



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS**  
**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

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

**IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR DBO, DQO Y CADMIO  
EN LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS ECOSISTEMAS DEL RÍO  
MILAGRO EN EL CANTÓN MILAGRO**

**AUTOR**

**APUGLLON MULLO JOSUE DANIEL**

**TUTOR**

**ING. MOREJÓN TROYA FERNANDO, M.Sc**

**MILAGRO, ECUADOR**

**2026**



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIA**  
**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: **IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR DBO, DQO Y CADMIO EN LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS ECOSISTEMAS DEL RÍO MILAGRO EN EL CANTÓN MILAGRO**, realizado por el estudiante **APUGLLON MULLO JOSUE DANIEL**; con cédula de identidad N° 0941505513 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. MOREJÓN TROYA FERNANDO, MSC

Tutor

Ciudad, 17 de abril del 2026



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR**  
**FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIA**  
**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: **“IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR DBO, DQO Y CADMIO EN LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS ECOSISTEMAS DEL RÍO MILAGRO EN EL CANTÓN MILAGRO”**, realizado por el estudiante **APUGLLON MULLO JOSUE DANIEL**, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

\_\_\_\_\_  
MORAN CASTRO CESAR, Ph.D  
**PRESIDENTE**

\_\_\_\_\_  
ING. PEÑA HARO CESAR, M.Sc  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

\_\_\_\_\_  
ING. GAVIN MOYANO CESAR, M.SC  
**EXAMINADOR PRINCIPAL**

Ciudad, 17 de abril del 2026

## DEDICATORIA

A Dios, por ser mi guía constante, por brindarme sabiduría, fortaleza y perseverancia en cada etapa de este camino académico. Su bendición ha sido el pilar fundamental que me permitió superar los desafíos y culminar este logro con fe y determinación.

A mis padres, por su amor incondicional, apoyo permanente y sacrificio incansable. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo, la responsabilidad y la constancia, y por creer en mí incluso en los momentos más difíciles. Este logro también les pertenece, porque sin su respaldo y ejemplo no habría sido posible alcanzar esta meta.

Con profundo agradecimiento y cariño, dedico este trabajo a ustedes, quienes han sido mi mayor inspiración y motivación para seguir adelante.

## **AGRADECIMIENTO**

Expreso mi sincero agradecimiento a la Universidad Agraria del Ecuador, por brindarme la oportunidad de formarme profesionalmente y por proporcionarme los conocimientos, valores y herramientas necesarias para culminar con éxito esta etapa académica.

A los docentes que, con dedicación y compromiso, compartieron sus experiencias y saberes a lo largo de mi formación, contribuyendo significativamente a mi desarrollo académico y personal.

De manera especial, agradezco a mi tutor, el Ing. Fernando Morejón, por su orientación, asesoramiento constante y valioso acompañamiento durante el desarrollo de esta investigación. Su guía fue fundamental para la culminación de este trabajo.

El apoyo, la colaboración y los momentos compartidos durante este proceso formativo, que hicieron de esta experiencia un camino enriquecedor.

## **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, **APUGLLON MULLO JOSUE DANIEL**, en calidad de autor(a) del proyecto realizado, sobre **“IMPACTO DE LA CONTAMINACIÓN POR DBO, DQO Y CADMIO EN LA CALIDAD DEL AGUA Y LOS ECOSISTEMAS DEL RÍO MILAGRO EN EL CANTÓN 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.

Atentamente

Milagro, 17 de abril del 2026

---

**APUGLLON MULLO JOSUE DANIEL**  
C.I # 0941505513

## RESUMEN

La presente investigación tuvo como objetivo evaluar las concentraciones de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y cadmio (Cd) en diferentes puntos del río Milagro. La metodología se desarrolló bajo un enfoque cuantitativo de alcance descriptivo, mediante la recolección de muestras puntuales de agua en cuatro puntos del tramo urbano del río. Posteriormente, se realizaron análisis fisicoquímicos en laboratorio y los resultados fueron comparados con los límites establecidos en la normativa ambiental ecuatoriana vigente. Los resultados evidenciaron que las concentraciones de DBO oscilaron entre 5,9 y 6,4 mg/L, mientras que la DQO registró valores entre 4,2 y 6,6 mg/L, niveles que se encuentran por debajo de los límites permisibles establecidos para la preservación de la vida acuática en aguas dulces, lo que sugiere una baja carga de contaminación orgánica en los puntos evaluados. No obstante, las concentraciones de cadmio presentaron valores de 0,02; 0,04; 0,02 y 0,05 mg/L, superando el límite máximo permisible establecido en la normativa ambiental, lo que evidencia la presencia de contaminación por metales pesados asociada a actividades antrópicas, particularmente en sectores cercanos al cementerio y al camal municipal.

Aunque el río Milagro presenta niveles bajos de contaminación orgánica, la presencia elevada de cadmio constituye un potencial riesgo para el ecosistema acuático y la calidad ambiental del recurso hídrico. Por ello, se recomienda fortalecer los programas de monitoreo de metales pesados, así como implementar medidas de control y gestión de descargas contaminantes en la zona de estudio.

**Palabras clave:** calidad del agua, DBO, DQO, cadmio, contaminación hídrica, río Milagro.

## ABSTRACT

The present study aimed to evaluate the concentrations of Biochemical Oxygen Demand (BOD), Chemical Oxygen Demand (COD), and cadmium (Cd) at different points of the Milagro River. The methodology was developed under a quantitative approach with a descriptive scope, through the collection of punctual water samples at four locations along the urban section of the river. Subsequently, physicochemical laboratory analyses were conducted, and the results were compared with the limits established in the current Ecuadorian environmental regulations.

The results showed that BOD concentrations ranged from 5.9 to 6.4 mg/L, while COD values ranged from 4.2 to 6.6 mg/L. These concentrations remain below the permissible limits established for the preservation of freshwater aquatic life, suggesting a low level of organic pollution in the evaluated sampling points. BOD represents the amount of dissolved oxygen required by microorganisms to decompose organic matter in water, whereas COD measures the oxygen needed to chemically oxidize organic and inorganic substances present in a sample. However, cadmium concentrations recorded values of 0.02, 0.04, 0.02, and 0.05 mg/L, exceeding the maximum permissible limit established by environmental regulations. This finding indicates the presence of heavy metal contamination associated with anthropogenic activities, particularly in areas located near the cemetery and the municipal slaughterhouse.

Although the Milagro River presents low levels of organic contamination, the elevated presence of cadmium represents a potential risk for the aquatic ecosystem and environmental quality of the water resource. Therefore, it is recommended to strengthen heavy metal monitoring programs and implement control measures for pollutant discharges within the study area.

**Keywords: water quality, BOD, COD, cadmium, water pollution, Milagro River.**

## INDICE GENERAL

<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>12</b>
1.1. Antecedentes del problema .....	12
1.2. Planteamiento y formulación del problema.....	13
1.3. Justificación.....	14
1.4. Delimitación de la investigación .....	14
1.5. Objetivo General.....	15
1.6. Objetivos Específicos .....	15
1.7. Hipótesis .....	15
<b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>	<b>16</b>
2.1. Estado del arte .....	16
2.2. Bases Científicas y Teóricas .....	18
2.3. Marco legal .....	20
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1. Enfoque de la investigación.....	22
3.2. Metodología.....	22
<b>4. RESULTADOS.....</b>	<b>27</b>
4.1. Identificar las principales fuentes de contaminación que contribuyen a la presencia de DBO, DQO y cadmio en el Río Milagro.....	27
4.3 Establecer medidas preventivas orientadas a mitigar los efectos por cadmio.....	31
<b>5. DISCUSIONES.....</b>	<b>33</b>
<b>6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>36</b>
6.1 Conclusiones.....	36
6.2 Recomendaciones .....	37
<b>7. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>38</b>
<b>8. ANEXOS .....</b>	<b>41</b>

**INDICE DE ANEXOS**

<b>Anexo N° 1:</b> Sector Puente de la Policía Nacional - Punto 1.....	41
<b>Anexo N° 2:</b> Sector Cementerio Municipal - Punto 2.....	41
<b>Anexo N° 3:</b> Sector Parque Central de Milagro - Punto 3.....	42
<b>Anexo N° 4:</b> Sector Camal Municipal - Punto 4 .....	42
<b>Anexo N° 5:</b> Tabla de criterios de calidad admisibles para la preservacion de la vida acuática y silvestre en aguas dulce, marinas y estuarios del Acuerdo Ministerial 097-A.....	43
<b>Anexo N° 6:</b> Resultados de los paramestros en el analisis de agua .....	45

