas especies animales e incluso en el organismo del ser humano. Por esta razón cuando se detectan en ríos u otras fuentes de agua, su presencia puede indicar contaminación por material fecal. Debido a ello, el monitoreo de estos microorganismos es una herramienta importante para evaluar la calidad microbiológica del agua fundamental. Rodríguez (2025), menciona que, si bien estos organismos no siempre provocan enfermedades, su presencia en cantidades elevadas puede ser el inicio de otros microorganismos que si son perjudiciales para la salud. En este contexto es necesario fortalecer los procesos de tratamiento y potabilización del agua, controlar las descargas de aguas residuales y promover buenas prácticas de higiene, con el fin de proteger la salud poblacional y finalmente conservar la calidad de los recursos hídricos.

2.2.1.1.4. Turbidez

Este indicador físico valora el color o grado de transparencia del agua. Esta condición se produce por la presencia de partículas suspendidas y coloides, como diferentes materias orgánicas que afectan el agua y son disueltas, y que dificultan el paso de luz. Evaluar este parámetro es importante porque ayuda a conocer el estado de la calidad del agua y sus posibles efectos sobre el ambiente y la salud. Cuando la turbiedad presenta elevados niveles, no solo disminuye la calidad visual del agua, sino que también limita el ingreso de la luz solar afectando los organismos acuáticos que dependen de la fotosíntesis para su desarrollo. Además, puede reducir la eficacia de los tratamientos de filtración y desinfección empleados en las potabilizadoras (Rodríguez Acosta, 2025).

2.2.1.1.5. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros que más influye en la calidad del agua ya que interviene en los procesos biológicos que ocurren en los ecosistemas acuáticos. Los cambios de este parámetro pueden modificar el metabolismo de los organismos, la cantidad de oxígeno la disponibilidad de nutrientes, lo que afecta el equilibrio acuático disuelto Al alterar los procesos metabólicos, la disponibilidad de oxígeno disuelto y la solubilidad de nutrientes esenciales, cualquier variación térmica acelera o ralentiza los ciclos ecológicos, comprometiendo la salud y sostenibilidad de los cuerpos de agua . Este parámetro debe monitorearse continuamente debido a su influencia sobre el equilibrio ecológico en la extensión acuática. Rodríguez (2025) destaca que en el momento de realizar un procedimiento fisicoquímico del agua; un elemento que no se puede dejar de tomar en cuenta por su grado de importancia y relevancia ya que permite comprender la situación actual de los cuerpos de agua y de quienes la integran.

2.2.1.1.6. pH.

Rodríguez Acosta (2025), refiere que el pH del agua no causa daños directos a la salud, pero puede influir en los procesos de tratamiento, especialmente en la eficacia de la desinfección. En entornos naturales, el pH del agua por lo general se encuentra en un rango de 6 a 9. Esta medida es importante porque puede afectar la solubilidad de los nutrientes esenciales y la disponibilidad de ciertos elementos en el agua, lo cual puede repercutir negativamente los ecosistemas dependientes de este importante recurso hídrico en general.

2.2.1.2. Aguas residuales

Las aguas residuales son aquellas cuyas características físicas, químicas y biológicas han sido afectadas por la manipulación humana, principalmente provenientes del uso doméstico e industrial. Estas aguas pueden contener una variedad de contaminantes y compuestos que requieren tratamiento antes de ser devueltas al medio ambiente o reutilizadas, destacando la importancia de gestionarlas adecuadamente para evitar impactos negativos en los ecosistemas acuáticos y la salud pública (Rodríguez Acosta, 2025)

2.2.2 Río Milagro

El río Milagro, como el principal cuerpo de agua superficial del cantón Milagro, es vital para la región al atravesar su núcleo urbano más importante; ya que desempeña un papel relevante desde el punto de vista ambiental como socioeconómico. A lo largo de su recorrido de aproximadamente 79 kilómetros, este río ha sido históricamente impactado por descargas contaminantes de origen doméstico, industrial y agrícola, lo que ha comprometido gravemente su calidad ambiental. Esta situación es adversa ya que sus efectos se derivan desde el hábitat acuática y los ecosistemas ribereños, y trasciende el bienestar poblacional y limita las oportunidades de uso sostenible de sus recursos hídricos (Cevallos et al., 2022).

De acuerdo Ibarra Matamoros (2022), el deterioro ambiental del cuerpo de agua en la actualidad es directamente proporcional al crecimiento demográfico y urbano de la localidad. Los antecedentes históricos demuestran que, este recurso activo poseía un valor estratégico fundamental tanto para el desarrollo del comercio local como para la recreación y el esparcimiento de la población. De esta manera, la ciudad de Milagro ha experimentado una transformación radical desde sus orígenes en 1842, evolucionando de ser un pueblo pequeño a ser actualmente una ciudad consolidada llegando a una zona territorial de 34 kilómetros cuadrados y alberga una población estimada de 190,000 habitantes, lo que incrementa sustancialmente la presión antrópica sobre el recurso hídrico.

Con el aumento poblacional y la agricultura en la zona, el río Milagro es afectado por la contaminación que lo perdido su importancia y valor histórico convirtiéndose en la actualidad como un vertedero de basura, lo cual ha causado un impacto severo en las riberas y su paisaje natural. Para abordar esta problemática de manera sostenible, es crucial implementar medidas de gestión integrada de residuos, promover campañas educativas sobre la concientización del mantenimiento de zonas hídricas para el beneficio indispensable del agua, de esta manera y fomentar prácticas de reciclaje y reutilización. Además, se deben establecer regulaciones más estrictas en cuanto a manipulación de desechos inorgánicos y tóxicos, y para mejorar los procedimientos en cuanto a aplicación de correctivos y normativas vigentes de desechos. Estas acciones no solo contribuirán a restaurar el entorno del río Milagro, sino que también garantizarán la protección a largo plazo de este recurso vital para la comunidad (Pérez, et al., 2022)

2.2.3 Estado de la contaminación en el río Milagro

Diversas investigaciones evidencian que el río principalmente en zonas campestres del cantón Milagro, el río se ve afectado por una carga significativa de contaminación originada principalmente en actividades agrícolas, que ocupan casi el 94 % de la superficie rural. Estas actividades agrícolas incluyen extensos territorios de la superficie rural, especialmente sembríos de productos agrónomos.

Por otra parte, Pérez, et al. (2022) indica que, para abordar esta problemática de manera sostenible, es fundamental implementar prácticas agrícolas más responsables, como el uso eficiente de fertilizantes y pesticidas, la siembra de cultivos de cobertura y la promoción de técnicas de agricultura regenerativa. Además, se deben establecer zonas estratégicas para filtrar contaminantes antes de que lleguen al río. Estas medidas no solo ayudarán a reducir la contaminación del río Milagro, sino que también promoverán la estabilidad de los ecosistemas que dependen de este recurso hídrico.

En estudios recientes, Cevallos et al. (2022), reporto evidencias significativas en la calidad del agua del río Milagro varía ampliamente según la zona de muestreo, mostrando desde niveles aceptables hasta fuertemente contaminados. En las áreas urbanas, se registraron valores de Demanda química de Oxígeno de hasta 47, lo que indica una alta concentración de aguas residuales sin tratar, siendo una fuente significativa observación ambiental en la región. Los resultados evidencian la importancia de desarrollar estrategias que mejoren el tratamiento de las aguas residuales y fortalezcan la gestión ambiental.

De igual manera, Rodríguez (2025) identificó que en las cercanías del ingenio Valdez en el cantón Milagro, la contaminación agroindustrial es alarmantemente alta. Las aguas del río en esta área son catalogadas como fuertemente contaminadas, con un índice de Demanda Química de Oxígeno que alcanzó los 977. La contaminación principalmente es a la presencia de vinaza, un subproducto del procesamiento del azúcar que también se utiliza como fertilizante en los cultivos de caña de azúcar.

En conjunto los antecedentes revisados muestran que la contaminación del río Milagro responde a múltiples factores de origen antrópico, por lo que su recuperación requiere la participación coordinada de las instituciones públicas, el

sector productivo y la comunidad, mediante acciones orientadas a la prevención, el monitoreo permanente y la gestión sostenible del recurso hídrico.

2.3 Marco Legal

La presente investigación se sustenta en el marco jurídico ecuatoriano, el cual reconoce la protección del ambiente y la conservación de los recursos hídricos como responsabilidades del Estado y de la sociedad. Las disposiciones legales vigentes establecen lineamientos para prevenir la contaminación, garantizar el uso sostenible del agua y promover la preservación de los ecosistemas.

La Constitución de la República del Ecuador (2008) reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, condición indispensable para garantizar el bienestar y el desarrollo sostenible. Asimismo, establece que los recursos naturales deben administrarse bajo criterios de sostenibilidad y responsabilidad ambiental, promoviendo acciones dirigidas a prevenir y controlar la contaminación.

