



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA  
EVALUAR LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL  
RÍO EL CINTO, UBICADO EN LA PARROQUIA LLOA,  
CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del  
Título de Ingeniero Ambiental

AUTOR: DIEGO MARCELO OLMEDO POZO

TUTOR: XIMENA DEL ROCÍO BORJA VELA

Quito - Ecuador  
2023

**CERTIFICADO DE RESPONSABILIDAD Y AUTORÍA DEL TRABAJO  
DE TITULACIÓN**

Yo, Diego Marcelo Olmedo Pozo con documento de identificación No 1716632870 manifiesto que:

Soy el autor responsable del presente trabajo; y, autorizo a que sin fines de lucro la Universidad Politécnica Salesiana pueda usar, difundir, reproducir o publicar de manera total o parcial el presente trabajo de titulación.

Quito, 27 de febrero del año 2023

Atentamente,



Diego Marcelo Olmedo Pozo

1716632870

**CERTIFICADO DE CESIÓN DE DERECHOS DE AUTOR DEL  
TRABAJO DE TITULACIÓN A LA UNIVERSIDAD POLITÉCNICA  
SALESIANA**

Yo, Diego Marcelo Olmedo Pozo con documento de identificación No. 1716632870, expreso mi voluntad y por medio del presente documento cedo a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que soy autor del Trabajo Experimental: “Estudio de parámetros físicos y químicos para evaluar la capacidad de autodepuración del río El Cinto, ubicado en la parroquia Lloa, cantón Quito, provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniero Ambiental, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

En concordancia con lo manifestado, suscribo este documento en el momento que hago la entrega final del trabajo final en formato digital a la Biblioteca de la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del año 2023

Atentamente,



Diego Marcelo Olmedo Pozo  
1716632870

## **CERTIFICADO DE DIRECCIÓN DEL TRABAJO DE TITULACIÓN**

Yo, Ximena Del Rocío Borja Vela No 1711223584, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: ESTUDIO DE PARÁMETROS FÍSICOS Y QUÍMICOS PARA EVALUAR LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DEL RÍO EL CINTO, UBICADO EN LA PARROQUIA LLOA, CANTÓN QUITO, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Diego Marcelo Olmedo Pozo con documento de identificación No 1716632870, obteniendo como resultado final el trabajo de titulación bajo la opción Trabajo Experimental que cumple con todos los requisitos determinados por la Universidad Politécnica Salesiana.

Quito, 27 de febrero del año 2023

Atentamente,



Ing. Ximena Del Rocío Borja Vela M.Sc.  
1711223584

## **DEDICATORIA**

A mis Padre Vicente Olmedo y mi Madre Anita Pozo por ser un ejemplo y brindarme todo el apoyo durante mi etapa universitaria, por los consejos que me han ayudado a ser una excelente persona y ser alguien en la vida como un gran profesional.

A mi hermano Byron Olmedo por estar siempre apoyándome y dándome ánimos para no rendirme y seguir adelante. A mis amigos que con su apoyo incondicional me motivaron a no rendirme y estar siempre en las buenas y en las

A tía Angelica Olmedo que en paz descansa, la cual en todo su tiempo de vida supo ser como una segunda madre, apoyándome en todo y motivándome, sus consejos y cariños fueron fundamentales para obtener este título y seguir por más cosas en mi vida como persona y como un profesional.

**Diego O.**

## **AGRADECIMIENTO**

A mi familia en especial por estar siempre apoyándome en todo este proceso universitario, quienes han sido el motor que impulsa mis sueños y esperanzas, quienes estuvieron conmigo durante mis días y noches más difíciles durante mis horas de estudio. Hoy gracias a ustedes soy alguien preparado en la vida.

A la Universidad Politécnica Salesiana y a sus docentes de la carrera de Ingeniería Ambiental por brindarnos sus conocimientos en nuestra formación como profesionales.

Un agradecimiento a mi tutora, Ing. Ximena Borja por brindarme esta oportunidad de realizar este trabajo, por guiarme con su conocimiento y su experiencia para solventar mis dudas y poder culminar el trabajo con éxito.

A mis amigos del Colegio Militar “Eloy Alfaro”, los cuales que después de muchos años seguimos siendo los mejores amigos y ahora todos unos excelentes profesionales, de igual manera a todos mis amigos de la carrera de Ingeniería Ambiental que a lo largo de este proceso supieron brindarme su apoyo y compartir sus conocimientos para así todos lograr el objetivo de ser Ingenieros.

A OMALI CONSTRUCCIONES S.A.S, la cual es una constructora creada por un grupo de amigos incondicionales de la cual formo parte orgullosamente: Mike Aliaga y Mauricio Angos, los cuales son grandes amigos y excelentes profesionales. Ellos han sabido bríndame sus conocimientos y oportunidades de trabajo por lo cual estoy muy agradecido de ser parte de nuestro emprendimiento.

**Diego O.**

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>X</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>XI</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN .....</b>	<b>1</b>
<b>1.1. Problema .....</b>	<b>1</b>
<b>1.2. Delimitación .....</b>	<b>1</b>
<b>1.4. Objetivos: .....</b>	<b>2</b>
1.4.1. General .....	2
1.4.2. Específicos .....	2
<b>1.5. Hipótesis.....</b>	<b>3</b>
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA .....</b>	<b>4</b>
<b>2.1. Río El Cinto .....</b>	<b>4</b>
2.1.1. Características del río El Cinto.....	4
2.1.2. Población de la parroquia Lloa.....	5
2.1.3. Actividades de la población económicamente activa de la parroquia Lloa .....	6
2.1.3.1. Ganadería .....	6
2.1.3.2. Agricultura .....	7
2.1.3.3. Turística.....	7
2.1.3.4. Pecuaria .....	8
2.1.3.5. Piscicultura.....	8
2.1.4. Precipitaciones en la parroquia Lloa .....	8
2.1.5. Uso y cobertura del suelo .....	9
2.1.6. Abastecimiento de agua para la población .....	9
2.1.7. Aguas servidas de la parroquia Lloa .....	12
2.1.8. Recolección y disposición de desechos.....	12
2.1.9. Red de riego .....	13
2.1.10. Contaminación de las aguas del río El Cinto.....	14

2.1.11. Enfermedades por consumir agua contaminada .....	16
<b>2.2. Aguas residuales .....</b>	<b>17</b>
2.2.1. Materia orgánica en las aguas residuales.....	17
2.2.2. Contaminación de los ríos .....	17
2.2.3. Vertido de aguas residuales .....	18
2.2.4. Medidas preventivas de la contaminación en los ríos .....	18
<b>2.3. Calidad del agua .....</b>	<b>19</b>
2.3.1. Medidas preventivas de la contaminación en los ríos.....	19
<b>2.4. Autodepuración .....</b>	<b>20</b>
2.4.1. Procesos que intervienen en la autodepuración.....	21
2.4.2. Fases de autodepuración.....	22
2.4.3. Capacidad de autodepuración.....	24
2.4.4. Principios de auto purificación del agua .....	26
2.4.5. Calidad del agua .....	27
<b>2.5. Parámetros físicos de la autodepuración.....</b>	<b>28</b>
2.5.1. Sólidos suspendidos .....	29
2.5.2. Temperatura .....	30
<b>2.6. Parámetros químicos de la autodepuración.....</b>	<b>31</b>
2.6.1. Oxígeno disuelto .....	32
2.6.2. Determinación del oxígeno disuelto.....	32
2.6.3. pH.....	32
<b>2.7. Proceso químico.....</b>	<b>34</b>
2.7.1. DQO .....	34
2.7.1.1. Aplicación del DQO.....	34
2.7.1.2. Beneficios del análisis del DQO.....	34
<b>2.8. Proceso biológico .....</b>	<b>35</b>
2.8.1. DBO .....	35
2.8.1.1. Aplicaciones del DBO.....	35

2.8.2. Coliformes fecales.....	37
<b>2.9. Proceso bioquímico .....</b>	<b>38</b>
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS .....</b>	<b>39</b>
<b>3.1. Área de estudio .....</b>	<b>39</b>
<b>3.2. Determinación de los puntos de muestreo.....</b>	<b>39</b>
<b>3.3. Número de muestreo .....</b>	<b>39</b>
<b>3.4. Cálculo de caudal .....</b>	<b>40</b>
3.4.1. Método de Sección-Velocidad .....	40
<b>3.5. Muestreo de agua .....</b>	<b>44</b>
3.5.1. Medición para parámetros químicos .....	44
3.5.2. Procedimientos de los parámetros .....	45
3.5.3. saturación de oxígeno disuelto .....	46
<b>3.6. Criterios de calidad de Agua .....</b>	<b>47</b>
<b>4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>50</b>
<b>4.1. Ubicación.....</b>	<b>50</b>
<b>4.2. Número de muestras .....</b>	<b>51</b>
<b>4.3. Cálculo de caudal. ....</b>	<b>52</b>
<b>4.4. Parámetros.....</b>	<b>53</b>
4.4.1 coliformes fecales – NPM/100mL .....	53
4.4.2. pH.....	57
4.4.3. Temperatura .....	59
4.4.4. Oxígeno Disuelto .....	63
4.4.4.1. Cálculo de saturación de oxígeno disuelto .....	66
4.4.5. DQO.....	72
4.4.6. DBO <sub>5</sub> – mg/L .....	79
4.4.7. Sólidos suspendidos totales – mg/L .....	83
<b>4.5. Discusión .....</b>	<b>87</b>

<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>89</b>
<b>5.1. Conclusiones .....</b>	<b>89</b>
<b>5.2. Recomendaciones .....</b>	<b>91</b>
<b>6. BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>92</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>101</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> Captación de agua del río El Cinto hacia la estación de bombeo Santa Rosa .....	10
<b>Figura 2</b> Abastecimiento de agua para Lloa .....	11
<b>Figura 3</b> Recolección y disposición de desechos de la parroquia Lloa .....	13
<b>Figura 4</b> Fase de la autodepuración .....	22
<b>Figura 5</b> Medición de profundidades área transversal .....	42
<b>Figura 6</b> Toma de velocidad para caudal .....	44
<b>Figura 7</b> Mapa de la parroquia Lloa.....	50
<b>Figura 8</b> Distancia entre puntos de muestreo .....	50
<b>Figura 9</b> Puntos de la sección transversal .....	52
<b>Figura 10</b> Resultados para el Valor de Coliformes Fecales Expresado en NMP/100ml.....	55
<b>Figura 11</b> Resultados para el Valor de pH.....	58
<b>Figura 12</b> Resultados de temperatura .....	61
<b>Figura 13</b> Resultados para el Valor de Oxígeno Disuelto Expresado en mg/L .....	64
<b>Figura 14</b> Concentración de OD mg/L Día 1 .....	68
<b>Figura 15</b> Concentración de OD mg/L Día 2 .....	68
<b>Figura 16</b> Concentración de OD mg/L Día 3 .....	69
<b>Figura 17</b> Concentración de OD mg/L Día 4.....	70
<b>Figura 18</b> Concentración de OD mg/L Día 5 .....	70
<b>Figura 19</b> Concentración de OD mg/L Día 6.....	71
<b>Figura 20</b> Concentración de OD mg/L Día 7 .....	71
<b>Figura 21</b> Resultados para el Valor de DQO Expresado en mg/L.....	74
<b>Figura 22</b> DQO Día 1 .....	75
<b>Figura 23</b> DQO Día 2 .....	76
<b>Figura 24</b> DQO Día 3.....	76
<b>Figura 25</b> DQO Día 4.....	77
<b>Figura 26</b> DQO Día 5.....	77
<b>Figura 27</b> DQO Día 6.....	78
<b>Figura 28</b> DQO Día 7.....	78
<b>Figura 29</b> Resultados para el valor de DBO <sub>5</sub> expresado en mg/L .....	81
<b>Figura 30</b> Resultados para el valor de sólidos suspendidos totales expresado en mg/L .....	85

