



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

**TESIS**

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL  
AGUA GENERADO POR LAS INDUSTRIAS UBICADAS EN  
LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RIO DAULE**

**TRABAJO DE INVESTIGACIÓN NO EXPERIMENTAL DE CAMPO**

**SERVICIOS AMBIENTALES**

**AUTOR  
ORTIZ ZAMBRANO JOSUE ANTHONY**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2021**



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

**ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA  
GENERADO POR LAS INDUSTRIAS UBICADAS EN LAS  
RIBERAS DE UN TRAMO DEL RIO DAULE**

**PROYECTO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO**

Trabajo de titulación presentado como requisito para la  
obtención del título de  
**INGENIERO AMBIENTAL**

**AUTOR  
ORTIZ ZAMBRANO JOSUE ANTHONY**

**TUTOR  
ING. LUIS MOROCHO**

**GUAYAQUIL-ECUADOR**

**2021**



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

**APROBACIÓN DEL TUTOR**

Yo, **Morocho Antonio Luis**, docente de la Universidad Agraria del Ecuador, en mi calidad de Tutor, certifico que el presente trabajo de titulación: **ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA GENERADO POR LAS INDUSTRIAS UBICADAS EN LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RIO DAULE**, realizado por el estudiante **ORTIZ ZAMBRANO JOSUE ANTHONY**; con cédula de identidad N°**0941507527** de la carrera **INGENIERIA AMBIENTAL**, Unidad Académica Guayaquil, ha sido orientado y revisado durante su ejecución; y cumple con los requisitos técnicos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador; por lo tanto, se aprueba la presentación del mismo.

Atentamente,

---

Ing. Luis Antonio Morocho

Guayaquil, 1 de diciembre del 2021



**UNIVERSIDAD AGRARIA DEL ECUADOR  
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
CARRERA DE 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: **“ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA GENERADO POR LAS INDUSTRIAS UBICADAS EN LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RIO DAULE”**, realizado por el estudiante ORTIZ ZAMBRANO JOSUE ANTHONY, el mismo que cumple con los requisitos exigidos por la Universidad Agraria del Ecuador.

Atentamente,

---

**DR. ARCOS RAMOS FREDDY  
PRESIDENTE**

---

**ING. MUÑOZ NARANJO DIEGO  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**ING. MONTOYA PIBAQUE VIVIANA  
EXAMINADOR PRINCIPAL**

---

**ING. MOROCHO ROSEO LUIS  
EXAMINADOR SUPLENTE**

Guayaquil, 1 de diciembre del 2021

### **Dedicatoria**

Dedico este trabajo a mi madre, Leticia Zambrano Burgos, quien con su esfuerzo, ha hecho de este proyecto de investigación posible.

### **Agradecimiento**

Primeramente, a DIOS, por darme la sabiduría y los medios para la realización de este trabajo, a mi madre, por su apoyo continuo, a mi tutor, Ing. Luis Morocho, por sus enseñanzas, excelente actitud y dedicación en este trabajo de titulación, y a los docentes de la Universidad Agraria del Ecuador por sus conocimientos que me servirán en mi futuro profesional.

### **Autorización de Autoría Intelectual**

Yo, **Josué Anthony Ortiz Zambrano**, en calidad de autor del proyecto realizado, sobre **“ANÁLISIS DEL IMPACTO DE LA CALIDAD DEL AGUA GENERADO POR LAS INDUSTRIAS UBICADAS EN LAS RIBERAS DE UN TRAMO DEL RIO DAULE”** 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.

Guayaquil, 1 de diciembre del 2021

ORTIZ ZAMBRANO JOSUE ANTHONY  
C.I. 0941507527

## Índice general

<b>PORTADA.....</b>	<b>1</b>
<b>APROBACIÓN DEL TUTOR.....</b>	<b>3</b>
<b>APROBACIÓN DEL TRIBUNAL DE SUSTENTACIÓN .....</b>	<b>4</b>
<b>Dedicatoria.....</b>	<b>5</b>
<b>Agradecimiento .....</b>	<b>6</b>
<b>Autorización de Autoría Intelectual .....</b>	<b>7</b>
<b>Índice general .....</b>	<b>8</b>
<b>Índice de tablas.....</b>	<b>13</b>
<b>Índice de figuras .....</b>	<b>14</b>
<b>Resumen .....</b>	<b>15</b>
<b>Abstract.....</b>	<b>16</b>
<b>1.Introducción.....</b>	<b>17</b>
<b>1.1 Antecedentes del problema.....</b>	<b>17</b>
<b>1.2. Planteamiento y formulación del problema .....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.1. Planteamiento del problema.....</b>	<b>19</b>
<b>1.2.2. Formulación del problema.....</b>	<b>20</b>
<b>1.3. Justificación de la investigación.....</b>	<b>21</b>
<b>1.4. Delimitación de la investigación .....</b>	<b>22</b>
<b>1.5. Objetivo general .....</b>	<b>22</b>

<b>1.6. Objetivos específicos</b> .....	<b>22</b>
<b>1.7. Hipótesis</b> .....	<b>23</b>
<b>2. Marco teórico</b> .....	<b>24</b>
<b>2.1. Estado del arte</b> .....	<b>24</b>
<b>2.2.1. Calidad del agua</b> .....	<b>28</b>
<b>2.2.2. Contaminación del agua</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.3. Calidad de las aguas residuales industriales</b> .....	<b>29</b>
<b>2.2.4. PH</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2.5. Temperatura</b> .....	<b>30</b>
<b>2.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2.7. Demanda química de oxígeno (DQO)</b> .....	<b>31</b>
<b>2.2.8. Sólidos totales</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.9. Sólidos suspendidos totales</b> .....	<b>32</b>
<b>2.2.10. Materia flotante</b> .....	<b>33</b>
<b>2.2.11. Coliformes fecales</b> .....	<b>33</b>
<b>2.2.12. <i>Escherichia coli</i></b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.13. Coliformes totales</b> .....	<b>34</b>
<b>2.2.14. Enfermedades por ingesta o uso de agua contaminada</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.15. Aguas residuales</b> .....	<b>35</b>
<b>2.2.16. Aguas superficiales</b> .....	<b>36</b>
<b>2.3. Marco legal</b> .....	<b>36</b>
<b>2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008</b> .....	<b>36</b>
<b>2.3.2. Código Orgánico del Ambiente 2017</b> .....	<b>38</b>
<b>2.3.3. Código Orgánico Integral Penal 2021</b> .....	<b>39</b>

2.3.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua 2014. ....	40
<b>3. Materiales y métodos</b> .....	<b>41</b>
3.1. Enfoque de la investigación .....	41
3.1.1. Tipo de investigación .....	41
3.1.1.1. <i>Investigación documental</i> .....	41
3.1.1.2. <i>Investigación de campo y laboratorio</i> .....	41
3.1.2. Diseño de investigación .....	41
3.2. Metodología .....	42
3.2.1. Variable .....	42
3.2.1.1. <i>Variable independiente</i> .....	42
3.2.1.2. <i>Variable dependiente</i> .....	42
3.2.2. Tratamientos .....	42
3.2.3. Diseño experimental .....	43
3.2.4. Recolección de datos.....	43
3.2.4.1. <i>Recursos</i> .....	43
3.2.4.2. <i>Métodos y técnicas</i> .....	45
3.4.2.2.1 <i>Análisis de parámetros físicos y químicos de las muestras de agua mediante técnicas de laboratorio.</i> ....	45
3.4.2.2.2 <i>Metodología del muestreo y conservación</i> .....	45
3.4.2.2.3. <i>Medición de pH</i> .....	46
3.4.2.2.4. <i>Medición de Temperatura</i> .....	46
3.4.2.2.5. <i>Medición de DQO (demanda química de oxígeno) (viales hach)</i> .....	47
3.4.2.2.6. <i>Medición de solidos suspendidos totales</i> .....	48
3.4.2.2.7. <i>Medición de coliformes fecales</i> .....	48

3.4.2.2.8. Medición de materia flotante.....	49
3.4.2.2.9. Medición de DBO <sub>5</sub> (demanda bioquímica de oxígeno).....	49
<b>3.2.5. Análisis estadístico .....</b>	<b>49</b>
<b>3.2.5.1. Medidas de tendencia central .....</b>	<b>50</b>
3.2.5.1.1. Promedio o media .....	50
3.2.5.1.2. Mediana.....	50
3.2.5.1.3. Moda.....	51
<b>3.2.5.2. Medidas de dispersión.....</b>	<b>51</b>
<b>3.2.5.2.1. Desviación estándar.....</b>	<b>51</b>
<b>4. Resultados .....</b>	<b>52</b>
<b>4.1. Identificación de los puntos de descargas de aguas residuales generados por cuatro industrias ubicadas entre los kilómetros 14-22 de la vía Daule. .....</b>	<b>52</b>
<b>4.2. Determinación del impacto en la calidad del agua que tienen las descargas industriales mediante el análisis de parámetros físico, químicos y biológicos (pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes fecales, coliformes totales, temperatura, solidos suspendidos totales, solidos totales y materia flotante).....</b>	<b>53</b>
<b>4.2.1. Análisis de la variación de la temperatura .....</b>	<b>57</b>
<b>4.2.2. Análisis de la variación del pH.....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.3. Análisis de la variación de la DQO .....</b>	<b>58</b>
<b>4.2.4. Análisis de la variación de la DBO<sub>5</sub> .....</b>	<b>59</b>
<b>4.2.5. Análisis de la variación de los sólidos totales .....</b>	<b>60</b>
<b>4.2.6. Análisis de la variación de los sólidos suspendidos totales .....</b>	<b>61</b>
<b>4.2.7. Análisis de la variación de las coliformes fecales .....</b>	<b>61</b>

4.2.8. Análisis de la variación de los coliformes totales .....	62
4.2.9. Índice de la Calidad del Agua Brown.....	62
4.2.9.1 Valoración entre los resultados medidos del pH y los valores generados del ICA .....	63
4.2.9.2. Valoración entre los resultados medidos de la temperatura y los valores generados del ICA.....	63
4.2.9.3.Valoración entre los resultados medidos de la DBO <sub>5</sub> y los valores generados del ICA .....	64
4.2.9.4. Valoración entre los resultados medidos de las coliformes fecales y los valores generados del ICA.....	65
4.2.9.5. Valoración entre los resultados medidos de los sólidos suspendidos totales y los valores generados del ICA .....	65
5.Discusión .....	70
7. Recomendaciones .....	74
8. Bibliografía.....	75
9. Anexos.....	82
9.1. Anexo 1. Tablas complementarias.....	82
9.2. Anexo 2. Figuras complementarias .....	90

### Índice de tablas

Tabla 1. Coordenadas del lugar del muestreo.....	52
Tabla 2. Resultados obtenidos en el primer día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos. ....	53
Tabla 3. Resultados obtenidos en el segundo día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos. ....	53
Tabla 4. Resultados obtenidos en el tercer día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos. ....	54
Tabla 5. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del primer día de muestreo. ....	54
Tabla 6. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del segundo día de muestreo. ....	55
Tabla 7. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del tercer día de muestreo. ....	56
Tabla 8. Propuestas de prevención y control de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio.....	69

### Índice de figuras

Figura 1. Variación de la temperatura .....	57
Figura 2. Variación del pH .....	58
Figura 3. Variación de la DQO.....	58
Figura 4. Variación de la DBO <sub>5</sub> .....	59
Figura 5. Variación de los sólidos totales .....	60
Figura 6. Variación de los sólidos suspendidos totales .....	61
Figura 7. Variación de los coliformes fecales .....	61
Figura 8. Variación de los coliformes totales .....	62
Figura 9. Correlación entre los valores medidos del pH y del ICA.....	63
Figura 10. Correlación entre los valores medidos de la temperatura y del ICA .....	63
Figura 11. Correlación entre los valores medidos de la DBO <sub>5</sub> y del ICA .....	64
Figura 12. Correlación entre los valores medidos de la coliformes fecales y del ICA .....	65
Figura 13. Correlación entre los valores medidos de los SST y del ICA .....	66

## Resumen

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo evaluar la calidad del agua del río Daule, ya que a lo largo del río están asentadas muchas industrias de las cuales se evaluó 4 de estas industrias, específicamente los vertederos industriales, para dar a conocer si estos tienen una afectación negativa al recurso hídrico en estudio. Los puntos de muestreo fueron seleccionados, previo a una visita en la cual se determinó que puntos serían los indicados, la ubicación de estos puntos comprende desde el kilómetro 14 al 22 de la vía Daule. Adicionalmente se realizó el respectivo análisis de los parámetros: físico, químico y biológico en los laboratorios de la Universidad Agraria del Ecuador, por lo cual, una vez obtenidos los resultados, se aplicó estadística descriptiva y se realizó la comparación de los valores obtenidos con el acuerdo ministerial A-97, por otro lado, se aplicó el índice de calidad de agua según Brown (ICA Brown). Los resultados obtenidos indican que la industria 4, que se dedica a actividades químicas, estaría teniendo una leve afectación a la calidad del agua del Daule, en cuanto a los parámetros que sobrepasaron los límites máximos permisibles estos son los sólidos, las coliformes, DQO y en algunos puntos se evidenció la presencia de materia flotante.

**Palabras claves:** acuerdo ministerial, calidad del agua, ICA Brown, parámetros físico-químico y biológicos, vertederos industriales.

### **Abstract**

The objective of this research work is to evaluate the water quality of the Daule River, since along the river there are many industries, 4 of which were evaluated, specifically the industrial landfills, to determine if they have a negative impact on the water resource under study. The sampling points were selected after a visit in which it was determined which points would be indicated, the location of these points is from kilometer 14 to 22 of the Daule road. In addition, the respective physical, chemical and biological analyses were performed in the laboratories of the Universidad Agraria del Ecuador. Once the results were obtained, descriptive statistics were applied and the values obtained were compared with the ministerial agreement 097-A. The results obtained indicate that industry 4, which is dedicated to chemical activities, is having a slight effect on the quality of the water of the Daule, in terms of the parameters that exceeded the maximum permissible limits, these are solids, coliforms, COD, and at some points the presence of floating matter was evident.

**Key words:** ministerial agreement 097-A, water quality, ICA Brown, physicochemical parameters, industrial dumps.

## **1.Introducción**

### **1.1 Antecedentes del problema**

El agua es un elemento que mantiene el equilibrio de los ecosistemas naturales, así mismo para el sustento y la reproducción de la vida, ya que establece un factor indispensable para la realización de los procesos biológicos. Es esencial para el desarrollo socioeconómico, la energía, la producción de alimentos y la supervivencia humana. Además, el agua contribuye en la adaptación al cambio climático, y es un definitivo lazo entre la sociedad y el ambiente. Cada año la población mundial tiene un leve aumento y esto provoca una creciente necesidad de satisfacer la demanda comercial de los recursos hídricos, provocando así la explotación y contaminación de los cuerpos hídricos. Mediante la resolución 64/292, la Asamblea de las Naciones Unidas aprobó un proyecto que consistía en que el agua y el saneamiento de esta debe ser un derecho para todos los habitantes del planeta, ratificando que el agua potable y el saneamiento son esenciales para la ejecución de todos los derechos humanos (Organización de las Naciones Unidas, 2021).

La contaminación de los recursos hídricos actualmente es uno de los problemas ambientales más importantes, que afectan al planeta y a la calidad de vida de las personas que consumen y usan el agua. En muchos estudios, las concentraciones de productos contaminantes de los recursos hídricos sobrepasan los límites definidos por las normativas nacionales e internacionales definidas, por instituciones como la Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos, Unión Europea y la Organización Mundial de la Salud.

Según la Organización de las Naciones Unidas (2020), el agua no potable y el saneamiento deficiente, son las principales causas de muertes a 1.5 millones de niños al año, que en su mayoría tienen menos de cinco años en países en vía de desarrollo

debido a la a la escasez de agua, saneamientos inadecuados, aguas contaminadas con agente patógenos de enfermedades infecciosas y falta de higiene. Actualmente el 55% de la población mundial, carecen de un sistema de saneamiento de calidad y aproximadamente 2200 millones de personas no cuentan con agua potable.

Según el diario el comercio (2017), 2.000 millones de personas no contaban con instalaciones básicas, en donde pudieran realizar sus necesidades, y muchos casos en donde las personas hacían sus necesidades al aire libre. Aproximadamente 2 000 millones de personas, a nivel mundial beben agua probablemente expuesta a contaminación fecal.

Debido a la alta deforestación, las descargas de hidrocarburos y un porcentaje alto de aguas vertidas, el impacto que genera a lo largo del trayecto del río Daule es muy elevado. Según los cálculos se estima que existen, alrededor de 50 000 hectáreas de cultivos, dejarían su huella en el caudal. Pero una de las fuentes más perjudiciales está presente hidrocarburos aromáticos policíclicos, que son los aceites que desechan los talleres y que por la enorme cantidad del líquido le es imposible al río disolverlo en su totalidad (El Comercio, 2017).

Solo 5'434.064 (el 31 %) ecuatorianos de 17' 267.986 consumen agua de calidad asegurada, cuyos valores corresponden a los moradores de la ciudad de Guayaquil y Quito, cabe señalar que son las únicas ciudades del país que poseen el sello de calidad del Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN), que es el encargado de la estimación de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos según la norma 1108, que contiene estándares internacionales (El Universo , 2020 ).

Según la UNESCO (2021), el consumo de agua se ha disparado enormemente, incluso llegando a crecer a un ritmo de 1% cada año, el cambio climático se manifiesta de tal forma que aumenta su frecuencia e intensidad provocando muchos fenómenos

en varias zonas del mundo como: las tormentas, inundaciones, sequías y olas de calor y de frío, todos estos fenómenos agravan la situación de los países que sufren de estrés hídrico, provocando problemas en zonas en donde no se habían manifestado estos fenómenos, el mal tratamiento de las aguas residuales contribuye al cambio climático, ya que se generan gases de efecto invernadero provocando entre un 3% y 7% de emisiones, de las cuales el 80% se liberan al medio ambiente sin un tratamiento adecuado.

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

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

Las aguas residuales que son generadas por las actividades industriales, han sido un problema desde la revolución industrial, ya que muchas veces se gestiona de forma inadecuada, y al entrar a un cuerpo de agua provocara una gran fuente de contaminación ambiental, representando así un peligro para la salud de las personas, los animales y la flora acuática, estas alteraciones a la naturaleza han generado en las últimas décadas la necesidad de evaluar y gestionar mejor los efectos directos, indirectos y potencialmente inducidos en los cuerpos hídricos.