**INDICE DE TABLA**

<b>Tabla 1.</b> <i>Variable independiente</i> .....	23
<b>Tabla 2.</b> <i>Variable dependiente</i> .....	23
<b>Tabla 3.</b> <i>Puntos de muestreos</i> .....	25
<b>Tabla 4.</b> <i>Limites permisibles de las variables</i> .....	26
<b>Tabla 5.</b> <i>Fuentes de contaminación en cada punto muestreado</i> .....	27
<b>Tabla 6.</b> <i>Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)</i> .....	29
<b>Tabla 7.</b> <i>Resultados Demanda Química de Oxígeno (DQO)</i> .....	30
<b>Tabla 8.</b> <i>Resultados del Cadmio (Cd)</i> .....	31
<b>Tabla 9.</b> <i>Estrategias de mitigación</i> .....	31

## 1. INTRODUCCIÓN

### 1.1. Antecedentes del problema

El Río Milagro, ubicado en el cantón Milagro, Guayas, enfrenta una grave problemática ambiental debido a la contaminación causada por actividades antropogénicas, principalmente la descarga de aguas residuales y desechos sólidos. Esta contaminación se refleja en parámetros críticos como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y la presencia de metales pesados como el cadmio, que afectan la calidad del agua y ponen en riesgo los ecosistemas acuáticos y la salud humana. Estudios han evidenciado que los niveles de DBO y DQO en el río superan los límites máximos permisibles establecidos por normativas ambientales, lo que indica una alta carga orgánica y química que reduce el oxígeno disuelto, indispensable para la vida acuática

La DBO mide la cantidad de oxígeno que los microorganismos necesitan para descomponer la materia orgánica biodegradable en el agua, mientras que la DQO cuantifica el oxígeno requerido para oxidar toda la materia orgánica, incluyendo la no biodegradable (Larrea et al., 2022). Cuando estos valores son elevados, se produce un agotamiento del oxígeno disuelto, generando condiciones anaeróbicas que afectan negativamente a la fauna y flora acuática, provocando la disminución o desaparición de especies y alterando el equilibrio ecológico, (Bartra Gómez & Bardales, 2020); Ahmed et al., 2020). Además, la presencia de cadmio, un metal tóxico, contribuye a la contaminación química del río, con efectos nocivos acumulativos en organismos acuáticos y potenciales riesgos para la salud humana a través del consumo de agua o alimentos contaminados.

La contaminación del Río Milagro está estrechamente vinculada a la falta de un adecuado manejo de residuos sólidos y líquidos, incluyendo la deficiente canalización de aguas servidas y la acumulación de basura que obstruye sistemas de alcantarillado, agravando la situación (Riera, 2021). Esta problemática no solo afecta la calidad del agua, sino que también impacta en la calidad de vida de las comunidades aledañas, que dependen del río para actividades agrícolas, recreativas y domésticas. Por ello, es urgente implementar

planes de manejo ambiental que permitan mitigar la contaminación, restaurar la calidad del agua y proteger los ecosistemas asociados (Riera, 2021).

En síntesis, la contaminación por DBO, DQO y cadmio en el río Milagro representa un riesgo ambiental y sanitario significativo que requiere atención inmediata. La evaluación y monitoreo constante de estos parámetros son esenciales para diseñar estrategias efectivas de mitigación y conservación, garantizando la sostenibilidad del recurso hídrico y la biodiversidad del río en el cantón Milagro.

## **1.2. Planteamiento y formulación del problema**

### **1.2.1. Planteamiento del problema**

La contaminación del Río Milagro en el cantón Milagro, provincia del Guayas, se ha convertido en un problema ambiental crítico debido a la descarga creciente de aguas residuales sanitarias e industriales, así como a la acumulación de desechos sólidos en sus riberas. Esta situación se agrava por la falta de sistemas efectivos de gestión ambiental y prevención que permitan controlar y manejar adecuadamente el río y sus condiciones naturales. La presencia elevada de contaminantes como (DBO) y (DQO) y metales pesados como el cadmio, afecta la calidad del agua, generando un ambiente desfavorable para la fauna y flora acuática, y comprometiendo la salud de las comunidades que dependen del recurso hídrico.

Las causas principales de esta contaminación incluyen la descarga directa de aguas servidas sin tratamiento, residuos sólidos urbanos acumulados que obstruyen sistemas de alcantarillado, y la contaminación agroindustrial derivada de actividades agrícolas y de procesamiento de caña de azúcar y banano, que incrementan la carga orgánica y química en el río. Estos factores provocan la disminución del oxígeno disuelto en el agua, afectando la biodiversidad acuática y favoreciendo la proliferación de especies invasoras adaptadas a ambientes contaminados. Además, la presencia de cadmio representa un riesgo toxicológico para los organismos acuáticos y para la salud humana a través de la cadena alimentaria (Ronquillo et al., 2016). Por tanto, es necesario identificar y describir con precisión estos problemas para diseñar estrategias de mitigación que permitan recuperar la calidad del agua y proteger los ecosistemas del Río Milagro.

### **1.2.2. Formulación del problema**

¿Cómo influyen las concentraciones de materia orgánica (DBO y DQO) y de cadmio en la calidad del agua y en el equilibrio del ecosistema acuático del río Milagro, cantón Milagro, Ecuador?

### **1.3. Justificación**

La presente investigación surge ante la necesidad de evaluar la contaminación del río Milagro, recurso hídrico estratégico para el cantón, en el que se han identificado concentraciones elevadas de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados como el cadmio. La presencia de estos contaminantes altera las condiciones fisicoquímicas del agua, afecta la biodiversidad acuática y representa un potencial riesgo para las actividades agrícolas, recreativas y domésticas desarrolladas en la zona.

El estudio permitirá realizar un análisis comparativo con la normativa ambiental ecuatoriana vigente, determinando el grado de cumplimiento de los límites máximos permisibles y evidenciando posibles focos de contaminación. Asimismo, contribuirá a establecer una línea base ambiental actualizada del río Milagro, proporcionando información técnica confiable sobre el estado de sus parámetros orgánicos e inorgánicos.

Además, los resultados generarán indicadores ambientales útiles para la gestión municipal y el diseño de estrategias de control y mitigación, facilitando la planificación de acciones correctivas fundamentadas en evidencia científica. De esta manera, la investigación aporta herramientas técnicas para fortalecer la gestión local del recurso hídrico y promover un manejo responsable orientado a la protección del ecosistema y al bienestar de la población.

### **1.4. Delimitación de la investigación**

La presente investigación se delimita espacialmente al cantón Milagro, específicamente en diferentes puntos del río Milagro donde se evaluó la calidad del agua y el impacto de la contaminación por DBO, DQO y cadmio; temporalmente, el estudio abarcó el periodo comprendido entre agosto de 2025 y enero de 2026, tiempo durante el cual se realizó los muestreos, análisis y propuestas de manejo ambiental; la población objeto de estudio está conformada

por los habitantes del cantón Milagro, autoridades ambientales, usuarios del recurso hídrico y actores productivos locales, así como los ecosistemas acuáticos del río, a quienes se dirigirán las acciones y recomendaciones derivadas del trabajo de titulación.

### **1.5. Objetivo General**

Evaluar el impacto de la contaminación orgánica por DBO y DQO y por metales pesados (cadmio) y en el ecosistema acuático del río Milagro, cantón Milagro.

### **1.6. Objetivos Específicos**

- Identificar las principales fuentes de contaminación que contribuyen a la presencia de DBO, DQO y cadmio en el Río Milagro.
- Caracterizar los niveles de DBO, DQO y cadmio en diferentes puntos del Río Milagro y compararlos con los límites establecidos en el Acuerdo Ministerial 097-A
- Establecer medidas preventivas orientadas a mitigar los efectos por cadmio.

### **1.7. Hipótesis**

La presencia de concentraciones elevadas de DBO, DQO y cadmio en el río Milagro durante el periodo 2025 – 2026 se asocia con el deterioro de la calidad del agua y con alteraciones en los ecosistemas acuáticos del cantón Milagro.

## 2. MARCO TEÓRICO

### 2.1. Estado del arte

Mero, et al. (2021) realizaron un estudio en el Río Guayas y sus afluentes con el objetivo de determinar la concentración de cadmio (Cd) en agua, sedimentos y organismos acuáticos. La metodología consistió en el muestreo en nueve estaciones distribuidas a lo largo del sistema fluvial y el análisis del metal mediante espectrometría de absorción atómica. Los resultados indicaron que las concentraciones de cadmio en agua oscilaron entre 0.001 mg/L y 0.009 mg/L, mientras que en sedimentos se registraron valores superiores a 0.50 mg/kg, evidenciando acumulación del metal en el ecosistema. Además, se detectó bioacumulación en especies acuáticas, lo que sugiere riesgo ecológico asociado a la presencia persistente de Cd en el sistema hídrico.