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Origen de los contaminantes en el río El Cinto</i> .....	15
<b>Tabla 2</b> <i>Rango relación DBO5/DQO</i> .....	37
<b>Tabla 3</b> <i>Distancias para el área transversal</i> .....	42
<b>Tabla 4</b> <i>Procedimientos de los distintos parámetros</i> .....	45
<b>Tabla 5</b> <i>Criterios de calidad de aguas</i> .....	47
<b>Tabla 6</b> <i>Criterios de calidad para preservación de la vida acuática</i> .....	48
<b>Tabla 7</b> <i>Promedio de velocidad para cálculo de caudal</i> .....	52
<b>Tabla 8</b> <i>Resultados obtenidos para coliformes fecales</i> .....	53
<b>Tabla 9</b> <i>Resultados obtenidos para pH</i> .....	57
<b>Tabla 10</b> <i>Resultados obtenidos para temperatura</i> .....	60
<b>Tabla 11</b> <i>Resultados obtenidos para Oxígeno Disuelto</i> .....	63
<b>Tabla 12</b> <i>Identificación por colores para observar el nivel de OD</i> .....	72
<b>Tabla 13</b> <i>Valores en porcentaje de concentración de OD</i> .....	72
<b>Tabla 14</b> <i>Resultados obtenidos para DQO</i> .....	73
<b>Tabla 15</b> <i>Resultados obtenidos para DBO<sub>5</sub></i> .....	79
<b>Tabla 16</b> <i>Resultados obtenidos para sólidos suspendidos totales</i> .....	83

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> <i>Medición caudal</i> .....	101
<b>Anexo 2</b> <i>Toma de muestras de agua del Río El Cinto</i> .....	101
<b>Anexo 3</b> <i>Estación de Bombeo Santa Rosa</i> .....	102
<b>Anexo 4</b> <i>Paradero en la orilla del río</i> .....	102
<b>Anexo 5</b> <i>Horno</i> .....	103
<b>Anexo 6</b> <i>Digestor</i> .....	103
<b>Anexo 7</b> <i>Balanza Analítica</i> .....	104
<b>Anexo 8</b> <i>Desecador</i> .....	104
<b>Anexo 9</b> <i>Agitador magnético</i> .....	105
<b>Anexo 10</b> <i>Gradilla de enfriamiento y viales de medición</i> .....	105
<b>Anexo 11</b> <i>Oxímetro</i> .....	106
<b>Anexo 12</b> <i>Turbidímetro</i> .....	106
<b>Anexo 13</b> <i>Espectrofotómetro</i> .....	107
<b>Anexo 14</b> <i>Mufla</i> .....	107

## ÍNDICE DE ECUACIONES

<b>Ecuación 1</b> <i>Fórmula para número de muestras</i> .....	40
<b>Ecuación 2</b> <i>Fórmula para sacar caudal</i> .....	40
<b>Ecuación 3</b> <i>Fórmula para área sección transversal</i> .....	42
<b>Ecuación 4</b> <i>Fórmula para área total</i> .....	43
<b>Ecuación 5</b> <i>Fórmula para velocidad</i> .....	44

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación trata el estudio de los parámetros físicos y químico de la autodepuración del río El Cinto, Ubicado en la parroquia de Lloa, cuyo objetivo fue determinar la capacidad de autodepuración en un tramo del río El Cinto a través de análisis físico-químico y que mediante las fuentes bibliográficas. Se determinó que la capacidad de autodepuración es uno de los factores que influye en la calidad de agua, por esta razón se analizó los parámetros en 3 puntos del tramo del río, en la parte alta, media y baja, en la cual se tomó muestras in situ para obtener pH, temperatura y oxígeno disuelto. En el laboratorio se realizó DBO<sub>5</sub>, DQO, coliformes fecales y sólidos suspendidos totales. Se utilizó la metodología presente del libro “Standard Methods for the examination of water and wastewater”, se obtuvo los procedimientos para cada uno de los parámetros estudiados, de igual manera se identificó las características del río y de la zona de estudio como: caudal, longitud, profundidad y las actividades que se realizan aledañas al río que se presentan con datos que se realizó en un análisis estadístico con el programa Rstudio para conocer las diferencias significativas entre las concentraciones de los días de muestreo. En los resultados se aprecia que algunos parámetros como el pH, temperatura, oxígeno disuelto se encuentra dentro de los criterios de calidad de agua para consumo humano y domestico la cual se encuentra en la norma de calidad ambiental antes mencionada, ya que con los resultados se concluyó que los parámetros restantes se encuentran bajo el criterio de calidad, en este caso las concentraciones de oxígeno disuelto poseen una capacidad de autodepuración la cual con el aumento de la temperatura se puede ver afectado en su concentración.

**Palabras claves:** Rstudio, caudal, desechos, Efluentes, Coliformes fecales

## **ABSTRACT**

The present research work deals with the study of the physical and chemical parameters of the self-purification of the El Cinto river, located in the parish of Lloa, whose objective was to determine the self-purification capacity in a section of the El Cinto river through physical-chemical analysis and bibliographic sources. It was determined that the self-purification capacity is one of the factors that influence water quality. For this reason, the parameters were analyzed at three points along the river, in the upper, middle and lower sections, where samples were taken in situ to obtain pH, temperature and dissolved oxygen. BOD<sub>5</sub>, COD, fecal coliforms and total suspended solids were analyzed in the laboratory. The present methodology from the book "Standard Methods for the examination of water and wastewater" was used to obtain the procedures for each of the parameters studied, as well as to identify the characteristics of the river and the study area, such as flow, length, depth and the activities carried out near the river, which were presented in a statistical analysis with the Rstudio program to determine the significant differences between the concentrations on the sampling days. The results show that some parameters such as pH, temperature, dissolved oxygen are within the criteria of water quality for human and domestic consumption which is found in the environmental quality standard mentioned above, since the results concluded that the remaining parameters are under the quality criteria, in this case the concentrations of dissolved oxygen have a self-purification capacity which with the increase in temperature can be affected in its concentration.

**Key words:** Rstudio, flow, waste, effluents, fecal coliforms.

## **SIGLAS Y ABREVIATURAS**

**ANOVA:** Analysis of Variance

**DBO<sub>5</sub>:** Demanda Biológica de Oxígeno (5 Días)

**CO<sub>2</sub>:** Dióxido de Carbono

**DQO:** Demanda Química de Oxígeno

**EPMAPS:** Empresa Pública Metropolitana de Agua Potable y Saneamiento de Quito

**INEC:** Instituto Nacional de Estadísticas y Censos

**OD:** Oxígeno Disuelto

**PA;** Punto alto

**PM:** Punto medio

**PB:** Punto bajo

**SST:** Sólidos Suspendidos Totales

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1. Problema

La contaminación de ríos en América Latina está dominada por las descargas municipales que vienen a ser de origen doméstico y de origen industrial, estas constituyen una mezcla de sustancias y compuestos que representan entre el 90%– 95% de la contaminación que llega indirectamente a las áreas costeras y se estima que apenas el 2% de las descargas reciben tratamiento (Jairo, 2002).

La falta de una adecuada recolección, tratamiento y disposición final de los vertimientos generados por muchas actividades ya sean de turismo, entre. Esto lo que produce una gran problemática como la salubridad como la calidad de agua, a medida que el cuerpo receptor excede la capacidad de asimilar los contaminantes, de tal manera se altera la calidad del recurso agua para su uso posterior. Al referirse a quienes son los beneficiarios, los mayores demandantes de agua somos los seres vivos y la agricultura, las cuales se encuentran para la generación de energía, recreación, consumos domésticos, alimentos, agricultura, entre otras. Vale la pena decir que depende mucho de la sociedad que este recurso se maneje de una forma sostenible. La calidad de agua se ha visto afectada por las descargas de agua residuales urbanas, también se hace referencia a la falta de cultura ambiental por parte de los moradores, algunos sectores se han visto involucrados debido a falta de alcantarillado y más factores.

## 1.2. Delimitación

El río El Cinto se ubica en la provincia de Pichincha en el cantón Quito, en la parroquia Lloa en el cual convergen gran cantidad de fuentes de agua natural porque se encuentra en las faldas del volcán Guagua Pichincha. Se utiliza el caudal del río El Cinto para captar el recurso potabilizarlo y distribuirlo en el Distrito Metropolitano de Quito (Chiguano, 2019, pág. 107).

### 1.3. Pregunta de investigación

¿Existirá la capacidad de autodepuración de un tramo del Río El Cinto basados en procesos físicos – químicos?

### 1.4. Objetivos:

#### *1.4.1. General*

Determinar la capacidad de autodepuración en un tramo del río El Cinto a través de análisis físico y químicos de este cuerpo de agua

#### *1.4.2. Específicos*

- Definir descargas puntuales de efluentes de agua residual en un tramo del río El Cinto para establecer la trayectoria de estudio y sistema de muestreo que se utilizará para determinar la autodepuración en el tramo del río El Cinto, parroquia de Lloa.
  
- Realizar análisis de parámetros físicos como sólidos suspendidos, temperatura y parámetros químicos como oxígeno disuelto, pH en el segmento del río estudiado.
  
- Comparar con la normativa los parámetros estudiados para determinar las condiciones en las que se encuentra el tramo del río estudiado.

## **1.5. Hipótesis**

Determinar la capacidad de autodepuración del Río El Cinto, en la provincia de Pichincha, parroquia de Lloa, a través de parámetros físicos y parámetros químicos, con datos in situ y datos en laboratorio.

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1. Río El Cinto**

A continuación, se detalla características importantes del río El Cinto y sus aguas para luego analizar cómo estos parámetros influyen en el nivel de autodepuración del río.

#### ***2.1.1. Características del río El Cinto***

Las aguas del río El Cinto provienen de los flancos del volcán, de los manantiales y reservorios del Guagua Pichincha que nacen en el sector de San Ignacio y Garzón. Recorre las faldas del cerro Unguí y de la cordillera de Nambillo, de esta se desprenden varios afluentes. El río El Cinto se une al río Saloya y río Mindo para forma el río Blanco el cual pertenece al sistema hidrográfico del río Guayallabamba donde la temperatura promedio es de 8°C. El agua llega a la planta de tratamiento de El Placer, en el centro de Quito con un caudal de 234,1 L/s (EPMAPS QUITO, 2021, pág. 150).

La subcuenca del río Blanco se encuentra en la parroquia de Lloa, al norte de esta nace el río El Cinto el cual recorre gran parte de la zona este de la parroquia para luego unirse a los ríos el Cristal y Blanco para luego formar parte del río Tandacato. Desde el cráter del Volcán Guagua Pichincha emergen múltiples ríos que descienden cruza los bosques protegidos del valle hasta unirse al río El Cinto.

En el sector El Molino se ubican vertientes naturales de las cuales se extrae el agua para consumo humano y también se utiliza para criaderos de truchas. En el sector de Palmira se ubican vertientes de aguas termales mismas que se utilizan para balnearios y estas aguas desembocan en el río El Cinto (Armijos, 2006, pág. 54).

Como el río El Cinto se une a otros hasta llegar al océano, la contaminación se transporta a través de estos de tal manera que múltiples poblaciones se ven afectadas porque usan esta

agua para su consumo a falta de agua potable, usan para sus sembríos, para los animales, para bañarse y para la producción de sus microemprendimientos. El grado de contaminación del agua, así como la capacidad de autodepuración de un cuerpo de agua, determinará que sea perjudicial o apropiada para uso de las personas, en síntesis, si el río El Cinto se encuentra contaminado y sus aguas se unen a otros ríos será tanta la carga contaminante que ningún cuerpo hídrico podrá auto depurar a pesar de tener buenas condiciones físicas y geográficas, así la contaminación llega al océano para afectar a las especies que allí habitan.

El río El Cinto se encuentra ubicado en el valle de Lloa cuya topografía está conformada por laderas naturales, es decir, se encuentra rodeado de colinas y declives. La cota máxima es de 4786 msnm por las faldas del Guagua Pichincha y la más baja es de 1800 msnm ya que se trata de un valle (Monge, 2021, pág. 28).

El río El Cinto tiene como características ser rápido y raudal, lo que significa que tiene gran cantidad de agua que recorre con rapidez y fuerza, lo cual lo convierte en un medio capaz de auto depurar el agua. Sin embargo, se requiere de las concentraciones de contaminantes que entran a sus aguas para poder determinar su nivel de autodepuración y según ello brindar recomendaciones para recuperar el cuerpo hídrico.

### ***2.1.2. Población de la parroquia Lloa***

Según los datos del Instituto Nacional de Estadísticas y Censos (INEC) en las proyecciones la parroquia de Lloa para el año 2020 debía tener 1856 pobladores (INEC, 2020).

Este dato permitirá identificar cuanta contaminación puede ser posible como consecuencia de las personas que viven en la parroquia y las actividades que realizan dentro de la misma. La contaminación está determinada por la cantidad de personas que viven cerca del río, los drenajes que llegan a este, las actividades que realiza la población, la aplicación de

normas ambientales y las posibilidades que tienen para ejecutar planes cuidado ambiental (Chiguano, 2019, pág. 103).