Los residuos sólidos industriales pueden ser sólidos, líquidos o los gases que son almacenados en contenedores (residuos peligrosos y no peligrosos), siendo que las industrias de procesamiento de alimentos, la de productos químicos y la operación continua de plantas de energía alimentadas con combustibles fósiles, son las que provocan una mayor cantidad de contaminantes en forma de desechos tóxicos y contaminantes orgánicos, provocando impactos profundos en la calidad y el suministro del agua. Prácticamente todas las actividades industriales, en cada uno de sus procesos van a generar algún tipo de contaminante, la falta de controles hace difícil saber si las empresas están realizando el tratamiento de sus residuos o simplemente

los arrojan al agua, algunos productos químicos tóxicos no se pueden descomponer mediante procesos naturales provocando así su introducción a los sistemas de abastecimiento de agua (Safe Drinking Water Foundation, 2019).

Respecto a la contaminación del río Daule, esto se debe por diversos factores entre los que se encuentran las actividades industriales, servicio de lubricadoras, asentamientos humanos, actividades pesqueras artesanales y contaminantes emergentes, que son fármacos y productos para el cuidado de la piel. Según el Ministerio del ambiente del Ecuador y el Ministerio de producción comercio exterior inversiones y pesca, han identificado las fábricas que se asientan en la cuenca del Daule, alcanzando en su totalidad 202 industrias de las cuales, 183 se encuentran asentadas en la vía Daule en Guayaquil, en su mayoría en la zona del Parque Industrial Inmaconsa (Ministerio del Ambiente, 2017).

Alrededor de dos millones de personas habitan aguas arriba del Daule, quiere decir que todas ellas realizan descargas al río. En Ecuador, el 80 % o 90 % del agua que se extrae, es para el uso de agricultura y por eso se usan muchos agroquímicos que finalmente pueden terminar en el río Daule. Las descargas efectuadas por una zona agrícola no ocurren por una sola tubería, sino a lo largo de toda la cuenca del río Daule y esto para los organismos encargados es muy difícil de controlar. El nacimiento de algas tóxicas en el río Daule, se da por el uso en exceso de sustancias para fines agrícolas como el nitrógeno o el fósforo (El Universo, 2020).

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

Las descargas industriales de las empresas ubicadas entre los kilómetros 14 y 22 de la vía Daule afectan negativamente al índice de calidad del agua.

### **1.3. Justificación de la investigación**

El agua es de gran importancia en el desarrollo de la vida y en todas las actividades en el que se desenvuelve el hombre, su calidad y escasez es un problema que tiene afectaciones en todos los procesos en el que interviene el hombre, en algunas partes del mundo es una problemática que afecta la producción de alimentos, la salud, la estabilidad política y social. Para establecer en qué tipo de actividades puede ser utilizada, se asignan diferentes valores en los parámetros de la calidad del agua, siendo los criterios más estrictos para el consumo humano, luego le siguen los que definen las características del hábitat, para las especies acuáticas de consumo humano y a la vida silvestre, para usos recreativos, agricultura e industria, navegación y otros usos como las hidroeléctricas (Picazo, 2016).

El presente estudio se justifica en la necesidad de conocer y determinar cómo se encuentra actualmente la calidad del agua del río Daule, se comprobará si esta cumple con los requisitos establecidos en el AM 097-A, específicamente en la tabla de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces. Esta información será actualizada, cumpliendo con el derecho que tienen los ciudadanos de informarse sobre la calidad del agua potable, a la que tiene acceso en sus hogares. Por lo cual se pretende evaluar 8 parámetros en el agua del río Daule y analizar si estos sobrepasan o no los límites permisibles en el AM 097-A y su ponderación con el ICA Brown. De esta manera se obtendrá el cumplimiento del objetivo 6 de desarrollo sostenible por las Naciones Unidas en el cual se indica el cumplimiento sobre la garantía de la disponibilidad y gestión sostenible del agua y el saneamiento para todos; así mismo se cumple con el Eje 1 de los derechos para todos, durante toda la vida, es decir el objetivo 1 que indica la garantía de que todos los hombres y mujeres, deben tener las mismas oportunidades para la adquisición de los

recursos económicos y deben contar con un excelente calidad del agua, su correcto saneamiento y distribución equitativa.

#### 1.4. Delimitación de la investigación

- **Espacio:** La presente investigación se llevó a cabo en un tramo del río Daule, con coordenadas UTM: Norte: 9778900 y Este: 611210. El estudio abarcó los kilómetros 14-22 de la vía Daule.
- **Tiempo:** Periodo de estudio fue de tres meses
- **Población:** En este estudio se beneficiarán aproximadamente 201.995 personas correspondientes a las ciudadelas: Villa del Rey, Ciudad Celeste, Villa Club, La Joya (Villa del Rey, 2021) , Ciudad Santiago (Yissela Arteaga, 2013) y las parroquias de Pascuales (Infografía, 2010) y Los Lojas (Instituto Nacional de Estadística y Censos , 2001).

#### 1.5. Objetivo general

- Analizar el impacto ocasionado por descargas de efluentes industriales en la calidad del agua del río Daule mediante un monitoreo ambiental para la determinación de cumplimiento de la norma ambiental vigente.

#### 1.6. Objetivos específicos

- Identificar los puntos de descargas de aguas residuales generados por cuatro industrias ubicadas entre los kilómetros 14-22 de la vía Daule.
- Determinar el impacto en la calidad del agua que tienen las descargas industriales mediante el análisis de parámetros físicos, químicos y biológicos (pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales, coliformes fecales, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos totales y materia flotante).
- Proponer medidas de prevención y control de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio

### **1.7. Hipótesis**

Las descargas industriales de empresas ubicadas en un tramo del río Daule han provocado una disminución de la calidad en el agua del río en estudio e incumplen lo establecido en el AM 097-A y el ICA BROWN.

## 2. Marco teórico

### 2.1. Estado del arte

Ramirez et al., (2018) analizaron la contaminación por cadmio en agua, sedimentos, jacinto de agua *Eichhornia crassipes* y en el caracol *Pomacea canaliculata* en los ríos Guayas, Daule y Babahoyo. Recolectaron cinco muestras de agua, cinco de sedimentos y cinco de organismo por localidad, muestreando así nueve estaciones en total, determinaron las concentraciones de Cd y los factores de bioconcentración, midieron algunos parámetros como el pH, la temperatura y la salinidad, dando como resultado que el Cd en las aguas no fue detectable, mientras que en los sedimentos, ocho de las nueve estaciones habían excedido los límites máximos permisibles según la norma ecuatoriana y la norma canadiense de la calidad ambiental, pero las concentraciones biodisponibles del metal en el sedimento llegaron a ser inferiores al nivel de efecto probable y al valor de referencia canadiense. Evidenciaron la correlación entre los parámetros físicos y químicos del Cd en el sedimento y la acumulación en los organismos, concluyeron que hay una gran contaminación presente de Cd en los tres ríos y propusieron el monitoreo anual utilizando la especie *E. crassipes* como biomonitora.

En un proyecto de investigación elaborado por González y Monteros (2018), evaluaron las características fisicoquímicas del río Daule que comprendió, desde el cantón Santa Lucía hasta el sector conocido como Puente Lucía, emplearon un muestreo y caracterización fisicoquímica en el que se consideró 35 puntos. Concluyeron que los valores del pH fueron cercanos y menores a 6 debido a la presencia de materia orgánica presente en los diferentes puntos de muestreo, lo cual es lo mínimo que establece la legislación ambiental vigente, mientras que los valores de la conductividad eléctrica indicaron que son bajos lo que quiere decir que la

mineralización de las aguas del río Daule se encuentra en un rango de débil y muy débil. En el caso del oxígeno disuelto se encontró por debajo de los 6mg O<sub>2</sub>/l, lo cual indica que existe una gran contaminación excesiva de aguas residuales y en algunos puntos se registraron valores inferiores a 1 mg O<sub>2</sub>/l, lo que afectaría gravemente a la fauna y flora del río, en lo que concierne a la salinidad, turbidez, sólidos totales, sólidos suspendidos y cuantificación de iones metálicos se puede decir que el agua del río es óptima para los procesos de potabilización pero que se debería eliminar la carga de contaminantes provocados por la materia orgánica que son consecuencias de las actividades de la población establecidas en las riberas del Daule.

En un estudio realizado por la Universidad de Cuenca (2019) se determinó la calidad de agua de los ríos Tarqui, Yanuncay, Machángara y Tomebamba, afluentes del río Paute. Usaron el método Water Quality Index (QWI), pero en vez de usar los nueve parámetros como lo indica el método, ellos utilizaron 18 parámetros fisicoquímicos y microbiológicos, en cada río se llevó a cabo nueve campañas de monitoreo, como conclusión de esta investigación, la calidad de agua de los ríos es conveniente para casi todo tipo de uso que se le pueda dar, pero a medida que avanza río abajo, la calidad va disminuyendo ya que se realizan ciertos tipos de descargas de aguas residuales mayormente industriales, otro factor que provoca esta contaminación son los factores naturales como los sedimentos provocados por la erosión, pero la condición más crítica se presenta durante la sequía ya que el oxígeno disuelto disminuye y la temperatura tiene un incremento así como la salinidad, la materia orgánica y las coliformes.

Andrade y Lugo (2016) realizaron monitoreos en Manta, Bahía de Caráquez, Pedernales y Puerto López, para establecer la calidad de agua de los sectores mencionados, se realizó en dos épocas del año: húmeda que corresponde al mes de

marzo y seca en los meses de agosto y septiembre, para recolectar las muestras usaron una botella van-dorn, siguiendo el procedimiento interno del Laboratorio de Oceanografía Química (LAB-DOQ) del INOCAR. Determinaron varios parámetros físicos químicos como el oxígeno disuelto, pH, coliformes totales, temperatura, salinidad y coliformes fecales. Los resultados obtenidos indicaron que la calidad de agua a nivel superficial en las dos épocas del año, estaban dentro de los rangos permitidos, menos el sector de Bahía de Caráquez en el que determinaron que las coliformes totales y fecales estaban sobre los límites máximos permisibles según él la legislación ambiental en vigencia.

En un estudio realizado por el gobierno de México (2019), cuyo propósito era analizar y observar los cambios en la calidad del agua superficial, en la cual estuvo constituida por 2.764 lugares, consideraron 8 indicadores los cuales son: Demanda Bioquímica de Oxígeno a cinco días, demanda química de oxígeno, sólidos suspendidos totales, coliformes fecales, *Escherichia coli*, enterococos, porcentaje de saturación de oxígeno y toxicidad. Dando como resultado una calificación de excelente para el DBO5 en 42.6% de los sitios analizados, 15.8% para DQO, 61.7% para SST, 28.0% para CF, 40.8% para *E. coli*, 85.4% para enteroc, 44.2% para OD%. Lo demás de los sitios obtuvieron una calificación que fluctuó de buena calidad a muy contaminada. En el caso de toxicidad 90.4% de los sitios no la presentaron. Asimismo, la calidad del agua en sitios superficiales además se concluyó por medio de un semáforo el cual comprende 3 colores: verde, amarillo y rojo, integrando los resultados de los 8 indicadores mencionados. En los otros sitios, la calificación varía entre una escala de buena, hasta muy contaminada. En el caso de toxicidad 90.4% de los sitios no la presentaron. La calidad del agua en sitios superficiales también se determinó a través de un semáforo el cual considera 3 colores, verde, amarillo y rojo, y se obtiene

integrando los resultados de los 8 indicadores antes mencionados. El 33.2% de los sitios se catalogaron con color verde; es decir que cumplieron con los límites aceptables de calidad del agua para los 8 parámetros analizados, el 31.0% de los sitios se catalogaron con color amarillo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: *E. coli*, CF, SST y OD%, el 35.8% de los sitios se catalogaron con color rojo presentando incumplimiento en uno o varios de los siguientes parámetros: DBO<sub>5</sub>, DQO, TOX y ENTEROC (Gobierno de Mexico, 2021).

En Perú un grupo de analistas, en las regiones de Cajamarca, Huancavelica y Huánuco, determinaron la calidad bacteriológica del agua para consumo humano, en el que incluyeron 706 viviendas, evaluando así la presencia de coliformes totales y *E. coli* mediante el kit ReadyCult®. Se recolectaron 100 mL de agua utilizada para la preparación de alimentos. La determinación de cloro residual se realizó mediante análisis semicuantitativo (Chlorine Test®). La concentración ideal de cloro residual se estableció en  $\geq 0,5$  mg / L. El análisis de datos se realizó utilizando muestras complejas con factor de ponderación. Se calcularon porcentajes y chi cuadrado. De todas las muestras evaluadas 78.6% tenía coliformes totales en Cajamarca, 65.5% en Huancavelica y 64.1% en Huánuco, 72.0% tenía *E. coli* en Cajamarca, 37.4% en Huancavelica y 17.5% Huánuco. En Cajamarca, el 8,6% de las muestras de agua fueron de buena calidad bacteriológica, mientras que en Huancavelica fue del 4,3% y en Huánuco el 7,2%. Llegaron a la conclusión que la mayoría de las muestras tenían mala calidad bacteriológica revelando las coliformes totales. Tres cuartas partes de los hogares en Cajamarca, un tercio en Huancavelica y casi un quinto en Huánuco tenían *E. coli* en el agua potable (Revista de Salud Publica, 2016).

Antúnez (2018) determinó las características fisicoquímicas del agua potable en la Provincia de Santiago en Chile, por lo cual realizó un muestreo compuesto,

recolectando las muestras de tres empresas de servicios sanitarios que son: Aguas Andinas, Aguas Cordillera y SMAPA, que representa el 96.19% de abastecimiento de agua potable de la población urbana, SMAPA presento mayores proporciones de calcio y bicarbonato que las otras dos instituciones, llamadas de aquí en adelante Grupo AC, presentaron concentraciones iónicas que se reflejó en la dureza, conductividad eléctrica, cantidad de sólidos disueltos y tuvieron mayor capacidad en la formación de residuos en tuberías. Realizo un análisis de elementos mayores que permitió observar que el Grupo AC poseía una concentración alta de sulfato que altera el sabor, color y olor. SMAPA se consideró como no fluorizada mientras que Aguas Andinas y Aguas Cordillera poseía una presencia mínima de flúor, en cuanto al sodio se evidencio en concentraciones moderadamente altas. Valentina Antúnez llego a la conclusión que el agua no tendría riesgos en la salud de las personas, demostrando así que el agua potable es más segura, ya que varias de las aguas embotelladas sobrepasan los límites establecidos en ciertos parámetros: As, NO<sub>3</sub>, B, pH, sin embargo, no posee componentes que afecten a su sabor, color u olor, llegando así a la aceptación de los pobladores de dicha ciudad

## **2.2. Bases teóricas**

### **2.2.1. Calidad del agua**

Es el estado de las aguas determinado a causa de las características físicas, radiológicas, químicas y biológicas, la calidad del agua va a depender principalmente de los factores naturales y los generados por la acción humana como es el caso de los procesos industriales. Para determinar si el agua es apta para consumo humano se establecen estándares de niveles de toxicidad científicamente aceptables ya definidos y es necesario realizar comparaciones físicas, químicas etc., para así poder

asegurar el suministro de agua saludable y de esta forma proteger la salud de las personas (Naciones Unidas, 2015).

### **2.2.2. Contaminación del agua**

El agua contaminada es la que sufre cambios en su composición, generalmente provocada por la intervención del hombre y también se da por la acumulación de sustancias tóxicas y derrame de fluidos en un sistema hídrico ya sea un río, mar, cuenca etc, afectando la calidad del agua. Son bastantes las actividades industriales que alteran los recursos hídricos tales como la agricultura, la pesca o la elaboración de alimentos, por lo tanto, se pone en peligro la flora y fauna acuática.

La mayor parte de la veces la contaminación hídrica es invisible ya que su composición consta de bacterias, microorganismos, virus y parásitos, así como fertilizantes y sus derivados, también fármacos, radioactivos, fosfatos, plásticos, material fecal, los cuales son difíciles de reconocer, ya que algunos de estos elementos no tiñen el agua, de ahí que es de suma importancia siempre realizar constantemente monitoreos o se suele recurrir a los análisis químicos, físicos, radiológicas y biológicas de pequeñas muestras ya sea de océanos, ríos, lagos, canales o embalses (Oeste, 2016).

### **2.2.3. Calidad de las aguas residuales industriales**

Aguas originadas en consecuencia por los procesos industriales de fabricación, producción, transformación, consumo, limpieza o mantenimiento de varias industrias, las aguas residuales que dependen de la industria en particular van a tener diversos contaminantes o características en específico.

Si el tratamiento que se les da a estas aguas residuales es insuficiente o de mala calidad, tendrá compuestos tóxicos que son difíciles de degradar y que provocará impactos ambientales en su entorno, o en la red pública de saneamiento, ya que la

misma incumplirá con los parámetros físicos, químicos y biológicos de la normativa vigente (Condorchem Envitech, 2017).

#### **2.2.4. PH**

Es una medida que va a indicar la acidez o la alcalinidad en el agua, con un rango que va de 0 a 14, siendo 7 neutral. Si es inferior a 7 tendrá más iones de hidrogeno libre y será denominada como acida, mientras que el agua que tiene más iones de hidroxilo libres se denominara básica y será más básica entre más se acerque al número 14. El pH puede alterarse debido a la presencia de los productos químicos en el agua y se indica en unidades logarítmicas. Es decir, cada número representa un cambio de 10 veces en la acidez del agua, por lo tanto, si la muestra de agua da como resultado un pH de cuatro, será diez veces más ácida que la muestra con un pH de cinco (Servicio geologico de los Estados Unidos, 2002).

#### **2.2.5. Temperatura**

Es el parámetro físico mediante el cual se puede medir las sensaciones de frio y calor, además, se puede definir como una medida de la energía térmica de una muestra estudiada, de manera que se puede medir la energía cinética de los átomos y las moléculas de una sustancia. La energía cinética se transfiere entre sustancia generando un flujo de calor, por lo cual la temperatura en el agua va a variar.

Afecta la mayoría de los procesos biológicos que se dan en los ecosistemas acuáticos. Afecta la solubilidad de los gases disueltos en el agua. Las variaciones de temperatura del agua se dan debido a las variaciones de la temperatura ambiente que son originadas en el ciclo natural de las estaciones. El impacto antropogénico más importante es el uso del agua como elemento refrigerante, especialmente en las centrales térmicas y por si sola influye en la actividad biológica de los organismos acuáticos y en las tasas metabólicas ya que los animales y las plantas acuáticas son

sensibles a los cambios generados por la temperatura en las aguas, es por esto que es importante que se mantenga un equilibrio determinado para que las especies marinas puedan sobrevivir y llegar a reproducirse (Fernández Cirelli, 2012).