Istomi et al. (2025) analizaron las condiciones de calidad del agua del río Mesuji midiendo variables fisicoquímicas, incluyendo DBO (BOD) y DQO (COD), con el objetivo de determinar el grado de contaminación orgánica durante la temporada seca y lluviosa. La metodología consistió en coleccionar muestras de agua en siete estaciones a lo largo del río y medir los parámetros con métodos de laboratorio estándar. Los resultados indicaron que las concentraciones de DBO oscilaron entre  $2.30 \pm 0.76$  mg/L y  $7.53 \pm 1.96$  mg/L, mientras que COD fluctuó entre  $7.60 \pm 4.30$  mg/L y  $34.19 \pm 9.49$  mg/L dependiendo del punto de muestreo. Estos valores superiores a los esperados en condiciones naturales sugieren presencia de materia orgánica y posible impacto antropogénico en la calidad del agua. Este estudio demuestra que medir DBO y DQO es fundamental para evaluar la contaminación orgánica en ríos con actividades humanas cercanas.

Por otro lado, (Murillo et al., 2024), analizaron la presencia de metales pesados, especialmente cadmio, en el estero Los Monos, un afluente cercano al Río Milagro, encontrando concentraciones preocupantes que evidencian la contaminación por actividades agroindustriales y descargas urbanas. Este estudio destaca la necesidad de monitoreo constante y la implementación de medidas de mitigación para evitar daños irreversibles en los ecosistemas acuáticos.

En un estudio similar, (Riera, 2021). evaluó la calidad del agua del Río Milagro mediante análisis físico-químicos y microbiológicos en diferentes puntos estratégicos, concluyendo que la contaminación por DBO y DQO está estrechamente vinculada a la descarga de aguas residuales sin tratamiento adecuado. Además, propuso un plan de manejo ambiental que incluye la restauración de zonas degradadas y el control de fuentes contaminantes.

Estos trabajos coinciden en que la contaminación por DBO, DQO y cadmio no solo deteriora la calidad del agua, sino que también pone en riesgo la salud pública y la integridad de los ecosistemas acuáticos. En este contexto, el Ministerio del Ambiente (2025). ha establecido normativas claras para el control y monitoreo de estos contaminantes, promoviendo la participación comunitaria y el desarrollo de planes de manejo ambiental para la recuperación de cuerpos de agua como el Río Milagro (*Enhanced Reader*, 2021.).

Finalmente, investigaciones internacionales como las de (Zhu et al., 2024). han demostrado que la contaminación por metales pesados y materia orgánica en ríos agrícolas puede ser mitigada mediante tecnologías de tratamiento de aguas residuales y prácticas sostenibles de manejo agrícola, lo que puede servir de referencia para el diseño de estrategias en el cantón Milagro

En el estudio realizado por Inka y Sánchez (2018), se evaluó la toxicidad de aguas superficiales y sedimentos en la cuenca media del río Pasto, el cual se encuentra afectado por descargas de aguas residuales domésticas e industriales. Para ello, se emplearon bioensayos de toxicidad aguda con *Allium cepa* durante 72 horas, determinando la Concentración de Inhibición Media (IC50) en Unidades Tóxicas (UT). Además, se analizaron parámetros físico-químicos y metales pesados en agua (como Cd, Cr, Cr<sup>6+</sup>, Hg, Pb, Al, NH<sub>4</sub><sup>+</sup>) y sedimentos (Cr<sup>6+</sup>, Pb, pH, materia orgánica). Los muestreos se realizaron en época seca y húmeda en tres puntos críticos: La Carolina, Dos Puentes y El Polvorín. Los resultados evidenciaron niveles tóxicos en el agua en ambas temporadas, y toxicidad moderada en sedimentos durante la época húmeda. Mediante un Análisis de Componentes Principales (ACP), se identificaron relaciones significativas entre las variables contaminantes y los niveles de toxicidad, destacando la presencia de metales como cadmio y cromo

hexavalente. El estudio concluye que el tramo medio del río presenta un riesgo ecotoxicológico que amerita seguimiento continuo.

La contaminación del río representa un problema ambiental grave debido a las descargas sin tratamiento de aguas residuales domésticas, industriales y agrícolas. Investigaciones recientes han detectado la presencia de altos niveles de contaminantes como la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y metales pesados, entre los que destaca el cadmio, especialmente en los sedimentos del río (Reinoso, 2020).

Diversos estudios han determinado que la contaminación ha causado el deterioro de la calidad del agua, la desaparición casi total de la vida acuática y riesgos significativos para la salud humana de las comunidades aledañas (Morales et al, 2024)

El incremento poblacional, la falta de sistemas de gestión ambiental y la ausencia de programas de mitigación agravan la situación, como se observa en informes de organismos locales y revisiones nacionales. (Fernández et al 2016)

El impacto de estos contaminantes ha sido ampliamente documentado en publicaciones científicas y tesis universitarias, resaltando la urgente necesidad de aplicar planes de manejo ambiental para restaurar los ecosistemas fluviales y prevenir futuras afecciones tanto en la flora como en la fauna del área de influencia (Reinoso, 2020).

El estudio de la contaminación por materia orgánica y metales pesados en ecosistemas fluviales ha sido una prioridad global en la investigación científica reciente (Vargas-Restrepo et al., 2021).

## **2.2. Bases Científicas y Teóricas**

### **2.2.2. Principales Conceptos**

**DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno):** Es la cantidad de oxígeno necesario para la descomposición biológica de materia orgánica presente en el agua. Niveles elevados de DBO indican contaminación significativa y afectan el equilibrio ecosistémico al reducir el oxígeno disponible para organismos acuáticos. La medición de DBO es un parámetro estándar para evaluar la contaminación en cuerpos de agua afectados por vertimientos orgánicos (Zhang et al., 2025).

**DQO (Demanda Química de Oxígeno):** Representa la cantidad de oxígeno requerido para oxidar químicamente la materia orgánica e inorgánica presente en el agua. Niveles altos de DQO evidencian una carga contaminante significativa derivada de desechos industriales, agropecuarios y domésticos.(Gong et al., 2022).

**Cadmio (Cd):** El cadmio es un elemento no esencial, por lo que no posee funciones biológicas, y debido a sus propiedades, es un metal altamente tóxico para todos los organismos. El Cd se utiliza como anticorrosivo y en la producción de pigmentos, baterías y componentes electrónicos. Los fosfatos utilizados para producir fertilizantes son otra causa principal de la dispersión de Cd en el medio ambiente. El aumento de la acidez del agua determina su mayor solubilidad en sedimentos y partículas en suspensión (). Los cultivos en suelos contaminados representan una vía de contaminación de alimentos por Cd. El uso de agua contaminada para riego es la causa de este problema. Por lo tanto, los animales también podrían representar una fuente de alimentos contaminados con Cd para los humanos (Buono & Bartucca, 2022).

**Auto purificación Fluvial:** Esta teoría establece que los ríos poseen una capacidad limitada para auto depurarse mediante procesos físicos, químicos y biológicos. Sin embargo, cuando la entrada de contaminantes sobrepasa esta capacidad, el sistema colapsa, disminuyendo la calidad del agua y afectando la biota. (Jaishankar et al., 2014).

**Mobilización y Bioacumulación de Metales Pesados:** Postula que los metales pesados, como el cadmio, se adhieren a las partículas de sedimento y pueden ser incorporados a la cadena trófica, afectando organismos de diferentes niveles ecológicos. (Murillo et al., 2024).

**Impacto Antrópico en Ecosistemas Acuáticos:** Propone que las actividades humanas descontroladas, como vertidos de aguas servidas y residuos sólidos, alteran las características físicas y químicas de los cuerpos de agua, disminuyendo la diversidad biológica y los servicios ecosistémicos asociados (Riera, 2021).

**Mitigación ambiental:** La mitigación ambiental comprende el conjunto de acciones orientadas a reducir, controlar o eliminar los impactos negativos generados por actividades humanas sobre el ambiente. En el caso de la

contaminación por cadmio, las medidas de mitigación pueden incluir control de descargas, tratamiento de efluentes, manejo adecuado de residuos y monitoreo ambiental continuo (Li , y otros).

## **2.3. Marco legal**

### **2.3.1 Constitución del Ecuador**

#### **Título II: Derechos**

#### **Capítulo segundo: Derechos del buen vivir**

#### **Sección primera: Agua y alimentación**

**Art. 14.-** La Constitución de Ecuador (2008) reconoce el ambiente sano como un derecho, declara a la naturaleza como sujeto de derechos y promueve principios de precaución y prevención ambiental (Prieto, 2013).

#### **Capítulo sexto: Derechos de libertad**

**Art. 66.-** Se reconoce y garantizará a las personas:

2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.

#### **Título VI: Régimen de Desarrollo**

#### **Capítulo primero: Principios generales**

**Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

### **2.3.2. Ley Orgánica de Recursos Hídricos Usos Y**

#### **Aprovechamiento del Agua**

#### **Título I: disposiciones preliminares**

#### **Capítulo I de los principios**

**Art. 5.-** Sector estratégico. El agua constituye patrimonio nacional, sector estratégico de decisión y de control exclusivo del Estado a través de la Autoridad Unica del Agua. Su gestión se orientará al pleno ejercicio de los derechos y al interés público, en atención a su decisiva influencia social, comunitaria, cultural, política, ambiental y económica.