### ***2.1.3. Actividades de la población económicamente activa de la parroquia Lloa***

Las principales actividades económica en la parroquia de Lloa son la agricultura y la ganadería con un 67%, le sigue las actividades turísticas, comercio, pecuaria, piscicultura y minería (INEC, 2012). En el valle hay numerosas haciendas, sus pobladores se dedican a las actividades agrícolas y ganaderas, su principal fuente de ingresos es la elaboración de productos lácteos y comercialización de carne de res. En el sector de Uraucu se ubican las cascadas y aguas termales que llevan el mismo nombre, se compone de varias cascadas naturales que dan lugar a la formación de piscinas de aguas termales.

Entre las actividades con menor porcentaje de desarrollo se encuentra el turismo porque las personas que realizan actividades de agricultura, ganadería y pecuaria buscan comercializar sus productos a los visitantes nacionales y extranjeros, mientras que la crianza de truchas se aplica para la pesca deportiva, estas actividades necesitan que el recurso agua sea purificada porque los alimentos requieren de agua sin contaminación, caso contrario las personas se podrían enfermar. La minería es una acción que atenta contra los ecosistemas hasta exterminarlos (Armijos, 2006, pág. 52).

#### **2.1.3.1. Ganadería**

El 34% de la población de Lloa se dedica a la producción de leche y sus derivados, un gran porcentaje de estos productos se entregan a los receptores del material quienes las llevan a las pasteurizadoras y en un mínimo porcentaje se abastece a los moradores (INEC, 2013). Los derivados de la leche que se elaboran en zona son: queso, yogurt y manjar estos se producen de forma artesanal y se comercializan en el mismo sector, existe mucha competitividad en esta

actividad debido a que un gran porcentaje de la población se dedica a esto. Se requiere gran inversión para que los productos cumplan con los estándares de calidad y que las aguas residuales sean tratadas previamente antes de ir al alcantarillado, sin embargo, los productores no cuentan con el capital (Dirección Metropolitana de Servicios Ciudadanos, 2016, pág. 3).

### **2.1.3.2. Agricultura**

En la parroquia de Lloa el 33% de la población se dedica a la agricultura, producto de la gran cantidad de territorio y los múltiples microclimas que han hecho de este suelo área fértil y productiva, las planicies se caracterizan por la siembra de: trigo, cebada, quinua, avena, legumbres, hortalizas y papas, predominan estos productos debido a que en la zona son de mucha demanda (INEC, 2013). Por esta razón, se realiza una gran inversión para la compra de insumos como: fertilizantes y plaguicidas los cuales se infiltran en el suelo y por escorrentía llegan hasta las aguas (Armijos, 2006, pág. 53).

### **2.1.3.3. Turística**

El 8% de la población se dedica a las actividades turísticas, gracias a la gran biodiversidad del sector se realizan visitas al Volcán Guagua Pichincha, bosques, cascadas, aguas termales, pesca deportiva, regata, entre otras actividades que son las preferidas por nacionales y extranjeros. En los últimos años se ha podido ver un aumento en los lugares destinados a la pesca deportiva cerca al volcán Pichincha. Sin embargo, no cuentan con infraestructura turística ni el equipamiento que se requiere para evitar accidentes (INEC, 2013).

Las actividades agropecuarias no tienen ningún incentivo enfocado en aumentar la productividad, tampoco hay conocimiento en evitar enfermedades, plagas y el cambio climático. Esto hace que los productos en esta parroquia sean más caros de elaborar a pesar de no contar con la capacitación de buenas prácticas de producción (Armijos, 2006, pág. 54).

#### **2.1.3.4. Pecuaria**

Apenas el 2% de los moradores de la parroquia realizan actividades de crianza de borregos, cerdos, cuyes y pollos (INEC, 2013). Los desechos de estos animales van directamente al río cuando las personas que se dedican a esta actividad no cuentan con la capacitación para realizar un correcto depósito final del desecho y a su vez la productividad aumentaría. Depositar en el río, provoca una alta demanda de materia orgánica que los microorganismos no pueden desintegrar, provoca un mal olor por la descomposición de la materia, al existir tanto contaminante el río no puede ser capaz de auto depurarse (Armijos, 2006, pág. 55).

#### **2.1.3.5. Piscicultura**

Debido a la gran cantidad de recursos hídricos en la parroquia de Lloa, los habitantes del sector han formada parte de emprendimientos comunitarios e individuales que se dedican a la producción de trucha, donde sus mayores consumidores son los turistas (INEC, 2013). Esta es una gran ventaja por la cual los pobladores pueden obtener ingresos, esto evidencia más la necesidad de disponer de agua purificada para que las truchas puedan desarrollarse, caso contrario morirán (Armijos, 2006, pág. 55).

#### ***2.1.4. Precipitaciones en la parroquia Lloa***

La parroquia de Lloa tiene una pluviosidad media anual de 1500 mm, un valor elevado por la alta tasa de precipitación característica de la zona Andina, es decir tiene influencia por su orografía y la presencia de la Cordillera de los Andes que ocasiona lloviznas. Llueve un promedio de 177 días, entre enero y mayo, pero el 20% de las precipitaciones se registra en abril. La intensidad se encuentra entre los 40 – 45 mm en una hora. La temperatura media es de 14°C a 3400 msnm, la velocidad del viento es moderada entre los 3 y 4 m/s en dirección hacia el norte de manera predominante.

La lluvia es importante analizar porque gran parte de esta se filtra en el suelo y llegará a las aguas subterráneas y finalmente hasta el río sin embargo la cantidad y calidad de agua depende de la precipitación, en este recorrido que realiza puede recoger varios contaminantes por ejemplo al encontrarse con los lixiviados de la basura se unirán y llegarán al río (Chiguano, 2019, pág. 45).

#### ***2.1.5. Uso y cobertura del suelo***

El suelo de la zona es de ceniza volcánica de color rojizo y negro, no tiene un buen drenaje lo cual no lo hace apropiado para la agricultura. Sin embargo, predomina con un 15,6% el cultivo de pasto para potreros, el 38,1% contiene cultivos de maíz, papas, cebada, trigo, legumbres y hortalizas en las planicies; y el 46,3% de toda la parroquia está formada por bosques naturales (Chiguano, 2019, pág. 48).

Los agricultores usan el agua de río por la cercanía a ellos y porque apenas existe dos sistemas de agua para el riego, entonces hay una necesidad emergente en que el cuerpo hídrico en análisis se encuentre en condiciones apropiadas para ser utilizada directamente como agua de riego sin que exista el riesgo de que los cultivos mueran o que los contaminantes se transmitan del cultivo a la población (Armijos, 2006, pág. 58).

#### ***2.1.6. Abastecimiento de agua para la población***

Solo el 23% de la población de Lloa reciben agua potable, mientras que el 71% usan agua de ríos, vertientes, canal o acequias; el 4% recibe agua del carro repartidor y el 2% de los pozos de agua (Chiguano, 2019, pág. 50). La parroquia de Lloa cuenta con agua potable en una cantidad mínima y no abastece la demanda del sector, esto a pesar de que el agua para los habitantes de la ciudad de Quito es captada de esta parroquia.

En las vertientes se ubican las captaciones de Garzón, Chimborazo, Chazo, Pugnahua, Tambillo y Cuchicorral desde las cuales se conduce el agua a través de tuberías de cemento, PVC o acero. El agua llega a la estación de bombeo Santa Rosa, en el verano por la falta de caudal o en el caso de presentar problemas en los otros sistemas, desde el río El Cinto se bombea el agua hasta el campamento El Cinto (Chiguano, 2019, pág. 52).

Con respecto a la estación de bombeo Santa Rosa, fue construida en el año de 1998, esta embalsa las aguas del río El Cinto, tiene una capacidad de bombeo de 180 litros por segundo, estas llegan a ser succionadas hasta el campamento El Cinto. Este proceso inicia con la captación de agua del río El Cinto, la cual está dotada de compuertas de desagüe que se abren cuando no se desea embalsar las aguas, para que retornen a su cauce natural (EPMAPS, 2016, pág. 208).

### **Figura 1**

*Captación de agua del río El Cinto hacia la estación de bombeo Santa Rosa*



*Nota* La figura muestra el canal de captación de agua para la estación Santa Rosa. Tomado de EIA ex post sistema integrado centro occidente (<https://maepichincha.files.wordpress.com/2015/02/eia-expost-sistema-integrado-centro-occidente.pdf>)

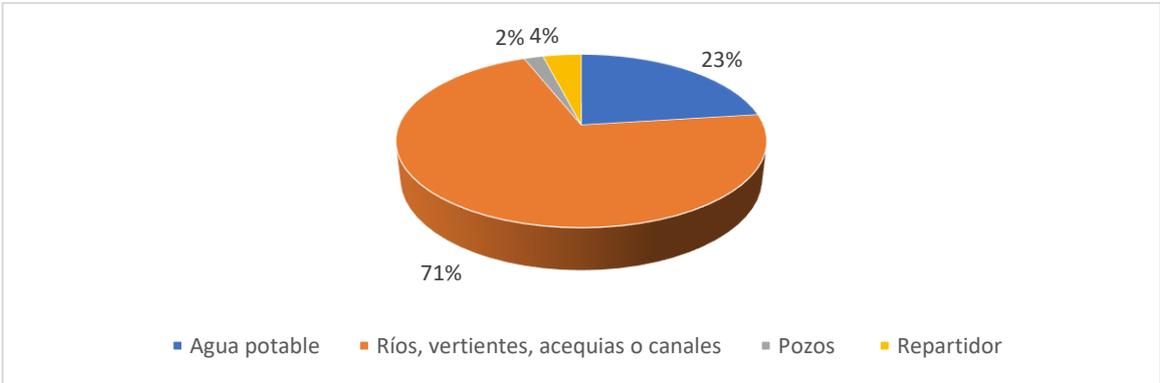
La Estación de Bombeo Santa Rosa dispone de un tanque desarenador que tiene una válvula de desagüe para su mantenimiento y un tanque de carga para dirigir el flujo hasta la casa de máquinas, aquí funcionan tres motores que absorben y mediante las tuberías la bombean hasta el tanque colectivo del campamento El Cinto. Este proceso se realiza más en época de verano cuando los caudales son bajos, y su costo de funcionamiento son elevados (EPMAPS QUITO, 2021, pág. 115).

De acuerdo con la información presentada anteriormente el agua para consumo humano es captada desde el río El Cinto, para potabilizarla y entregarla a la población de Quito, sin embargo, a la parroquia de Lloa no se le brinda el abastecimiento del mismo, debido a este problema se puede decir que el 71% de la población extrae su agua de los ríos sin dar ningún tratamiento previo que esta pueda ser utilizada para consumo humano, riego, limpieza o en industrias.

A continuación, se encuentra un gráfico con los porcentajes del abastecimiento de agua en la parroquia Lloa:

**Figura 2**

*Abastecimiento de agua para Lloa*



*Nota.* Adaptado del informe PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE LLOA, por Chiguano, 2019, (<http://gadlloa.gob.ec/PDOT-GAD-LLOA-2020-2023.pdf>).

Como se puede observar en el gráfico, las personas que viven en la parroquia de Lloa utilizan el agua de ríos, vertientes, acequias o canales para su consumo, lo cual ocasiona enfermedades gastrointestinales, pero ante la falta de agua potable los pobladores en un gran porcentaje la usan sin conocer sus condiciones (Chiguano, 2019, pág. 75).

### ***2.1.7. Aguas servidas de la parroquia Lloa***

Solo el 48% de la población de la parroquia Lloa, es decir solo las personas que viven en Urauco y San José envía sus aguas servidas al alcantarillado, mientras que el 42% utiliza pozos ciegos, descargas directas al río o tanques sépticos, esto provoca un alto nivel de contaminación en las aguas de los ríos y las vertientes (Escobar O. , 2017, pág. 134).