#### **2.2.6. Demanda bioquímica de oxígeno (DBO<sub>5</sub>)**

La mineralización de la materia orgánica es una de las principales reacciones que ocurren en los cuerpos hídricos naturales e integra una de las demandas de oxígeno, influido por los microorganismos que habitan en un cuerpo hídrico, que se debe cuantificar. Es un parámetro que indicara la cantidad de oxígeno usado por los microorganismos en la estabilización de la materia orgánica que contiene una muestra líquida, disuelta o en suspensión, en condiciones aeróbicas, en un periodo de cinco días a 20 °C y se expresa en miligramos por litro (mg/l).

Para realizar el análisis biológico debe requerirse de un cuidado especial en la realización siguiendo los respectivos protocolos de la toma, transporte, almacenamiento y análisis de las muestras de agua, así como conocimiento de las características esenciales deben ejecutarse en cada paso del análisis de las muestras, ya que de esta forma los valores de los resultados serán confiables (Navarro, 2007).

#### **2.2.7. Demanda química de oxígeno (DQO)**

Es un parámetro que sirve para conocer la capacidad que tiene el oxígeno para agotarse en una muestra de agua ya contaminada con material desecho o sustancias susceptibles de ser oxidadas, estos contaminantes llegan a estar disueltos y en suspensión en la muestra líquida.

La demanda química de oxígeno es una parte fundamental en todos los programas de gestión de la calidad del agua y se usa a menudo para saber el valor en la demanda bioquímica de oxígeno (DBO) ya que están fuertemente correlacionadas, pero la DQO llega a ser una prueba mucho más rápida y precisa (Mantech, 2017).

### **2.2.8. Sólidos totales**

Son las sustancias o materia que quedan como residuos luego del secado y evaporación a 103-105 ° C. Los sólidos totales contienen las sustancias disueltas como la porción que pasa a través del filtro y no disueltas como la porción de sólidos retenidos por un filtro (Galvan, 2007).

### **2.2.9. Sólidos suspendidos totales**

Son materiales que se encuentran en suspensión y disueltos en el agua, aguas residuales o cualquier otro líquido y permanecen aún después de la evaporación o secado. Realizar el análisis de los sólidos es de gran relevancia para el control de procesos de tratamientos biológico, químico, y físico, de aguas residuales y para determinar el cumplimiento de los límites máximos permisibles por parte de industrias que deben regular su vertimiento.

Los sólidos suspendidos totales están constituidos por tres tipos de sólidos: sedimentables, en suspensión y coloidales. Los sólidos suspendidos son transportados por la acción de arrastre y soporte del movimiento del agua; los sólidos del tamaño de menos de 0.01 mm no se sedimentan rápidamente y son considerados como no sedimentables mientras que los que tienen más de 0.01 mm son sedimentables.

Los sólidos coloidales son el limo fino, bacterias, partículas causantes de color, virus, etc., ósea no se sedimentan de inmediato sino después de varios periodos provocando el color y turbidez de aguas sedimentadas sin coagulación, los sólidos disueltos son invisibles a la vista humana y causan diferentes problemas en un recurso hídrico como el olor, sabor, color y salud a los seres vivos a menos que sean precipitados y removidos mediante métodos físicos y químicos (Carpio, 2007).

### **2.2.10. Materia flotante**

Es cualquier sólido visible sin importar su composición o forma, que se mantenga flotando en algún cuerpo de agua, y puede ser de origen natural tal es el caso de la madera, ramas, semillas, hojas y partículas finas de tierra, de igual manera de origen antropogénico como, por ejemplo: plástico, basura sedimentada, desechos humanos y desechos industriales (Shumilova, 2019).

### **2.2.11. Coliformes fecales**

Son una familia de bacterias abundante y exclusivo de la materia fecal, que posee características de sobrevivencia y una capacidad para multiplicarse fuera del cuerpo humano que llega a unos niveles alarmantes en aguas que son destinadas para el consumo humano, por el cual se utiliza como indicador de contaminación fecal en aguas, mientras más porcentaje se encuentre de coliformes en el agua mayor será la posibilidad de una contaminación reciente (Ortega y Vidal, 2008).

Se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo, animales, incluyendo a los humanos. La detección de bacterias coliformes en el agua es un indicio de que puede estar contaminada con aguas negras u otro tipo de desechos en descomposición y se encuentran en mayor medida en la capa superficial del agua o sedimentadas en el fondo del curso hídrico (Ortega et al., 2008).

La contaminación fecal ha sido y es en la actualidad un problema sanitario en el agua, debido a la presencia de los microorganismos patógenos que provocan enfermedades en la salud humana por ello es que es importante el control sanitario en los cuerpos hídricos que están destinados para el consumo humano ya que es una medida sanitaria básica para establecer un nivel de salud equilibrado en la población.

### **2.2.12. *Escherichia coli***

La presencia de *E. coli* en el agua es un indicador de que hubo una reciente contaminación de aguas residuales o de residuos de animales y pueden entrar a los recursos hídricos potables de varias formas como por medio de las precipitaciones, el derretimiento de la nieve, la fauna silvestre, fosas sépticas defectuosas y otras formas son el desarrollo de actividades recreativas como los deportes acuáticos y prácticas de uso del suelo como el estiércol que es usado como fertilizante y ganado.

Las fuentes de contaminación fecal por parte de los humanos y animales figuran una gran afectación a la salud debido a su alta probabilidad de agentes patógenos en los residuos fecales. Numerosos estudios llevados a cabo han demostrado que las concentraciones de *E. coli* son un gran indicador de enfermedades gastrointestinales asociadas a las personas que realizan deportes acuáticos como la natación. Además de enfermedades como: infecciones de los ojos, irritaciones de la piel, oído, nariz, infecciones de garganta, y enfermedades de las vías respiratorias, son comunes en las personas que han estado en contacto con agua contaminada con heces fecales Channah y Berenise (2014).

### **2.2.13. Coliformes totales**

Son microorganismos de la familia Enterobacteriaceae, en el que están incluidos diferentes grupos de géneros como: *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter*, *Serratia*, *Klebsiella*. Estas bacterias llegan a vivir en los intestinos de los animales que tienen la sangre caliente y su presencia en el agua, será un indicador de la presencia de contaminación microbiana reciente, sin tener en cuenta la fuente y la mala calidad del agua (Ortega et al.,2008).

#### **2.2.14. Enfermedades por ingesta o uso de agua contaminada**

El agua es el elemento más importante para la vida de todos los seres vivos del planeta, sin embargo, en las últimas décadas, grandes fuentes de recursos hídricos han sido contaminados, según cifras de la Organización Mundial de la Salud (OMS), el 10% de la población en el mundo ingiere alimentos contaminados con aguas residuales que no son tratadas y esto provoca la muerte de aproximadamente 280000 personas por año, con enfermedades asociadas al agua contaminada y el 4 % del total de muertes en el mundo se relacionan con la calidad del agua, higiene y saneamiento.

En América Latina y el Caribe, las enfermedades diarreicas agudas (EDA), son una de las diez causas principales de muertes por año, debido al mal manejo del tratamiento de aguas residuales y por el incumplimiento de las normativas en la calidad del agua. Aunque la población acceda a agua potable para su consumo en cocina, baños, etc., las aguas residuales llegan hasta los cuerpos de aguas que son usados en cultivos y al ser ingeridos directamente por el ser humano o indirectamente por animales que posteriormente son consumidos por las personas generando riesgos para la salud. Estas son algunas de las enfermedades provocada por la ingesta del agua de pésima calidad: hepatitis A, enfermedad diarreica aguda (EDA), enfermedades transmitidas por alimentos (ETA) y fiebre tifoidea y paratifoidea (Miranda, 2016).

#### **2.2.15. Aguas residuales**

Son aguas que se han usado de diversas fuentes como desechos humanos, desperdicios de comida, productos químicos, el agua residual que proviene de los inodoros, lavabos y bañeras de los hogares, el agua de lluvia, escorrentía que contiene varios contaminantes, así mismo se considera aguas residuales las que provienen de

fuentes agrícolas o industriales que al momento de ser tratadas en una planta de tratamiento de aguas residuales, puede ser muy difícil eliminar los contaminantes presentes en estas aguas (Safe drinking water foundation, 2019).

### **2.2.16. Aguas superficiales**

Es el agua que se encuentra en la superficie terrestre, como lagos, ríos, arroyos y humedales. La gran mayoría se produce por las precipitaciones y la escorrentía de zonas cercanas, proporcionan hábitat a muchas especies de plantas debido a que se encuentra en la tierra, a medida que el clima calienta la nieve esta se derrite y corre hacia los ríos y arroyos cercanos contribuyendo así a una gran parte del agua potable (Instituto Americano de Geociencias , 2002).

## **2.3. Marco legal**

### **2.3.1. Constitución de la República del Ecuador 2008**

#### **Título I: Elementos constitutivos del estado**

#### **Capítulo primero: Principios fundamentales**

#### **Art. 3.-** Son deberes primordiales del Estado:

Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes (Pag 9).

#### **Título II: Derechos**

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

#### **Sección primera: agua y alimentación**

**Art. 12.-** El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida (Pag 13).

**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 (Pag 13).

#### **Sección sexta: Hábitat y vivienda**

**Art. 30.-** Las personas tienen derecho a un hábitat seguro y saludable, y a una vivienda adecuada y digna, con independencia de su situación social y económica (Pag 17).

#### **Capítulo séptimo: Derechos de la naturaleza**

**Art. 71.-** La naturaleza o *Pacha Mama*, donde se reproduce y realiza la vida, tiene derecho a que se respete integralmente su existencia y el mantenimiento y regeneración de sus ciclos vitales, estructura, funciones y procesos evolutivos.

Toda persona, comunidad, pueblo o nacionalidad podrá exigir a la autoridad el cumplimiento de los derechos de la naturaleza. Para aplicar e interpretar estos derechos se observarán los principios establecidos en la Constitución, en lo que proceda. El Estado incentivará a las personas naturales y jurídicas, y a los colectivos, para que protejan la naturaleza, y promoverá el respeto a todos los elementos que forman un ecosistema (Pag 33).

**Art. 72.-** La naturaleza tiene derecho a la restauración. Esta restauración será independiente de la obligación que tienen el Estado y las personas naturales o jurídicas de indemnizar a los individuos y colectivos que dependan de los sistemas naturales afectados.

En los casos de impacto ambiental grave o permanente, incluidos los ocasionados por la explotación de los recursos naturales no renovables, el estado establecerá los mecanismos más eficaces para alcanzar la restauración, y adoptará las medidas adecuadas para eliminar o mitigar las consecuencias ambientales nocivas (Pag 33).

## **Título V: Organización territorial del estado**

### **Capítulo cuarto: Régimen de competencias**

**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Delimitar, regular, autorizar y controlar el uso de las playas de mar, riberas y lechos de ríos, lagos y lagunas, sin perjuicio de las limitaciones que establezca la ley (Pag 86).

## **Título VI: Régimen de desarrollo**

### **Capítulo quinto: Sectores estratégicos, servicios y empresas públicas**

**Art. 318.-** El agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización del agua (Pag 99).

## **Título VII: Régimen del buen vivir**

### **Capítulo II: Biodiversidad y recursos naturales**

#### **Sección primera: Naturaleza y ambiente**

**Art. 397.-** En caso de daños ambientales el Estado actuará de manera inmediata y subsidiaria para garantizar la salud y la restauración de los ecosistemas. Además de la sanción correspondiente, el Estado repetirá contra el operador de la actividad que produjera el daño las obligaciones que conlleve la reparación integral, en las condiciones y con los procedimientos que la ley establezca. La responsabilidad también recaerá sobre las servidoras o servidores responsables de realizar el control ambiental. Para garantizar el derecho individual y colectivo a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, el Estado se compromete a:

Permitir a cualquier persona natural o jurídica, colectividad o grupo humano, ejercer las acciones legales y acudir a los órganos judiciales y administrativos, sin perjuicio de su interés directo, para obtener de ellos la tutela efectiva en materia ambiental, incluyendo la posibilidad de solicitar medidas cautelares que permitan cesar la amenaza o el daño ambiental materia de litigio. La carga de la prueba sobre la inexistencia de daño potencial o real recaerá sobre el gestor de la actividad o el demandado.

Establecer mecanismos efectivos de prevención y control de la contaminación ambiental, de recuperación de espacios naturales degradados y de manejo sustentable de los recursos naturales (Pag 120).

#### **Sección sexta: Agua**

**Art. 411.-** El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua (Pag 123).

#### **Sección séptima: Biosfera, ecología urbana y energías alternativas**

**Art. 413.-** El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua (Pag 124).

### **2.3.2. Código Orgánico del Ambiente 2017**

#### **TÍTULO I: Objeto, ámbito y fines**

##### **Art. 3.- Fines. Son fines de este Código:**

1. Regular los derechos, garantías y principios relacionados con el ambiente sano y la naturaleza, previstos en la Constitución y los instrumentos internacionales ratificados por el Estado.
2. Establecer los principios y lineamientos ambientales que orienten las políticas públicas del Estado. La política nacional ambiental deberá estar incorporada obligatoriamente en los instrumentos y procesos de planificación, decisión y ejecución, a cargo de los organismos y entidades del sector público (Pag 3).

#### **Título II: Institucionalidad y articulación de los niveles de gobierno en el Sistema Nacional Descentralizado de Gestión Ambiental**

##### **Capítulo II: De las facultades ambientales de los Gobiernos Autónomos Descentralizados**

**Art. 27.-** Facultades de los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales en materia ambiental. En el marco de sus competencias ambientales exclusivas y concurrentes corresponde a los Gobiernos Autónomos Descentralizados Metropolitanos y Municipales el ejercicio de las siguientes facultades, en concordancia con las políticas y normas emitidas por los Gobiernos Autónomos Provinciales y la Autoridad Ambiental Nacional: 8. Controlar el cumplimiento de los parámetros ambientales y la aplicación de normas técnicas de los componentes agua, suelo, aire y ruido (Pag 19).

#### **Libro Segundo del Patrimonio Natural**

##### **Título I**

##### **De la conservación de la biodiversidad**

**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 (Pag 21).

## **Libro Tercero de la Calidad Ambiental**

### **Título I**

#### **Disposiciones Generales**

**Art. 159.-** Carácter sistémico de las normas ambientales. Las normas ambientales serán sistémicas y deberán tomar en consideración las características de cada actividad y los impactos que ellas generan. El diseño, la elaboración y la aplicación de las normas ambientales deberán garantizar la calidad de los componentes físicos del ambiente, con el propósito de asegurar el buen vivir y los derechos de la naturaleza (Pag 48).

#### **Capítulo IV**

##### **Monitoreo Y Seguimiento**

**Art. 208.-** Obligatoriedad del monitoreo. El operador será el responsable del monitoreo de sus emisiones, descargas y vertidos, con la finalidad de que estas cumplan con el parámetro definido en la normativa ambiental. La Autoridad Ambiental Competente, efectuará el seguimiento respectivo y solicitará al operador el monitoreo de las descargas, emisiones y vertidos, o de la calidad de un recurso que pueda verse afectado por su actividad. Los costos del monitoreo serán asumidos por el operador. La normativa secundaria establecerá, según la actividad, el procedimiento y plazo para la entrega, revisión y aprobación de dicho monitoreo. La información generada, procesada y sistematizada de monitoreo será de carácter público y se deberá incorporar al Sistema Único de Información Ambiental y al sistema de información que administre la Autoridad Única del Agua en lo que corresponda (Pag 57).

**Art. 209.-** Muestreo. La Autoridad Ambiental Nacional expedirá las normas técnicas y procedimientos que regularán el muestreo y los métodos de análisis para la caracterización de las emisiones, descargas y vertidos. Los análisis se realizarán en laboratorios públicos, privados o de universidades e institutos de educación superior, acreditados ante el Servicio de Acreditación Ecuatoriano. En el caso de que en el país no existan laboratorios acreditados, se podrá solicitar la designación en el marco de la Ley del Sistema Ecuatoriano de la Calidad, y en última instancia, se podrá realizar con los que estén debidamente acreditados a nivel internacional (Pag 58).

### **2.3.3. Código Orgánico Integral Penal 2021**

#### **Sección tercera**

##### **Delitos contra los recursos naturales**

**Artículo 251.- Delitos contra el agua.** - La persona que, contraviniendo la normativa vigente, contamine, desee o altere los cuerpos de agua, vertientes, fuentes, caudales ecológicos, aguas naturales afloradas o subterráneas de las cuencas hidrográficas y en general los recursos hidrobiológicos o realice descargas en el mar provocando daños graves, será sancionada con una pena privativa de libertad de tres a cinco años.

Se impondrá el máximo de la pena si la infracción es perpetrada en un espacio del Sistema Nacional de Áreas Protegidas o si la infracción es perpetrada con ánimo de lucro o con métodos, instrumentos o medios que resulten en daños extensos y permanentes (Pag 97).

### **2.3.4. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Uso y Aprovechamiento del Agua 2014.**

#### **Título II: Recursos hídricos**

##### **Capítulo I: Definición, infraestructura y clasificación de los recursos hídricos**

**Art 12.** Protección, recuperación y conservación de fuentes, La Autoridad única del Agua, los Gobiernos Descentralizado, los usuarios, las comunas, pueblos, nacionalidades y los propietarios de predios donde se encuentren fuentes de agua, serán responsables de su manejo sustentable e integrado, así como la protección y conservación de dichas fuentes, de conformidad de las normas de la presente Ley y las normas técnicas que dicte la Autoridad Única del Agua (Pag 5).

**Art. 14.-** Cambio de uso del suelo. El Estado regulará las actividades que puedan afectar la cantidad y calidad del agua, el equilibrio de los ecosistemas en las áreas de protección hídrica que abastecen los sistemas de agua para consumo humano y riego; con base en estudios de impacto ambiental que aseguren la mínima afectación y la restauración de los mencionados ecosistemas (Pag 6).

##### **Capítulo II: Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos Sección primera: Sistema Nacional Estratégico y Autoridad Única del Agua**

**Art. 18.-** Competencias y atribuciones de la Autoridad Única del Agua. Las competencias son:

**I)** Establecer mecanismo de coordinación y complementariedad con los Gobiernos Autónomos Descentralizados en lo referente a la prestación de servicios públicos de riego y drenaje, agua potable, alcantarillado, saneamiento, depuración de aguas residuales y otros que establezca la ley (Pag 7).