**Art. 6.-** Prohibición de privatización. Se prohíbe toda forma de privatización del agua, por su trascendencia para la vida, la economía y el ambiente; por lo mismo esta no puede ser objeto de ningún acuerdo comercial, con gobierno, entidad multilateral o empresa privada nacional o extranjera.

## Capítulo II: Institucionalidad Gestión de los Recursos Hídricos

### Sección Primera: Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua

**Art. 33.-** Ambito y modalidades de la gestión de los recursos hídricos. La gestión pública de los recursos hídricos comprenderá la planificación, formulación de políticas nacionales, gestión integrada en cuencas hidrográficas, el otorgamiento, seguimiento y control de autorizaciones de uso y de autorizaciones de aprovechamiento productivo del agua, la determinación de los caudales ecológicos, la preservación y conservación de las fuentes y zonas de recarga hídrica, la regulación y control técnico de la gestión, la cooperación con las autoridades ambientales en la prevención y control de la contaminación del agua y en la disposición de vertidos, la observancia de los derechos de los usuarios, la organización, rectoría y regulación del régimen institucional del agua y el control, conocimiento y sanción de las infracciones.

#### 2.3.3. Acuerdo ministerial 097- A

#### **ANEXO 1. del Libro VI del Texto Unificado de Legislación secundaria del Ministerio del Ambiente: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua**

Según el *Anexo 1 del Libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente*, se establecen límites para parámetros como DBO<sub>5</sub>, DQO y cadmio (Cd) según el tipo de industria. Para descargas industriales, se exige monitoreo de DBO, DQO y Cd entre otros contaminantes

**Art. 31.-** De la conservación de la biodiversidad. La conservación de la biodiversidad se realizará in situ o ex situ, en función de sus características ecológicas, niveles de endemismo, categoría de especies amenazadas de extinción, para salvaguardar el patrimonio biológico de la erosión genética, conforme a la política formulada por la Autoridad Ambiental Nacional.

**Art. 32.-** De la investigación. La entidad rectora del Sistema Nacional de Ciencia, Tecnología, Innovación y Saberes Ancestrales promoverá y regulará las investigaciones científicas in situ y ex situ que comprendan actividades de extracción, colección, recolección, importación, movilización, transportación, exportación y disposición temporal o final de especies de vida silvestre, implementando mecanismos de rastreo y monitoreo de la biodiversidad, de acuerdo a los lineamientos de las autoridades competentes (Asamblea Nacional del Ecuador., 2017)

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Enfoque de la investigación**

El enfoque de la investigación es cuantitativo, dado que se fundamenta en la recolección, análisis y comparación de datos numéricos sobre la calidad del agua y la concentración de contaminantes (DBO, DQO y cadmio) en diferentes puntos del Río Milagro. Este enfoque permite establecer relaciones entre las variables y evaluar el grado de afectación sobre el recurso hídrico y los ecosistemas asociados.

##### ***3.1.1. Tipo y alcance de la investigación***

###### **3.1.1.1. Tipo de investigación.**

Esta es una investigación aplicada, ya que busca proponer soluciones prácticas ante un problema ambiental concreto. Se complementa con métodos de investigación de campo, por la toma directa de muestras, y de laboratorio, por el análisis técnico de los contaminantes. También incorpora investigación documental para contrastar los resultados con la normativa vigente

###### **3.1.1.2 Alcance de la investigación.**

Descriptivo-correlacional y explicativo-causal: Se describe el estado actual del recurso hídrico mediante indicadores fisicoquímicos y se analiza la relación entre las concentraciones de contaminantes (DBO, DQO y cadmio) y los cambios observados en la calidad del agua y en el ecosistema acuático, identificando posibles efectos y causas de contaminación.

##### ***3.1.2 Diseño de investigación***

El diseño de la investigación es no experimental, transeccional, dado que los datos se recolectan directamente en campo en momentos específicos del año (épocas seca y lluviosa) sin manipulación de variables, con el objetivo de observar la variación en los niveles de contaminación y su impacto ambiental en forma comparativa y correlacional.

#### **3.2. Metodología**

##### ***3.2.1. Variables***

###### **3.2.1.1. Variable independiente.**

Concentración de DBO (Demanda Bioquímica de Oxígeno)

Concentración de DQO (Demanda Química de Oxígeno)

Concentración de cadmio (Cd)

### 3.2.1.2. Variable dependiente:

Calidad del agua

Estado de los ecosistemas acuáticos

### 3.2.2. Matriz de operacionalización de variables

**Tabla 1.**

*Variable independiente*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Escala de medición
Contaminantes en el agua	DBO	Concentración (mg/L)	Muestreo de agua, incubación, valoración química	Cuantitativa (razón)
	DQO	Concentración (mg/L)	Valoración química según método APHA	Cuantitativa (razón)
	Cadmio	Concentración (mg/L)	Espectrometría de absorción atómica	Cuantitativa (razón)

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Los parámetros fisicoquímicos y el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) fueron evaluados mediante mediciones de campo y análisis de laboratorio, permitiendo interpretar el estado general del recurso hídrico a partir de indicadores cuantitativos.

**Tabla 2.**

*Variable dependiente*

Variable	Dimensiones	Indicadores	Técnicas e instrumentos	Escala de medición
Calidad del agua	Parámetros fisicoquímicos	pH, temperatura, conductividad, turbidez, etc.	Equipos portátiles, kits de análisis, laboratorio	Cuantitativa (razón)

	Índice de Calidad del Agua	Valor ICA-NSF	Cálculo a partir de parámetros	Cuantitativa (razón)
Ecosistemas acuáticos	Biodiversidad	Presencia de especies indicadoras	Observación directa, monitoreo biológico	Ordinal

**Nota:** La presencia de especies indicadoras fue evaluada mediante observación directa y monitoreo biológico, considerando su utilidad como indicadores del estado ecológico del ecosistema acuático.

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

### **3.2.3. Tratamientos**

No aplica, ya que el diseño no es experimental.

### **3.2.4. Diseño experimental**

No aplica.

### **3.2.5. Recolección de datos**

#### **3.2.5.1. Recursos.**

- Botellas estériles y muestreadores para toma de muestras
- Equipos para análisis fisicoquímico (pH-metro, espectrofotómetro, etc.)
- Software estadístico (SPSS, Excel)
- GPS y cámara para georreferenciación y registro visual
- Vehículo y equipo de campo para transporte y logística

#### **3.2.5.2. Métodos y técnicas.**

Muestreo de agua: Se seleccionaron al menos cinco puntos estratégicos a lo largo del Río Milagro, siguiendo criterios de accesibilidad y representatividad, incluyendo zonas urbanas e industriales (Redalyc, 2023). En cada punto se tomaron muestras triplicadas para garantizar la confiabilidad de los datos, los cuales eran comparadas con el Acuerdo Ministerial 097-A en el Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua en la Tabla 2 – Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulce, marinas y de estuarios.

**Tabla 3.***Puntos de muestreos*

<b>Punto</b>	<b>Coordenadas (E / N)</b>	<b>Lugar referencial</b>	<b>Nombre técnico sugerido</b>
Punto 1	657335 / 9763923	Puente Policía	Estación de muestreo 1: Sector Puente de la Policía Nacional
Punto 2	657138 / 9764456	Cementerio	Estación de muestreo 2: Sector Cementerio Municipal
Punto 3	656487 / 9764499	Parque Central	Estación de muestreo 3: Sector Parque Central de Milagro
Punto 4	654656 / 9764475	Camal	Estación de muestreo 4: Sector Camal Municipal

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

### **3.2.6. Población y muestra**

#### **3.2.6.1. Población.**

El cuerpo de agua del río Milagro y sus ecosistemas asociados en el cantón Milagro, provincia del Guayas.

#### **3.2.6.2. Muestra.**

La muestra estuvo compuesta por cuatro puntos de monitoreo a lo largo del río. El muestreo fue no probabilístico por criterios ambientales y técnicos, considerando zonas con distintas presiones antrópicas. Para la determinación de los parámetros de calidad del agua se aplicaron los métodos establecidos en el manual. El muestreo, manejo y conservación de las muestras se realizó de acuerdo con las Normas Técnicas Ecuatorianas NTE INEN 2169:98 y NTE INEN 2176:98, garantizando la representatividad de las muestras y la confiabilidad de los resultados obtenidos.