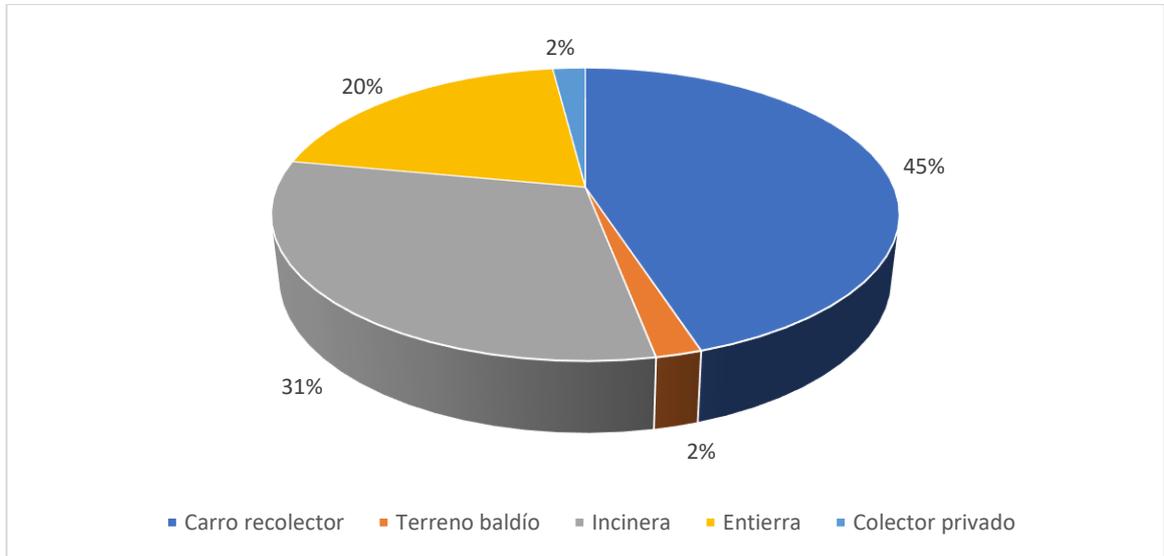
Casi la mitad de la población de la parroquia de Lloa debe usar letrinas o pozos sépticos, esto es una fuente de contaminación que podría llegar a provocar enfermedades sanitarias a los que cuentan con estas. El agua contaminada con heces fecales llega al río El Cinto, esto provoca que el cuerpo hídrico no este apto para la crianza de truchas, uso y consumo del ser humano y animales, ya que pueden provocar diarrea, vómitos entre otros síntomas que incluso pueden desencadenar en la muerte (Escobar O. , 2017, pág. 135), pero si puede ser usado en la agricultura (Sánchez, 2021).

### ***2.1.8. Recolección y disposición de desechos***

En el centro de la parroquia de Lloa, el 45% de la población tiene acceso a servicios de recolección de basura, el 31% incinera sus desechos, el 20% entierra la basura, el 2% los deposita en quebradas o terrenos baldíos y solo el 2% cuenta con las posibilidades para contratar un servicio de recolección privado. Los asentamientos de la población de la parroquia de Lloa se encuentran dispersos por esa razón no cuentan con el servicio de recolección de basura (Chiguano, 2019, pág. 76).

**Figura 3**

*Recolección y disposición de desechos de la parroquia Lloa*



*Nota.* Adaptado del informe PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE LLOA, por Chiguano, 2019, (<http://gadlloa.gob.ec/PDOT-GAD-LLOA-2020-2023.pdf>).

Una disposición final inadecuada provoca contaminación en el medio ambiente, los cursos de agua se ven contaminados con sustancias tóxicas o con alta carga orgánica el cual afecta y disminuye la autodepuración del río, el aire se contamina por la emisión de gases cuando se incinera, se entierra la basura los contaminantes se desprenden y provocan contaminación del suelo hasta llegar a las aguas subterráneas y luego a los ríos; la basura colocada en los terrenos baldíos ocupa espacio, atrae las plagas y enfermedades. Las personas con el poder adquisitivo para contratar un servicio privado son pocas, sin embargo, dan un indicio de la responsabilidad ambiental y social que tiene (Armijos, 2006, pág. 100).

### **2.1.9. Red de riego**

El sistema de riego en este sector es imprescindible porque la población se dedica a la agricultura y ganadería; a continuación, se describe los que corresponden a la parroquia de Lloa:

Sistema de riego comunitario Urauco, fue construido por la comunidad, su administración está a su cargo y cuenta con la autorización de uso y aprovechamiento de agua que da la Secretaría de Agua (SENAGUA).

Sistema de Riego Concepción de Monjas, fue construido por una colaboración entre el gobierno provincial de Pichincha y los pobladores de la parroquia de Lloa, la administra la Junta de Riego Concepción de Monjas quien es la beneficiaria de este sistema (Consultora Morales, 2014, pág. 47).

#### ***2.1.10. Contaminación de las aguas del río El Cinto***

En Lloa se realiza la agricultura y ganadería con técnicas ancestrales, como por ejemplo se quema los pajonales lo cual afecta el suelo ya que lo hace más frágil a las lluvias misma que se lleva los minerales, además esta actividad contamina el aire por las emisiones de CO<sub>2</sub>.

Existe mucha contaminación de los cuerpos hídricos debido a las descargas de aguas domésticas, agrícolas e industriales, las cuales llegan a los ríos y quebradas, las cuales afectan a la autodepuración del río por el alto contenido de materia orgánica presente en ellas. Además, también hay contaminación de los ríos por la deficiente recolección de desechos sólidos, la población quema sus desechos en determinadas áreas de sus terrenos o en lotes baldíos y luego los depositan en los cuerpos hídricos (Armijos, 2006, pág. 65). La parroquia de Lloa no dispone de un sistema de alcantarillado sanitario ni pluvial, lo que ha provocado que los pobladores construyan de forma rudimentaria letrinas y pozos sépticos en vez de un baño, las aguas servidas infiltran el suelo y esta llega a los ríos.

Una de las razones de la deforestación es para convertir el terreno en potreros destinados para alimentar y criar ganado. La presencia de ganado vacuno y porcino ha provocado contaminación en las aguas de los ríos y quebradas por sus desechos, en menor cantidad hay

contaminación por sustancias químicas como fertilizantes utilizados en la producción agrícola (Chiguano, 2019, pág. 76). A continuación, se encuentra la contaminación del agua del río El Cinto por sector:

**Tabla 1**

*Origen de los contaminantes en el río El Cinto*

<b>Sector</b>	<b>Factor contaminante</b>
<b>Lavanderías</b>	Aguas servidas y desechos sólidos.
<b>Barrio Urauco</b>	Aguas servidas
<b>Barrio Palmira</b>	Aguas servidas y desechos sólidos.

*Nota.* Adaptado del informe plan de desarrollo y ordenamiento territorial de la parroquia rural de Lloa, por chiguano, 2020, (<http://gadlloa.gob.ec/pdot-gad-lloa-2020-2023.pdf>).

Por otro lado, también hay minera ilegal antitécnica en la parroquia de Lloa, la cual no tiene responsabilidad social y ambiental porque contamina las fuentes de agua, y otros recursos más, que dañan a la fauna y flora del lugar. Los minerales que llegan a las aguas producto de la explotación provocan un aumento en los niveles permitidos para que pueda ser de uso y consumo humano (Armijos, 2006, pág. 32).

La contaminación del río El Cinto como se ha visto hasta el momento es producto de la actividad del ser humano, la agricultura contamina las aguas por los pesticidas y fertilizantes que se filtran en la corteza terrestre hasta llegar a los ríos. La elaboración de queso es de las actividades que mayor contaminación producen, debido a que el suero contiene gran cantidad de materia orgánica que provoca una sobresaturación que los microorganismos presentes en el río, estos no pueden ser controlados una vez que lleguen al cuerpo hídrico (Armijos, 2006, pág. 35).

Debido a que la población no cuenta con alcantarillado para lograr enviar por estos ductos el agua servida a una planta de tratamiento de aguas residuales, la cual baje

significativamente el grado de contaminación del agua hasta que esta se encuentre en los límites máximos permisibles para que pueda ser enviada al alcantarillado y no provoque más daños ambientales de los que ya se puede evidenciar en la parroquia de Lloa (EPMAPS QUITO, 2021, pág. 150).

Otro problema por el desinterés de las autoridades encargadas de la parroquia de Lloa es la falta de servicio de recolección de basura, estos desechos en su gran mayoría van a las orillas de los ríos, las corrientes de estos los arrastran interponiéndose con el tránsito del agua y luego en temporadas de invierno pueden ocasionar inundaciones donde la población se ve afectada por su irresponsabilidad y por la de las autoridades (EPMAPS QUITO, 2021, pág. 152).

#### ***2.1.11. Enfermedades por consumir agua contaminada***

Según la Organización Mundial de la Salud (OMS) el agua contaminada provoca enfermedades como diarrea, colera, hepatitis A, disentería, poliomielitis y fiebre tifoidea. Cuando el agua no es tratada con normas de sanidad se expone a la población a riesgos en su salud. Una mala gestión de las aguas residuales urbanas, agrícolas e industriales puede ocasionar una contaminación biológica o química. Las aguas subterráneas contienen arsénico y fluoruro, mientras que la lixiviación provoca la presencia de plomo; estos componentes pueden ser muy perjudiciales para la salud de las personas que beben esta agua contaminada (OMS, 2022).

A nivel mundial cada año mueren 829 000 personas producto de la diarrea como consecuencia de la insalubridad del agua y 297 000 menores de cinco años mueren cada año por las mismas consecuencias. En el año 2017, más de 220 millones de personas en todo el mundo recibieron tratamiento para la esquistosomiasis ocasionada por las lombrices

parasitarias que se encuentran en el agua contaminada, esta enfermedad es grave y crónica por ello debe recibir el tratamiento médico oportuno (OMS, 2022).

Las cifras de personas que mueren como consecuencia de ingerir agua contaminada son alarmantes, por esta razón es necesario que las autoridades se encarguen de recuperar los ríos contaminados, ya que muchas personas se ven en la necesidad de beber el agua directamente del río porque sus sectores no cuentan con agua potable, esto es muy común en las zonas rurales, donde los escasos servicios públicos están a la orden del día.

## **2.2. Aguas residuales**

Las aguas residuales son un peligro para las personas, los animales y los ecosistemas, el uso incorrecto del recurso hídrico producido por la actividad del ser humano ha alterado los componentes del agua dándole características altamente contaminantes que bajan su calidad, haciéndose necesario un tratamiento previo que reduzcan los elementos tóxicos y peligrosos para poder ser rehusada en ciertas actividades. Estas aguas contienen gran cantidad de materia orgánica que se descompone y afecta el aire (Espigares, 2014, pág. 87).

### ***2.2.1. Materia orgánica en las aguas residuales***

Estas alteran la composición natural del agua y ocasiona que exista una disminución de oxígeno provocado por la descomposición biológica del contaminante orgánico, además que da un olor desagradable alrededor de la zona (Raffo, 2014, pág. 4).

### ***2.2.2. Contaminación de los ríos***

Los agentes contaminantes provocan una variación en la composición del agua del río, esto provocó daños graves no solo para su ecosistema sino para los océanos debido a que estas aguas se depositan en el mar, por lo tanto, provoca daños irreparables en todos los recursos por los cuales atraviesa (Sánchez, 2021). Estas afectaciones se atribuyen al aumento de los

sedimentos, nutrientes y contaminantes que alteran los estuarios, golfos y cuerpos hídricos que no tienen la capacidad de renovación o recirculación del agua para que esta pueda ser depurada (Escobar J. , 2016, pág. 56).

### ***2.2.3. Vertido de aguas residuales***

Los vertidos de aguas residuales son los canales por medio de los cuales se introduce esta agua contaminada al cuerpo hídrico la cual altera y modifica la composición natural, esta agua residual contiene materia orgánica, materia inorgánica y microorganismos quienes se encargan de asimilar los contaminantes hasta cierto límite por el exceso de materia orgánica que provoca que los microorganismos no sean capaces de absorber y descomponer todo el material lo que ocasiona que el río no pueda auto depurarse. Los ríos con mayor capacidad para similar la contaminación son los caudalosos, rápidos y bien conservados (Sánchez, 2013, pág. 3).

### ***2.2.4. Medidas preventivas de la contaminación en los ríos***

- Agitar las aguas a través de estructuras mecánicas o al construir saltos de agua con el objetivo de aumentar la oxigenación.
- Reducir los niveles de nitratos, fosfatos y sulfatos de las aguas que se encuentran presentes en los en los pesticidas, abonos, pesticidas, aguas industriales, aguas residuales y aguas provenientes del sector ganadero.
- Depuración de las aguas residuales sin importar la cantidad de estas, por ejemplo, es necesario que los municipios pequeños también apliquen esta medida debido a que a pesar de ser una minoría aportan con gran cantidad de contaminantes.