##### **Sección Cuarta: Servicios Públicos**

**Art. 37.-** Servicios públicos básicos. Para efectos de esta Ley, se considerarán servicios públicos básicos, los de agua potable y saneamiento ambiental relacionados con el agua. La provisión de estos servicios presupone el otorgamiento de una autorización de uso. La provisión de agua potable comprende los procesos de captación y tratamiento de agua cruda, almacenaje y transporte, conducción, impulsión, distribución, consumo, recaudación de costos, operación y mantenimiento. La certificación de calidad del agua potable para consumo humano deberá ser emitida por la 35 autoridad nacional de salud. El saneamiento ambiental en relación con el agua comprende las siguientes actividades: Alcantarillado sanitario: recolección y *conducción, tratamiento y disposición final de aguas residuales y derivados* del proceso de depuración (Pag 13).

### **3. Materiales y métodos**

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

##### **3.1.1. Tipo de investigación**

###### ***3.1.1.1. Investigación documental***

Es una actividad que se desarrolla en cualquier ámbito donde pueda obtenerse registro de información, métodos y técnicas de búsqueda, procesamiento y almacenamiento de la información, análisis e interpretación de datos que son extraídos de fuentes de otros investigadores para su posterior presentación de forma sistemática, coherente y suficientemente argumentada. La presente investigación fue realizada con la finalidad de recolectar información documental para elaborar fichas bibliográficas y hemerográficas (Tancara, 1993).

###### ***3.1.1.2. Investigación de campo y laboratorio***

Es cuando la investigación se desarrolla en el estudio donde el fenómeno se da de manera natural, para buscar la situación lo más real posible. Se incluye experimentos de campo y la investigación se la emplea con una metodología cualitativa, para así poder comprender, observar e interactuar con las personas en su entorno natural. En el presente estudio se efectuará la toma de muestras en diferentes puntos del Rio Daule, y posterior se analizarán en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador para el procesamiento de información (Gonzalez, 2017).

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

Esta investigación fue de tipo no experimental, ya que se basó principalmente en la recolección directa de información para ayudar a sustentar la presente investigación, cuyo objetivo es describir la situación actual en la que se desarrolla el fenómeno, estableciendo las relaciones entre las variables existentes con el objetivo

de dar a conocer el comportamiento de los fenómenos o situaciones controladas presentes a estudiar.

El diseño para el establecimiento de los puntos de muestreo fue el muestreo exploratorio para ello se hizo una visita previa al lugar de estudio, cada punto de muestreo tendrá un área de 100 m, a excepción de los puntos de río arriba y río abajo. Las variables permanecieron constantes, lo cual quiere decir que no se controlaron las condiciones del estudio, solamente se evaluaron los parámetros físicos y químicos de las muestras en el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador.

## **3.2. Metodología**

### **3.2.1. Variable**

#### *3.2.1.1. Variable independiente*

- Puntos de muestreo

#### *3.2.1.2. Variable dependiente*

- Parámetros físicos, químicos y biológico: pH, DBO<sub>5</sub> (mg/L), DQO (mg/L), coliformes fecales (NMP/100 ml), coliformes totales (NMP/100 ml), temperatura (°C), sólidos suspendidos totales(mg/L), sólidos totales(mg/L), y materia flotante).
- Calidad del agua del río Daule.

### **3.2.2. Tratamientos**

La investigación se realizó en un tramo del río Daule, en donde están asentadas algunas industrias a lo largo del cuerpo hídrico, por el cual vierten sus aguas residuales y es por eso que se analizarán 4 de ellas para dar a conocer si cumplen con lo establecido en el TULSMA en el acuerdo ministerial 097-A, en la tabla de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces, para de esta forma realizar el respectivo monitoreo, por lo que se recolectó 4 muestras

de agua y 2 muestras correspondientes al inicio y al final del tramo del río Daule de la zona en estudio.

En el presente estudio, se aplicó el ICA Brown realizándose una ponderación que excluye los parámetros que no fueron considerados en este estudio, se realizaron los siguientes parámetros: pH, temperatura, DBO<sub>5</sub>, sólidos suspendidos totales y coliformes fecales y se les asignó una calificación determinando así la calidad del agua de los 3 días de monitoreo.

Se realizó un monitoreo de tipo exploratorio para la investigación efectuada, por lo cual se recolectó una muestra de agua en cada uno de los puntos marcados de la figura 1, se realizará un análisis físico, químico y biológico para conocer el estado del agua en cada una de las zonas seleccionadas, siguiendo como referencia para la metodología de cada parámetro el "Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater".

### **3.2.3. Diseño experimental**

La investigación se ejecutó mediante un diseño no experimental, con 18 muestras en su totalidad.

### **3.2.4. Recolección de datos**

#### **3.2.4.1. Recursos**

**Recursos humanos:** El autor del anteproyecto, Josué Ortiz Zambrano, y el docente tutor, Ing. Luis Morocho, representan los recursos humanos del estudio.

**Recursos de campo y laboratorio:** Se realizó la visita previa a la zona de estudio, para así identificar los vertederos de aguas residuales por parte de 4 industrias, luego se elaboró una hoja de ficha de campo para recolectar información de geografía y ambiental de los puntos de muestreo.

Después se procedió a la toma de muestras en una parte del río Daule, cada muestra fue debidamente almacenadas en botellas ámbar. Las muestras fueron transportadas hasta el laboratorio de la Universidad Agraria del Ecuador campus: Guayaquil, siguiendo los debidos protocolos, para su posterior análisis físico-químico de los siguientes parámetros:(pH, DQO, DBO<sub>5</sub>, coliformes totales, coliformes fecales, temperatura, solidos suspendidos totales, solidos totales y materia flotante).

Se utilizaron varias herramientas informáticas como el GPS, internet, como Google earth, word, excel, power point, microsoft project, ArcGIS. Para la recolección de muestras se usó una lancha alquilada y se usaron bolsas plásticas, goma elástica papel de aluminio, botellas ámbar de 1000 ml de vidrio.

Equipos de protección personal como mascarilla, guantes de látex, gafas protectoras, mandil. Para los análisis de las muestras se utilizó: tiras de reactivos (medidores por colorimetría), agua, bureta, probeta, tubos de reactivos, papel, placas de inoculación Petrifilm 3MTM, pinzas, pipeta, matraz de Erlenmeyer, botellas winkler, jeringa, vasos de precipitación. Equipos de laboratorio como: oxímetro, termómetro, congelador, pH-metro, mezcladora, balanza analítica de precisión, autoclave, equipos de filtración por membrana y estufa de incubación.

Finalmente se elaborará el informe con los resultados obtenidos de cada parámetro, de cada uno de los puntos de muestreo, para así identificar si cumplen con lo estipulado en el TULSMA en el acuerdo ministerial A-97 anexo1 y su correlación con el ICA Brown.

**Suministros de oficina:** Computadora, teléfono celular, impresora borradores, libreta de apuntes, tijeras, sacapuntas, lápices, bolígrafo, marcadores, rotulador permanente (para etiquetar las muestras).

### **3.2.4.2. Métodos y técnicas**

*3.4.2.2.1 Análisis de parámetros físicos y químicos de las muestras de agua mediante técnicas de laboratorio.*

#### *3.4.2.2.2 Metodología del muestreo y conservación*

Para realizar un muestreo de forma correcta, se deben tomar una serie de precauciones en cada uno de los pasos del muestreo como lo son: la recolección, almacenamiento, transporte y preparación de la muestra, requieren de una buena observación, para que los resultados finales sean lo más preciso posible.

Las muestras fueron recolectadas cerca de 4 vertederos de aguas residuales, pertenecientes a 2 industrias químicas, 1 industria alimenticia, 1 industria ambiental, para el diagnóstico de la calidad del agua se tomó 3 muestras río arriba y 3 muestras río abajo del tramo en estudio del río Daule para su posterior comparación, se aplicó la técnica dispuesta en la Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1105 (1984), que indica que para la toma de una muestra de agua representativa en un río, será tomada a una profundidad conveniente y que no es recomendable captar las muestras cerca de los márgenes.

Para el cumplimiento del objetivo específico 3, se realizó un cuadro en el que están las medidas que son propuestas con el afán de reducir al mínimo la contaminación por parte de los vertederos industriales, de acuerdo con los resultados obtenidos.

Las muestras deberán ser tomadas sujetando el frasco con la mano cerca de su base y deberá ser sumergido debajo de la superficie, con la boca hacia abajo, en ese momento se invertirá el frasco para que la boca quede ligeramente hacia arriba y en sentido opuesto a la corriente, en caso de no haber corriente, deberá ser creada artificialmente empujando el frasco en dirección opuesta a la mano, y es de mucha

importancia no alterar los márgenes y el lecho ya que de otra forma el agua se contaminara.

Los recipientes que se emplearon para el muestreo y su respectiva técnica de conservación de muestra y la metodología a usar según el tipo de parámetro, se considerara a “Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater”. Para la identificación de las muestras, se procedió a marcar cada uno de los recipientes de manera clara y permanente, se llenarán los frascos completamente y se taparán de tal forma que no exista aire sobre la muestra.

#### *3.4.2.2.3. Medición de pH*

- Calibrar el pH metro.
- Sumergirlo al agua.
- Esperar 1 minuto hasta asegurar la estabilización de la lectura.
- Anotar el resultado proyectado en el aparato.

#### *3.4.2.2.4. Medición de temperatura*

- Se usó un termómetro calibrado.
- Se colocó la goma elástica en la muñeca, para que el equipo no caiga accidentalmente al agua.
- Se reviso la columna de alcohol del termómetro para asegurar de que no existan burbujas de aire atrapadas en el líquido.
- Se metió el bulbo del termómetro dentro del agua, aproximadamente a 10 cm de profundidad.
- Se dejo el termómetro por 3 minutos en el agua.
- Se procede con la lectura en el termómetro.
- Se lee la temperatura sin sacar el bulbo fuera del agua.
- Leer la temperatura, mientras el bulbo se encuentra en el agua.

- Se dejó el termómetro un minuto más.
- Leer la temperatura otra vez.
- Anotar la temperatura.
- Se repitió la medición dos veces más con nuevas muestras del agua.
- Se calculó la media de las 3 mediciones.
- Todas las mediciones deben estar  $1,0^{\circ}\text{C}$  por arriba o por abajo de la media y si no sale de esa forma se deberá repetir la medición.

#### 3.4.2.2.5. Medición de DQO (demanda química de oxígeno) (viales hach)

- Homogeneizar 100 ml de la muestra de agua durante 30 segundos en una mezcladora.
- Se debe conectar el reactor de DQO y precalentarlo a  $150^{\circ}\text{C}$ , colocando el escudo de plástico frente al reactor.
- Extraer la tapa de un tubo de reactivo para digestión de DQO para el rango apropiado.
- Sostener el tubo en un ángulo de  $45^{\circ}$  grados. En la pipeta se procede a colocar 2 ml de muestra en el frasco.
- Se vuelve a colocar la tapa del tubo bien ajustada y enjuagar el exterior del tubo de DQO con agua destilada.
- Sostener el tubo por la tapa y colocarlo sobre una tina. Se deberá invertir varias veces para que de esta forma se puedan mezclar los contenidos.
- Colocar el tubo en el Reactor DQO precalentado.
- Preparar un blanco repitiendo los pasos 3 a 6, sustituyendo 2,00 ml (0,2 ml para el rango 0 a 15000 mg/l) de agua desionizada por la muestra.
- Calentar los tubos durante 2 horas.

- Desconectar el reactor. Esperar aproximadamente 20 minutos hasta que los tubos se enfríen a 120°C o menos.
- Invertir cada tubo varias veces mientras están aún calientes. Colocarlos en un estante. Esperar hasta que hayan alcanzado temperatura ambiente.
- Utilizar la siguiente técnica analítica para medir la DQO: Método colorimétrico, 150 mg/l DQO.

#### *3.4.2.2.6. Medición de sólidos suspendidos totales*

Se uso una balanza analítica de precisión y estufa, mediante el cual se conocerá el porcentaje de sólidos en suspensión presentes en las muestras de aguas.

- Agitar la muestra de agua de 100 ml para que de esta forma los sólidos suspendidos se levanten.
- Colocar el papel que contiene el sedimento en la estufa a 104°C, en un tiempo máximo de 4 horas para así obtener una desecación total.
- Se saca el papel con sedimento de la estufa y se lo ubica en una desecadora durante 20 minutos.
- Pesar en la balanza analítica de precisión.
- Anotar valor obtenido.

#### *3.4.2.2.7. Medición de coliformes fecales*

- Se procede a la preparación del medio de cultivo agar chromogenico.
- Filtrar 100 ml de la muestra.
- Colocar la membrana filtrante en cajas de Petri que ya contiene el agar chromogenico.
- Incubar en una estufa la placa de forma invertida a una temperatura de 36°C durante 24 horas.

- Transcurrido el tiempo, se examinan los filtros y se procede a realizar el recuento de las colonias identificando el número de la misma y los colores respectivos.

#### 3.4.2.2.8. *Medición de materia flotante*

Para la medición de este parámetro, se visitó la zona de estudio y se evidencio mediante fotografías la presencia de materia flotante.

#### 3.4.2.2.9. *Medición de DBO5 (demanda bioquímica de oxígeno)*

- Desinfectar los equipos a usar y seleccionar las diluciones 10/300, 20/300, 30/300 y los reactivos cloruro férrico, sulfato de magnesio, buffer fosfato y cloruro de calcio.
- Agregar las muestras de agua en cada uno de los frascos winkler en el caso de la dilución 10/300 se agregará 10 ml de la muestra, 20/300 agregar 20ml de la muestra y 30/300 agregar 30 ml de la muestra
- Envasar con el agua de incubación es decir el agua que contiene las soluciones mencionadas anteriormente.
- Saturar de oxígeno con la bomba de vacío entre 30 a 60 minutos en cada una de las muestras.
- Homogenizar las muestras.
- Llevar las muestras hasta la incubadora a 20 grados durante 5 días
- Medir el oxígeno disuelto final.
- Realizar los respectivos cálculos de las muestras de agua luego de 5 días.

### **3.2.5. Análisis estadístico**

El presente proyecto de investigación se lo llevo a cabo por medio de estadística descriptiva, por la cual se realizó una comparación de los parámetros físicos, químicos

y biológicos, en cada punto de muestreo, de esta forma se reconocerá si los vertederos de aguas industriales cumplen con lo estipulado en el acuerdo ministerial 097-A de la Norma de calidad ambiental.

Las muestras serán recolectadas en tres días distintos, con un resultado de 18 muestras en su totalidad con sus respectivas 3 réplicas de los puntos de muestreo.

### **3.2.5.1. Medidas de tendencia central**

Son medidas estadísticas que ayudan a resumir en un solo valor a un grupo de valores. Representan un centro en torno al cual se encuentra ubicado el conjunto de los datos (Ricardi, 2011).

#### **3.2.5.1.1. Promedio o media**

Es la medida de tendencia central más utilizada, es representada por la letra griega  $\mu$  cuando se trata del promedio del universo o población y por  $\bar{Y}$  cuando se trata del promedio de la muestra.  $\mu$  la mayor parte de veces será una cantidad fija en cambio el promedio de la muestra no es constante, ya que varias muestras extraídas de la misma población tienden a tener diferentes medias. La media se expone en la unidad que arrojan los datos originales, es decir: centímetros, horas y gramos (Ricardi, 2011). Su fórmula es la siguiente:

$$\mu = \frac{n_1 + n_2 + n_3 + \dots + n_i}{N}$$

#### **3.2.5.1.2. Mediana**

Resultado del valor de la variable de la posición central, cuando los datos están en orden de magnitud, lo cual quiere decir que el 50% tiene valores iguales o inferiores a la mediana y el otro 50% tiene valores iguales o superiores a la mediana (Ricardi, 2011).

### 3.2.5.1.3. Moda

La moda es cuyo valor repetido que se presenta en un conjunto de datos recolectados, ósea su frecuencia relativa es mayor y en una muestra puede haber más de una moda (Ricardi, 2011).

### 3.2.5.2. Medidas de dispersión

Parámetros estadísticos que ayudan a medir la dispersión existente con respecto a la media aritmética. Sirven como indicador de la variabilidad de los datos y ayuda a conocer en qué medida los datos difieren entre sí (Rusell).

#### 3.2.5.2.1. Desviación estándar

Es una medida de dispersión o variabilidad, que indican información sobre la dispersión media de una variable en un conjunto de datos y será siempre mayor o igual que cero. Su fórmula es la siguiente:

$$\sigma = \sqrt{\frac{\sum_i^N (x_i - \bar{x})^2}{N}}$$

## 4. Resultados

### 4.1. Identificación de los puntos de descargas de aguas residuales generados por cuatro industrias ubicadas entre los kilómetros 14-22 de la vía Daule.

Para la realización del respectivo diagnóstico de la calidad del agua del río Daule, fue imprescindible la identificación de los puntos de muestreo, por medio de un recorrido a través de una lancha alquilada, en el que se recolectó 18 muestras en su totalidad, durante 3 semanas del mes de octubre del 2021, siendo que cada semana se recogieron 6 muestras. Una vez que se establecieron los puntos para el análisis, se ubicaron en un mapa con la ayuda de la aplicación Google Earth (figura 1, ubicada en anexos).

Las muestras fueron recolectadas y preservadas según lo descrito en la norma NTE INEN 2169:2013 (INEN, 2013), para posteriormente ser transportadas al laboratorio de suelos y de la quinta ola de la Universidad agraria del Ecuador. Se establecieron las coordenadas que se presentan en la tabla 1 y la actividad que se dedica cada una de las industrias en estudio, en el que se incluyen río arriba y río abajo de la zona de monitoreo.

**Tabla 1. Coordenadas del lugar del muestreo**

Puntos de muestreo	de Coordenadas UTM		Referencia	Descripción
	N	E		
M1	-2.021478	-79.949	Rio Daule	Rio arriba
M2	-2.058674	-79.9399		Industria química
M3	-2.060198	-79.9402		Industria alimenticia
M4	-2.064195	-79.9387		Industria química
M5	-2.066067	-79.9341		Industria ambiental
M6	-2.064796	-79.928		Rio abajo

Puntos de muestreo con sus respectivas coordenadas y las actividades que se dedica cada industria.