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*. Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados. (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 13)

De igual manera, la Constitución dispone que el agua constituye un patrimonio estratégico de uso público, esencial para la vida y cuyo acceso debe garantizarse de manera equitativa. En este sentido, el Estado tiene la obligación de proteger las fuentes hídricas, regular su aprovechamiento y adoptar medidas orientadas a conservar su calidad para las generaciones presentes y futuras.

Por otra parte, el Código Orgánico del Ambiente (2017) establece los principios y mecanismos destinados a prevenir, controlar y mitigar los impactos ambientales ocasionados por las actividades humanas. Esta normativa dispone que toda actividad susceptible de generar contaminación debe implementar medidas de prevención, control y reparación, con el propósito de reducir los efectos negativos sobre los ecosistemas y la salud de la población.

Estas disposiciones constituyen el principal referente técnico para evaluar el cumplimiento de los estándares de calidad del agua y determinar el nivel de contaminación existente en el río Milagro.

3. MATERIALES Y MÉTODOS

3.1 Enfoque de la investigación

La presente investigación se desarrolló bajo un enfoque descriptivo y exploratorio. La finalidad del presente estudio fue evaluar la contaminación ambiental del río Milagro, específicamente del estado superficial de toda su extensión hídrica centrándose en la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y los coliformes presentes como parámetros indicativos. La investigación abordó medición de niveles de contaminación, análisis del impacto ambiental en la biodiversidad acuática y los ecosistemas ribereños. A través del enfoque cuantitativo se obtuvo información lo que facilitó la recolección y análisis de datos, permitiendo una evaluación detallada de los efectos de la contaminación en el río y la formulación de estrategias de mitigación. Fue básicamente una evaluación in situ del estado de los ecosistemas acuáticos para determinar sus características estructurales biofísicas, entre las que destaca la calidad del agua.

3.1.2 Diseño de investigación

La investigación se realizó mediante un diseño no experimental, de corte transversal. Se recogieron datos en múltiples puntos de muestreo a lo largo del río Milagro para determinar los niveles de pH, temperatura, (6 análisis) DBO_5 y coliformes totales (2 análisis). Esto proporcionó perspectiva rápida sobre las diferentes secciones del río en un periodo específico de tiempo. Además, se utilizó técnicas estadísticas para analizar y describir las condiciones de la calidad de agua del río Milagro en el momento de la evaluación. La jornada de recolección de muestras de agua y medición de temperatura se llevó a cabo el día 8 de agosto a las 12:00 horas, garantizando la uniformidad en las condiciones ambientales al momento de la evaluación.

3.2 Metodología

3.2.1 Variables

3.2.1.1. Variable independiente

La variable independiente en este estudio fue la contaminación del agua en el río Milagro, medida a través de parámetros como el pH, Temperatura, Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) y la concentración de coliformes totales.

3.2.1.2. Variable dependiente

La variable dependiente es el grado de alteración de la calidad del recurso hídrico en las distintas zonas del río Milagro. Este impacto se evaluó mediante la observación de cambios en la composición de especies acuáticas y la salud general del ecosistema ribereño en áreas afectadas por niveles elevados de contaminación.

3.2.2 Operacionalización de variables

Tabla 1

Variables Independientes

Variables	Tipo	Nivel medida	Descripción
Contaminación del agua	Continuas	De razón	Medición de DBO y coliformes totales en el agua
DBO	Continua	De razón	Concentración medida en mg/L
Coliformes totales	Discreta	De razón	NMP/100 ml mediante análisis microbiológico

Elaborado por: El Autor, 2024

Tabla 2

Variables dependientes

Variables	Tipo	Nivel medida	Descripción
Impacto ambiental en el ecosistema del río Milagro	cualitativa	Ordinal	Evaluación del estado ecológico de las riberas y ecosistemas acuáticos
	cuantitativa	Continua	Medición de la abundancia y diversidad de especies acuáticas
	Cuantitativa	Continua	Evaluación de pH del suelo, cobertura vegetal y condiciones físicas de la ribera

Elaborado por: El Autor, 2024

3.2.3 Tratamientos

Dentro del contexto del estudio no experimental como este, donde se utiliza un diseño transversal que permiten analizar información sobre la problemática de contaminación del agua en el río Milagro y su impacto ambiental, los "tratamientos"

será la ubicaciones o puntos de muestreo la misma que está representada en el puente de la cámara de comercio, puente de iglesia central y puente de la policía donde se recogerán muestras de agua y se llevarán a cabo observaciones del ecosistema ribereño.

En el marco del estudio no experimental realizado para evaluar la contaminación del agua en el río Milagro y su impacto ambiental. Este enfoque permitió analizar, en un momento temporal, las condiciones de calidad del agua en diversas ubicaciones estratégicas a lo largo del río.

Las ubicaciones para la recolección de muestras de agua y la observación del ecosistema ribereño fueron:

- Puente de av. Los Chirijos, entre Colombia y Esmeralda, 2°07'21.5"S 79°35'46.3"W
- Puente 17 de Septiembre, 2°07'35.0"S 79°35'29.8"W
- Puente San Miguel, 2°07'45.8"S 79°35'06.7"W

3.2.4 Diseño experimental

Dado que este estudio es no experimental y utiliza un diseño transversal, no se implementó manipulaciones controladas ni asignaciones aleatorias de tratamientos típicas de estudios experimentales. En su lugar, se realizó una recolección de datos en un solo momento (momento transversal) en los múltiples puntos de muestreo a lo largo del río.

3.2.5 Recolección de datos

3.2.5.1. Recursos

3.2.5.1.1. Recurso bibliográfico.

Para la investigación, se consultó revistas científicas relevantes con temas específicos del sector agrario, asegurando así la obtención de información actualizada y fundamentada en investigaciones rigurosas. Además, se visitó el Centro de Información Agrario de Guayaquil y Milagro de la Universidad Agraria del Ecuador, reconocido por su extenso acervo de libros, artículos, reportes, leyes y páginas web especializados en medio ambiente.

3.2.5.1.2. Recursos materiales

Entre materiales se utilizó botas, recipientes para la recolección y preservación de muestras de agua del río, termómetros para medir la temperatura del agua, peachimetro para evaluar la acidez o alcalinidad, equipos de medición de oxígeno disuelto, y herramientas para la medición de turbidez y sólidos suspendidos.

3.2.5.1.3. Recursos humanos

Estuvo formado por el estudiante, como responsable de la recolección de muestras y datos diseñado. También por el tutor, ya que el colaboró estrechamente con el alumno en la interpretación de los resultados, proporcionando orientación experta para asegurar una comprensión profunda y precisa de los hallazgos.

3.2.5.2. Métodos y técnicas

3.2.5.2.1. Selección de puntos de muestreo.

De acuerdo a la investigación se realizó la georreferenciación de los puntos donde se realizaron los muestreos, se consideró la accesibilidad, representatividad y posibles fuentes de contaminación en cada sector, se utilizó herramientas entre ellos mapas, imágenes satelitales, además se realizó un reconocimiento in situ para seleccionar los puntos más adecuados.

3.2.5.2.2. Toma de muestras según metodología.

Se definió claramente el volumen necesario de la muestra de agua. Utilizando protocolos estandarizados para la toma de muestras, considerando aspectos como preservación, transporte y cadena de custodia. Se registró meticulosamente la información de cada punto de muestreo, incluyendo coordenadas geográficas, hora, condiciones ambientales y cualquier observación relevante. Además, se aseguró la calidad de los datos mediante el conjunto de aplicaciones técnicas que permiten monitorear y controlar las condiciones ópticas de duplicados, blancos y muestras de referencia.

3.2.5.2.3. Análisis del área y evaluación del ambiente.

Como parte integral del estudio se realizó un recorrido sobre el área de investigación para conocer las condiciones del lugar e identificar las principales fuentes de contaminación, las actividades desarrolladas por la población y otras

características ambientales que pudieran influir en la calidad del agua. Así mismo se recopiló información secundaria, como estudios anteriores, mapas, registros históricos y datos meteorológicos, con el fin de contar con un amplio análisis de los resultados. Además, se evaluó las condiciones ambientales *in situ*, midiendo parámetros físico-químicos como pH, temperatura, conductividad y oxígeno disuelto. También, se observó y registró la presencia de flora y fauna, así como cualquier detalle de observación y análisis en los ecosistemas. Finalmente, se analizaron los resultados obtenidos del área de estudio, identificando patrones, tendencias y posibles relaciones entre variables.

3.2.5.2.4. Análisis del área y evaluación del ambiente.

Un aspecto importante mediante recorridos de campo y observaciones directamente en los distintos puntos de estudio ubicados en el río Milagro, se identificaron las principales actividades humanas presentes en el área de investigación y su posible relación con las condiciones ambientales del entorno.