- Evitar que el caudal del río se reduzca con el objetivo de aumentar la capacidad de dilución, acortar así la captación de aguas superficiales y que los pozos bajen el nivel freático (Grisolía, 2014, pág. 12).

### **2.3. Calidad del agua**

La Organización Mundial de la Salud, la calidad de agua se resume como el estado del agua en términos de sus propiedades físicas, química y biológicas en su estado natural o alterado por el hombre. Las aguas superficiales tienen muchos factores que alteran la calidad, y la afectación a este componente por efluentes líquidos, lo cual puede realizar cambios en sus distintas condiciones del agua (Organización Mundial de la Salud, 2022).

La calidad de agua para consumo humano se viene asociado a numerosas enfermedades que son infecciosas y parasitarias en todo el mundo, todo esto debido a la falta de acceso de Agua potable. La OMS estima que aproximadamente 3.5 millones de personas mueren cada año por estas causas. Su estimación es de 485000 mueren por enfermedades diarreicas por consumo de agua contaminada (TELÁM DIGITAL, 2017).

#### **2.3.1. *Medidas preventivas de la contaminación en los ríos***

- Agitar las aguas a través de estructuras mecánicas o realizaciones de agua con el objetivo de aumentar la oxigenación.
- Reducir los niveles de nitratos, fosfatos y sulfatos de las aguas que se encuentran presentes en los en los pesticidas, abonos, pesticidas, aguas industriales, aguas residuales y aguas provenientes del sector ganadero.
- Depuración de las aguas residuales sin importar la cantidad de estas, por ejemplo, es necesario que los municipios pequeños también apliquen esta

medida debido a que a pesar de ser una minoría aportan con gran cantidad de contaminantes.

- Evitar que el caudal del río se reduzca con el objetivo de aumentar la capacidad de dilución, lo cual limita la captación de aguas superficiales y que los pozos bajen el nivel freático (Grisolía, 2014, pág. 98).

#### **2.4. Autodepuración**

La autodepuración de un río se define como el conjunto de procesos físicos, químicos o biológicos que se encargan de oxidar la materia, se produce por la oxidación de sustancias orgánicas presentes en el recurso hídrico con ayuda de bacterias aerobias, plantas y el oxígeno disuelto (Clavijo, 2021, pág. 32). Estos procesos producen lo que es la degradación de la materia orgánica existente para su conversión en materia inorgánica, esto sirve como nutriente a las algas, el cual provoca el aumento de su actividad fotosintética y que se enriquece de oxígeno el agua, lo cual ayuda a eliminar la materia orgánica del agua y establecer un equilibrio natural.

La contaminación de los recursos hídricos se produce principalmente por la actividad humana, así los desechos industriales son aquellos que producen la mayor cantidad de descargas de sustancias nocivas a los cuerpos de agua, la presencia de sustancias extrañas en el agua ha provocado graves afectaciones a las especies marinas (Clavijo, 2021, pág. 32).

Para conservar la estabilidad de los ecosistemas, se ha planteado leyes y normativas que regulen los residuos, se ha declarado áreas protegidas en las cuales no puede haber actividad humana todo esto con el objetivo de proteger los recursos y las especies (Escobar J. , 2002, pág. 21).

Las principales fuentes de contaminación industrial para ríos son los desechos generados de industrias de alimentos, papel, química y farmacéutica, se estima que en promedio

se descarga alrededor de  $60\,000 \frac{m^3}{día}$  hasta  $142\,000 \frac{m^3}{día}$  a las alcantarillas, las cuales son transportados a ríos que drenan estos contaminantes al mar (Escobar J. , 2002, pág. 21).

Según, (Ramos, n.d.). Los elementos de autodepuración son los siguientes:

- Elementos pesados: Estos son aquellos que terminan al fondo del cauce.
- Microorganismos: Utilizan la materia orgánica y la transforman en materia viva, la cual puede sedimentarse parte de la materia en suspensión. Los principales elementos que forman parte de los microorganismos son: O, N, P, S, Na, K, entre otros más.
- Componentes ácidos y básicos: Se neutralizan en la homogenización producida por el río.
- Zonas de influencia: Está la zona de degradación, en la cual se incorpora las aguas contaminadas al río y posee mayores concentraciones de contaminantes. Por otro lado, hay la zona séptica, la cual tiene niveles bajos de OD, no viven peces, pueden desprenderse gases como metano, hidrógeno, nitrógeno, entre otros.

#### ***2.4.1. Procesos que intervienen en la autodepuración***

Los procesos que intervienen en la autodepuración son físicos, químicos y biológicos; en los físicos se encuentra la sedimentación, radiación solar y reaeración; mientras que los procesos químicos se encargan de la oxidación de la materia en suspensión y en los biológicos se busca eliminar las sustancias más peligrosas (Brea, 2011, pág. 29).

La velocidad a la que viaja la materia suspendida es esencial, a razón de que cuando esta se va moviéndose comienzan a agruparse, este efecto es comúnmente conocidos como

bancos de lodo, la degradación de los mismos tiene un proceso diferente, a través de microorganismos se oxidan llegan a liberar elementos como sulfitos, nitritos y sales ferrosas (Brea, 2011, pág. 29).

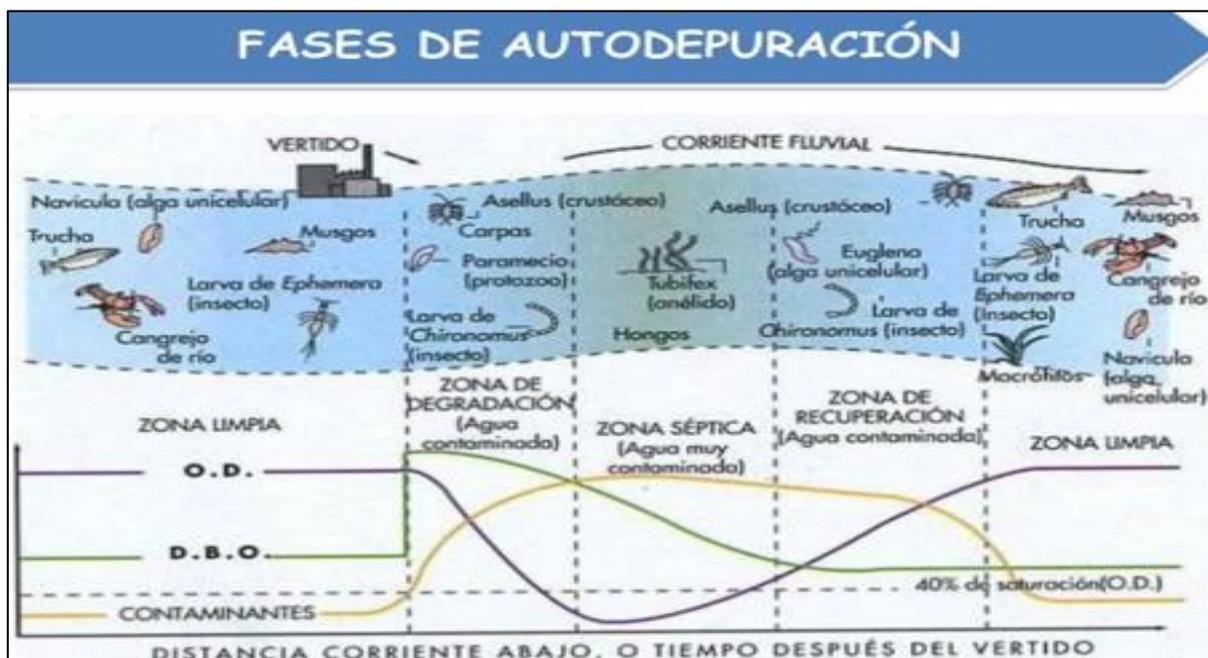
La luz es un factor de gran importancia para la autodepuración, debido a que este permite que la micro fauna pueda realizar el proceso de fotosíntesis y libere el oxígeno en el agua, del mismo esta puede mantener con vida a los microorganismos aerobios que son los encargados de descomponer en parte microscópicas la materia orgánica hasta eliminarla por completo (Brea, 2011, pág. 29).

### 2.4.2. Fases de autodepuración

La presencia de los contaminantes en el río ocasiona que su agua no sea apta para el consumo. Como mecanismo de limpieza se produce la autodepuración, la cual consta de cuatro zonas que son: degradación, descomposición activa, recuperación y aguas limpias.

**Figura 4**

*Fase de la autodepuración*



*Nota.* Tomado del trabajo de investigación evolución de contaminantes físico-químicos y microbiológicos, por Cisneros, 2015, (<https://zaguan.unizar.es/record/31755/files/TAZ-TFG-2015-1630.pdf>).

En cada una de las zonas antes mencionadas se determina la contaminación y las fases para eliminar las impurezas. En la zona de degradación desaparecen formas de vida como peces, algas, otras especies más resistentes a dichos contaminantes, un indicador de que el agua se encuentra contaminada es el color, si el cuerpo de agua es oscuro, se puede decir que está contaminada, e incluso que la cantidad de oxígeno presente en la misma ha disminuido lo que conlleva a una gran aglomeración de materia orgánica que es la causante de dicha coloración en el agua (Andrade, 2017, pág. 102).

La zona de descomposición activa es el lugar donde aparecen las aguas residuales, una de las características de estas es la presencia de espuma y mal olor, en esta zona existe una descomposición de bacterias anaerobias las cuales ocasionan que se desprendan gases (Martínez, 2021, pág. 86).

Se hace referencia a esta zona como una de las más delicadas debido a que va a escasearse la cantidad de contaminantes se puede medir si el río tiene la capacidad para eliminar estas sustancias, ya que si existe mayor cantidad de materia orgánica esta no puede auto depurarse y traslada dichos contaminantes hacia el mar, el cual afecta directamente la fauna marina (Brea, 2011, pág. 64).

Otra de las zonas es la de recuperación, en esta fase comienza a aparecer plantas, las cuales gracias al proceso de fotosíntesis pueden proveer de oxígeno a el agua, este elemento se disuelve y permite que los compuestos contaminantes se degraden, del mismo modo se observa la presencia de bacterias aeróbicas que colaboran en la eliminación de materia orgánica presente en el agua (Castro, 2014, pág. 2).

Una de las características de esta fase es el proceso de mineralización que experimenta la materia orgánica, en el cual se reduce el número de bacterias por litro de agua, del mismo modo se encuentra presencia de carbonatos, nitratos, y se produce una elevada concentración de oxígeno disuelto, al igual que se encuentra microflora y microalgas (Andrade, 2017, pág. 105).

En la última fase se encuentra la zona de aguas limpias, en la cual ya no se encuentran contaminantes en el agua que representen un peligro para los animales y vegetales, al contrario, es aquella en la cual se dan las características físicas y químicas que proporcionarán al cuerpo hídrico las condiciones acordes al entorno (Andrade, 2017, pág. 105).

La zona de agua limpia se caracteriza por la desaparición de la contaminación en el agua, del mismo modo esta recupera su calidad óptima, a través de actividades metabólicas que permiten completar la mineralización y el oxígeno disuelto se aproxima a la saturación lo cual permite que se dé la presencia de flora y fauna (Espigares, 2014, pág. 72).

Se debe considerar que los efluentes de las aguas residuales se depuran de manera automática en la naturaleza, la cantidad de oxígeno presente en el mismo es un indicador de que el proceso de autodepuración del río ha sido exitoso, este elemento es uno de los más importantes puesto que permite medir si la condición del agua es apta para la existencia de vida (Andrade, 2017, pág. 106).

#### ***2.4.3. Capacidad de autodepuración***

Se define a la capacidad de autodepuración como la propiedad que poseen los recursos hídricos para modificar la composición del mismo para eliminar los contaminantes como sólidos suspendidos, materia orgánica, químicos, bacterias, nitratos, e incluso desechos fecales (Quiroz, 2018).

La capacidad de autodepuración de un río depende del caudal, el cual ayuda a diluir los contaminantes a través de la degradación, la turbulencia del agua aporta oxígeno diluido al agua para propiciar una adecuada actividad microbiana y también depende del tipo y la cantidad de contaminante que se encuentra en el río (Pauta, 2019, pág. 78).

Uno de los factores esenciales para que un río tenga la capacidad de autodepuración es la velocidad del mismo, puesto que depende del movimiento del agua, la profundidad, superficie y compuestos tóxicos que puedan llegar a afectar a los microorganismos (Belzona, 2014, pág. 12).