Ortiz, 2021

**4.2. Determinación del impacto en la calidad del agua que tienen las descargas industriales mediante el análisis de parámetros físico, químicos y biológicos (pH, DQO, DBO, coliformes fecales, coliformes totales, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos totales y materia flotante).**

**Tabla 2. Resultados obtenidos en el primer día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos.**

Parámetros	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Temperatura(°C)	30	30	29	30	30	30
PH	7,67	7,36	7,46	7,59	7,66	7,32
DQO (mg/l)	50	por debajo del rango	376	344	142	206
DBO5 (mg/l)	1,74	1,05	1,06	1,31	1,17	1,05
Sólidos suspendidos totales(mg/l)	30,666	33,333	28,666	46	0,666	20,66
Sólidos totales(mg/l)	30,666	17,333	37,333	2,666	0,666	4,333
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	12000	2200	3200	2500	200	1800
Coliformes totales (NMP/100 ml)	3000	4800	5200	4900	3700	2800
Materia flotante	Ausencia	Ausencia	ausencia	presencia	ausencia	ausencia

Resultados del primer día de los parámetros medidos.  
Ortiz, 2021

**Tabla 3. Resultados obtenidos en el segundo día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos.**

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Temperatura(°C)	30	27	28	28	29	29
PH	7,38	7,34	7,37	7,4	7,35	7,27
DQO (mg/l)	54	39	29	57	70	68
DBO5 (mg/l)	3,26	1,52	0,36	0,12	0,95	0,53
Sólidos suspendidos totales(mg/l)	414	485	392	285	175	328
Sólidos totales(mg/l)	680	175	70	475	526	260
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1700	1000	1300	2800	3500	5200
Coliformes totales (NMP/100 ml)	2700	8500	6900	5600	2900	3400
Materia flotante	ausencia	ausencia	presencia	presencia	ausencia	ausencia

Resultados del segundo día de los parámetros medidos.  
Ortiz, 2021

**Tabla 4. Resultados obtenidos en el tercer día de muestreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos.**

Parámetro	P1	P2	P3	P4	P5	P6
Temperatura(°C)	27	28	28	28	28	29
PH	7,29	7,28	7,24	6,53	7,09	7,07
DQO (mg/l)	por debajo del rango	285	por debajo del rango			
DBO5 (mg/l)	0.86	0.67	0.88	0.36	0.58	0.63
Solidos suspendidos totales(mg/l)	100	130	125	470	120	40
Solidos totales(mg/l)	340	490	325	470	310	355
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1100	3500	1400	1800	800	500
Coliformes totales (NMP/100 ml)	2200	3100	6500	3200	2600	2500
Materia flotante	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia	ausencia

Resultados del tercer día de los parámetros medidos.  
Ortiz, 2021

**Tabla 5. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del primer día de muestreo.**

Parámetros	Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión
	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar
Temperatura(°C)	29,83	30	30	0,45
PH	7,51	7,525	0	0,55
DQO (mg/l)	186,33	174,00	0	152,64
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	1,23	1,115	1,05	0,41
Solidos suspendidos totales(mg/l)	26,665	29,666	0	15,03
Solidos totales(mg/l)	15,4995	10,833	0	15,51
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1566,66	1700	0	1272,27
Coliformes totales (NMP/100 ml)	4066.67	4250.00	0	1038.59

Estadística aplicada a los resultados de los parámetros en el primer día de monitoreo.  
Ortiz, 2021

El parámetro de temperatura tiene una media de 29.83°C, una mediana y moda de 30°C, mientras que la desviación estándar resulto ser de 0.45 °C. En el parámetro del pH la media resulto ser de 7.51, mediana de 7.525, no existe una moda y una desviación estándar de 0.55.

En el parámetro de la DQO la media fue de 186,33 mg/l, mediana de 174,00 mg/l, no se encontró una moda y una desviación estándar de 152,64 mg/l. Mientras que la

DBO<sub>5</sub> se obtuvo una media de 1.23 mg/l, mediana de 206 mg/l, no existe moda, al respecto de la desviación estándar resultó ser de 0.41 mg/l.

Es así como en el parámetro de los sólidos suspendidos totales, se obtuvo una media de 26.665 mg/l, mediana de 29.666, no existe moda, al respecto de la desviación estándar se obtuvo un valor de 15.03 mg/l. En este mismo contexto en los sólidos totales se determinó, una media de 15.4995, una mediana de 10.833, mientras que la moda no existe y en cuanto a la desviación estándar fue de 15.51, al respecto del parámetro de las coliformes fecales, se obtuvo como resultado una media de 1566.66 NMP, una mediana de 1700 NMP, moda de 0 NMP, desviación estándar de 1272.27.

Mientras que los coliformes totales como media se obtuvo un valor de 1850.00, moda no existe, mediana de 2000.00 y una desviación estándar de 1050.24.

**Tabla 6. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del segundo día de muestreo.**

Parámetros	Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión
	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar
Temperatura(°C)	28,5	28,5	28	1,05
PH	7,3	7,3	0	0
DQO (mg/l)	52,833	55,5	0	16,14
DBO5 (mg/l)	1,123	0,74	0	1,17
Solidos suspendidos totales(mg/l)	346,5	360	0	108,95
Solidos totales(mg/l)	364,333	367,5	0	232,98
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	2583,333	2250	0	1591,75
Coliformes totales (NMP/100 ml)	5000,00	45000,00	0	2386,63

Estadística aplicada a los resultados de los parámetros en el primer día de monitoreo. Ortiz, 2021

En el segundo día de monitoreo, en el parámetro de la temperatura, se obtuvo una media y mediana de 28.5°C, moda de 28°C, mientras que la desviación estándar fue de 1.05. En el parámetro del pH se obtuvo un valor de 7.3 en la media y mediana, mientras que la moda no existió, en el caso de la desviación estándar resultó ser 0.

En la DQO se obtuvo una media de 52.833 mg/l, mediana de 55.5 mg/l, moda no encontrada, en cuanto a la desviación estándar fue de 16.14 mg/l. En el parámetro de la DBO<sub>5</sub> se determinó una media de 1.123 mg/l, mientras que la mediana fue de 0.74 mg/l, desviación estándar de 0 mg/l, en cuanto a la desviación estándar fue de 1.17 mg/l.

En el parámetro de los sólidos suspendidos totales, se obtuvo una media de 346.5 mg/l, mediana de 360 mg/l moda no encontrada, al respecto de la desviación estándar fue de 108.98 mg/l. Mientras que en los sólidos totales se obtuvo una media de 364.333 mg/l, mediana de 367.5 mg/l, no existe moda, en cuanto a la desviación estándar fue de 232.98. En el parámetro de las coliformes fecales la media resulto ser de 2583.333 NMP, en cuanto a la mediana fue de 2250 NMP, moda no existe y una desviación estándar de 1591.75 NMP.

Los coliformes totales en cuanto a la media fue de 5000.00, mediana de 4500.00, la moda no existió, y la desviación estándar fue de 2386.63.

**Tabla 7. Estadística descriptiva de los resultados de los parámetros químicos, físicos y biológicos del tercer día de muestreo.**

Parámetros	Medidas de tendencia central			Medidas de dispersión
	Media	Mediana	Moda	Desviación estándar
Temperatura(°C)	28	28	28	0,41
PH	7	7	0	0
DQO (mg/l)	47,50	0,00	0	116,35
DBO5 (mg/l)				
Solidos suspendidos totales(mg/l)	164,166	122,5	0	153,44
Solidos totales(mg/l)	381,666	347,5	0	77,89
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	1516,666	1250	0	1072,23
Coliformes totales (NMP/100 ml)	3350	2850	0	1588,4

Estadística aplicada a los resultados de los parámetros en el primer día de monitoreo. Ortiz, 2021

En el tercer día de monitoreo se encontró un valor de 28°C en la media, mediana y moda, mientras que la desviación estándar fue de 0.41°C, en el parámetro del pH el

valor de la media y mediana fue de 7, en este mismo contexto la desviación estándar fue de 0°C mientras que la moda no existió.

Así mismo en el parámetro del DQO se obtuvo un valor de 47,50 mg/l en la media, mientras que la mediana fue de 0 mg/l al igual que la moda en cuanto a la desviación estándar fue de 116,35 mg/l.

En los sólidos suspendidos totales se halló una moda de 164.166 mg/l, mediana de 122.5 mg/l, moda no se halló, desviación estándar de 153.44 mg/l, en cuanto a los sólidos totales la media fue de 381.666 mg/l, mediana de 347.5 mg/l y no existió una moda, mientras que la desviación estándar fue de 77.89 mg/l. En las coliformes fecales fue de 1516.666 NMP en cuanto a la media, mediana se halló un valor de 1250 NMP, no existió una moda y con una desviación estándar de 1072,23 NMP.

En cuanto al parámetro de los coliformes totales su media fue de 3350.00, mediana de 2850.00, moda no encontrada y conto con una desviación estándar de 1588.4.

#### **4.2.1. Análisis de la variación de la temperatura**

La medición de temperatura se realizó de forma in-situ, en la figura 1 se muestra que el valor máximo fue en el día 1 y día 2 con un valor de 30°C, mientras que el valor mínimo fue en el día 3 y 2 con un valor de 27°, cabe recalcar que dicho parámetro no ha sido considerado en los criterios de calidad del AM 097-A, en la tabla de criterios de calidad admisibles para la preservación de la flora y fauna en aguas dulces, es importante medir este parámetro ya que de esto depende la preservación de la vida acuática por la cantidad de oxígeno que puede transportar y entre menor sea la temperatura más oxígeno se transportara, por lo tanto los animales acuáticos estarán más capacitados para sobrevivir.

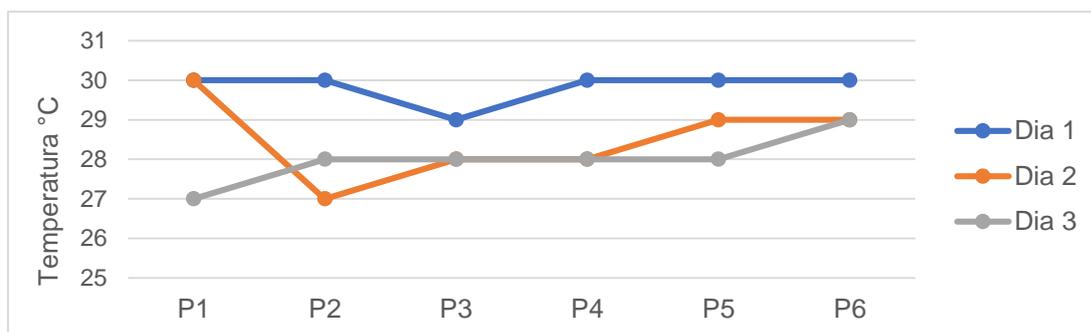


Figura 1. Variación de la temperatura  
Ortiz, 2021

#### 4.2.2. Análisis de la variación del pH

El pH representa los niveles de acidez o alcalinidad del agua, los animales y plantas acuáticas necesitan vivir en un intervalo de pH que fluctuó entre 6.5 y 9, así pues, los valores se mantuvieron en un rango de 6.53 como valor mínimo del día 3 de monitoreo y 7.67 como valor máximo del día 1. Por lo cual el pH determinado en los 3 días de muestreo se encuentra en un rango neutro y cumple con lo establecido en la normativa.

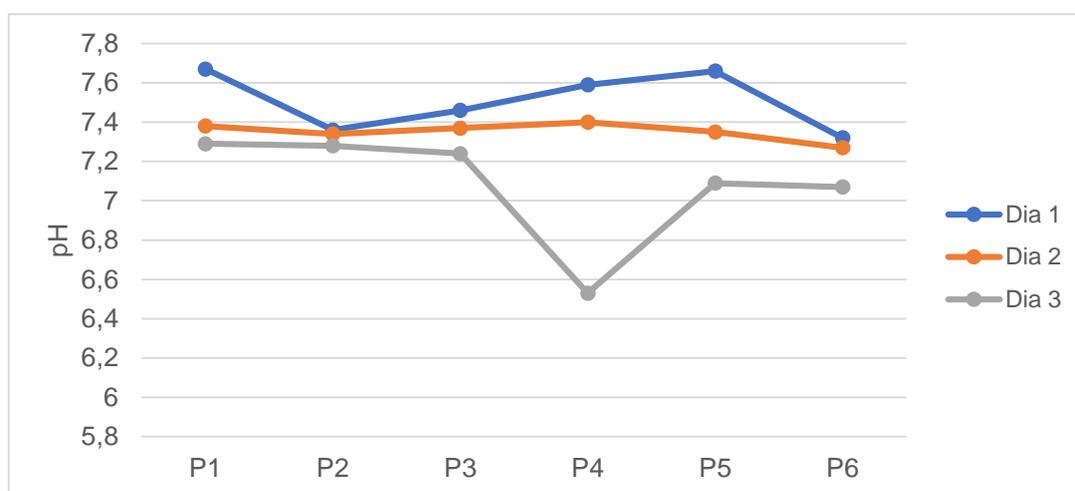


Figura 2. Variación del pH  
Ortiz, 2021

#### 4.2.3. Análisis de la variación de la DQO

En cuanto al parámetro del DQO en el primer día de análisis los valores fluctuaron entre 50 mg/l y 376 mg/l, además en el punto de muestreo 2 dio como resultado que se encontraba por debajo del rango lo que quiere decir que fue menor a 20 mg/l del vial hach que se usó y según lo establecido en el AM 097-A, en este día, todos los

puntos de muestreo no cumplieron con lo establecido en el mismo ya que en la normativa esta descrito que el valor máximo permisible es de 40 mg/l.

En este mismo contexto en el segundo día de análisis los valores oscilaron entre 29 mg/l y 70 mg/l, es así como solo los puntos de muestreo 2 y 3 con los valores 39mg/l y 29 mg/l respectivamente cumplen con lo establecido.

En el día 3 la DQO en los puntos de muestreo 1,2,3,4 y 6 dio como resultado que se encontraba por debajo del rango del vial hach que se usó, mientras que en el punto 5 se determinó un valor de 285 mg/l lo que sobrepasaría el límite máximo establecido en el acuerdo ministerial 097-A, estos resultados indicarían que en algunos puntos que se muestrearon tendría una afectación a la vida acuática y esto se debe por las descargas de aguas residuales de las industrias que no son debidamente tratadas y las actividades humanas como la agricultura, pesca y asentamientos humanos a lo largo del rio Daule.

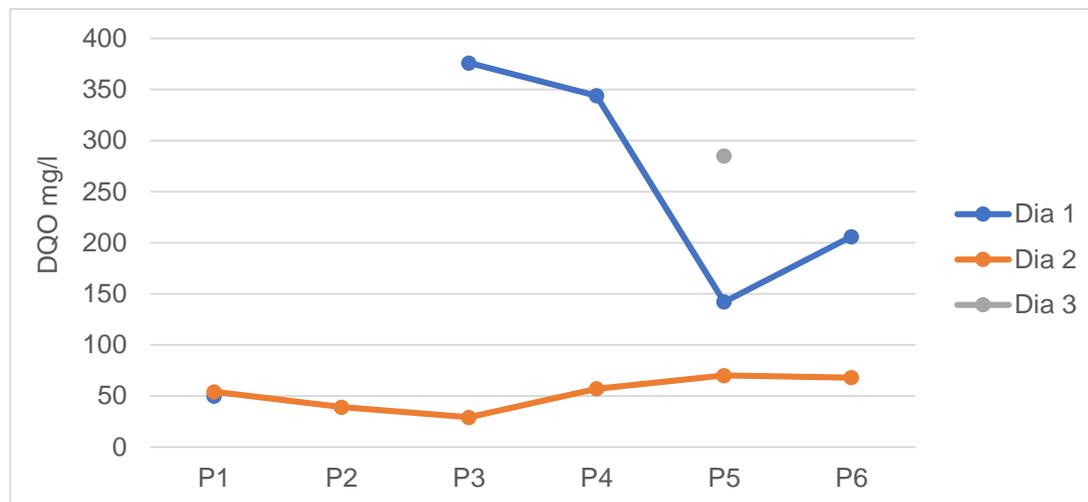


Figura 3. Variación de la DQO  
Ortiz, 2021

#### 4.2.4. Análisis de la variación de la DBO<sub>5</sub>

El parámetro de la DBO<sub>5</sub> en el día 1 de muestreo y análisis, arroja valores que varían entre 1.05 mg/l y 1.74 mg/l, mientras que en el día 2 los valores se mostraron en un rango de 0.12 mg/l y 3.26 mg/l, por lo cual está dentro de lo establecido en el

acuerdo ministerial 097-A por lo que las aguas del tramo del río Daule en estudio estarían aptas para el desarrollo y mantenimiento de la vida acuática.

Figura 5. Variación de la DBO<sub>5</sub>

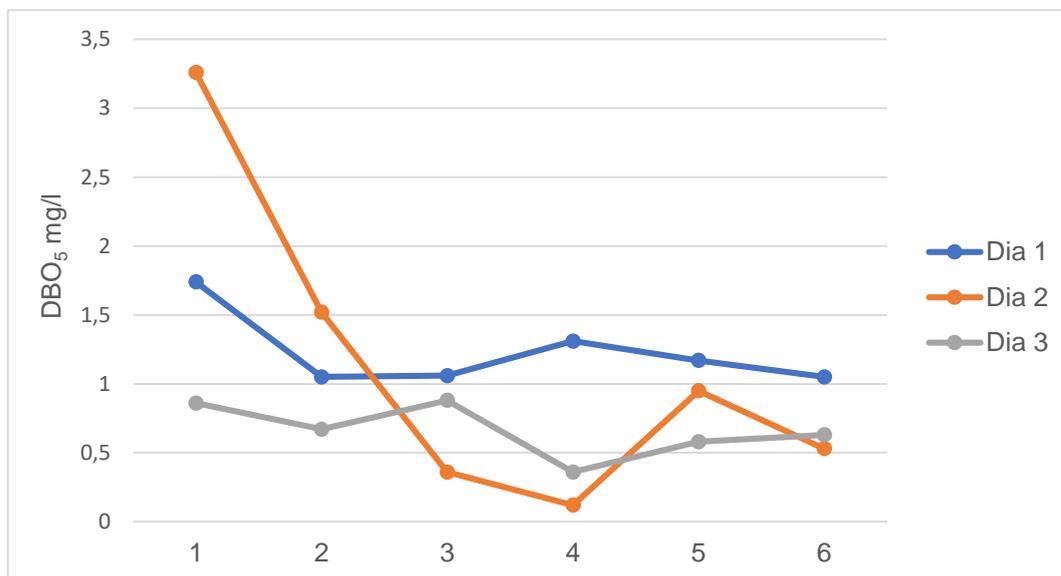


Figura 4. Variación de la DQO  
Ortiz, 2021

#### 4.2.5. Análisis de la variación de los sólidos totales

En la figura 5 se muestra que hubo una mayor concentración de sólidos totales en el día dos, específicamente en el punto 1 correspondiente a río arriba, mientras que el valor mínimo se lo halló en el punto de muestreo 5 del día 1. Este parámetro no está considerado dentro del del AM 097-A.