Los desechos abordados fueron identificadas a través de la observación de tuberías, canales y vertidos directos hacia el río, además de cambios visibles en el color, olor y presencia de espuma en el agua. La deforestación de riberas se determinó a través de la pérdida de cobertura vegetal, presencia de zonas erosionadas y expansión de actividades agrícolas o asentamientos humanos cercanos al cauce. El arrojo de basura se identificó por la acumulación inorgánica de basura en los contornos en el cauce de esta vertiente de agua, mientras que el uso de agroquímicos fue reconocido mediante la existencia de cultivos agrícolas cercanos al río, presencia de fumigaciones y escorrentía proveniente de áreas productivas.

Para la evaluación de estas actividades se utilizó como referencia la metodología de Leopold, adaptada a las condiciones del estudio. Esta metodología permitió relacionar las actividades humanas identificadas con los componentes ambientales afectados, principalmente el agua, suelo, flora, fauna y ecosistemas ribereños.

Los resultados fueron analizados mediante una matriz de identificación, considerando criterios como magnitud, duración, extensión y nivel de afectación sobre el ecosistema. Los niveles de impacto fueron clasificados en una escala de 1 a 10, donde los valores más altos representan impactos de mayor severidad. Esta

valoración permitió categorizar los impactos como moderados, altos, muy altos y críticos, dependiendo de la intensidad y permanencia de las alteraciones observadas en el río Milagro.

Asimismo, la metodología permitió identificar que las descargas de aguas residuales representan el impacto más crítico debido a su efecto permanente sobre la calidad del agua y el oxígeno disuelto, mientras que la deforestación de riberas y el uso de agroquímicos generan alteraciones físicas y químicas importantes sobre el ecosistema acuático. De igual manera, el arrojo de basura ocasiona obstrucción del cauce y afectación directa a la fauna asociada al río.

3.2.6 Análisis estadístico

Estos análisis estadísticos descriptivos, permitió caracterizar de manera cuantitativa la contaminación del río Milagro. También nos ayudó a identificar patrones, tendencias, y establecer comparaciones en función a los parámetros ambientales establecidos.

Tabla 3

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes al recurso agua

Parámetro	Límite Óptimo Permitido	Límite Máximo Permitido
DBO5 (mg/L)	< 3 mg/L (agua potable) / < 5 mg/L (agua para vida acuática).	> 6 mg/L (indica alta contaminación orgánica).
Coliformes Totales (NMP/100mL)	0 NMP/100 mL (agua potable) / < 200 NMP/100 mL (agua para recreación).	> 200 NMP/100 mL (agua no apta para recreación).
pH	6.5 - 8.5	Fuera de rango (peligroso para vida acuática).
Oxígeno Disuelto (mg/L)	5-8 mg/L (saludable para ecosistemas acuáticos).	< 2 mg/L (riesgo para organismos acuáticos).
Temperatura (°C)	18°C - 22°C	> 28°C (puede reducir oxígeno disuelto).

Elaborado por: Ministerio del Ambiente, 2015

De acuerdo a los niveles de DBO₅ y coliformes totales en el agua del río, se identificó los valores promedio de estos parámetros y compararlos con los límites permisibles.

4. RESULTADOS

4.1 Análisis de los niveles de contaminación del agua en el río Milagro, enfocados en parámetros como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅) y coliformes totales

Se eligieron tres puntos de muestreo establecidos en el río Milagro: Puente de la av. Chirijo, Puente 17 de Septiembre y Puente San Miguel. En cada punto y en los diferentes parámetros de estudio físico-químicos y microbiológicos como la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), coliformes totales, pH y temperatura, se determinó los niveles de contaminación presentes en el recurso hídrico y comparar los valores obtenidos con los límites permisibles establecidos en la normativa ambiental vigente.

Se determina a través de las evidencias de estudio los niveles de contaminación aumentan progresivamente desde el Puente de la av. Chirijo hasta el Puente San Miguel. En relación con la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO₅), el Puente av. Chirijo presentó un valor de 4.2 mg/L, considerado aceptable para la vida acuática, aunque requiere control preventivo. Por otro lado, el Puente 17 de Septiembre registró 6.5 mg/L y el Puente San Miguel 8.3 mg/L, valores que sobrepasan los límites recomendados para ecosistemas acuáticos, indicando una elevada carga orgánica en el agua.

En cuanto a los coliformes totales, los tres puntos de muestreo superaron ampliamente el límite permisible de 200 NMP/100 mL para aguas destinadas a recreación. El Puente de la av. Chirijo registró 1200 NMP/100 mL, el Puente 17 de Septiembre 2500 NMP/100 mL y el Puente de la Policía 5000 NMP/100 mL, evidenciando una severa contaminación fecal posiblemente asociada a descargas de aguas residuales domésticas y actividades antrópicas cercanas al cauce del río.

Respecto al pH, los valores obtenidos oscilaron entre 6.8 y 7.7, encontrándose dentro del rango óptimo establecido para la vida acuática (6.5 - 8.5), por lo que no se identificaron problemas significativos de acidez o alcalinidad. Sin embargo, la temperatura presentó variaciones importantes, especialmente en el Puente de la Policía donde se registró 28°C, superando el rango recomendado de

18°C a 22°C, situación que puede reducir la solubilidad del oxígeno disuelto y afectar negativamente a los organismos acuáticos.

Tabla 4.
Resultados consolidados de los puntos de muestreo del río Milagro

Punto de muestreo	de DBO ₅ (mg/L)	Coliformes Totales (NMP/100 mL)	pH	Temperatura (°C)	Comparación con los límites óptimos
Puente de la av. Chirijo	4.2	1200	7.7	24	DBO ₅ aceptable para vida acuática, aunque requiere control. Alta contaminación fecal. pH dentro del rango óptimo. Temperatura cercana al límite superior permitido.
Puente 17 de Septiembre	6.5	2500	6.8	25	Alta contaminación orgánica y fecal. pH dentro del rango óptimo. Temperatura elevada que puede afectar el oxígeno disuelto.
Puente San Miguel	8.3	5000	7.0	28	Muy alta contaminación orgánica y fecal. pH dentro del rango óptimo. Temperatura por encima del rango recomendado, con posible reducción del oxígeno disuelto.

Elaborado por: Castro, 2024

4.2 Determinación del impacto ambiental de la contaminación en la biodiversidad acuática y los ecosistemas ribereños del río Milagro.

La valoración de impactos se realizó mediante un análisis cualitativo, considerando la magnitud de cambio tanto físico como químico y la importancia del recurso hídrico, bajo los criterios de la metodología de Leopold. Donde cada nivel de impacto (1-10) refleja la interacción entre la magnitud (alteración física en cuanto a componente) y la importancia (la relevancia ecológica y social del recurso).

4.2.1 Biodiversidad y bioindicadores

Para la determinación de la abundancia de los grupos biológicos observados en el río Milagro (ver tabla 5), se empleo un criterio de estimación visual cualitativa durante la jornada de campo, definida bajo los siguientes parámetros:

- **Baja:** avistamiento escaso o nulo de ejemplares durante el periodo de observación.

- **Media:** presencia notoria de la especie en el entorno, pero localizada en puntos específicos.
- **Alta:** presencia masiva y generalizada de la especie a lo largo de los sectores evaluados.

Tabla 5***Bioindicadores en la biodiversidad del río Milagro.***

Grupo biológico	Especies observadas	Abundancia	Estado de hábitat
Peces	Viejas, tilapias	Baja	Afectado por sedimentos, basura
Invertebrados	Caracoles, libélulas,	Alta	Los caracoles physa indican agua contaminada
Flora ribereña	Lechuguines, caña fistula, cedro, robles, samán	Media	Invasión de lechuguines
Aves	Garzas, martín pescador, eliano caracolero.	Media	Dependen de la orilla para anidar

Elaborado por: El autor 2024

Se evidencio una baja presencia de especies como la tilapia y la vieja dentro del ecosistema acuático del río Milagro (ver tabla 5). Asimismo, se identificó abundancia de caracoles del género Physa en varios sectores evaluados. En cuanto a la flora ribereña, se evidenció la presencia de lechuguines en distintas áreas del cauce, además de especies vegetales como caña fístula, cedro, robles y samán.

Respecto a la fauna asociada al ecosistema ribereño, se observaron aves como garzas, martín pescador y elanio caracolero, principalmente en zonas cercanas a las orillas del río. También se registró la presencia de iguanas y ratas en sectores donde existía acumulación de residuos sólidos. Durante las observaciones de campo, se evidenció basura distribuida a lo largo de las riberas y zonas cercanas al cauce del río, así como áreas afectadas por sedimentos y vegetación invasiva.