El movimiento del agua es un parámetro de autodepuración debido a que a mayor velocidad existe mayor oxigenación en el agua, lo mismo sucede con la profundidad, a mayor profundidad existe una menor capacidad de autodepuración por la falta de oxígeno disuelto vertical (Sánchez, 2013, pág. 2).

Con respecto a la superficie, mientras más extensa sea hay mayor transferencia de oxígeno por el contacto, lo mismo sucede cuando se da la presencia de compuestos tóxicos, ya que estos pueden causar daño a los microorganismos encargados de descomponer la materia orgánica (Guillén, 2012, pág. 17).

Ante lo expuesto se puede analizar que la capacidad de autodepuración varía valiéndose al cuerpo de agua, ya que, debido a los factores mencionados en líneas anteriores, este depende del movimiento, superficie entre otros, además se puede realizar una comparación entre el cuerpo hídrico río y laguna.

Un río tendrá mayor capacidad de autodepuración que una laguna, debido al movimiento inherente que posee el cual aporta mayor oxigenación al agua, al igual que al tener

una profundidad baja el oxígeno disuelto vertical es suficiente para limpiar los contaminantes del mismo.

En el caso de una laguna existe una elevada profundidad la cual ocasionaría una falta de oxígeno, sin embargo, al tener mayor superficie esta permite que se produzca un mayor contacto con la atmósfera lo cual Re oxigena el agua, pero al no generar movimiento este ralentiza la autodepuración de este ya que no existen microorganismos aerobios suficientes para consumir la materia orgánica.

#### ***2.4.4. Principios de auto purificación del agua***

Para analizar el fenómeno de auto purificación del agua se establecen las siguientes reglas de Streeter y Phelps.

- De ellos depende la capacidad del río para absorber y oxidar las aguas residuales;
- Se analizan las condiciones para la depuración natural de los ríos creados en condiciones estables con flujos permanentes;
- Determinación del estado estacionario para el estado de transición actual, está en constante cambio, es decir constituye dos momentos: real y la condición momentánea;
- Los ríos contaminados siempre están relacionados con el equilibrio entre los contaminantes que son transportados por el cuerpo hídrico y los procesos de degradación.
- La oxidación de las sustancias orgánicas se basa en leyes de la reacción química de primer orden que indica el orden de la tasa de oxidación bioquímica de la materia orgánica.

#### **2.4.5. Calidad del agua**

La calidad del agua medida desde su funcionalidad es una capacidad intrínseca bajo los cuales se determina el uso que se le puede dar al agua analizada. Mientras que desde un aspecto ambiental la calidad del agua son las condiciones para que exista un ecosistema equilibrado y además debe cumplir con objetivos de calidad ambiental, por otro lado, está determinada por las características físicas, químicas y biológicas que la componen (Clavijo, 2021, pág. 53).

La calidad del agua, ya sea superficial o subterránea, depende de factores naturales y antrópicos, los cuales alteran su composición física y química, para determinar las condiciones del recurso hídrico se compara con los estándares de calidad de agua apropiada para ya sea para consumo humano, animal, riego o industrial (Villena, 2018, pág. 3).

La calidad del agua varía de acuerdo con el medio hídrico, caracterización ambiental y gestión hidrológica, la cual delimita el uso del agua para mantener el ecosistema y cumplir con las demandas para las cuales se requiere del recurso hídrico.

Las características del agua de un río varían en el tiempo de acuerdo con la naturaleza y la concentración de los componentes, físicos, químicos y biológicos, las cuales pueden ser de orígenes naturales o introducidos por el ser humano. Se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Compuestos tóxicos: causan destrucción de la actividad biológica.
- Materiales que alteran el balance de oxígeno en el agua.
- Sólidos inertes en suspensión o disueltos.

El río tiene la capacidad de auto depurarse: la floculación bacteriana se ve motivada por el transporte y depósito de materiales contaminantes, se producen reacciones químicas y

bioquímicas en la masa de agua y en la superficie de la materia suspendida, entre la masa de agua y la atmósfera se produce un intercambio de sustancias volátiles, en los sedimentos se produce una reacción redox y por último debido al ambiente inapropiado para las bacterias entéricas y patógenas se origina una descomposición bacteriana (Asesoría Técnica Parlamentaria, 2020).

Para garantizar una buena calidad de las aguas se propone las siguientes medidas preventivas:

Zonas de protección de embalses, defiende estas áreas porque contienen gran cantidad de agua retenida de las aguas de un río que son utilizadas para riego, abastecer a las poblaciones o producir energía, generalmente debido a la falta de agua potable las personas cercanas al cauce del río recogen esta agua y la usan para su consumo y demás actividades, mientras que para el riego la utilizan debido a que pueden desviarla por medio de canales y abastecer sus cultivos; sin embargo, si esta agua está contaminada las personas adquieren enfermedades, los productos se hacen tóxicos y la tierra se hace infértil, esto va a depender de los componente químicos que se encuentre presentes en el líquido vital (Pauta, 2019, pág. 80).

Planificación hidrológica, se realiza obras para evitar que las aguas contaminadas desemboquen directamente en el río, de tal manera que la poca contaminación que vaya a este pueda ser eliminada en la autodepuración, la cual es posible solo cuando la contaminación es mínima (Brea, 2011, pág. 39).

## **2.5. Parámetros físicos de la autodepuración**

Los parámetros físicos son características del agua que son perceptibles ante los sentidos del ser humano como el olfato, vista o el gusto, estas a su vez tienen un vínculo directo con rasgos como el color, olor y sabor, en el primer punto se encuentra vinculado a la turbidez del

agua, la cual va a perder la transparencia por las partículas en suspensión, debido a que mientras se encuentren en mayor cantidad en el agua esta parecerá estar más sucia y se tendrá como resultado una turbidez elevada (Samboni, 2007, pág. 180).

La ventaja que presentan estos parámetros es que pueden ser medidos y registrados constantemente, ya que, al ser fácilmente visualizados, se puede tener un inicio de la contaminación del río, del mismo modo se pueden tomar medidas que permitan proporcionar al cuerpo hídrico de tiempo necesario para su recuperación.

### ***2.5.1. Sólidos suspendidos***

Los sólidos suspendidos son partículas sólidas que se encuentran detenidas en el agua, al tener un tamaño pequeño la sedimentación de estos es baja y para esto, existen maneras que permiten su eliminación como la coagulación o floculación en los cuales se utilizan químicos que los agrupan y permiten su recolección (Jaya, 2017, pág. 92).

En la actualidad las industrias deben cumplir con el control de calidad del agua que descargan, esto se encarga de garantizar que las aguas residuales llevan la menor cantidad de contaminantes hacia el alcantarillado, y así esquivar la contaminación en los cuerpos hídricos.

Este parámetro se utiliza como indicador de calidad de agua, y es importante en el cuerpo hídrico, puesto transporta en la superficie los contaminantes y patógenos, esto indica que mientras mayor sea el área de superficie puede transportar mayor carga contaminante, generalmente se los elimina a través de la sedimentación.

Cuando la densidad del agua es mayor que la de la partícula, esta requiere de coagulantes que permitan su agrupación y por peso puedan sedimentarse fácilmente, con el objetivo de eliminar la totalidad de patógenos posteriormente el agua pasa a un proceso de desinfección

para garantizar que no haya virus ni bacterias que provoquen enfermedades a las personas y animales que consumen esta agua (Brea, 2011, pág. 29).

Otra manera para eliminar dichos sólidos son los filtros de agua lo cuales retienen a las partículas de gran tamaño, de tal manera reduce los contaminantes del agua para que en los procesos posteriores no se requiera el uso de en grandes cantidades de floculantes y desinfectantes.

### ***2.5.2. Temperatura***

La temperatura es uno de los parámetros físicos que se utiliza como indicador de la calidad del agua a través de una medición del calor y el frío, esta se considera como la representación de la energía a nivel microscópico, es de gran importancia en la vida de los animales y plantas acuáticas, ya que estos requieren de un intervalo de temperatura específico para poder sobrevivir, por lo que, si no se cumple con valores adecuados, la vida marina se encuentra expuesta a condiciones adversas que pueden llegar a ocasionar la muerte y extinción de estas (De la Mora, 2020, pág. 5).

La temperatura se encuentra directamente vinculada a la cantidad de oxígeno que puede transportarse por la misma, ya que a menor temperatura se transporta mayor cantidad de oxígeno que es vital para la supervivencia de los animales acuáticos, además influye en la fotosíntesis de la flora marina.

Una de las causas para que se produzcan cambios bruscos en la temperatura del agua es la vegetación y el entorno en el que se encuentra, ya que si este no posee un follaje que le pueda proporcionar de sombra, el agua elevará la temperatura por los rayos del sol, y al evadir no permite que el oxígeno se transporte rápidamente.

La temperatura puede ayudar a predecir o a su vez confirmar las condiciones del agua, esta posee una influencia con otros factores como el oxígeno disuelto al igual que la demanda bioquímica de oxígeno, las cuales son fundamentales en la supervivencia de las especies, además puede afectar los índices de reproducción de las mismas, debido a que mientras mayor es la temperatura del agua la fauna marina puede dejar de reproducirse por la aparición de bacterias y otros microorganismos que causen enfermedades a los mismos.

Por otro lado, en el caso de darse una baja en la temperatura no existiría ninguna alteración a la vida acuática ya que esta soporta mejor que el agua caliente, sin embargo, la variación de la temperatura altera cualquier organismo el cual causa daños graves en su sistema hasta el punto de que este colapse (De la Mora, 2020, pág. 6).

## **2.6. Parámetros químicos de la autodepuración**

Los parámetros químicos permiten medir la calidad y la contaminación de cuerpo hídrico (Samboni, 2007). Para garantizar la vida piscícola en el agua de río se requiere que los parámetros químicos como: oxígeno disuelto, pH, DBO<sub>5</sub>, nitritos, zinc, cobre, entre otros se mantengan en los límites máximos permisibles, de tal manera que no alteren sus condiciones propicias para el desarrollo de la vida.

Es importante medir periódicamente las concentraciones de ciertos tramos de un río, ya que esto indica si el río está contaminado y el grado de afectación. Un nivel elevado de contaminación dará como resultado una disminución del oxígeno disuelto, por lo cual, no es óptima para que exista vida en ella, de igual manera puede presentar un aumento en el pH, mismo que en caso de superar los 9 puntos demuestra que el agua no se encuentra en las condiciones apropiadas conservar vida en ella (Monge, 2021, pág. 24).

### ***2.6.1. Oxígeno disuelto***

Es la cantidad de oxígeno gaseoso disuelto en el agua, este oxígeno es importante para el desarrollo de la vida acuática y es un indicador de la capacidad del río para mantener vivas las especies acuáticas. Determinando este factor como ver el cálculo de otros parámetros como: DBO<sub>5</sub>, tasa de aireación, estos determinan el nivel de contaminación de los ríos (Romero, 2004, pág. 19).

Este parámetro es necesario para los procesos de oxidación de los microorganismos aerobios, así como para diversas formas de vida. El oxígeno disuelto evita la formación de olores desagradables que se pueden producir en las aguas residuales. Los niveles suficientes de OD en el agua son deseables y beneficiosos para apoyar una buena digestión aeróbica (Metcalf y Eddy, 1996).

### ***2.6.2. Determinación del oxígeno disuelto***

EL OD se puede expresar de dos formas: Primero por medio de porcentaje de saturación (%) que se enuncia como el porcentaje de la concentración de saturación a una temperatura dada; o a través de miligramos por litro (mg/L) que manifiesta la masa de oxígeno por litro de agua (Goyenola, 2007, pág. 6).

Procedimiento: Para la determinación del OD, la muestra debe colocarse en un recipiente que permanezca completamente sellado y libre de aire. Luego al determinar los niveles de OD, el material analizado debe estar a temperatura ambiente. Posteriormente se realiza una medición (oxímetro) (Villacis, 2011, pág. 60).

### ***2.6.3. pH***

El pH es una medida que indica la acidez o la alcalinidad del agua. Se define como concentración de iones de hidrógeno en el recurso hídrico.

La escala del pH va de 0 a 14 a 25°C. Un aumento de una unidad en la escala logarítmica corresponde a una disminución de diez veces la concentración de iones de hidrógeno.

A medida que el valor de pH va disminuyendo, el agua se vuelve más ácida y, a medida que aumenta el valor de pH, el agua se vuelve más básica.

Es importante medir este parámetro porque:

Dentro de los organismos acuáticos se producen muchas reacciones químicas necesarias para la supervivencia y crecimiento. Los organismos toleran una mínima variación de los valores de pH.