##### **3.2.6.2.1. NTE INEN 2169:98.**

**Llenado del recipiente:** En muestras que se van a utilizar para la determinación de parámetros físicos y químicos, llenar los frascos completamente y taparlos de tal forma que no exista aire sobre la muestra. Esto limita la interacción de la fase gaseosa y la agitación durante el transporte (así se evita la modificación del contenido de dióxido de carbono y la variación en el

valor del pH, los bicarbonatos no se conviertan a la forma de carbonatos precipitables; el hierro tienda a oxidarse menos, limitando las variaciones de color, etc.).

### 3.2.6.2.2. NTE INEN 2176:98.

**Muestras puntuales:** Las muestras puntuales son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo. 4.2.2 Cada muestra, normalmente, representará la calidad del agua solamente en el tiempo y en el lugar en que fue tomada. El muestreo automático equivale a una serie de muestras tomadas en un tiempo preestablecido o en base a los intervalos de flujo.

**Tabla 4.**

*Limites permisibles de las variables*

Parámetros	Expresado	Unidad	Límite máximo permisible
Demanda Bioquímica de Oxígeno	DBO5	mg/l	20
Demanda Química de Oxígeno	DQO		40
Cadmio	Cd	mg/l	0,001

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Fuente:** Acuerdo Ministerial 097- A

**Nota:** Criterio normativo Acuerdo Ministerial 097- A, Libro VI, Anexo 1, Tabla 2 – Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, marinas y de estuarios.

### 3.2.7 Análisis estadístico

Debido a que el presente estudio tuvo un enfoque descriptivo y no experimental, basado en la recolección de muestras puntuales en los diferentes puntos de muestreo, no se aplicaron pruebas estadísticas inferenciales como ANOVA o análisis de correlación.

## 4. RESULTADOS

### 4.1. Identificar las principales fuentes de contaminación que contribuyen a la presencia de DBO, DQO y cadmio en el Río Milagro.

Los resultados analíticos obtenidos en los cuatro puntos de muestreo permiten identificar con claridad las posibles fuentes de contaminación que aportan materia orgánica, compuestos químicos y metales pesados al río Milagro.

#### 4.2.1. Identificación de fuentes asociadas a DBO y DQO

La tabla evidencia que las posibles fuentes de contaminación en los cuatro puntos de muestreo están directamente asociadas a actividades antrópicas presentes en cada sector. En el caso de la DBO y la DQO, los valores se relacionan principalmente con descargas domésticas, escorrentía urbana y residuos orgánicos provenientes de actividades específicas como el camal municipal, donde la carga biodegradable y los compuestos orgánicos complejos pueden incrementar estos parámetros. Por su parte, la presencia de cadmio se asocia a fuentes puntuales como lixiviados del cementerio, desgaste de estructuras metálicas, tránsito vehicular y posibles descargas industriales. Se observa que los sectores con mayor actividad humana (Cementerio y Camal Municipal) presentan mayor probabilidad de contaminación, lo que explica el incumplimiento detectado en algunos puntos para el Cd.

**Tabla 5.**

*Fuentes de contaminación en cada punto muestreado*

Puntos de muestreo	Parámetros	Fuentes de contaminación
P1 Puente Policía Nacional	DBO	Descargas domésticas y escorrentía urbana
	DQO	Residuos urbanos y materia orgánica no biodegradable
	Cadmio	Tránsito vehicular y corrosión de estructuras metálicas
	DBO	Descomposición de materia orgánica

P2	DQO	Lixiviados del suelo y compuestos orgánicos complejos
Cementerio Municipal	Cadmio	Lixiviados de estructuras metálicas
P3 Parque Central	DBO	Restos vegetales y escorrentía superficial
	DQO	Residuos sólidos urbanos
	Cadmio	Arrastre de contaminantes urbanos
P4 Camal Municipal	DBO	Descargas de residuos orgánicos (sangre, grasa)
	DQO	Materia orgánica compleja y residuos industriales
	Cadmio	Equipos metálicos y descargas industriales cercanas

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Las fuentes de contaminación descritas corresponden a un análisis técnico inferido en función de los resultados obtenidos para DBO, DQO y Cd, considerando las actividades antrópicas presentes en cada punto de muestreo.

#### **4.2. Caracterizar los niveles de DBO, DQO y cadmio en diferentes puntos del Río Milagro y compararlos con los límites establecidos en la normativa ambiental vigente.**

Se seleccionaron cuatro estaciones de muestreo distribuidas a lo largo del tramo urbano del río. Estas estaciones se ubicaron mediante coordenadas UTM (zona 17S) registradas con GPS de mano, permitiendo su localización precisa durante todo el estudio, ver **Anexos N° 1** al **Anexo N° 4**.

##### **4.2.1. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)**

Los valores de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) registrados en los cuatro puntos de muestreo oscilaron entre 5,9 y 6,4 mg/L, como se muestran en el **Anexo N° 6**. El valor más alto se presentó en el Punto 2 (6,4 mg/L), mientras que el menor se registró en el Punto 3 (5,9 mg/L).

Al comparar los resultados con el límite máximo permisible establecido en el Acuerdo Ministerial 097-A, en el Anexo 1: Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes al Recurso Agua en la Tabla 2 – Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulce,

marinas y de estuarios (20 mg/L), se determinó que todos los puntos evaluados cumplen con la normativa ambiental vigente para descarga a cuerpos de agua dulce.

**Tabla 6.**

*Resultados de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)*

Punto	Nombre técnico del sitio	DBO <sub>5</sub> (mg/L)	Límite máximo permisible (mg/L)	Cumplimiento
P1	Estación de muestreo 1: Sector Puente de la Policía Nacional	6,3	20	Cumple
P2	Estación de muestreo 2: Sector Cementerio Municipal	6,4	20	Cumple
P3	Estación de muestreo 3: Sector Parque Central de Milagro	5,9	20	Cumple
P4	Estación de muestreo 4: Sector Camal Municipal	6,2	20	Cumple

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Los valores corresponden a la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) expresada en mg/L en los diferentes puntos de muestreo, comparados con el límite máximo permisible de 20 mg/L establecido en la normativa ambiental ecuatoriana para cuerpos de agua superficiales.

#### **4.2.2. Demanda Química de Oxígeno (DQO)**

Los valores de Demanda Química de Oxígeno (DQO) registrados en los cuatro puntos de muestreo oscilaron entre 4,2 y 6,6 mg/L., ver **Anexo N° 6**. El valor más alto se presentó en el Punto 4 (6,6 mg/L), mientras que los valores más bajos se registraron en los Puntos 1 y 3 (4,2 mg/L).

Al comparar los resultados con el límite máximo permisible establecido por la normativa ambiental vigente (40 mg/L), se determinó que todos los puntos evaluados cumplen ampliamente con el estándar para descarga a cuerpos de agua dulce.

**Tabla 7.***Resultados Demanda Química de Oxígeno (DQO)*

<b>Punto</b>	<b>Nombre técnico del sitio</b>	<b>DQO (mg/L)</b>	<b>Límite máximo permisible (mg/L)</b>	<b>Cumplimiento</b>
P1	Sector Puente de la Policía Nacional	4,2	40	Cumple
P2	Sector Cementerio Municipal	4,7	40	Cumple
P3	Sector Parque Central de Milagro	4,2	40	Cumple
P4	Sector Camal Municipal	6,6	40	Cumple

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Los valores corresponden a la Demanda Química de Oxígeno (DQO) expresada en mg/L en los distintos puntos evaluados, comparados con el límite máximo permisible de 40 mg/L según la normativa ambiental ecuatoriana vigente.

#### **4.2.3. Cadmio (Cd)**

Los resultados evidencian que las concentraciones de cadmio (Cd) en los cuatro puntos de muestreo superan significativamente el límite máximo permisible de 0,001 mg/L establecido por la normativa ambiental ecuatoriana. Los valores registrados (0,02; 0,04; 0,02 y 0,05 mg/L) representan excedencias de entre 20 y 50 veces el valor permitido, lo que indica contaminación generalizada en todo el tramo evaluado. El punto más crítico corresponde al P4 (Camal Municipal), seguido de P2 (Cementerio Municipal), lo que sugiere influencia directa de actividades antrópicas. Sin embargo, la presencia de concentraciones elevadas en todos los puntos evidencia una problemática ambiental extendida y no únicamente localizada, representando riesgo potencial para el ecosistema acuático y posibilidad de bioacumulación en organismos.

**Tabla 8.***Resultados del Cadmio (Cd)*

<b>Punto</b>	<b>Nombre técnico del sitio</b>	<b>Cd (mg/L)</b>	<b>Límite máximo permisible (mg/L)</b>	<b>Cumplimiento</b>
P1	Sector Puente de la Policía Nacional	0,02	0,001	No cumple
P2	Sector Cementerio Municipal	0,04	0,001	No cumple
P3	Sector Parque Central de Milagro	0,02	0,001	No cumple
P4	Sector Camal Municipal	0,05	0,001	No cumple

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Las concentraciones de cadmio (Cd) se expresan en mg/L y fueron comparadas con el límite máximo permisible de 0,001 mg/L establecido en la normativa ambiental ecuatoriana vigente para cuerpos de agua superficiales.