Tabla 6***Matriz de identificación de impactos***

Actividad humana	Impacto ambiental identificado	Nivel de impacto (1-10)	Duración
Descargas de agua residuales	Disminución de oxígeno	9 (crítico)	Permanente
Deforestación de riberas	Erosión del suelo y pérdida de sombra	7 (alto)	Largo plazo
Arrojo de basura	Obstrucción de cauces, contaminación a fauna	6 (moderado)	Permanente
Uso de agroquímicos	Toxicidad química en el agua	8 (muy alto)	Estacional

Elaborado por: El autor, 2024

Las distinciones de las fuentes de impacto ambiental fueron primordiales dentro del trabajo investigativo, y reconocimiento in situ de las zonas evaluadas a lo largo del río Milagro. Durante los recorridos se identificaron tuberías domesticas e industriales hacia el cauce, basura en las orillas, áreas con pérdida de cobertura vegetal ribereña y sectores agrícolas cercanos donde se evidenció el uso de agroquímicos. Asimismo, se registraron características físicas del entorno, presencia de erosión en las riberas, alteraciones en la vegetación y afectaciones visibles sobre la fauna y el ecosistema acuático.

Para determinar el nivel de impacto ambiental se aplicó una valoración cuali-cuantitativa basada en criterios de magnitud, duración y afectación sobre el recurso hídrico y los ecosistemas asociados. La asignación de valores entre 1 y 10 se realizó considerando la intensidad del daño observado, el alcance del impacto y el tiempo de permanencia en el ambiente. A partir de este análisis de riesgo ambiental se obtuvo un nivel crítico (9), debido a su efecto permanente sobre la disminución del oxígeno y el estado de emergencia de la zona hídrica de estudio. Uno de los principales factores es la manipulación de agroquímicos, ya que alcanzó un nivel muy alto (8), considerando la toxicidad generada sobre el ecosistema acuático durante las épocas de siembra. La deforestación de riberas presentó un impacto alto (7), debido a la contaminación de la superficie y disminución significativa de sombra natural en el punto de estudio, mientras que el arrojo de basura fue

clasificado con un impacto moderado (6), asociado a la obstrucción de cauces y afectación a la fauna presente en las orillas del río.

4.3 Propuesta de estrategias de mitigación para reducir la contaminación del agua en el río Milagro y sus impactos ambientales y sociales.

La propuesta de mitigación se elaboró de acuerdo a la información adquirida dentro de los parámetros establecidos que determinó el nivel de impacto ambiental, priorizando aquellos considerados críticos, la finalidad de recuperar el valor socio ambiental del objetivo de investigación en el río Milagro. Para el desarrollo de esta propuesta se tomaron como referencia diversas bases legales, entre ellas el artículo 71 de la Constitución del Ecuador, el cual reconoce los derechos en defensa al medio ambiente. Asimismo, las acciones relacionadas con la intervención de las riberas y el manejo de residuos sólidos se sustentan en el Código Orgánico del Ambiente (COA) y en la Ley Orgánica de Recursos Hídricos, normativas que prohíben la alteración y degradación de las zonas hídricas. Las estrategias de mitigación propuestas se detallan en la Tabla 7.

La ciudad de Milagro enfrenta desde hace varios años problemas de contaminación por descargas hacia el río, situación asociada principalmente a su sistema de alcantarillado combinado, en el cual las aguas residuales domésticas y las aguas pluviales circulan por las mismas tuberías. En la ciudad existe una planta centralizada de tratamiento compuesta por lodos y lagunas de oxidación, ubicada en el sector Las Pozas, en las afueras de la urbe. Esta planta cuenta con un sistema de bombeo debido a las características topográficas del terreno, ayudando a mitigar la contaminación a través de procesos correspondientes de retención, evitando que sean transportadas únicamente por gravedad.

Además, Milagro está rodeado de diversos cultivos como banano, caña de azúcar y cacao, los cuales también son fuentes contaminación del recurso hídrico, por el exceso de fertilizantes, pesticidas y herbicidas. Otro de los impactos es la deforestación de las riberas, por expansión agrícola, asentamientos ilegales y extracción de arena y sedimentos, además de la contaminación del cauce por la basura, sus orillas se han convertido en botaderos de basura.

Tabla 7

Estrategias de mitigación y medidas para reducir la contaminación del río milagro.

Actividad humana	Impacto ambiental	Estrategia de mitigación	Objetivo social y ambiental
Descargas de aguas residuales	9 (crítico)	Fortalecer y ampliar el sistema de tratamiento de aguas residuales mediante la modernización de la PTAR existente, implementación de trampas de grasa y control de descargas domésticas e industriales hacia el río.	Reducir la contaminación orgánica y microbiológica del agua, recuperar el oxígeno disuelto y proteger la salud pública y la biodiversidad acuática.
Uso de agroquímicos	8 (muy alto)	Implementar barreras vivas y franjas de protección vegetal en zonas agrícolas cercanas al cauce, además de promover el uso responsable de fertilizantes y pesticidas e insecticidas mediante programas de capacitación ambiental.	Disminuir la toxicidad química en el agua y reducir los efectos contaminantes sobre los ecosistemas acuáticos y actividades agrícolas locales.
Deforestación de riberas	7 (alto)	Realizar programas de reforestación con especies nativas y establecer zonas de protección ribereña para evitar la expansión agrícola y la erosión del suelo.	Recuperar la cobertura vegetal, estabilizar las riberas y conservar los hábitats naturales asociados al ecosistema fluvial.
Arrojo de basura	6 (moderado)	Implementar sistemas de gestión integral de residuos sólidos mediante instalación de contenedores, campañas de educación ambiental y colocación de barreras flotantes para retención de desechos sólidos.	Reducir la acumulación de residuos en el cauce, prevenir obstrucciones e inundaciones y mejorar la calidad ambiental y paisajística del río.

Elaborado por: El autor, 2024

5. DISCUSIÓN

En evidencia a los hallazgos obtenidos en el río Milagro existe un deterioro progresivo y severo en el estado ambiental de la zona que corresponde conforme el cauce atraviesa la zona urbana, manifestado en el incremento longitudinal de la Demanda Biológica de Oxígeno (DBO_5) desde 4.2 mg/L en el Puente de la av. Chirijo hasta un nivel crítico de 8.3 mg/L en el Puente San Miguel. Este patrón de degradación aguas abajo coincide con lo reportado por León y Castillo (2025) en su evaluación de los ríos urbanos de Loja, donde las descargas directas y quebradas tributarias incrementaron notablemente la DBO_5 debido a la insuficiencia de colectores marginales y alcantarillados sanitarios segregados. Particularmente es el caso del río Milagro, la acumulación de materia inorgánica se ve drásticamente agravada por un incremento simultáneo de la contaminación microbiológica, registrando concentraciones de coliformes totales que van desde 1200 NMP/100 mL hasta un límite de 5000 NMP/100 mL en el punto terminal. Los resultados obtenidos superan ampliamente el límite máximo permitido de 200 NMP/100 mL establecido en la normativa ambiental vigente para actividades recreativas. Esta situación evidencia una posible presencia elevada de contaminación microbiológica y refleja el impacto generado por las actividades humanas, principalmente debido a la descarga directa de aguas residuales domésticas y al ingreso de contaminantes provenientes del arrastre de lixiviados en las zonas cercanas al río. Este problema está relacionado con las condiciones actuales del sistema de saneamiento de la ciudad de Milagro, donde pueden producirse descargas de aguas servidas sin tratamiento previo hacia el río antes de llegar a la planta de tratamiento correspondiente.

Por otra parte, la evaluación de parámetros complementarios como el pH y la temperatura del río Milagro permitió identificar cambios en las condiciones del recurso hídrico que pueden influir en el equilibrio del ecosistema acuático. Aunque los valores de pH registrados se mantuvieron dentro de un rango adecuado para el desarrollo de las especies acuáticas (6,8 a 7,7), la temperatura presentó un aumento progresivo a lo largo del río, alcanzando los 28 °C en el sector del Puente de la Policía. Este incremento supera los valores recomendados de 18 °C a 22 °C y podría estar relacionado con el ingreso constante de descargas provenientes de

actividades urbanas, las cuales aportan materia disuelta al cuerpo de agua. Según Raffo y Ruiz (2014), las aguas residuales generadas por las actividades humanas pueden modificar las características físicas y químicas de los ecosistemas receptores poseen por lo general una temperatura mayor que la de las aguas naturales debido a las actividades domésticas y comerciales de donde provienen.

Desde un enfoque biogeoquímico, el aumento de la temperatura del agua representa una condición relevante debido a que puede reducir la capacidad del recurso hídrico para mantener oxígeno disuelto. Esta situación, junto con los valores elevados de DBO_5 registrados en el mismo punto de muestreo (8,3 mg/L), favorece una mayor actividad de los microorganismos encargados de degradar la materia orgánica. Como consecuencia, puede producirse una disminución progresiva del oxígeno disponible, afectando el equilibrio del ecosistema acuático y generando condiciones desfavorables para la supervivencia de las especies presentes.