- Los valores extremos de pH (2 o 13), provocan daños físicos en las agallas, esqueletos y aletas, ocasionando la muerte de los animales acuáticos.
- Los cambios en el pH pueden cambiar la concentración de otras sustancias en el agua, lo que puede cambiar el nivel de toxicidad.
- Una disminución en el pH puede aumentar la cantidad de mercurio soluble en el agua.
- Un aumento en el pH puede causar la conversión del amoníaco - amonio el cual convierte el agua en un elemento tóxico

Causas que originan un cambio del pH:

- El agua pura (no ionizada) tiene un pH de 7.0.
- Hay dos factores principales que causan cambios en el pH:

1. La capacidad de obstáculo
2. La entrada de sustancias básicas o ácidas (sintéticas o naturales) (Castro, 2014, pág. 3).

## **2.7. Proceso químico**

Es el conjunto de operaciones, en este caso que se producen en un río, el cual transforma los compuestos iniciales en productos diferentes, es decir, sus propiedades se ven modificadas en su totalidad ya sea en estado o condiciones (Rojas, 2012, pág. 201).

### **2.7.1. DQO**

La Demanda Química de Oxígeno (DQO) indica la cantidad de oxígeno necesaria para la descomposición química de la materia orgánica. Este valor es usado para dar seguimiento al rendimiento de la depuración del agua, es decir, se obtiene la calidad del agua. El DQO se mide en mg/L o mg/m<sup>3</sup> (IDEAM, 2007, pág. 8).

#### **2.7.1.1. Aplicación del DQO**

El método es adecuado para muestras de aguas residuales con una DBO superiores a 50 mg O<sub>2</sub>/L. Para muestras de menor concentración, como muestras de aguas superficiales, el método mejorado se puede utilizar para muestras de bajas concentraciones en el rango 5 a 50 mg O<sub>2</sub>/L. Se requiere un método de agua salada mejorando si la concentración de cloruro en la muestra es mayor de 2 000 mg/. Es importante conocer el tipo de agua a analizar, ya que sus métodos difieren, para que no se produzca falsos resultados que impidan la aplicación de una solución adecuada en base a este parámetro.

#### **2.7.1.2. Beneficios del análisis del DQO**

Además de seguir con las normas de las autoridades locales, también es beneficioso contratar a un experto que controle periódicamente el nivel de contaminación del río de acuerdo

a los niveles máximos permitidos por el AM 097-A. El análisis periódico de DQO de aguas superficiales, agua para uso doméstico, o agua de entrada para el proceso, también puede brindarle información valiosa sobre el grado de contaminación de un ecosistema a lo largo del tiempo (Belzona, 2014, pág. 32)

## **2.8. Proceso biológico**

El objetivo del proceso biológico en las aguas residuales es coagular los sólidos no sedimentables para eliminarlos con el fin de estabilizar la materia orgánica. En el caso del agua residual se reduce la materia orgánica y elimina nutrientes como nitrógeno, de las aguas industriales es necesario reducir compuestos orgánicos e inorgánicos para el cual se realiza un tratamiento previo por su alto contenido de toxicidad que afecta a los microorganismos encargados del proceso de oxidación de la materia.

### **2.8.1. DBO**

La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO) es la cantidad de oxígeno que consumen los microorganismos aeróbicos para descomponer la materia orgánica en una muestra de agua. Este valor representa el grado de contaminación del agua y se expresa en  $\text{mgO}_2/\text{L}$ . El DBO es un proceso biológico que requiere de mucho tiempo y es sensible ya que depende de la temperatura, sin embargo, para los análisis se realizan a una temperatura de  $20^\circ\text{C}$  y se encuentre en incubación en un periodo de 5 días. (Ramírez L. , 2008, pág. 142).

#### **2.8.1.1. Aplicaciones del DBO**

Se usa para determinar el nivel de contaminante presente en el agua producto de los residuos domésticos e industriales, se mide en cantidad de oxígeno. A continuación, se nombra algunas de las aplicaciones del DBO:

- Determinar la cantidad aproximada de oxígeno para bioestabilizar la sustancia;

- Realizar estudios para evaluar la capacidad de tratamiento de los cuerpos de aguas receptores;
- Verificar el cumplimiento de las restricciones de descarga de agua;
- Medir la concentración de la contaminación en residuos domésticos e industriales, en forma de oxígeno;
- Realizar estudios para evaluar la capacidad de tratamiento de cuerpos de aguas receptores;
- Determinar las dimensiones de la planta de tratamiento de aguas residuales.

Según Belzona (2014) mientras mayor sea el grado de contaminación del río mayor es el valor de DBO, a continuación, se menciona algunos valores referenciales en función del tipo de agua los cuales son:

- Agua pura: de 2 a 20 mg/L
- Agua un poco contaminada: de 20 a 100 mg/L
- Agua medianamente contaminada: de 100 a 500 mg/L
- Agua muy contaminada: de 500 a 3000 mg/L
- Agua extremadamente contaminada: de 3000 a 15000 mg/L.

### **Relación entre DBO y DQO**

La DBO y la DQO son los parámetros más importantes en la caracterización de las aguas residuales. La DBO consiste en un proceso biológico y, por lo tanto, no está exenta de problemas que plantean dichos análisis (Sánchez, 2018). Sin el debido cuidado y experiencia, puede ocurrir errores y mal entendidos. Otra desventaja de la DBO es que se requiere de mucho

tiempo para el término del análisis, por lo que los resultados solo estarán disponibles durante un máximo de cinco días después del inicio de la prueba (Ramírez L. , 2008, pág. 126).

La prueba de DQO solo toma alrededor de tres horas, por lo que el tiempo para obtener el resultado es mucho más corto que el requerido para la prueba de DBO. Los valores de DBO y DQO de aguas superficiales o aguas residuales se pueden relacionar con la estimación de DBO utilizando valores de DQO conocidos (Andrade, 2017, pág. 106).

Formula de la relación DQO/DBO<sub>5</sub> (FLORES, 2015)

$$\text{Indice de Biodegradabilidad} = \frac{DBO_5}{DQO}$$

**Tabla 2**

*Rango relación DBO5/DQO*

RANGO DBO <sub>5</sub> /DQO	TIPO
Mayor que 0,4	Biodegradable
0,2 – 0,4	Medianamente biodegradables
Menor que 0,2	No/ muy poco biodegradable

*Nota.* Esta tabla muestra los rangos que tiene la DBO en relación a la DQO.

**Fuente:** (FLORES, 2015)

### **2.8.2. Coliformes fecales**

Las bacterias coliformes fecales se encuentran en gran cantidad en los intestinos y las heces de los humanos y animales. La presencia de esto causa enfermedades, por la existencia de contaminación en el agua producto de bacterias (Asesoría Técnica Parlamentaria, 2020, pág. 3).

## **2.9. Proceso bioquímico**

En el proceso bioquímico se utiliza microorganismos que determinan una ruta catabólica para degradar la materia orgánica compleja al separar los enlaces de las moléculas, con el objetivo de obtener sustancias sencillas y la producción de energía (Andrade, 2017, pág. 115).

### **3. MATERIALES Y MÉTODOS**

#### **3.1. Área de estudio**

El río El Cinto se encuentra ubicado en la parroquia de Lloa en la ciudad de Quito, Provincia de Pichincha. Para determinar el área a estudiar se usó el programa de ArcGis, así se realizó el procedimiento adecuado para la obtención de una gráfica en la cual se observa el río y la parroquia a la que pertenece.

#### **3.2. Determinación de los puntos de muestreo**

A continuación, se presenta los puntos de muestreo tomados para el estudio de la capacidad de autodepuración del río El Cinto, parroquia de Lloa

Se utilizará el software ArcGis para identificar el tramo del río El Cinto, ubicado en la Parroquia Lloa, cantón Quito, en la provincia de Pichincha; en el cual se ubicará los puntos de muestreo para determinar la autodepuración del cuerpo de agua.

Para realizar la gráfica en el programa ArcGIS, se realizará los siguientes pasos:

1. Cargar el archivo Excel con las coordenadas del punto alto, medio y bajo.
2. En Arc Tool Box se transforma las coordenadas del documento Excel a shapefile.
3. Se carga la capa de ríos en escala 1:250000 descargada del GeoPortal del IGM.
4. Mediante la herramienta de medición proporcionada por el ArcGIS se identificó la distancia del tramo del río.

#### **3.3. Número de muestreo**

Para la determinación de número de muestras, se tomó en consideración la Norma INEN 2226, AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE

MUESTREO. En el capítulo IV de la normativa (Consideraciones específicas), literal 4.1.9.3. Literal d, se considera la fórmula para el número de muestras y su respectiva información (INEN 2226, 2013).

### **Ecuación 1**

*Fórmula para número de muestras*

$$n = \frac{N}{1 + \frac{e^2(n-1)}{z^2 pq}}$$

Donde:

N= Tamaño de la población (hab)

Z= Nivel de confianza 90%, dato en la tabla de la Normativa INEN 2226

p y q= Probabilidad, valor estándar de 50%

e= error de la muestra al 10%

## **3.4. Cálculo de caudal**

### ***3.4.1. Método de Sección-Velocidad***

Según (Alvarado, 2017), este método determina la distancia de la sección transversal del canal en relación con la velocidad del agua. Se determinan por sondeo u otro procedimiento topográfico, y para la velocidad se usa ya sea un flotador, u otro instrumento que se pueda lanzar de un punto a otro para así mediante un cronómetro tomar el tiempo de recorrido. De tal manera que el caudal del río estará dado por:

### **Ecuación 2**

*Fórmula para sacar caudal*

$$Q = A \times V$$

Donde:

$Q$  = Caudal del agua, en  $m^3/s$

$A$  = Área de la sección transversal, en  $m^2$

$V$  = Velocidad media del agua, en  $m/s$

### **Determinación del área de la sección**

La determinación del área de la sección transversal depende en gran medida de las condiciones del río. Para cauces variables, donde el nivel de flujo de agua cambia repentinamente, se toman medidas, y se toman medidas de profundidad y la toma de su velocidad, conforme se avanza de un extremo a otro de la sección (Alvarado, 2017).

Para determinar la zona se realiza el siguiente procedimiento.

Para esto se ubicó un punto de acceso donde el río no interactúe con otras redes hídricas para evitar una alteración en las concentraciones, al momento de la toma de puntos, no se logró acceder a un punto más alto debido a que el río formaba parte de varias propiedades privadas. Con relación al punto medio se accedió con un permiso por parte del cuidador de la propiedad, mientras que el punto bajo si existió un punto de acceso cercano y no había interferencia por otros cuerpos de agua como lo era la quebrada Cotoyacu y Tayando, presentadas en la **Figura 5**

a) Una vez determinada la zona se coloca 2 estacas, una en cada orilla, fijándose así que las líneas que las unen sean perpendiculares a la dirección del río para así poder determinar su ancho.

b) Dividir el ancho del cauce en tramos de acuerdo con el siguiente cuadro.

**Tabla 3**

*Distancias para el área transversal*

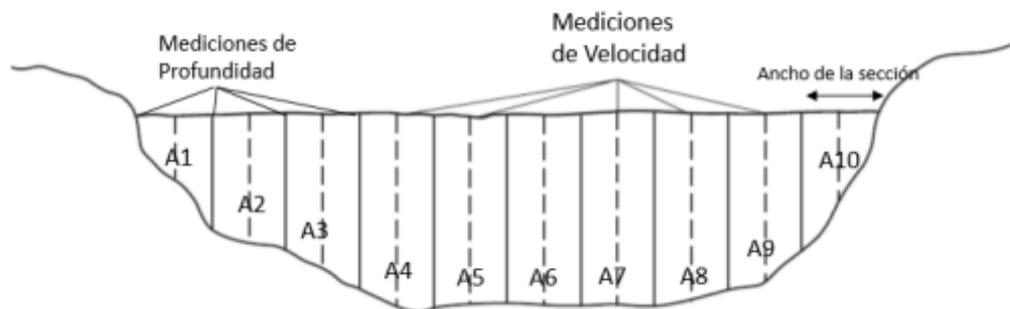
Ancho del cauce (m)		Espaciamiento (m)
De:	A:	
0	1	0.24
1	2	0.48
2	4	0.72
4	8	0.96
8	15	1.20
15	25	1.44
25	50	1.68
50	75	1.92
75	125	2.16

*Nota.* División del ancho del río en distancias iguales para poder sacar el área transversal.

c) Obtener la profundidad al principio y al final de cada tramo como se muestra en la siguiente figura.