#### **4.3 Establecer medidas preventivas orientadas a mitigar los efectos por cadmio**

La reformulación de las medidas preventivas responde al hallazgo de que todas las concentraciones de cadmio exceden ampliamente el límite permisible de 0,001 mg/L. Esto indica que la problemática no es puntual sino generalizada, por lo que las acciones deben aplicarse en todo el tramo estudiado, priorizando los sectores con mayores concentraciones (P4 y P2). Las medidas propuestas combinan control de fuentes específicas, tratamiento de descargas y monitoreo ambiental continuo, con el objetivo de reducir progresivamente los niveles de Cd y mitigar el riesgo ecológico asociado a su presencia en el cuerpo hídrico.

**Tabla 9.***Estrategias de mitigación*

<b>Problema Detectado</b>	<b>Punto Crítico</b>	<b>Medida Preventiva Propuesta</b>	<b>Impacto Esperado</b>
Exceso de Cd (0,02 mg/L – 20 veces el límite)	P1	Control de escorrentía urbana y revisión de descargas cercanas	Reducción del arrastre de metales pesados hacia el río

---

Exceso de Cd (0,04 mg/L – 40 veces el límite)	P2	Sistema de control de lixiviados y drenajes impermeabilizados en el cementerio	Disminución de infiltración de metales al cuerpo hídrico
Exceso de Cd (0,02 mg/L – 20 veces el límite)	P3	Implementación de monitoreo continuo y control de residuos sólidos urbanos	Prevención de incremento progresivo de contaminación
Exceso de Cd (0,05 mg/L – 50 veces el límite)	P4	Instalación de sistema de tratamiento de aguas residuales en el camal municipal	Reducción significativa de descargas con metales pesados

---

**Elaborado por:** El Autor, (2026).

**Nota:** Las medidas preventivas propuestas fueron establecidas con base en los resultados obtenidos en el análisis de concentraciones de cadmio (Cd) y en la identificación de posibles fuentes de contaminación en cada punto de muestreo.

## 5. DISCUSIONES

Estos resultados indican una baja carga orgánica biodegradable y una reducida concentración de materia oxidable total en el tramo urbano evaluado, lo que sugiere que, al momento del estudio, el río no presenta contaminación orgánica significativa. No obstante, aunque los valores se encuentran dentro del rango permitido, su presencia constante en todos los puntos de muestreo refleja la influencia de actividades antrópicas propias de un entorno urbano, tales como descargas domésticas, actividades comerciales y aportes por escorrentía superficial. En este contexto, Quintero et al. (2023) señalan que la contaminación por materia orgánica en ecosistemas fluviales urbanos constituye una problemática global que requiere monitoreo permanente debido a su potencial impacto acumulativo sobre la calidad del agua y la biodiversidad acuática. De manera complementaria, Zhang y Chen (2022) destacan que la gestión moderna de cuerpos hídricos debe integrar no solo la caracterización fisicoquímica, sino también modelos predictivos que permitan anticipar posibles escenarios de deterioro ambiental. A escala nacional, aunque estudios previos realizados por Morocho (2016) y Riera (2021) reportaron concentraciones de DBO y DQO que superaban los límites normativos en ciertos periodos, los resultados del presente estudio evidencian una condición más favorable en el tramo analizado, lo que podría indicar mejoras en la dinámica de dilución, variaciones estacionales o cambios en las prácticas de descarga

La situación del río Milagro debe analizarse dentro del contexto nacional de los ecosistemas fluviales urbanos del Ecuador. Diversas investigaciones desarrolladas en cuencas como los ríos Guayas, Guayllabamba y Machángara han reportado concentraciones de DQO que, en determinados periodos y sectores, superan los valores establecidos por la legislación ambiental, evidenciando una presión antrópica asociada al crecimiento urbano, la actividad industrial y la limitada cobertura de sistemas de tratamiento de aguas residuales (Fernández et al., 2016; Reinoso, 2020). No obstante, considerando la tendencia observada en otros sistemas fluviales urbanos del país, resulta fundamental mantener programas de monitoreo continuo que permitan prevenir posibles escenarios de deterioro asociados al incremento de actividades antrópicas. En

relación con la contaminación por metales pesados, los resultados del presente estudio muestran concentraciones de cadmio (Cd) superiores al límite normativo (0.02 mg/L) en los puntos P2 y P4, lo que indica una contaminación localizada con potencial riesgo eco toxicológico. Esta situación es consistente con lo reportado por Morales y Guillén (2024) en el Estero Los Monos, afluente cercano al río Milagro, donde se evaluaron concentraciones de metales pesados en distintos puntos de monitoreo durante los meses de marzo, abril y mayo. En dicho estudio se registró una concentración de arsénico de 0,03 mg/L sin variaciones significativas entre los puntos evaluados. En el caso del mercurio, las concentraciones fueron menores al límite de detección del método analítico utilizado (0,00014 mg/L), lo que impidió determinar variabilidad espacial. Sin embargo, para el plomo se evidenció variación en dos puntos de monitoreo (M2 y M3), presentando concentraciones más elevadas durante los meses de abril y mayo, lo que sugiere influencia de actividades antrópicas temporales o descargas puntuales.

Aunque el estudio en el estero Los Monos no reportó concentraciones elevadas de todos los metales analizados, sí evidenció la presencia y variabilidad de contaminantes asociados a descargas urbanas y actividades agroindustriales en la zona. Estos hallazgos guardan relación con los resultados obtenidos en el río Milagro, donde las concentraciones de cadmio superan ampliamente el límite permisible de 0,001 mg/L en todos los puntos evaluados, lo que confirma la presión antrópica existente en los sistemas hídricos del cantón. La coincidencia de presencia de metales pesados en ambos cuerpos de agua sugiere una problemática ambiental regional vinculada a fuentes difusas y puntuales de contaminación.

A nivel comparativo, estudios realizados en ríos urbanos del Ecuador han documentado la presencia recurrente de cadmio y otros metales pesados como plomo, cromo y zinc, especialmente en sectores influenciados por actividades industriales y manejo inadecuado de residuos sólidos (Reinoso, 2020; Morales et al., 2024). Estos hallazgos coinciden con investigaciones internacionales que señalan que los ríos actúan como sumideros de metales pesados, acumulándolos en el agua y los sedimentos, lo que incrementa su biodisponibilidad y toxicidad (Niu et al., 2021; Wang et al., 2024). Los resultados

reportados para el Río Pasto (Inka y Sánchez 2018), evidencian una afectación significativa en la calidad ecológica del sistema fluvial, determinada mediante pruebas de toxicidad aguda en agua y sedimentos durante temporada seca y húmeda. En las muestras de agua, los valores de  $IC_{50}$  oscilaron entre 30,71 % v/v y 40,36 % v/v, clasificándose la mayoría de los puntos como tóxicos, con coeficientes de correlación ( $R^2$ ) superiores a 0,94, lo que indica alta confiabilidad en los bioensayos realizados. Particularmente, el punto Dos Puentes presentó un  $IC_{50}$  de 30,71 % v/v, evidenciando mayor toxicidad en comparación con otros sectores. En sedimentos, la variabilidad fue aún más marcada, con valores de  $IC_{50}$  entre 26,38 % v/v y 67,21 % v/v, manteniéndose la clasificación de tóxico en varios puntos y demostrando que los sedimentos actúan como reservorio de contaminantes persistentes.

Estos resultados reflejan que la presencia de contaminantes en sistemas fluviales puede generar efectos adversos directos sobre los organismos acuáticos, incluso cuando las concentraciones en agua superficial varían estacionalmente. La toxicidad detectada en sedimentos sugiere acumulación de sustancias potencialmente peligrosas, lo que incrementa el riesgo ecológico a largo plazo.

Al contrastar estos hallazgos con los resultados obtenidos en el río Milagro, donde las concentraciones de cadmio superan hasta 50 veces el límite máximo permisible de 0,001 mg/L, se evidencia una problemática ambiental relevante. Aunque en el presente estudio no se realizaron bioensayos de toxicidad como en el Río Pasto, las concentraciones elevadas de Cd registradas podrían generar efectos similares en la biota acuática, considerando que este metal posee alta toxicidad, persistencia y capacidad de bioacumulación. Por tanto, la comparación sugiere que el riesgo ecológico en el río Milagro no debe subestimarse, ya que la superación normativa observada podría traducirse en impactos biológicos comparables a los detectados mediante pruebas de toxicidad en otros sistemas fluviales.