En relación con los cambios físicos, químicos y térmicos identificados en el río Milagro, las condiciones del componente biológico evidencian los efectos que la contaminación genera sobre los ecosistemas acuáticos y las zonas ribereñas. La disminución de especies nativas de peces o aquellas de importancia comercial, como la vieja y la tilapia, junto con la presencia predominante de organismos tolerantes a ambientes alterados, como los caracoles del género *Physa*, refleja un posible deterioro de la calidad ambiental del río.

Según Benjumea-Hoyos et al. (2023), el incremento de la contaminación orgánica y microbiológica puede modificar la composición de las comunidades acuáticas, debido a que las especies más sensibles disminuyen mientras que aquellas con mayor capacidad de adaptación logran permanecer en ambientes con bajos niveles de oxígeno. En este sentido, la reducción de la diversidad biológica observada en el río Milagro también se relaciona con la presencia abundante de lechuguines (*Eichhornia crassipes*) y la acumulación de residuos en sus riberas, factores que evidencian alteraciones ambientales significativas.

Además, el aporte excesivo de nutrientes provenientes de descargas de aguas residuales y el escurrimiento de productos utilizados en actividades

agrícolas, como los cultivos de banano, caña de azúcar y cacao, pueden favorecer procesos de eutrofización. Este fenómeno afecta el funcionamiento natural del ecosistema, ya que puede generar obstrucciones en el cauce, alterar los sitios de reproducción de las aves acuáticas y modificar la composición de la vegetación presente en las zonas cercanas al río.

La aplicación de estrategias de mitigación debe considerar las principales fuentes de presión que afectan a la cuenca, especialmente aquellas relacionadas con las actividades urbanas y agrícolas. En este contexto, la propuesta de mejorar y actualizar la Planta de Tratamiento de Aguas Residuales (PTAR) representa una alternativa orientada a reducir el impacto generado por las descargas contaminantes y contribuir a la recuperación progresiva del recurso hídrico existente y controlar de manera rigurosa las descargas se vuelve prioritaria debido a las limitaciones intrínsecas correspondientes al tratamiento de las aguas desechadas en el Cantón Milagro. Al respecto, Tuan Anh et al. (2023) señalan que, en las zonas urbanas, los sistemas de saneamiento inadecuados o combinados pueden convertirse en importantes fuentes de contaminación, debido a que generan descargas de materia orgánica y microorganismos patógenos que superan la capacidad natural de recuperación de los ríos. Sin embargo, los autores también destacan que la contaminación de los recursos hídricos en áreas rurales y zonas de transición no depende únicamente de la infraestructura sanitaria urbana, ya que las actividades agrícolas representan una fuente adicional de contaminación debido al arrastre de fertilizantes y pesticidas mediante la escorrentía superficial.

Desde esta perspectiva, resulta necesario implementar medidas complementarias como barreras vegetales, zonas de protección en las riberas y programas de reforestación con especies propias de la zona en los alrededores del río Milagro. Estas acciones pueden contribuir a disminuir los procesos erosivos, recuperar la cobertura vegetal y reducir el ingreso de contaminantes provenientes de los cultivos de banano, caña de azúcar y cacao. Además, la vegetación ribereña funciona como un mecanismo natural de retención de nutrientes y sustancias químicas, fortaleciendo las acciones destinadas al manejo adecuado de residuos sólidos y a la reducción de los impactos ambientales identificados durante el estudio.

La presencia elevada de contaminación microbiológica y la acumulación de diferentes tipos de residuos en el río Milagro representan una problemática que va más allá del deterioro ambiental, debido a que pueden generar riesgos para el equilibrio del ecosistema y la salud de las poblaciones cercanas. La identificación de concentraciones de hasta 5000 NMP/100 mL de coliformes totales en el sector del Puente de la Policía evidencia una importante carga contaminante asociada principalmente a descargas de origen doméstico, lo que podría favorecer la presencia de microorganismos capaces de transmitir enfermedades relacionadas con el contacto o consumo de agua contaminada.

En este sentido, Bilal et al. (2023) mencionan que las cuencas ubicadas en zonas urbanas de países en desarrollo enfrentan frecuentes problemas sanitarios debido a que los ríos con altos niveles de contaminación pueden convertirse en medios de propagación de enfermedades gastrointestinales y dérmicas. Esta situación afecta especialmente a las comunidades que tienen una relación directa con estos recursos hídricos. Asimismo, los autores destacan que la acumulación de residuos sólidos y la alteración del flujo natural de los cauces por actividades humanas incrementan los impactos ambientales y dificultan la recuperación de los ecosistemas acuáticos.

El estudio de las comunidades de macroinvertebrados y de la fauna acuática presente en el río Milagro demuestra la importancia del biomonitoreo como una herramienta útil para evaluar las condiciones ecológicas de los sistemas hídricos en la región litoral del Ecuador. Los cambios observados en la composición biológica del río, evidenciados por la baja presencia de especies sensibles y el predominio de organismos tolerantes, como los gasterópodos del género *Physa*, reflejan una posible alteración en la calidad ambiental del ecosistema.

Estos resultados se relacionan con lo señalado por Gutiérrez (2013) en sus investigaciones realizadas en los ríos Quevedo, San Pablo y Lulo, donde se establece que los ecosistemas acuáticos sometidos a una alta presión humana presentan modificaciones en sus comunidades biológicas. El autor indica que, cuando las condiciones del agua se deterioran, las especies más vulnerables

tienden a disminuir, mientras que aquellas con mayor capacidad de adaptación logran establecerse en estos ambientes.

En el caso del río Milagro, las alteraciones ocasionadas por las descargas de aguas residuales y el aporte de contaminantes provenientes de actividades agrícolas pueden estar influyendo directamente en la estructura de las comunidades acuáticas. La permanencia de especies resistentes frente a la disminución de organismos más sensibles evidencia la necesidad de fortalecer los programas de monitoreo biológico en el cantón, utilizando estos indicadores como una herramienta para evaluar la evolución del ecosistema y la efectividad de las medidas de recuperación ambiental propuesta

La presencia abundante de lechuguines (*Eichhornia crassipes*) en la vegetación ribereña del río Milagro puede considerarse un indicador de los procesos de eutrofización que afectan al ecosistema acuático. La acumulación de esta planta acuática invasora, aunque presenta una abundancia moderada, genera efectos importantes sobre las condiciones del hábitat, debido a su relación con el incremento de nutrientes como nitrógeno y fósforo en el agua. Estos elementos pueden ingresar al río mediante el arrastre de fertilizantes y otros productos utilizados en las actividades agrícolas cercanas, favoreciendo el crecimiento excesivo de esta especie y alterando el equilibrio natural del ecosistema.

La clasificación y jerarquización de los principales problemas ambientales detectados en el río Milagro, a través de la aplicación de una matriz cualitativa, presenta una relación directa con los patrones de contaminación identificados en la provincia del Guayas. En este contexto, Cruz (2023) evidencia que las actividades humanas y comerciales desarrolladas sin un control adecuado generan impactos significativos sobre los recursos naturales, siendo el agua y el suelo los elementos con mayor grado de afectación ante la falta de sistemas eficientes de saneamiento. Esta situación se origina principalmente por la acumulación de lixiviados y el vertido constante de aguas residuales con elevada carga de materia orgánica, factores que contribuyen al deterioro progresivo de los ecosistemas acuáticos y terrestres. Esta severa afectación concuerda plenamente con el nivel de impacto "crítico" (9) asignado en esta investigación a los vertidos del alcantarillado combinado en el río Milagro. Adicionalmente, Cruz (2023) resalta que la

degradación del entorno paisajístico y la apertura de factores incluidos de preocupación a nivel general como el producto de plagas y malos olores; son consecuencias directas de un manejo deficiente de residuos sólidos, validando los impactos de nivel moderado a alto determinadas *in situ* a lo largo de las riberas milagreñas. Frente a este escenario de afectación acumulativa, ambos estudios convergen en la necesidad imperativa de diseñar e implementar Planes de Manejo Ambiental (PMA) cuyas medidas de control técnico sean urgentes tales como sistemas centralizados de remediación, (trampas de grasa y barreras de retención) cacao genere un nivel de impacto "muy alto" (8) de carácter estacional, mientras que la deforestación de las riberas provoca una erosión del suelo calificada como impacto "alto" (7). Ante la presencia de fuentes de contaminación no puntuales, Cole et al. (2020) señalan que la incorporación de franjas vegetales de protección en zonas ribereñas constituye una estrategia efectiva para conservar diversos servicios ecosistémicos dentro de sistemas agrícolas de alta intensidad. Estas áreas de vegetación no funcionan únicamente como mecanismos de retención superficial capaces de reducir el transporte de agroquímicos mediante la escorrentía, sino que también desempeñan funciones ecológicas esenciales, entre ellas la protección de los márgenes contra procesos erosivos, la regulación térmica del recurso hídrico a través del sombreado natural y el favorecimiento del desplazamiento y refugio de especies de fauna.