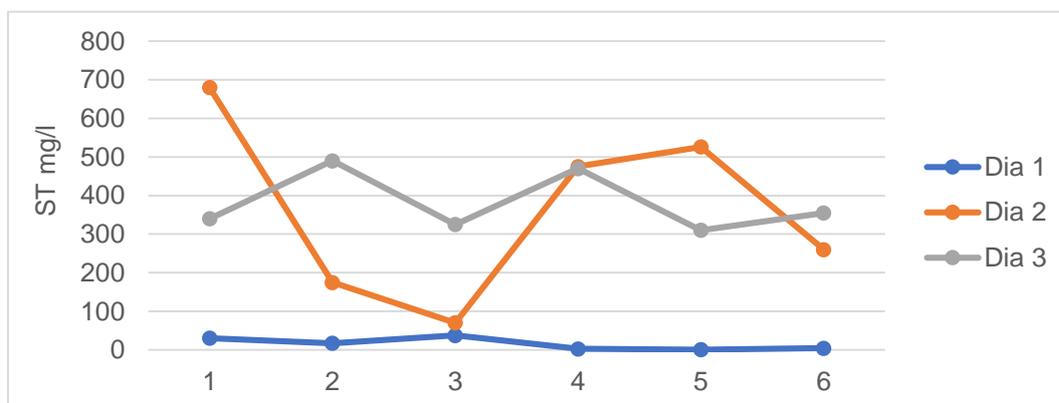


Figura 5. Variación de los sólidos totales  
Ortiz, 2021

#### 4.2.6. Análisis de la variación de los sólidos suspendidos totales

Por otro lado, en el parámetro de los sólidos suspendidos totales en el primer día de muestreo, sacando el 10% del valor del río arriba y comparándolo con los otros puntos de muestreo como indica la norma, solo el punto 5 correspondiente a una industria ambiental cumple con lo establecido en el AM 097-A, mientras tanto en el segundo día de monitoreo y análisis se llegó a la conclusión que todos los puntos de muestreo sobrepasan los límites máximos permisibles. Así mismo en el tercer día todos los puntos analizados exceden lo establecido, por lo tanto, esto indicaría que existe una cantidad excesiva de partículas en suspensión por el cual disminuiría la eficacia de agentes desinfectantes afectando la turbidez en el agua.

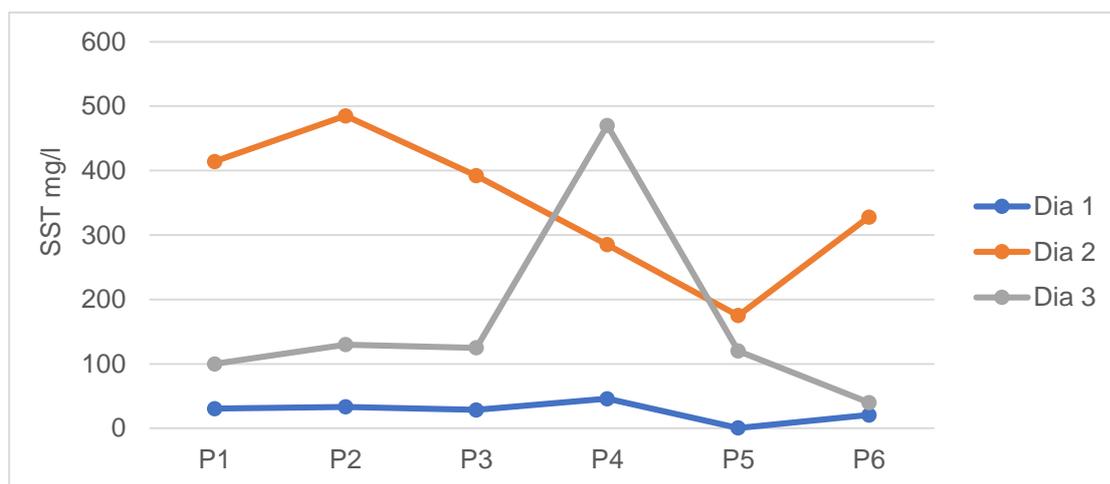


Figura 6. Variación de los sólidos suspendidos totales  
Ortiz, 2021

#### 4.2.7. Análisis de la variación de las coliformes fecales

Como se puede observar en la gráfica el valor máximo se lo encontró en el día 2 del punto de muestreo 2 correspondiente a una industria química, mientras que el valor mínimo fue en el día 3 del punto 1, cabe señalar que dicho parámetro no ha sido considerado en los criterios de calidad del AM 097-A.

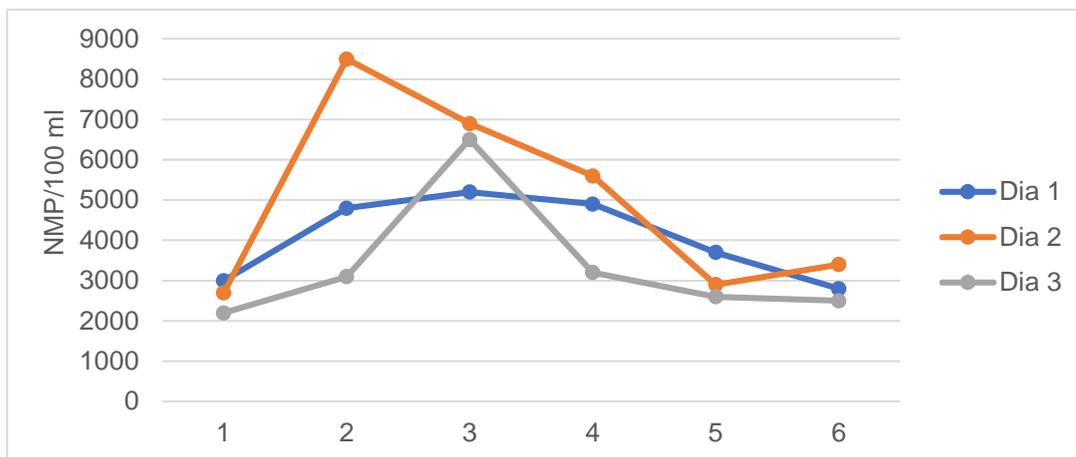


Figura 7. Variación de los coliformes fecales  
Ortiz, 2021

#### 4.2.8. Análisis de la variación de los coliformes totales

Como se visualiza en la gráfica el valor máximo fue del día 2 del punto de muestreo 6, mientras que el valor mínimo se lo encontró en el día 1 del punto de muestreo 5.

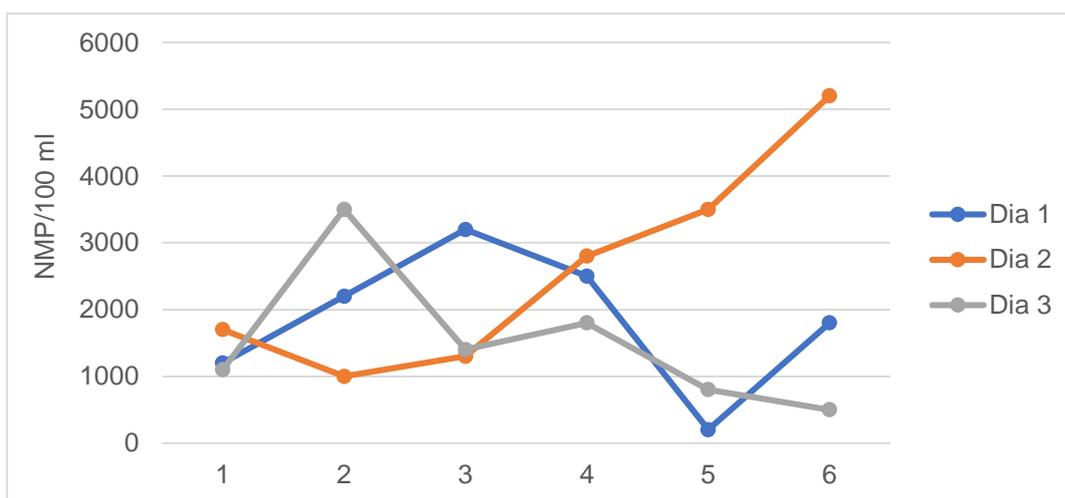


Figura 8. Variación de los coliformes totales  
Ortiz, 2021

#### 4.2.9. Índice de la Calidad del Agua Brown

Los índices de calidad del agua ayudan a la determinación de la calidad del agua asignando un valor a ciertos parámetros, tienen la ventaja que son fáciles de usar, proporcionando una idea rápida e intuitiva, en el caso del presente estudio, se realizó una ponderación que excluye los parámetros que no fueron considerados en este estudio (Torres et al., 2009).

#### **4.2.9.1 Valoración entre los resultados medidos del pH y los valores generados del ICA**

En la figura 9 se puede observar que en el día uno del muestreo existe una mejor calidad del pH con un valor de 94, mientras que en el día 3 la calidad el valor llega hasta 82 según lo indica el ICA Brown. En el día 3 hubo un mayor descenso correspondiente al punto 4 perteneciente a una industria química y se puede deber a un excesivo uso de químicos para los procesos de dicha industria, en el día 1 la variación del pH es mínima y en el día 2 se registra el valor más bajo correspondiente al punto 4 de una industria química. Es decir las descargas de dichas industrias no afectan de manera significativa al pH en términos de calidad del agua según lo indica ICA BROWN.

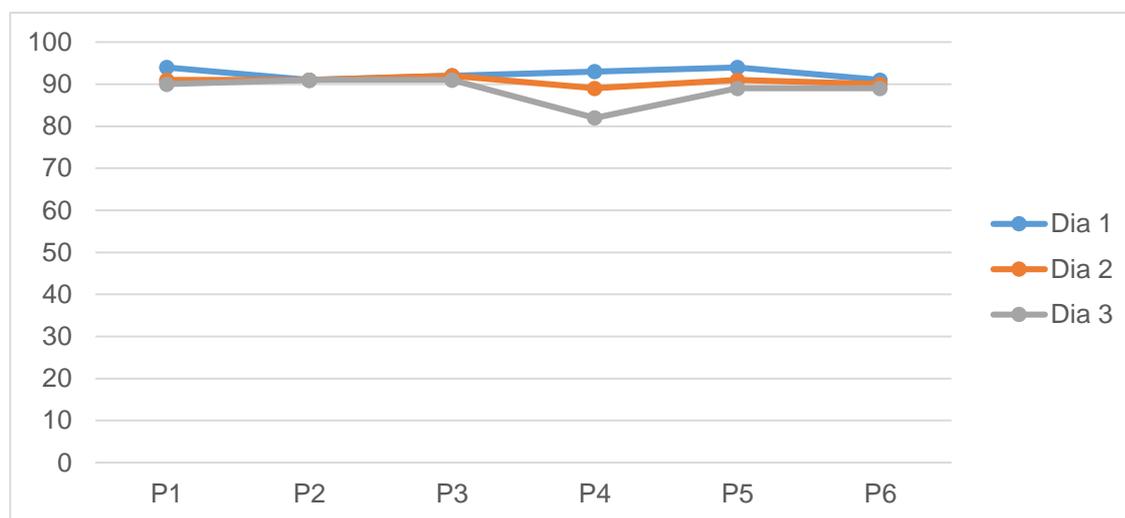


Figura 9. Correlación entre los valores medidos del pH y del ICA  
Ortiz, 2021

#### **4.2.9.2. Valoración entre los resultados medidos de la temperatura y los valores generados del ICA**

En la figura 10 se puede observar que la temperatura se mantiene constante con un valor entre 88 y 90, mientras que en el día 3 en los puntos de muestreo 1,2,3,4,5 el valor desciende hasta 88. El parámetro de la temperatura tuvo una mínima variación en los días de muestreo. Las descargas de las industrias no afectan de manera significativa a la temperatura en términos de calidad del agua según lo indica ICA BROWN.

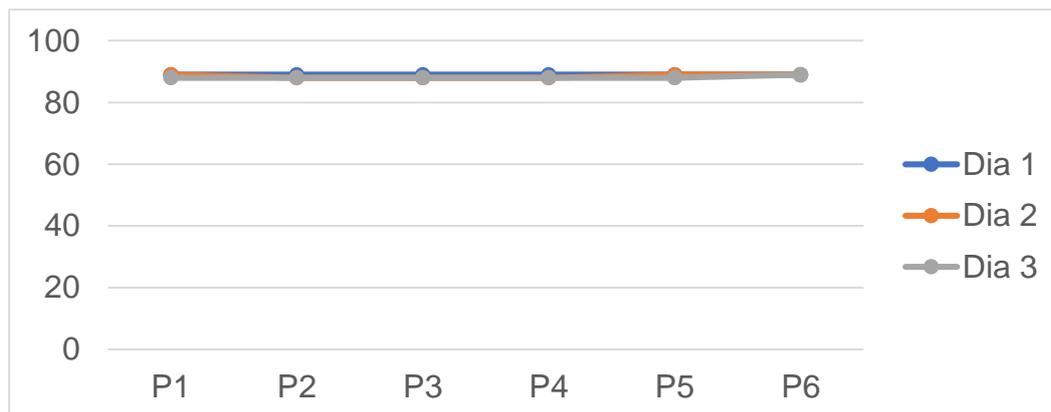


Figura 10. Correlación entre los valores medidos de la temperatura y del ICA Ortiz, 2021

#### 4.2.9.3. Valoración entre los resultados medidos de la DBO<sub>5</sub> y los valores generados del ICA

En la figura 11 se visualiza que en el día tres y dos del muestreo existe una mejor calidad de la DBO<sub>5</sub> con valores de 99 y 100 respectivamente en el punto 4 en donde se recolectaron las muestras mientras que en el día 2 el valor resultante es de 73. El valor más bajo se lo registro en el punto 1 correspondiente a río arriba del día 2 es decir hubo mayor contaminación, mientras que en los días 1 el valor más bajo se registro en la industria química y en el día 3 la variación de la DBO<sub>5</sub> fue similar en todos los puntos de muestreo. En este parámetro no hubo gran afectación de la calidad del agua según lo indicado por BROWN.

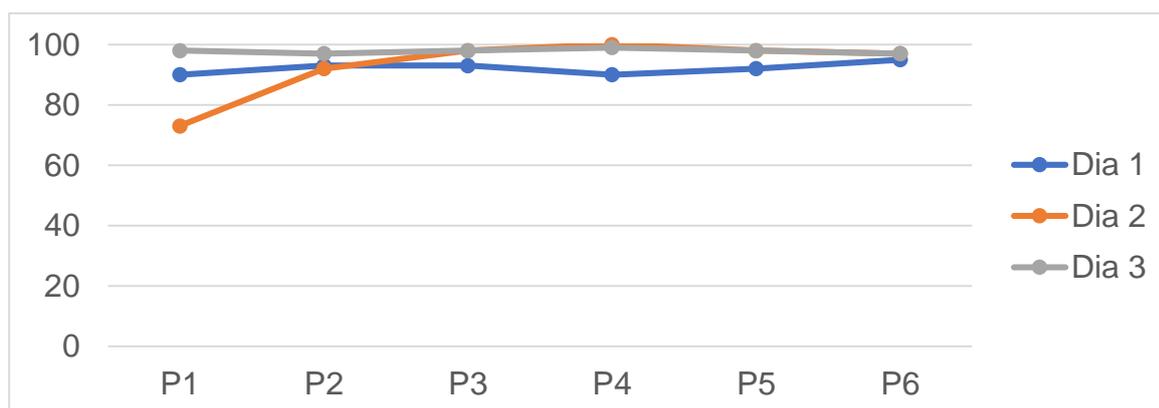


Figura 11. Correlación entre los valores medidos de la DBO<sub>5</sub> y del ICA Ortiz, 2021

#### **4.2.9.4. Valoración entre los resultados medidos de las coliformes fecales y los valores generados del ICA**

En la figura 12 se registra un valor de 44 mientras que el valor más bajo es de 9 que corresponde al punto 1 del día 1. En el día 1 se registró una mayor contaminación en el punto de muestreo 5 y una mejor calidad se registró en el punto 1, por otro lado, en el día 2 el valor más bajo fue del punto de muestreo 6 correspondiente a río arriba y en el día 3 la variación fue casi similar a excepción del punto 2 que se muestreo.

En cuanto a las coliformes fecales según lo indicado por los valores de BROWN existe una excesiva contaminación en cuanto a las coliformes fecales y esto se debe por los asentamientos humanos como las numerosas ciudadelas asentadas a la orilla del río y por la ganadería que arrojan sus aguas residuales sin un buen tratamiento.

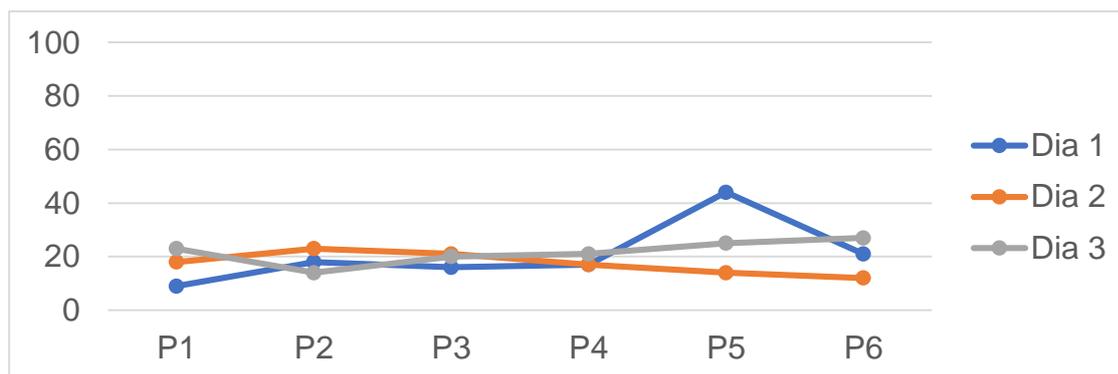


Figura 12. Correlación entre los valores medidos de la coliformes fecales y del ICA Ortiz, 2021

#### **4.2.9.5. Valoración entre los resultados medidos de los sólidos suspendidos totales y los valores generados del ICA**

En la figura 13 se visualiza que el valor más alto es de 86 correspondiente a los días 1 y 3 respectivamente, por otro lado, el valor más bajo es de 32 del día 2. Se evidencio que hubo una menor contaminación de los sst en el punto de muestreo 2 y 5 del día 3, por otro lado, se evidencia una mayor afectación en el punto 4 del día 3 y en los otros puntos no hubo mayor variación de los sst. En el día 1 la variación de los sst se mantuvo similar, salvo el punto 2 y 5 en los que los valores descendieron.