## 6. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 6.1 Conclusiones

El análisis de las condiciones del entorno del río Milagro permitió determinar que las principales fuentes de contaminación se relacionan con descargas de origen doméstico, actividades comerciales y posibles aportes agroindustriales presentes en el área urbana del cantón Milagro. Estas actividades generan aportes continuos de materia orgánica y metales pesados al sistema hídrico, evidenciando la influencia de las actividades antropogénicas sobre la calidad del agua. La ausencia de controles adecuados sobre las descargas y el manejo de residuos líquidos contribuye al deterioro progresivo del ecosistema acuático, lo que resalta la necesidad de fortalecer la gestión ambiental y el control de vertidos en la zona.

La caracterización fisicoquímica del agua permitió evidenciar diferencias en la concentración de los parámetros evaluados a lo largo de los puntos de muestreo, lo cual refleja la influencia de las actividades humanas presentes en el tramo estudiado. Aunque los valores de DBO y DQO indican una carga orgánica relativamente baja, la presencia de cadmio en concentraciones superiores al límite permisible establecido en la normativa ambiental evidencia un problema de contaminación por metales pesados. Esta situación representa un riesgo potencial para el equilibrio ecológico del río y para los organismos acuáticos que dependen de este recurso hídrico.

El establecimiento de medidas preventivas permitió proponer estrategias orientadas a reducir el impacto ambiental asociado a la presencia de cadmio en el río Milagro. Estas acciones incluyen el control de descargas contaminantes, el fortalecimiento del monitoreo ambiental y la implementación de programas de gestión y educación ambiental. La aplicación de estas medidas contribuiría a disminuir progresivamente los niveles de este metal pesado en el ecosistema acuático y a prevenir el deterioro de la calidad del agua, promoviendo una gestión sostenible del recurso hídrico.

## **6.2 Recomendaciones**

Se recomienda que las autoridades ambientales y municipales implementen programas de control y regulación de descargas domésticas, comerciales e industriales que puedan afectar la calidad del agua del río Milagro. Además, es necesario fortalecer la vigilancia ambiental en los sectores cercanos al río para identificar de manera oportuna posibles focos de contaminación.

Se sugiere establecer un programa permanente de monitoreo de la calidad del agua que incluya parámetros fisicoquímicos y metales pesados, con el fin de evaluar de forma continua el estado ambiental del río Milagro. Esto permitirá detectar variaciones en las concentraciones de contaminantes y facilitar la toma de decisiones para la gestión del recurso hídrico.

Se recomienda promover la implementación de medidas de prevención y control de metales pesados mediante programas de educación ambiental, manejo adecuado de residuos y fortalecimiento de la normativa sobre vertidos. Asimismo, es importante fomentar la participación de la comunidad y de las instituciones locales en acciones de conservación y protección del ecosistema acuático del río Milagro.

## 7. BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A*. En Acuerdo Ministerial 097-A. Quito.
- Bartra Gómez, J., & Bardales, D. M. J. (2020). Gestión de Residuos Sólidos Urbanos y su Impacto Medioambiental. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 4(2), 993–1008.  
[https://doi.org/10.37811/CL\\_RCM.V4I2.135](https://doi.org/10.37811/CL_RCM.V4I2.135)
- Buono, D. D., & Bartucca, M. (2022). Lignina para la remediación de iones metálicos en sistemas acuosos. *Science Direct*. Obtenido de <https://www.sciencedirect.com/topics/materials-science/cadmium>
- Dan, S. F., Udoh, E. C., & Wang, Q. (2022). Contamination and ecological risk assessment of heavy metals, and relationship with organic matter sources in surface sediments of the Cross River Estuary and nearshore areas. *Journal of Hazardous Materials*, 438, 129531.  
<https://doi.org/10.1016/J.JHAZMAT.2022.129531>
- Enhanced Reader. (2021).
- Gong, W., Liu, T., Duan, X., Sun, Y., Zhang, Y., Tong, X., & Qiu, Z. (2022). Estimating the Soil Erosion Response to Land-Use Land-Cover Change Using GIS-Based RUSLE and Remote Sensing: A Case Study of Miyun Reservoir, North China. *Water*, 14(5), 742.  
<https://doi.org/10.3390/W14050742>
- Istomi, A., Suharso, Buhani, Tugiyono, Satria, H., Artika, E., & Zulaicha, A. (2025). Estudio de los parámetros de contaminación del agua en las estaciones seca y lluviosa en el índice de contaminación del río Mesuji, Lampung, Indonesia. <https://doi.org/10.1016/j.rechem.2024.101906>
- Jaishankar, M., Tseten, T., Anbalagan, N., Mathew, B. B., & Beeregowda, K. N. (2014). Toxicity, mechanism and health effects of some heavy metals. *Interdisciplinary Toxicology*, 7(2), 60–72. <https://doi.org/10.2478/INTOX-2014-0009>
- Larrea, M. J. A., Rojas, B. M. M., Romeu, A. B., & Lugo, M. D. (2022). Aspectos fundamentales del monitoreo de calidad de las aguas: el río Almendares como caso de estudio. *CENIC Ciencias Biológicas*, 53, 148–159.  
<https://www.redalyc.org/journal/1812/181271968004/html/>
- Li, F., Cai, J., Zhao, X., Liu, H., Ju, F., & Li, Y. (s.f.). Avances en la investigación sobre la remediación de aguas subterráneas contaminadas con arsénico y cadmio mediante biomineralización de hierro y manganeso. Instituto de Investigación de Ingeniería del Norte de China.  
<https://doi.org/10.3390/catal15060570>
- Mero, M., Pernía, B., Ramírez, N., Bravo, K., Ramírez, L., Larreta, E., & Egas, F. (2021). Concentración de cadmio en agua, sedimentos, *Eichhornia*

*crassipes* y *Pomacea canaliculata* en el río Guayas (Ecuador) y sus afluentes. Instituto de Ciencias de la Atmósfera. Obtenido de <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2019.35.03.09/46875>

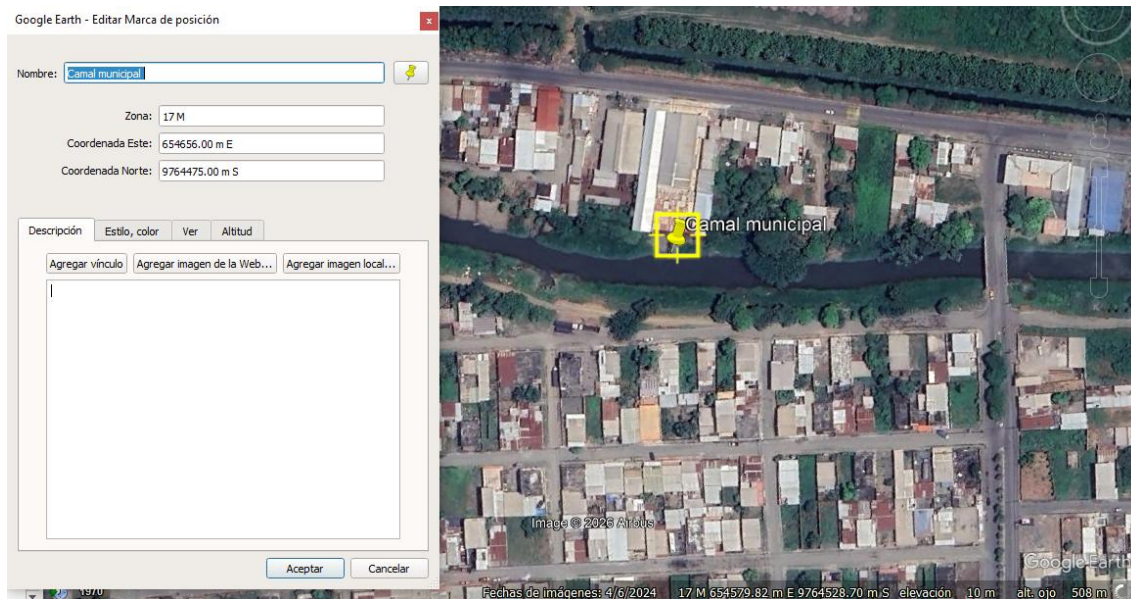
- Morocho López, D. R. (2017). *Variaciones de las concentraciones de especies inorgánicas del sistema hidrográfico del río Milagro, en el cantón Milagro, en función de la pluviosidad*. <https://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/17098>
- Murillo, H. J. M., Murillo, H. J. M., & Palma, T. P. G. (2024). Contaminación por metales pesados del río Los Monos en la ciudad de Milagro. *Polo del Conocimiento*, 9(11), 2038–2048. <https://doi.org/10.23857/pc.v9i11.8456>
- Niu, Y., Chen, F., Li, Y., & Ren, B. (2021). Trends and Sources of Heavy Metal Pollution in Global River and Lake Sediments from 1970 to 2018. *Reviews of Environmental Contamination and Toxicology*, 257, 1–35. [https://doi.org/10.1007/398\\_2020\\_59](https://doi.org/10.1007/398_2020_59)
- Riera, R. J. D. (2021). *Evaluación físico-química y microbiológica del río Milagro, en el tramo entre parque acuático y parque el velero, Milagro-Guayas* [Tesis de grado, Universidad Agraria del Ecuador]. <https://cia.uagraria.edu.ec/Archivos/RIERA%20ROMERO%20JEFFERSON%20DIEGO.PDF>
- Ronquillo, M. F., Solís, T. F., & Beltrán, G. S. (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. *Ciencia UNEMI*, 9(21), 125–134. <https://doi.org/10.29076/ISSN.2528-7737VOL9ISS21.2016PP125-134P>
- Secretaria de Ambiente de Bogotá. (2016). *Plan de Manejo Ambiental Humedal Jaboque*. Adessa, 2(Dm), 1–22. [http://www.ambq.gov.co/public\\_html/ambq/userfiles/file/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PUBLICADO%20NOVIEMBRE%2009.pdf](http://www.ambq.gov.co/public_html/ambq/userfiles/file/PLAN%20DE%20MANEJO%20AMBIENTAL%20PUBLICADO%20NOVIEMBRE%2009.pdf)
- Vargas-Restrepo, C. M., Gutiérrez-Monsalve, J. A., Vélez-Rivera, D. A., Gómez-Betancur, M. A., Aguirre-Cardona, D. A., Quintero-Osorio, L. A., & Franco-Montoya, J. C. (2021). Gestión del manejo de residuos sólidos: un problema ambiental en la universidad. *Pensamiento & Gestión*, 50(50), 117–152. <https://doi.org/10.14482/PEGE.50.628.445>
- Zhang, X., Zhang, Y., Yang, X., Wang, Z., & Liu, X. (2025). Biochemical Oxygen Demand Prediction Based on Three-Dimensional Fluorescence Spectroscopy and Machine Learning. *Sensors*, 25(3), 711. <https://doi.org/10.3390/S25030711/S1>
- Zheng, X., Rehman, A., Zhong, S., Faisal, S., Hussain, M. M., Fatima, S. U., & Du, D. (2025). Source and Ecological Risk Assessment of Potentially Toxic Metals in Urban Riverine Sediments Using Multivariate Analytical