En el caso específico del río Milagro, la aplicación de estas franjas utilizando especies vegetales nativas representa una medida de restauración ambiental que contribuye a disminuir el incremento térmico observado en el cauce (28 °C), además de reducir el ingreso de sedimentos y compuestos lixiviados provenientes de las actividades productivas cercanas. Por tanto, estas acciones evidencian que las estrategias de recuperación ecológica deben abordarse desde una perspectiva integral, donde la rehabilitación de la vegetación ribereña se convierta en un elemento fundamental para reducir los efectos derivados de la agricultura intensiva y conservar las condiciones biológicas y físicas del ecosistema acuático.

6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

6.1 Conclusiones

El análisis efectuado en los diferentes sitios de monitoreo del río Milagro permitió establecer la existencia de una carga contaminante elevada, evidenciada principalmente por la presencia de coliformes totales y valores considerables de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5). Entre los puntos evaluados, el sector correspondiente al Puente San Miguel presentó las condiciones más críticas, registrando concentraciones de 5000 NMP/100 mL de coliformes totales y una DBO_5 de 8.3 mg/L, valores que reflejan una alteración significativa de la calidad del agua y un incumplimiento de los criterios establecidos en la normativa ambiental vigente. Estos resultados evidencian un proceso de degradación del recurso hídrico relacionado principalmente con el aporte de aguas residuales domésticas y las actividades humanas desarrolladas en las zonas próximas al cauce. Los procedimientos deben ser distintos y oportunos a los tradicionales aplicando diferentes evaluaciones e incluyendo factores determinantes para la mitigación de aguas contaminadas y obtener para solución efectiva a una problemática desbordante que afecta en un gran porcentaje los contornos sociales y ambientales (Pérez, et al., 2022).

Respecto a los efectos generados sobre el entorno natural, se determinó que la contaminación del río Milagro influye directamente en la dinámica de la biodiversidad acuática y de los ecosistemas asociados a sus márgenes. La identificación de organismos indicadores de ambientes alterados, como el molusco *Physa*, asociado a cuerpos de agua con presencia de contaminación orgánica, junto con la disminución de poblaciones de peces y el crecimiento excesivo de lechuguines, demuestra la existencia de cambios ecológicos ocasionados por la acumulación de nutrientes y residuos en el sistema fluvial. Además, se evidenciaron procesos de degradación de las riberas, presencia de desechos sólidos y pérdida de condiciones adecuadas para el desarrollo de hábitats utilizados por aves y otras especies relacionadas con el ecosistema.

A partir de los impactos ambientales identificados, se formularon alternativas de mitigación enfocadas en la recuperación progresiva de la calidad del agua y la restauración ecológica del río Milagro. Entre las acciones planteadas se incluyen el

fortalecimiento de prácticas de gestión ambiental, la aplicación de barreras vegetales y biofertilizantes como mecanismos para reducir la contaminación derivada del uso de agroquímicos, la recuperación de áreas ribereñas mediante procesos de reforestación y la colocación de sistemas de retención flotante destinados a disminuir la acumulación de residuos sólidos en el cauce.

6.2 Recomendaciones

Se recomienda que los departamentos encargados de gestionar este tipo de análisis, como el GAD de Milagro realicen gestiones en cuanto a la contaminación del río de la ciudad, los desechos disueltos en el agua como orgánicos e inorgánicos son la principal fuente de contaminación además de la basura, que se puede observar en los cauces del río. Lo cual es importante que se tome acciones para mitigar estos impactos.

Es importante que se tome en cuenta diferentes escenarios de contaminación, no solo la fuente hídrica, también la fauna que existe en estos ecosistemas, los cuales se ven afectados, así como la salud humana, se recomienda hacer campañas de concientización y cuidado de los recursos naturales para mitigar estos impactos que perjudican las generaciones futuras.

Es recomendable que se tome acciones en cuanto a las medidas de mitigación, que se realicen proyectos, para conocer más el estado en el que se encuentra el río de Milagro, que puedan crearse planes de mitigación y estrategias para reducir la contaminación que se cumpla con las normativas y se valide los derechos de la naturaleza.

7. BIBLIOGRAFÍA

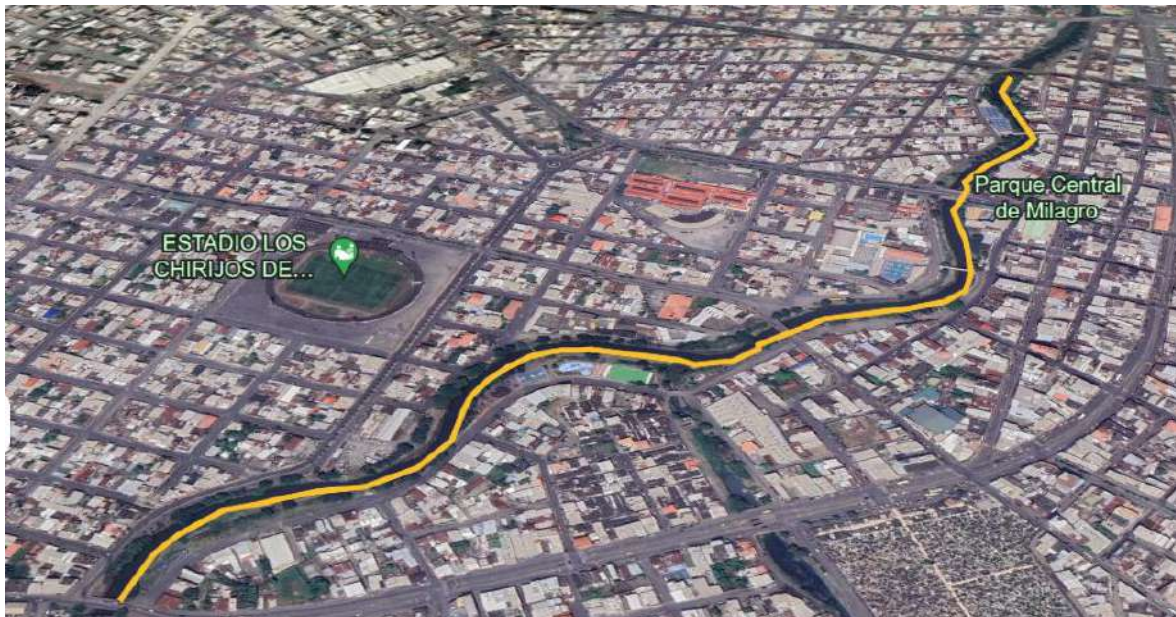
- Bilal, Shahid Iqbal, Yonglin Mu, Supe, R., & Asad, M. (2023). Surface water quality, public health, and ecological risks in Bangladesh—a systematic review and meta-analysis over the last two decades. doi:10.1007/s11356-023-28879-x
- Benjumea-Hoyos, C. A., Ramírez, A. C., & Castro Martínez, A. (2023). Calidad fisicoquímica y microbiológica de los ríos asociados a un embalse tropical de montaña en el periodo 2010-2018 (ríos Nare, Nusito y San Lorenzo). *Revista Lasallista de Investigación*, 103-122. doi:0.22507/rli.v20n1a7
- CAPAC. (2017). *Guía para manejo integral de desechos sólidos*. 2025. Retrieved from <https://capac.org/wp-content/uploads/2025/04/Guia-para-manejo-integral-de-residuos-y-desechos.pdf>
- Cevallos Cabrera, M., Pozo Guerrero, W. O., Siguencia García, R., Torres Muñoz, G. D., & Acosta Jaramillo, D. M. (2022). Variabilidad en las concentraciones de fitoplancton y coliformes totales como indicadores de la calidad del agua del Río Milagro en Ecuador. *Arbitrada*, 490-506. Retrieved from <https://orcid.org/0000-0002-2512-7396>.
- Codigo Organico del Ambiente. (2017). Retrieved from cga.cuenca.gob.ec
- Cole, Stockan, & Helliwell. (2020). Managing riparian buffer strips to optimise ecosystem services: A review. Reino Unido. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0167880920300761>
- Constitucion de la República del Ecuador. (2018). Retrieved from www.defensa.gob.ec
- Cruz, O. (2023). Propuesta de un plan de manejo ambiental para las aguas residuales del mercado municipal "Plaza Center", Alfredo Baquerizo Moreno. Ecuador. Retrieved from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/CRUZ%20NAVARRETE%20OLIMPIA%20JACKELINE.pdf>
- Fernández-Ronquillo, M., Fernández-Solis, T., & Solís-Beltrán, G. (2016). Percepción de la población sobre los niveles de contaminación ambiental del