Según los resultados obtenidos en los días 2 y 3 del monitoreo se puede observar que hay una excesiva carga de sólidos suspendidos totales y que afecta a la calidad del agua según lo indica el ICA BROWN y esto se debe a las industrias que descargan sus aguas residuales con un tratamiento bastante pobre de igual forma el excesivo uso de químicos como en la industria 4 que se dedica a procesos químicos y por la basura que es arrojada por los habitantes de la zona en estudio.

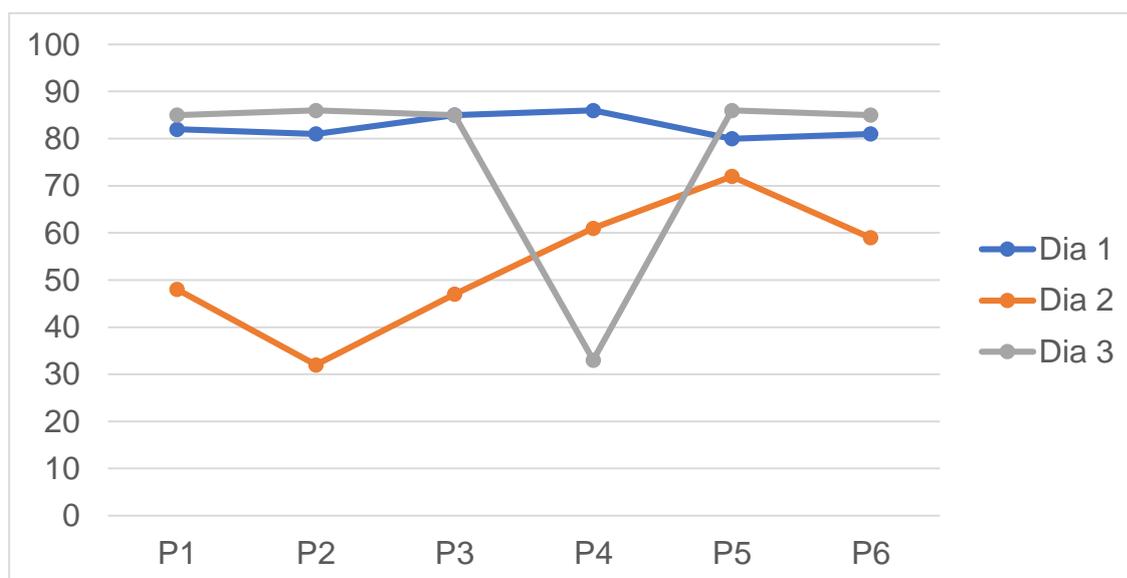


Figura 13. Correlación entre los valores medidos de los SST y del ICA  
Ortiz, 2021

**Tabla 8. Propuestas de prevención y control de acuerdo con los resultados obtenidos en los análisis de laboratorio.**

Medidas propuestas	Descripción	Responsable	Indicadores	Medios de verificación	Plazo	Observaciones
Realizar monitoreos periódicos a las descargas de efluentes industriales	Realizar como mínimo 2 monitores al año al río Daule en el que se abarque una mayor cantidad de parámetros físicos, químicos y biológicos	Industrias estudiadas en este proyecto de investigación	Numero de monitoreos	informe de monitoreos realizados	Anual	con los monitores de las descargas industriales se tendrá un mayor conocimiento sobre la afectación de la calidad del agua del río Daule Los programas ayudaran a los habitantes ya que tendrán más información sobre las actividades de las industrias y la calidad del agua de esta forma sabrán si estará apta o no para realizar sus actividades ya sean estas recreativas o para la agricultura
Desarrollar programas de información sobre la calidad del agua a los moradores que habitan cerca de las zonas industriales	Se recomienda a las industrias desarrollar programas de información sobre el impacto que tienen sus actividades a los habitantes que vivan cerca de la zona en la cual desarrollan sus actividades	Industrias estudiadas en este proyecto de investigación	Numero de programas de información	Plan de capacitaciones	Anual	

Implementar prácticas de manejo ambiental que mejoren el tratamiento de aguas residuales	Verificar que los propietarios de las industrias ya sean estas privadas o públicas el implemento y cumplimiento de prácticas ambientales severas	Industrias estudiadas en este proyecto de investigación	Numero de prácticas de manejo ambiental	Plan de manejo de efluentes industriales/registro fotográfico	Anual	Ayudará a prevenir la contaminación e incluso pueden reemplazar y disminuir los aceites y demás sustancias químicas que son usados en los procesos de sus actividades
Mejorar el financiamiento para la prevención y control de la contaminación del Rio Daule	Se recomienda al GAD cantonal del Daule aumentar su presupuesto e incluso se podría aplicar el principio “el contaminador paga” lo cual quiere decir que las industrias que más contaminen tengan que cancelar un valor más alto en la gestión de sus residuos ya sean sólidos, líquidos o gaseosos	GAD cantonal del Daule	Cantidad de financiamiento	Documentos que avalen la financiación	Permanente	Un mejor financiamiento se traduce a un mayor control y capacidad para controlar la contaminación del rio

Controlar la deforestación, las descargas de hidrocarburos y zonas agrícolas	Establecer un mayor control de estas actividades ya que son las que más contaminan y verificar que cumplan con el límite establecido en la normativa ambiental vigente.	GAD cantonal del Daule	Numero de zonas que contaminan	Registro fotográfico	Permanente	Estas actividades son las que más contaminan y pueden tener una afectación a la flora y fauna acuática, por tal razón si se controla de forma eficiente no habrá mayor afectación al rio Daule
--	---	------------------------	--------------------------------	----------------------	------------	--

---

Descripción del objetivo específico 3.  
Ortiz, 2021

## 5. Discusión

En base a los resultados obtenidos en los 3 días de monitoreo de los parámetros físicos, químicos y biológicos como el pH, materia flotante, DQO, DBO<sub>5</sub>, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, coliformes totales y coliformes fecales se determinó que algunos parámetros sobrepasan lo estipulado en el AM A97, como es el caso del DQO, coliformes fecales, coliformes totales y los sólidos, esto se da principalmente por la presencia de industrias que arrojan sus aguas residuales sin un adecuado tratamiento, así mismo la práctica de agricultura y pesca hacen que estos parámetros salgan valores elevados.

Esto concuerda con un proyecto de investigación que fue elaborado por estudiantes de la Espol, en el cual hicieron un análisis físico- químico del río Daule en que consideraron 35 puntos de monitoreo, concluyeron que el pH arrojó valores cercanos a 6 lo que se relaciona con este estudio ya que en un punto de muestreo del día 3 se determinó un valor cercano a 6 que correspondió a una industria química debido a la presencia de materia orgánica lo cual se relaciona con este estudio ya que concluyeron el mismo sustento (Gonzalez Sanchez y Monteros Jalca, 2018).

En el caso del oxígeno disuelto hallaron valores por debajo de la normativa debido al mal saneamiento de las aguas residuales y así fue como determinaron algunos parámetros más en el que llegaron a la conclusión que algunos cumplen con lo establecido en la legislación (Gonzalez Sanchez y Monteros Jalca, 2018).

(Benavides, 2010) evaluó el impacto que tienen las descargas del canal No. 15 correspondiente al LOTE 3 perteneciente a INTERAGUA, midió algunos parámetros como lo son el pH, temperatura, sólidos suspendidos totales, sólidos totales, sólidos volátiles, DBO<sub>5</sub>, oxígeno disuelto, DQO, coliformes fecales, coliformes totales y nitritos.

Llegó a la conclusión que la concentración de las coliformes totales y fecales es excesivamente elevada, se relaciona con este estudio ya que en la mayoría de puntos de muestreo las concentraciones de dichos parámetros sobrepasan los límites establecidos en la legislación, en cuanto al DBO<sub>5</sub> y DQO definió que tiene un efecto poco significativo debido a una buena auto simulación con respecto al canal 15. En cuanto a los demás parámetros que midió, cumplen con lo estipulado en la normativa.

HIDALGO(2010) en un proyecto de investigación, realizó un análisis sobre la calidad del agua del río Guayas, comprendido desde la confluencia de los ríos Daule y Babahoyo hasta el sector de las Esclusas y la afectación que tiene los principales usos del agua en el tramo establecidos. Los parámetros que analizó son: el pH, temperatura, salinidad, sólidos suspendidos totales, oxígeno disuelto, fosfatos, coliformes fecales, turbidez, cloruros, DBO<sub>5</sub> y conductividad.

Determino que, para el mes de abril del 2008, la calidad del agua es contaminada por los rangos, que fluctuaron entre 47.95 a 55.66 (ISCA) y que el agua aun así está apta para ser potabilizada y que este rango de valores se dio por la afectación que tienen las descargas de aguas residuales (HIDALGO, 2010).

Por otro lado, en los meses de julio y octubre del 2008 según los datos calculados, seguirán una tendencia similar en las estaciones cercanas a la planta potabilizadora de agua de La Toma cuyo valor fue de 72,54 a 76,08, lo que quiere decir que calidad del agua estaría en un rango leve. En los meses de abril y octubre del 2008 los valores estuvieron en un rango de 67.91-68.87, es decir la calidad del agua estaría contaminada en cuanto a las otras estaciones que analizó menciono que la calidad del agua decaería por las razones antes expuestas (HIDALGO, 2010).

## 6. Conclusiones

Los parámetros físicos, químicos y biológicos evaluados, los sólidos totales, la temperatura, las coliformes fecales y totales, no estuvieron considerados dentro del AM 097-A, específicamente en la tabla de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

En el parámetro de la DQO en el día 1 la mayoría de los puntos muestreados cumplieron con lo establecido en la normativa, en el día 2 solo el punto 2 y 3 cumplieron, por otro lado, en el día 3 la mayoría de los valores salieron por debajo del rango a excepción del punto 5, esto se debe a que ese día no hubo tanta contaminación por parte de los vertederos.

En el parámetro de los sólidos suspendidos totales en los 3 días de monitoreo excedieron el límite establecido, se observó la presencia de materia flotante en los días 1 y 2 de la industria química, así mismo se evidencio la presencia de este parámetro en el punto 3 de monitoreo.

A partir de los resultados obtenidos se procedió con la aplicación de ICA Brown, se evidencio que la calidad del agua fue regular en los 4 primeros puntos de muestreo determinados en el primer día, mientras que la calidad del agua tuvo una mejor calidad calificándose como buena en los puntos 2,3,4 del día 2 de monitoreo, en el resto de los puntos fue regular, en el día 3 la mayoría de los puntos presentaron una buena calidad del agua a excepción de los puntos 2 y 4 de muestreo.

Se presenta un deterioro a medida que avanza aguas abajo, esto se debe principalmente al parámetro de las coliformes ya que en todos los puntos que se muestrearon en los 3 días de monitoreo la calificación fue pésima y en algunos puntos fue incluso hasta mala. La calidad del agua en los 3 días de monitoreo se la considero ligeramente contaminada (buena calidad) ya que los otros parámetros no hubo mayor variación en lo que concierne a la calidad del agua del rio Daule.

La industria que más incidencia tuvo en cuanto a la afectación de la calidad del agua se determinó que fue la industria química del punto 4, y el punto correspondiente a río arriba.

De forma general la afectación que tienen los vertederos industriales a la calidad del agua del río Daule, se consideró que es aceptable (contaminación leve) , ya que si bien algunos parámetros como los sólidos, las coliformes y el DQO en algunos puntos, sobrepasaron los límites establecidos por la normativa ecuatoriana vigente y el ICA Brown, esto se debe en gran parte por las zonas agrícolas, la pesca y actividades industriales, a lo largo del perfil costero del río Daule por lo que se afirma la hipótesis planteada por todo lo mencionado anteriormente.

## **7. Recomendaciones**

Se recomienda a los GAD's cantonales y parroquiales, realizar monitores con más frecuencia y evaluar la calidad de las aguas del río Daule en las proximidades de las zonas industriales, asentamientos humanos, como la pesca y la agricultura, así mismo se debe tener un control más exhaustivo de la ganadería debido a la excesiva carga de coliformes que se encontró en este estudio.

Realizar controles más exhaustivos a las industrias y aumentar el presupuesto para la realización de más estudios sobre el agua y poder brindar más información acerca de la calidad de esta, a los pobladores cercanos a las zonas industriales, ya que es un derecho fundamental conocer el estado de estas aguas, ya que son usadas para fines agrícolas y recreativos.

Controlar la deforestación, las descargas de hidrocarburos y zonas agrícolas, ya que se da a lo largo del perfil costanero del río Daule, esto provoca la contaminación de las aguas y dificulta la supervivencia de las especies acuáticas.

## 8. Bibliografía

Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos. (6 de marzo de 2012).

Agua: seguimiento y evaluación. Obtenido de

<https://archive.epa.gov/water/archive/web/html/vms59.html>

Condorchem Envitech. (01 de enero de 2017). Tratamiento de aguas residuales

industriales. Obtenido de <https://condorchem.com/es/tratamiento-de-aguas-residuales-industriales/>

Tancara, C. (diciembre de 1993). Scielo. La investigación documental. Obtenido de:

[http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0040-29151993000100008](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0040-29151993000100008)

Culligan wáter (17 de enero de 2020). ¿Qué es la dureza del agua? Obtenido de

<https://www.culligan.com/blog/what-is-hardness-in-water>

Picazo, M. (2016). *La importancia de la calidad del agua*. Obtenido de *Ecovant*

[https://www.ecoavant.com/iniciativas/la-importancia-de-la-calidad-del-agua\\_2565\\_102.html](https://www.ecoavant.com/iniciativas/la-importancia-de-la-calidad-del-agua_2565_102.html)

Rusell Folgueras, P. (s.f). Educa guía. Obtenido de

<http://www.educaguia.com/apuntesde/maticas/ESTADISTICAYPROBABILIDAD/MEDIDASDEDISPERSION.pdf>

*El Comercio*. (28 de septiembre de 2017). *El plan para la conservación del río Daule proyecta una inversión de USD 107 millones*. Obtenido de *El Comercio*:

<https://www.elcomercio.com/actualidad/conservacion-riodaule-proyecto-inversion-ecuador.html>

*El Universo*. (16 de febrero de 2020). Obtenido de El Universo:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/02/14/nota/7739547/agua-potable-estadisticas-ecuador-uso-contaminacion/>

*El Universo*. (16 de febrero de 2020). *Guayaquil y Quito son las únicas ciudades de Ecuador que tienen sello de calidad en su agua potable*. Obtenido de El Universo:

<https://www.eluniverso.com/noticias/2020/02/16/nota/7739673/guayaquil-rio-daule-contaminacion-agroquimicos/>

Fernández Cirelli, A. (12 de diciembre de 2012). El agua: un recurso esencial.

Obtenido de: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

Monteros, G., & González, O. (12 de octubre de 2018). Caracterización físico-química del recurso hídrico del río Daule, comprendido entre el cantón santa lucía y el sector de puente lucía y perspectivas de conservación y uso.

Obtenido de DSpace ESPOL

<http://www.dspace.espol.edu.ec/handle/123456789/45337>

Andrade, G., & Lugo, G. (2016). calidad de agua en el área marino costera a nivel superficial en los sectores de manta, Bahía de Caráquez, Pedernales y Puerto López y su variabilidad espacial en dos épocas del año. Obtenido de DSpace ESPOL

<http://www.dspace.espol.edu.ec/retrieve/135666/D-76090.pdf>

Gobierno de México. (28 de enero de 2021). Obtenido de Gobierno de México:

<https://www.gob.mx/conagua/articulos/calidad-del-agua#:~:text=Los%20resultados%20para%202019%20mostraron,buena%20calidad%20a%20fuertemente%20contaminada.>

Oeste, J. P. (diciembre de 2016). *Ministerio del ambiente de Perú*. Obtenido de Ministerio del ambiente de Perú: <https://www.minam.gob.pe/educacion/wp-content/uploads/sites/20/2017/02/Publicaciones-3.-Texto-de-consulta-M%c3%b3dulo-3.pdf>

INEN. (2013). Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>

Perdomo, C., & Barbazán, M. (s.f.). Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad. Obtenido de Área de suelos y aguas cátedra de fertilidad: <http://www.fagro.edu.uy/fertilidad/publica/Tomo%20N.pdf>

Rodríguez, S. A. (2010). Obtenido de La dureza del agua: [http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza\\_agua.pdf](http://www.edutecne.utn.edu.ar/agua/dureza_agua.pdf)

Infografía. (2010). Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2012/asi\\_esGuayaquil\\_cifra\\_a\\_cifra.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Infografias-INEC/2012/asi_esGuayaquil_cifra_a_cifra.pdf)

Instituto Americano de Geociencias. (2002). Obtenido de <https://www.americangeosciences.org/critical-issues/faq/what-is-surface-water-and-what-affects-its-availability>

Instituto Nacional de Estadística y Censos (INEC). (2001). Obtenido de [https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos\\_Censales/Fasc\\_Cantonaes/Guayas/Fasciculo\\_Daule.pdf](https://www.ecuadorencifras.gob.ec/documentos/web-inec/Bibliotecas/Fasciculos_Censales/Fasc_Cantonaes/Guayas/Fasciculo_Daule.pdf)

Mantech. (1 de marzo de 2017). Obtenido de <https://mantech-inc.com/blog/chemical-oxygen-demand-cod/>

Mero, M., Pernía, B., Ramírez, N., & Fidel Egas, F. (1 de marzo de 2018). SCIELO.

Obtenido de SCIELO:

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-49992019000300623&lang=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000300623&lang=es)

Ministerio del Ambiente. (octubre de 2017). Obtenido de Ministerio del Ambiente:

<https://www.ambiente.gob.ec/mae-trabaja-para-disminuir-los-contaminantes-de-la-cuenca-del-rio-daule/>

Naciones Unidas. (2015). Obtenido de

<https://www.un.org/spanish/waterforlifedecade/quality.shtml>

NTE INEN 2226. (2013). Obtenido de

<https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>

Organización de las Naciones Unidas. (2021). Obtenido de

<https://www.un.org/es/sections/issues-depth/water/index.html>

Organización Mundial de la Salud. (14 de junio de 2019). Obtenido de

<https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water#:~:text=El%20agua%20contaminada%20puede%20transmitir,muertes%20por%20diarrea%20al%20a%C3%B1o.>

*Revista de Salud Pública.* (2 de enero de 2016). *Calidad bacteriológica del agua para consumo en tres regiones del Perú.* Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/422/42249786006.pdf>

Ricardi, F. Q. (11 de marzo de 2011). Medidas de tendencia central y dispersión

Obtenido de MEDWAVE.