and Statistical Tools. *Land*, 14(1), 32.  
<https://doi.org/10.3390/LAND14010032/S1>

Zhu, S., Zhang, Z., Wen, C., Zhu, S., Li, C., Xu, H., & Luo, X. (2024). Transport and transformations of cadmium in water–biofilm–sediment phases as affected by hydrodynamic conditions. *Journal of Environmental Management*, 354, 120368.  
<https://doi.org/10.1016/J.JENVMAN.2024.120368>

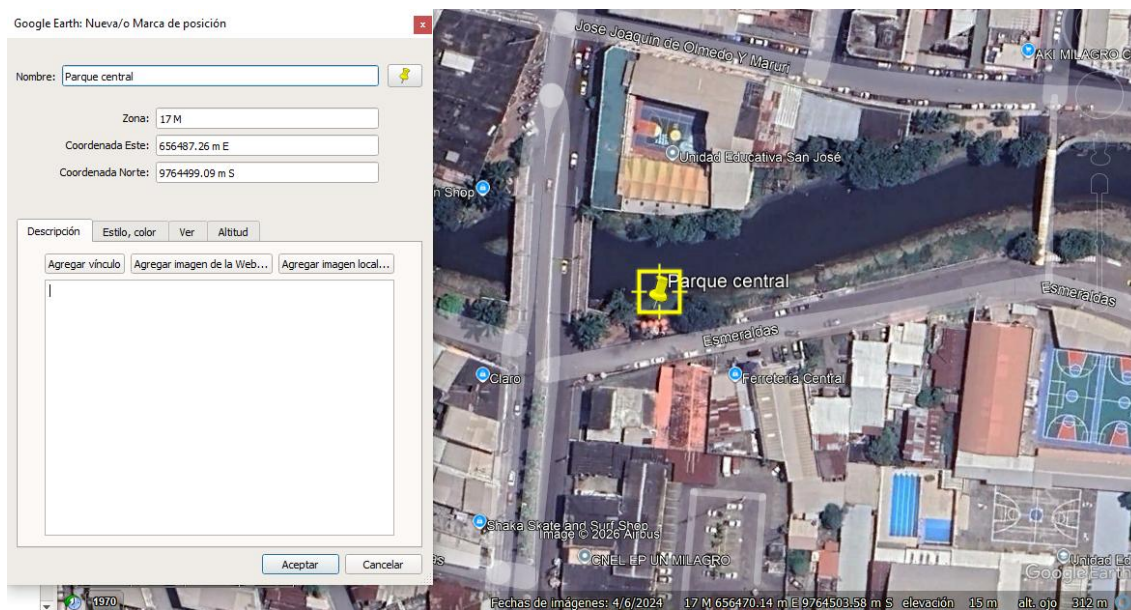


### Anexo N° 3: Sector Parque Central de Milagro - Punto 3



Elaborado por: El Autor, (2026).

### Anexo N° 4: Sector Camal Municipal - Punto 4



Elaborado por: El Autor, (2026).

**Anexo N° 5:** Tabla de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulce, marinas y estuarios del Acuerdo Ministerial 097-A

**TABLA 2: CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES, MARINAS Y DE ESTUARIOS**

PARÁMETROS	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad	
			Agua dulce	Agua marina y de estuario
Aluminio <sup>(1)</sup>	Al	mg/l	0,1	1,5
Amoniaco Total <sup>(2)</sup>	NH <sub>3</sub>	mg/l	-	0,4
Arsénico	As	mg/l	0,05	0,05
Bario	Ba	mg/l	1,0	1,0
Berilio	Be	mg/l	0,1	1,5
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1,0	1,0
Boro	B	mg/l	0,75	5,0
Cadmio	Cd	mg/l	0,001	0,005
Cianuros	CN <sup>-</sup>	mg/l	0,01	0,01
Cinc	Zn	mg/l	0,03	0,015
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01	0,01
Clorofenoles <sup>(3)</sup>		mg/l	0,05	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032	0,05
Estaño	Sn	mg/l		2,00
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60

**Fuente:** (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015)

Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0,1	0,1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia	Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002	0,0001
Níquel	Ni	mg/l	0,025	0,1
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80	> 60
Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10,0	10,0
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10,0	10,0
Plata	Ag	mg/l	0,01	0,005
Plomo	Pb	mg/l	0,001	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9	6,5 – 9,5
Selenio	Se	mg/l	0,001	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub> <sup>-</sup>	mg/l	0,2	
Nitratos	NO <sub>3</sub> <sup>-</sup>	mg/l	13	200
DQO	DQO	mg/l	40	-
DBO5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20	-
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	max incremento de 10% de la condición natural	-
<sup>(1)</sup> Aluminio: Si el pH es menor a 6,5 el criterio de calidad será 0,005 mg/l <sup>(2)</sup> Aplicar la Tabla 2a como criterio de calidad para agua dulce <sup>(3)</sup> Si sobrepasa el criterio de calidad se debe analizar el diclorofenol cuyo criterio de calidad es 0,2 ug/l				

## Anexo N° 6: Resultados de los parámetros en el análisis de agua



**LABORATORIO DE ANÁLISIS DE SUELOS Y PLANTA**  
**"SALBRA"**

Malecón y primero de Agosto. Mocache Prov. Los Ríos. Telf. 05 2 707012,  
 088986645



RUC: 0200656999001

### RESULTADOS DE ANÁLISIS DE LODOS ACUOSOS

<b>PROPIETARIO:</b> Sr. Jose Daniel Apugllon Mullo C.C.: 0941505513	<b>LOCALIDAD DE MUESTREO</b>	<b>FECHA DE MUESTREO:</b> 17 de Octubre del 2025	<b>TIPO DEMUESTRA</b> Aguas de un sector del rio Milagro
	Área del rio Milagro  Cantón: Milagro Provincia: Guayas		

Áreas Muestreadas	DBO (m/l)	DQO (m/l)	pH (unid.)	Sólidos Totales (m/l)	E. Coli (NMP/m/l)	Coliformes Fecales (NMP/m/l)	Cadmio (mg/l)
P1.- Puente de la Policia	6,3	4,2	7,84	380	792	381	0.02
P2.- Puente 17 de Septiembre	6,4	4,7	7,68	366	699	1920	0.04
P3.- Puente Chirijos	5,9	4,2	7,35	311	1348	1151	0.02
P4.- Puente El Camal	6,2	6,6	7,86	220	25	30	0.05
Limite Normativo	4,0	2,0	6 a 9	400 a 600		25 a 50	0.03

  
 Javier Salto M. Ing. Agr. Mg.-Sc. del Suelo  
 Responsable

Ex Investigador del INIAP y CINCAE