- Río Milagro y grado de conocimiento preventivo social sobre el efecto de su carga contaminante. *Revista Ciencia Unemi*, 125-134.
- Flores Takahashi, J. (2017). *Análisis de una red de monitoreo de calidad de agua en la cuenca del río Jequetepeque mediante análisis multivariado*. Lima: Pontificia Universidad Católica del Perú.
- García-Avila, F., García-Pizarro, E., Malla-Aguilar, G., Sánchez-Cabrera, C., Cadme-Galabay, M., Valdiviezo-Gonzales, L., & Cabello-Torres, R. (2025). Influence of nutrients on aquatic vegetation and trophic status of lakes: analysis of eutrophication and mitigation. *Revist ScienceDirect*, 1-12. doi:<https://doi.org/10.1016/j.rineng.2025.106381>
- Gutiérrez, V. (2013). Comparación de protocolos de bioindicadores y su eficacia en la medición de la calidad del agua en Los Ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y Estero la Cadena Año 2012. Retrieved from <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/7045706f-b958-49da-ae1c-aec96014f657/content>
- Ibarra Matamoros, M. A. (2022). *DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN PLAN DE RECUPERACIÓN DIAGNÓSTICO Y DISEÑO DE UN PLAN DE RECUPERACIÓN*. Bogotá: UNIIBA.
- León, C., & Castillo, J. (2025, Junio 30). Evaluación de la calidad del agua en los ríos urbanos de Loja para la gestión sostenible de vertidos. Ecuador. Retrieved from <https://share.google/qpDFKT8vHcmCuG03m>
- Moreira-Cevallos, J. E. (2022). Contaminación ambiental de los ríos bravo y muerto, y su incidencia en la salud de los habitantes de la parroquia Los Esteros, Cantón Manta. *Polo del Conocimiento*, 556-578. doi:10.23857/pc.v5i2.1298
- Murrugarra Retamozo, B. I. (2021). Contaminación Ambiental del Río y el Grado de Responsabilidad Civil de la Población del Río Chillón en el Período 2018. *Revista Produccion Limpia*, 1-21. doi:10.22507/pml.v16n1a4
- Pérez, Y. A., Garcia-Cortes, D., & Jauregui-Haza, E. J. (2022). Humedales contruidos como alternativa de tratamiento de aguas residuales en zonas urbanas: una revisión. *Ecosistemas*, 1-9.

- Raffo, E., & Ruiz, E. (2014, Marzo 20). Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno. Perú. Retrieved from <https://share.google/R5dRHHBKddhAsKnqE>
- Riera Romero, J. (2021). *Evaluación física-química y microbiológica del río Milagro, en el tramo entre parque acuatico y parque velero, Milagro-Guayas*. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador.
- Rodríguez Acosta, K. (2025). *Evaluación de la contaminación biológica del río Milagro dentro del perímetro urbano de la ciudad de Milagro, Guayas, 2022*. Milagro: Universidad Agraria del Ecuador. Retrieved from <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RODRIGUEZ%20ACOSTA%20KEVIN%20AARON.pdf>
- Tuan Anh, Duy Can, Thi Nhan, & Le Luu. (2023). Influences of key factors on river water quality in urban and rural areas: A review. Retrieved from <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2666016423001299>
- Ubillús Farfán, S. W., Contreras Riveras, R. J., López Sánchez, R. N., Patiño Ramírez, S., & Sáenz Ávila, J. C. (2022). Políticas públicas y la gestión de la calidad ambiental para la descontaminación de ríos. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 927-952. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i6.3586

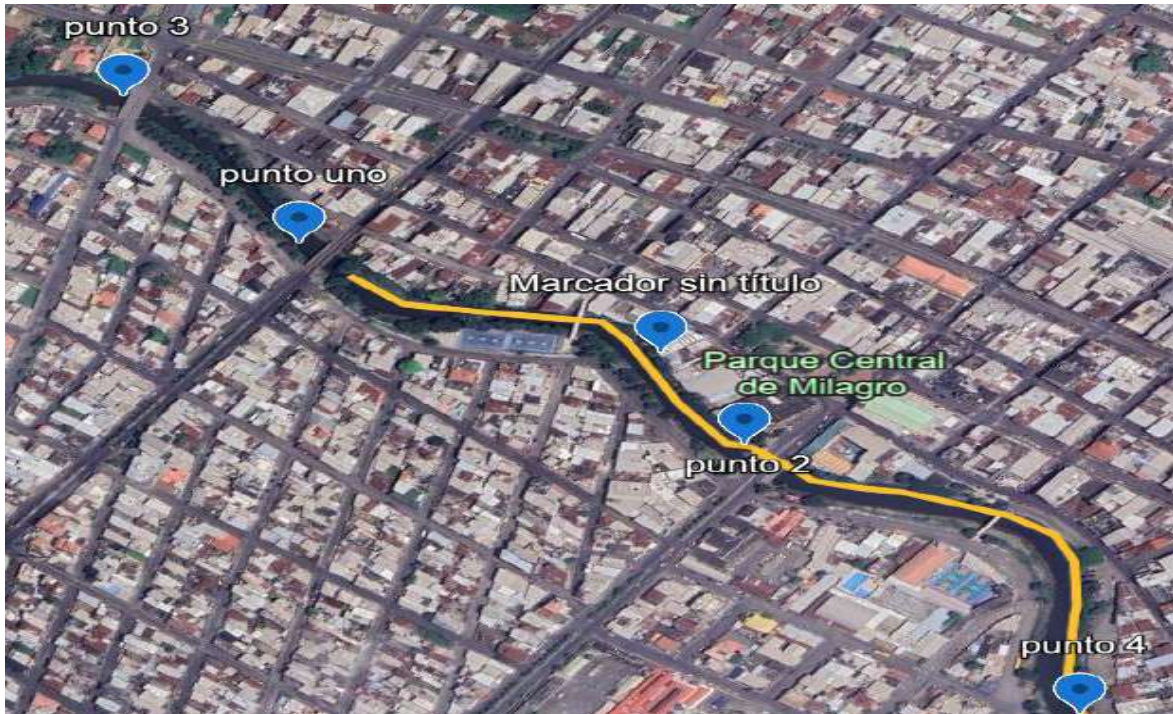
8. ANEXOS

Anexo 1. Río Milagro



Elaborado por: El autor, 2024

Anexo 2. Puntos de muestreo



Elaborado por: El autor, 2024

Anexo 3. Análisis de agua

INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS
24-613-1-AG01

SECTOR DEL CLIENTE
Sugamuxi(1) : Calidad de Agua del Río Mijague
Sugamuxi(2) : Mijague
Pasarela de Colectores(3) : Marian Cortes

SECTOR DE LA MUESTRA
(1) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Agua Natural
(2) Lugar de Muestra/Presencia de: Punto de Limpie
(3) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Río Mijague - Fuente de la Iglesia
Código de Identificación de la Muestra: 002-01
Fecha/Hora de Ingreso de Muestra al Laboratorio: 18 de agosto de 2024 / 14:01

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS
Determinaciones/Exámenes/Ensayos a las: Con. Grh. del Laboratorio: 22.3°C 21.2488

Parámetro	Resultados Unidades	UNIDAD	(1) Valor de Referencia	(2) Valor de Referencia	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Acidogenicidad	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Sumado	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Resistencia de Oxígeno	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(1) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(2) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(3) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(4) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024

En DeCubado Resultado por debajo del límite de Detección del método.
(1) Resultados NO DETERMINADO en el alcance de acreditación por el BAE.
(2) Resultados ADECUADOS muy resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(3) Determinación preparada por el cliente, el laboratorio no es responsable por la información preparada por el cliente.
(4) Determinación de conformidad.
- En este informe NO SE REALIZA Detección de conformidad.

Cuando el cliente no es responsable de la Toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que se han tomado medidas por el laboratorio.

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

Este informe afecta exclusivamente a las muestras enviadas a Ipsomary.
Este informe de datos, reproduce los que en la totalidad de la autorización por escrito de Ipsomary S.A.