<https://www.medwave.cl/link.cgi/Medwave/Series/MBE04/4934>

Rodó, P. (05 de noviembre de 2019). Distribución t de Student. Obtenido de Economipedia. <https://economipedia.com/definiciones/distribucion-t-de-student.html>

Safe drinking water foundation. (2019). Obtenido de <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/wastewater-treatment>

Safe Drinking Water Foundation. (2019). Residuos industriales. Obtenido de <https://www.safewater.org/fact-sheets-1/2017/1/23/industrial-waste>

Servicio Geológico de EE.UU. (2015). ¿Qué es el agua subterránea? Obtenido de [https://www.usgs.gov/faqs/what-groundwater?qt-news\\_science\\_products=0#qt-news\\_science\\_products](https://www.usgs.gov/faqs/what-groundwater?qt-news_science_products=0#qt-news_science_products)

Servicio geológico de los Estados Unidos. (2002). pH y agua. Obtenido de [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/ph-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

Servicio geológico de los Estados Unidos. (2002). Nitrógeno y agua. Obtenido de [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/nitrogen-and-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/nitrogen-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

Servicio geológico de los Estados Unidos. (2002). Alcalinidad y agua. Obtenido de [https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/alkalinity-and-water?qt-science\\_center\\_objects=0#qt-science\\_center\\_objects](https://www.usgs.gov/special-topic/water-science-school/science/alkalinity-and-water?qt-science_center_objects=0#qt-science_center_objects)

Springer. (17 de enero de 2019). Materia flotante: un componente olvidado de la integridad ecológica de los ríos. Obtenido de

<https://link.springer.com/article/10.1007/s00027-019-0619-2>

Universidad de Cuenca. (18 de diciembre de 2019). Maskana. Obtenido de:

<https://publicaciones.ucuenca.edu.ec/ojs/index.php/maskana/article/view/2670>

Antúñez, V. (2018). Universidad de Chile. Obtenido de Universidad de Chile:

<http://repositorio.uchile.cl/bitstream/handle/2250/151291/Calidad-f%C3%ADsicoqu%C3%ADmica-del-agua-potable-en-la-Region-Metropolitana-Chile.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

González, W. (12 de febrero de 2017). Tipos y diseños de investigación en las ciencias sociales. Obtenido de Slideshare

<https://es.slideshare.net/wilmaryzmbg/tipos-de-investigacin-72066024>

Arteaga, Y. (febrero de 2013). Universidad de Guayaquil. Obtenido de

<http://repositorio.ug.edu.ec/bitstream/redug/13578/1/TESIS%20URBANIZACION%20CIUDAD%20SANTIAGO.pdf>

Villa del rey (2021). Obtenido de: <https://villadelrey.ec/>

Navarro, M. (junio 2007). Demanda bioquímica de oxígeno 5 días, incubación y electrometría. Obtenido de:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Demanda+Bioqu%C3%ADmica+de+Ox%C3%ADgeno.pdf/ca6e1594-4217-4aa3-9627-d60e5c077dfa>

Carpio, T. (14 de junio de 2007). Sólidos totales secados a 103 – 105°C. Obtenido de

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/S%C3%B3lidos+Totales+secados+a+103+-+105%C2%BAC.pdf/d4faab4a-34e4-4159-bf4c-50353b101935>

*Ortega, Maria; Vidal, Luis; Vildady, Sandra. (11 de junio de 2008). Obtenido de*

*Revista biologica de Colombia*

*<http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n3/v13n3a7.pdf>*

Channah, Rock & Berenise, Rivera (marzo 2014). Obtenido de The University of

Arizona [https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/a](https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf)

[z1624s.pdf](https://extension.arizona.edu/sites/extension.arizona.edu/files/pubs/az1624s.pdf)

## 9. Anexos

### 9.1. Anexo 1. Tablas complementarias

**Tabla 9. Criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.**

Parámetros	Expresados como	Unidad	Criterio de calidad en Aguas dulces
Aluminio <sup>(1)</sup>	Al	mg/l	0,1
Amoniaco Total <sup>(2)</sup>	NH3	mg/l	-
Arsénico	As	mg/l	0,05
Bario	Ba	mg/l	1
Berilio	Be	mg/l	0,1
Bifenilos Policlorados	Concentración de PCBs totales	µg/l	1
Boro	B	mg/l	0,75
Cadmio	Cd	mg/l	0,001
Cianuros	CN	mg/l	0,01
Zinc	Zn	mg/l	0,03
Cloro residual total	Cl <sub>2</sub>	mg/l	0,01
Clorofenoles <sup>(3)</sup>		mg/l	0,05
Cobalto	Co	mg/l	0,2
Cobre	Cu	mg/l	0,005
Cromo total	Cr	mg/l	0,032
Estaño	Sn	mg/l	
Fenoles monohídricos	Expresado como fenoles	mg/l	0,001
Aceites y grasas	Sustancias solubles en hexano	mg/l	0,3
Hidrocarburos Totales de Petróleo	TPH	mg/l	0,5
Hierro	Fe	mg/l	0,3
Manganeso	Mn	mg/l	0, 1
Materia flotante de origen antrópico	visible		Ausencia
Mercurio	Hg	mg/l	0,0002
Níquel	Ni	mg/l	0,025
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	> 80

Piretroides	Concentración de piretroides totales	mg/l	0,05
Plaguicidas organoclorados totales	Organoclorados totales	µg/l	10
Plaguicidas organofosforados totales	Organofosforados totales	µg/l	10
Plata	Ag	mg/l	0,01
Plomo	Pb	mg/l	0,001
Potencial de Hidrógeno	pH	unidades de pH	6,5 – 9
Selenio	Se	mg/l	0,001
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
Nitritos	NO <sub>2</sub>	mg/l	0,2
Nitratos	NO <sub>3</sub>	mg/l	13
DQO	DQO	mg/l	40
DBO5	DBO <sub>5</sub>	mg/l	20
Sólidos Suspendidos Totales	SST	mg/l	máx. incremento de 10% de la condición natural

Presentación de criterios de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces.

Ministerio del ambiente, 2015

**Tabla 10. Verificación del cumplimiento o no cumplimiento de la calidad del agua del río Daule según el acuerdo ministerial A-97 correspondiente al día 1 del monitoreo.**

Parámetros	Unidad	Limite permisible	P1	Grado	P2	Grado	P3	Grado	P4	Grado	P5	Grado	P6	Grado
PH	----	6,5 – 9	7.67	C	7.36	C	7.46	C	7.59	C	7.66	C	7.32	C
DQO	mg/l	40	50	NC	Debajo del rango <20	-	376	NC	344	NC	142	NC	206	NC
DBO5	mg/l	20	1,74	C	1,05	C	1,06	C	1,31	C	1,17	C	1,05	C
Solidos suspendidos totales	mg/l	máx. incremento de 10% de la condición natural	30,666	NC	33,333	NC	28,666	NC	46	NC	0,666	C	20,666	NC
Materia flotante	----	Ausencia	ausencia	C	ausencia	C	ausencia	C	presencia	NC	ausencia	C	ausencia	C

C Indica que el valor cumple el criterio permisible y NC que no cumple.  
Ortiz, 2021

**Tabla 11. Verificación del cumplimiento o no cumplimiento de la calidad del agua del río Daule según el acuerdo ministerial A-97 correspondiente al día 2 del monitoreo.**

Parámetros	Unidad	Limite permisible	P1	Grado	P2	Grado	P3	Grado	P4	Grado	P5	Grado	P6	Grado
Ph	----	6,5 – 9	7,38	C	7,34	C	7,37	C	7,4	C	7,35	C	7,27	C
DQO	mg/l	40	54	NC	39	C	29	C	57	NC	70	NC	68	NC
DBO5	mg/l	20	3,26	C	1,52	C	0,36	C	0,12	C	0,95	C	0,53	C
Solidos suspendidos totales	mg/l	máx. incremento de 10% de la condición natural	414	NC	485	NC	392	NC	285	NC	175	C	328	NC
Materia flotante	----	ausencia	ausencia	C	ausencia	C	presencia	NC	presencia	NC	ausencia	C	ausencia	C

C Indica que el valor cumple el criterio permisible y NC que no cumple.

Ortiz, 2021

**Tabla 12. Verificación del cumplimiento o no cumplimiento de la calidad del agua del río Daule según el acuerdo ministerial A-97 correspondiente al día 3 del monitoreo.**

Parámetros	Unidad	Limite permisible	P1	Grado	P2	Grado	P3	Grado	P4	Grado	P5	Grado	P6	Grado
pH		6,5 – 9	7,29	C	7,28	C	7,24	C	6,53	C	7,09	C	7,07	C
DQO	mg/l	40	Debajo del rango<20	NC	Debajo del rango<20	-	Debajo del rango<20	C	Debajo del rango<20	C	285	NC	Debajo del rango<20	NC
DBO5	mg/l	20		C		C		C		C		C		C
Solidos suspendidos totales	mg/l	máx. incremento de 10% de la condición natural	100	NC	130	NC	125	NC	470	NC	120	C	40	NC
Materia flotante		ausencia	ausencia	C	ausencia	C	ausencia	C	ausencia	C	ausencia	C	ausencia	C

C Indica que el valor cumple el criterio permisible y NC que no cumple.

Ortiz, 2021

Tabla 13. Valoración del ICA de los puntos muestreados del primer día de muestreo

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO											
	p1		p2		p3		p4		p5		p6	
	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación
<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	82	11,8736	81	11,7288	85	12,308	86	12,4528	80	11,584	81	11,7288
<b>pH</b>	94	20,4168	91	19,7652	92	19,9824	93	20,1996	94	20,4168	91	19,7652
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	90	16,29	93	16,833	93	16,833	90	16,29	92	16,652	95	17,195
<b>Temperatura (°C)</b>	89	16,109	89	16,109	89	16,109	89	16,109	89	16,109	89	16,109
<b>Coliformes fecales (NMP/100 ml)</b>	9	2,454543	18	4,909086	16	4,363632	17	4,636359	44	11,999988	21	5,727267
<b>Sumatoria de la Ponderación</b>		67,143943		69,345086		69,596032		69,687759		76,761788		70,525267

Valoración según ICA Brown del primer día de muestreo  
Ortiz, 2021

Tabla 14. Valoración del ICA de los puntos muestreados del segundo día de muestreo

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO											
	p1		p2		p3		p4		p5		p6	
	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación
<b>Sólidos suspendidos totales (mg/l)</b>	82	11,8736	81	11,7288	85	12,308	86	12,4528	80	11,584	81	11,7288
<b>pH</b>	94	20,4168	91	19,7652	92	19,9824	93	20,1996	94	20,4168	91	19,7652
<b>DBO<sub>5</sub> (mg/l)</b>	73	13,213	92	16,652	98	17,738	100	18,1	98	17,738	97	17,557
<b>Temperatura (°C)</b>	89	16,109	88	15,928	88	15,928	88	15,928	89	16,109	89	16,109
<b>Coliformes fecales (NMP/100 ml)</b>	18	4,909086	23	6,272721	21	5,727267	17	4,636359	14	3,818178	12	3,272724
<b>Sumatoria de la Ponderación</b>		66,521486		70,346721		71,683667		71,316759		69,665978		68,432724

Valoración según ICA Brown del segundo día de muestreo.  
Ortiz, 2021

**Tabla 15. Valoración del ICA de los puntos muestreados del tercer día de muestreo**

Parámetros	PUNTOS DE MUESTREO											
	p1		p2		p3		p4		p5		p6	
	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación	Valoración/ICA	Ponderación
Sólidos suspendidos totales (mg/l)	85	12,308	86	12,4528	85	12,308	33	4,7784	89	12,8872	85	12,308
pH	90	19,548	91	19,7652	91	19,7652	82	17,8104	89	19,3308	89	19,3308
DBO <sub>5</sub> (mg/l)	98	17,738	97	17,557	98	17,738	99	17,919	98	17,738	97	17,557
Temperatura (°C)	88	15,928	88	15,928	88	15,928	88	15,928	88	15,928	89	16,109
Coliformes fecales (NMP/100 ml)	23	6,272721	14	3,818178	20	5,45454	21	5,727267	25	6,818175	27	7,363629
Sumatoria de la ponderación		71,794721		69,521178		71,19374		62,163067		72,702175		72,668429

Valoración según ICA Brown del tercer día de muestreo.  
Ortiz, 2021

Tabla 16. Valoración de la calidad del agua de los tres días de muestreo

Puntos de muestreo	Días de muestreo					
	Dia 1		Dia 2		Dia 3	
	ICA	Valoración	ICA	Calidad del agua	Dia 3	Calidad del agua
<b>P1</b>	67,14	Regular	66,52	Regular	71,79	Buena
<b>P2</b>	69,34	Regular	70,34	Buena	69,52	Regular
<b>P3</b>	69,59	Regular	71,68	Buena	71,19	Buena
<b>P4</b>	69,68	Regular	71,31	Buena	62,16	Regular
<b>P5</b>	76,76	Buena	69,66	Regular	72,7	Buena
<b>P6</b>	70,52	Buena	68,43	Regular	72,66	Buena

Valoración general de la calidad del agua  
Ortiz, 2021

## 9.2 Anexo 2. Figuras complementarias

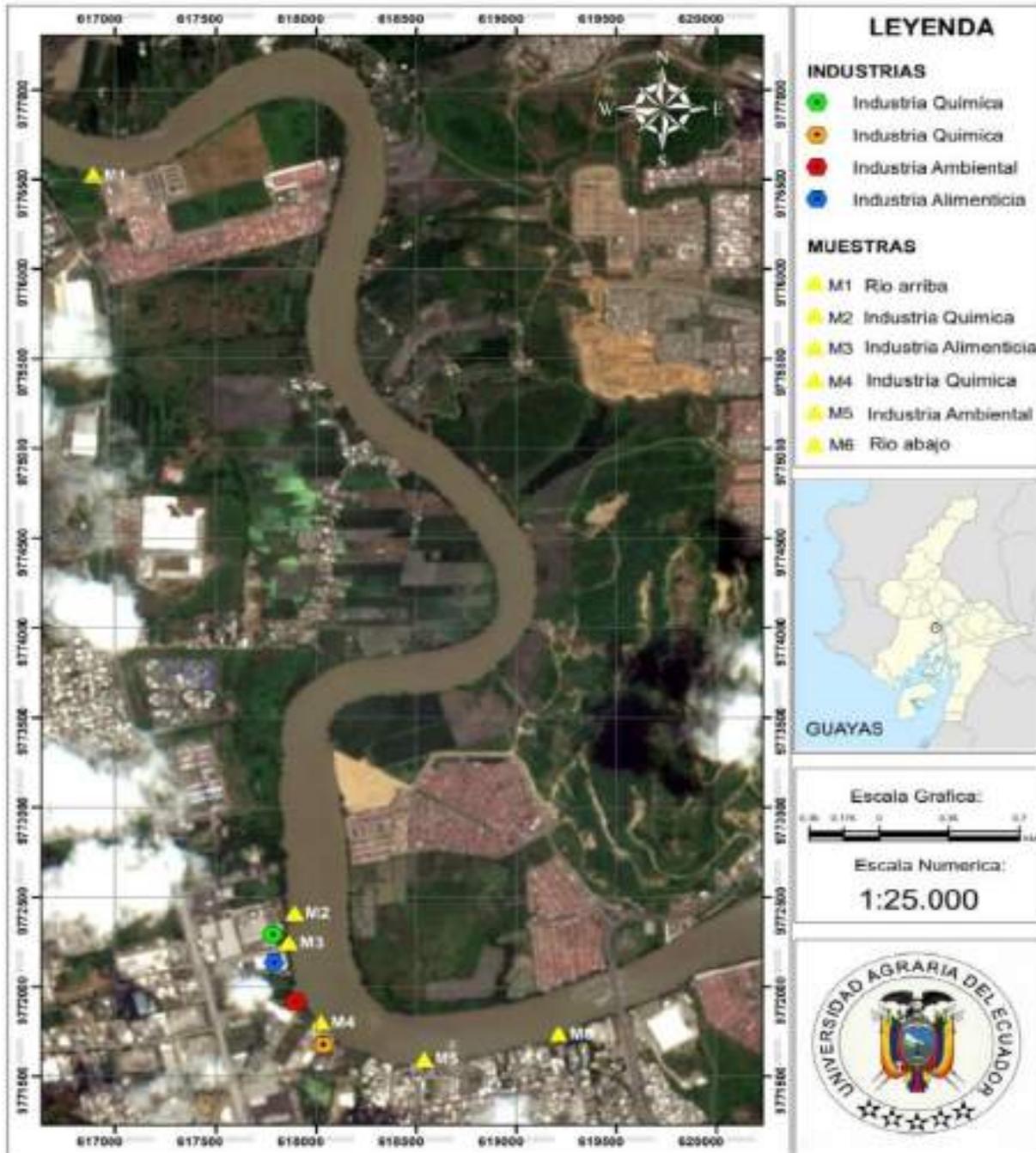


Figura 1. Mapa de los puntos de muestreo de la zona en estudio de un tramo del río Daule  
Ortiz, 2021



Figura 2. Toma de muestra en el punto de monitoreo 3 del día 1  
Ortiz, 2021



Figura 3. Punto de muestreo 2  
Ortiz, 2021



Figura 4. Punto de muestreo 4 y evidencia de presencia de materia flotante en el día 2 de monitoreo  
Ortiz, 2021



Figura 5. Punto de muestreo 1 y toma de muestra río arriba  
Ortiz, 2021



Figura 6. Toma de muestra en el punto de monitoreo 3 correspondiente al día 2 Ortiz, 2021



Figura 7. Toma de muestra rio abajo del día 2 de muestreo Ortiz, 2021



Figura 8. Peso de las muestras en la balanza analítica para la determinación de los sst  
Ortiz, 2021



Figura 9. Determinación del pH  
Ortiz, 2021



Figura 10. Toma de muestra del día 3 en el punto de muestreo 2  
Ortiz, 2021



Figura 11. Medición de temperatura  
Ortiz, 2021



Figura 12. Toma de muestra del punto 5 en el día 3 de monitoreo  
Ortiz, 2021



Figura 13. Toma de muestra rio abajo del día 3 de monitoreo  
Ortiz, 2021