20 de junio 2024, 14:01:11 -0500
Email: contacto@ipsomary.com.co • Web: www.ipsomary.com.co • Calle 100, Bogotá, Colombia
Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS
24-613-1-AG01

SECTOR DEL CLIENTE
Sugamuxi(1) : Calidad de Agua del Río Mijague
Sugamuxi(2) : Mijague
Pasarela de Colectores(3) : Marian Cortes

SECTOR DE LA MUESTRA
(1) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Agua Natural
(2) Lugar de Muestra/Presencia de: Punto de Limpie
(3) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Río Mijague - Fuente de la Iglesia
Código de Identificación de la Muestra: 002-01
Fecha/Hora de Ingreso de Muestra al Laboratorio: 18 de agosto de 2024 / 14:01

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS
Determinaciones/Exámenes/Ensayos a las: Con. Grh. del Laboratorio: 22.3°C 21.2488

Parámetro	Resultados Unidades	UNIDAD	(1) Valor de Referencia	(2) Valor de Referencia	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Acidogenicidad	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Sumado	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Resistencia de Oxígeno	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(1) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(2) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(3) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(4) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024

En DeCubado Resultado por debajo del límite de Detección del método.
(1) Resultados NO DETERMINADO en el alcance de acreditación por el BAE.
(2) Resultados ADECUADOS muy resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(3) Determinación preparada por el cliente, el laboratorio no es responsable por la información preparada por el cliente.
(4) Determinación de conformidad.
- En este informe NO SE REALIZA Detección de conformidad.

Cuando el cliente no es responsable de la Toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que se han tomado medidas por el laboratorio.

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

Este informe afecta exclusivamente a las muestras enviadas a Ipsomary.
Este informe de datos, reproduce los que en la totalidad de la autorización por escrito de Ipsomary S.A.

20 de junio 2024, 14:01:11 -0500
Email: contacto@ipsomary.com.co • Web: www.ipsomary.com.co • Calle 100, Bogotá, Colombia
Página 3 de 3

INFORME DE ENSAYO
ANÁLISIS AGUAS
24-613-1-AG01

SECTOR DEL CLIENTE
Sugamuxi(1) : Calidad de Agua del Río Mijague
Sugamuxi(2) : Mijague
Pasarela de Colectores(3) : Marian Cortes

SECTOR DE LA MUESTRA
(1) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Agua Natural
(2) Lugar de Muestra/Presencia de: Punto de Limpie
(3) Lugar de Muestra/Tipo de Muestra: Río Mijague - Fuente de la Iglesia
Código de Identificación de la Muestra: 002-01
Fecha/Hora de Ingreso de Muestra al Laboratorio: 18 de agosto de 2024 / 14:01

RESULTADOS DE LOS ANÁLISIS
Determinaciones/Exámenes/Ensayos a las: Con. Grh. del Laboratorio: 22.3°C 21.2488

Parámetro	Resultados Unidades	UNIDAD	(1) Valor de Referencia	(2) Valor de Referencia	Método de Ensayo	Fecha de Análisis
Potencial de Acidogenicidad	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Sumado	7.0 mg/L	0.28 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
Resistencia de Oxígeno	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(1) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(2) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(3) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024
(4) Oxígeno Disuelto	0.2 mg/L	0.2 mg/L	-	-	REL-77990000/13-14	08/08/2024

En DeCubado Resultado por debajo del límite de Detección del método.
(1) Resultados NO DETERMINADO en el alcance de acreditación por el BAE.
(2) Resultados ADECUADOS muy resultado está FUERA DEL ALCANCE de acreditación.
(3) Determinación preparada por el cliente, el laboratorio no es responsable por la información preparada por el cliente.
(4) Determinación de conformidad.
- En este informe NO SE REALIZA Detección de conformidad.

Cuando el cliente no es responsable de la Toma de muestra, los resultados aplican en las condiciones que se han tomado medidas por el laboratorio.

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

Firmado digitalmente por ANGIE LOSETTE ESPINOZA VERGARA Fecha: 2024.08.11 14:01:11 -0500

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

JEFE DE LABORATORIO ANALÍTICO

Este informe afecta exclusivamente a las muestras enviadas a Ipsomary.
Este informe de datos, reproduce los que en la totalidad de la autorización por escrito de Ipsomary S.A.

20 de junio 2024, 14:01:11 -0500
Email: contacto@ipsomary.com.co • Web: www.ipsomary.com.co • Calle 100, Bogotá, Colombia
Página 3 de 3

Anexo 4. CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR

Art. 14.- Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, *sumak kawsay*.

Se declara de interés público la preservación del ambiente, la conservación de los ecosistemas, la biodiversidad y la integridad del patrimonio genético del país, la prevención del daño ambiental y la recuperación de los espacios naturales degradados (Constitución de la república del Ecuador, 2008, p. 13).

Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua

Registro Oficial Suplemento 305 de 06-ago.-2014

Estado: Vigente

Acuerdo Ministerial No. 061

Registro Oficial No. 316 de 4 de mayo de 2015

Anexo 1 Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria

Norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso agua

5. Desarrollo

5.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, marítimas y de estuarios.

4.1.4.- Criterios de calidad de aguas de uso agrícola o de riego. - Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos en esta Norma. Los criterios de calidad admisibles para las aguas destinadas a uso agrícola se presentan a continuación. Además de los criterios indicados, la Entidad Ambiental de Control utilizará también las siguientes guías para la interpretación de la calidad del agua para riego y deberá autorizar o no el uso de agua con grado de restricción severo o moderado (Anexo 1 Libro VI del Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundaria, p, 15. 2015).

Título ii Recursos hídricos capítulo I definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos

Artículo 12.- "El Estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable y juntas de riego, los consumidores y usuarios, son corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua y del manejo de páramos, así como la participación en el uso y administración de las fuentes de aguas que se hallen en sus tierras, sin perjuicio de las competencias generales de la Autoridad Única del Agua de acuerdo con lo previsto en la Constitución y en esta Ley (Ley orgánica de recursos hídricos usos y aprovechamiento del agua, 2014, p.5-6).

Capítulo II: Institucionalidad y Gestión de los Recursos Hídricos

Sección IV: Servicios Públicos

Artículo 40.- Principios y objetivos para la gestión del riego y drenaje. El riego y drenaje es un medio para impulsar el buen vivir o *sumak kawsay*. La gestión del riego y drenaje se regirán por los principios de redistribución,

participación, equidad y solidaridad, con responsabilidad ambiental. Los objetivos son:

- a) Ampliar la cobertura y mejorar la eficiencia de los sistemas de riego en función del cambio de la matriz productiva;
- b) Posibilitar el incremento de la productividad y la diversificación productiva;
- c) Fortalecer la gestión pública y comunitaria de riego;
- d) Impulsar la modernización y tecnificación del riego;
- e) Promover el manejo, conservación y recuperación de suelos;
- f) Favorecer la generación de empleo rural; y,
- g) Garantizar la calidad y cantidad de agua para riego.

Artículo 41.- Disposiciones para los sistemas públicos de riego y drenaje. La infraestructura de los sistemas públicos de riego y drenaje son parte del dominio hídrico público y su propiedad no puede ser transferida bajo ninguna circunstancia. La gestión de los sistemas públicos de riego y drenaje es de corresponsabilidad entre el Gobierno Central, los Gobiernos Autónomos Descentralizados en el ámbito de sus competencias y los usuarios. Tal corresponsabilidad implica la participación en la operación y mantenimiento de estos sistemas y en el manejo sustentable de las fuentes y zonas de recarga. En todo lo demás se estará a lo dispuesto en el Código Orgánico de Organización Territorial, Autonomía y Descentralización y a las decisiones del Consejo Nacional de Competencias (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2014, p.14-15).

Sección VI: Gestión Comunitaria del Agua

Artículo 52.- Derecho propio o consuetudinario. Las prácticas consuetudinarias que se encuentren en aplicación para el acceso, uso y distribución del agua por parte de comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y colectivos, constituyen práctica obligatoria para sus integrantes.

La Autoridad Única del Agua llevará un registro de las prácticas consuetudinarias que aplican los sistemas comunitarios titulares de derechos colectivos, para el acceso, uso y distribución del agua por parte de comunas, comunidades, pueblos nacionalidades. Los órganos y dependencias de la Autoridad Única del Agua observarán las prácticas consuetudinarias registradas. Las referidas prácticas relacionadas con el acceso, consumo humano y uso doméstico del agua, no podrán limitar el libre uso de la misma establecido en esta Ley.

Artículo 54.- Gestión comunitaria integrada de los servicios de abastecimiento y riego. Los sistemas comunitarios podrán gestionar de forma integrada los servicios de abastecimiento de agua de consumo humano y riego en aquellas áreas en las cuales resulte aconsejable esta forma de gestión.

Artículo 64.- La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y, e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2014, p.17-18-19).

Capítulo VII: Obligaciones del Estado para el Derecho Humano al Agua

Sección II: de los usos del agua.

Art. 86.- Agua y su prelación. De conformidad con la disposición

constitucional, el orden de prelación entre los diferentes destinos o funciones del agua es:

- a) Consumo humano;
- b) Riego que garantice la soberanía alimentaria;
- c) Caudal ecológico; y,
- d) Actividades productivas (Agencia de Regulación y Control del Agua, 2014, p. 24-25).

Anexo 5. PUENTE Av. Chirijo

Anexo 6. PUENTE 17 de Septiembre



Anexo 7. PUENTE San Miguel