**Figura 5**

*Medición de profundidades área transversal*



*Nota.* medición de profundidades. Tomado del Manual de Medición de Caudales

Para obtener la profundidad media y ancho de cada sección para generar el área por cada tramo medido de la sección transversal. Se utiliza la siguiente fórmula.

**Ecuación 3**

*Fórmula para área sección transversal*

$$A1 = \frac{a + b}{2} * L + A2 = \frac{a + b}{2} * L \dots \dots A10 = \frac{a + b}{2} * L$$

Donde:

A1: Es el área de la sección, en m<sup>2</sup>

a: profundidad inicial del tramo, en m

b: profundidad final del tramo, en m

L: Ancho de la sección, en m

Para calcular el área total se usa la siguiente fórmula

#### **Ecuación 4**

*Fórmula para área total*

$$\text{Área total} = \sum A1 + A2 + \dots \dots A10$$

Determinación de la velocidad

- A. Dividir la sección del río en parte A y en parte B a una distancia de 4 metros.
- B. Colocar un flotador que puede ser una pelota o una botella plástica, este elemento será transportado del punto A al punto B.
- C. En el punto B, una persona toma el tiempo con un cronómetro, que al momento de pasar el flotador la línea del punto B se detiene para así tomar los datos
- D. Repetir 3 veces la operación para obtener mejores resultados

La fórmula para determinar la velocidad depende de la distancia y el tiempo.

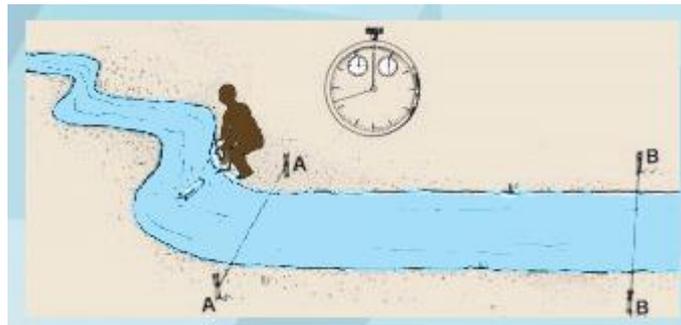
## Ecuación 5

*Fórmula para velocidad*

$$v = \frac{d}{t}$$

## Figura 6

Toma de velocidad para caudal



*Nota.* En la figura se muestra cómo se lanza el flotador del punto A al punto B para tomar el tiempo de recorrido y tomar así la velocidad para el cálculo de caudal. Tomado de: <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medi%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>

## 3.5. Muestreo de agua

### 3.5.1. Medición para parámetros químicos

De acuerdo con (INEN 2226, 2013), el muestreo se realizará bajo el procedimiento descrito en la norma INEN 2226:2013 denominada “AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. DISEÑO DE LOS PROGRAMAS DE MUESTREO”, el cual se describe a continuación:

Para la medición de parámetros químicos:

1. Tomar en cuenta las condiciones atmosféricas por seguridad de la persona encargada del muestreo y de su equipo, además así exista gran masa de agua el personal debe usar chaleco salvavidas y estar sujeto a la línea de seguridad.

2. Identificar los puntos de muestreo para obtener resultados que se puedan comparar, la muestra debe ser en las confluencias, es decir, donde hay grandes descargas o separaciones, ya que en estos puntos hay cambios significativos en la calidad del agua.
3. Las muestras deben tomarse donde se encuentre la turbulencia debido a que en esos sitios se mezclan bien los líquidos.
4. Evitar los cambios de temperatura durante el transporte de las muestras, para reducir las posibilidades de resultados erróneos.

Las muestras se transportaron al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana para realizar análisis de los parámetros como: sólidos suspendidos, coliformes fecales, DBO<sub>5</sub>, DQO, y otros parámetros medidos in situ como: oxígeno disuelto, temperatura y pH. A partir de los resultados se determinará la capacidad de autodepuración del río El Cinto.

### ***3.5.2. Procedimientos de los parámetros***

Cálculo de los parámetros, basados en el libro de Standard Methods for the examination of water and wastewater

**Tabla 4**

*Procedimientos de los distintos parámetros*

<b>Parámetro</b>	<b>Método</b>	<b>Equipo</b>
<b>DBO<sub>5</sub></b>	SM. 5210-B Método Winkler	Medidor de Oxígeno Disuelto, marca: Mettler Toledo
<b>DQO</b>	SM. 5220-C y SM. 5220-D	Agitador Magnético Digestor marca: HACH

		Espectrofotómetro marca: HANNA
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	SM.2540-D	Estufa marca: Memmert  Mufla marca: Thermo Scientific  Desecadora marca: HANNA  Balanza Analítica, marca: Mettler Toledo
<b>Temperatura</b>	SM. 2550-B Método Convencional	Potenciómetro marca: HANNA
<b>pH</b>	SM. 4500 H +A y 4500 H +B Método Convencional	Potenciómetro marca: HANNA
<b>Oxígeno disuelto</b>	SM. 4500-OG Método Convencional	Fotómetro marca: HANNA
<b>Coliformes Fecales</b>	SM. 9222-D Ptrifilm 3M	Petrifilm 3M

*Nota.* En este cuadro se identifica los procesos a seguir para cada uno de los parámetros. **Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

### 3.5.3. saturación de oxígeno disuelto

El porcentaje de saturación se utiliza para comparar la calidad del agua y se toma como la lectura de oxígeno disuelto expresada en mg/L dividida por el 100% del valor de oxígeno disuelto en el agua a la misma temperatura y presión barométrica. A continuación, se indica el porcentaje de saturación.

Presión en mmHg a diferente altura

A 2000 m = 596 mmHg

A 2500 m = 560mmHg

A 3000 m = 525 mmHg

A 3500 m = 493 mmHg

Dado estos datos de presión a estas alturas podemos realizar el cálculo de la saturación de oxígeno disuelto, usando la siguiente fórmula.

$$P = H * K$$

$$x = \frac{ng}{ng + nw}$$

Donde:

P= Presión de gas atmósfera

X= Fracción molar de equilibrio de gas disuelto

Ng= Moles de gas

Nw= Moles de agua

### **3.6. Criterios de calidad de Agua**

Para evaluar la calidad de agua del río se comparó los análisis de los resultados con los límites máximos permisibles que se analizaron en el acuerdo ministerial 097 A, anexo 1 del libro VI, tabla 2 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente recurso agua (Ministerio del Ambiente, 2015).

Temperatura, oxígeno disuelto, DBO<sub>5</sub> y el pH en las siguientes tablas.

#### **Tabla 5**

*Criterios de calidad de aguas*

**CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS QUE PARA CONSUMO HUMANO Y DOMÉSTICO**

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (5 días)</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	<2mg/L
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	<4 mg/L
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/L	>60% del OD Sat.
<b>pH</b>	pH		6-9
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100mL	1000

*Nota.* Tomado Acuerdo Ministerial 097 A, anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente recurso agua, ([http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/calidad\\_ambiental/normativas/acuerdo\\_ministerial\\_97a.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf)).

**Tabla 6**

*Criterios de calidad para preservación de la vida acuática*

**CRITERIOS DE CALIDAD ADMISIBLES PARA LA PRESERVACIÓN DE LA VIDA ACUÁTICA Y SILVESTRE EN AGUAS DULCES FRÍAS O CÁLIDAS, Y EN AGUAS MARINAS Y DE ESTUARIOS**

PARÁMETRO	EXPRESADO COMO	UNIDAD	CRITERIO DE CALIDAD		
			AGUA FRÍA DULCE	AGUA CÁLIDA DULCE	AGUA MARINA Y DE ESTUARIO
<b>Coliformes Fecales</b>	NMP	NMP/100 mL	200	200	200
<b>Oxígeno Disuelto</b>	OD	mg/L	> 80% OD Saturación	> 60% OD Saturación	> 60% OD Saturación

<b>Temperatura</b>	°C		Condiciones naturales < 5	Condiciones naturales < 5	Condiciones naturales < 5
<b>Demanda Química de Oxígeno</b>	DQO	mg/L	40	40	
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno</b>	DBO <sub>5</sub>	mg/L	20	20	
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	SST	mg/L	Máximo incremento de 10% de la condición natural	Máximo incremento de 10% de la condición natural	
<b>pH</b>			6-9	6-9	

*Nota.* Tomado Acuerdo Ministerial 097 A, anexo 1 del libro VI del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. Norma de calidad ambiental y de descarga de efluente recurso agua, ([http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/calidad\\_ambiental/normativas/acuerdo\\_ministerial\\_97a.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf)).

Para el análisis de los datos obtenidos, se realizó un Anova, el cuál es una fórmula estadística que se utiliza para comparar las varianzas entre las medias (o el promedio) de diferentes grupos. Una variedad de contextos lo utilizan para determinar si existe alguna diferencia entre las medias de los diferentes grupos. El programa para usar es RStudio.

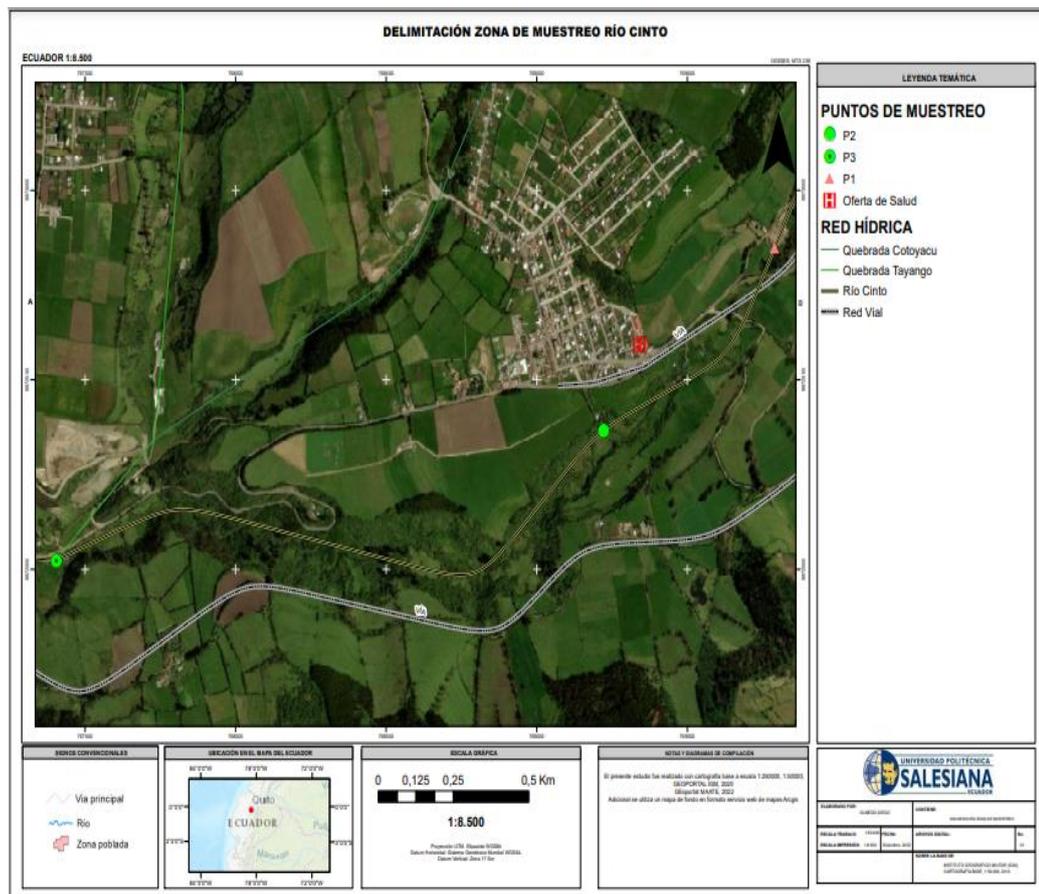
## 4.- RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1. Ubicación

Para la ubicación se colocó los shapen en el programa ArcGis, se colocó las capas de ríos, viviendas entre otras, se obtuvo la siguiente imagen.

**Figura 7**

*Mapa de la parroquia Lloa*



*Nota.* Tramo del río El Cinto, y ubicación de los puntos de muestreo.

**Fuente:** La investigación.

**Figura 8**

*Distancia entre puntos de muestreo*



Distancia entre los puntos de muestreo

Punto alto al Punto medio: 538m

Punto medio al Punto bajo: 2228.0447 m

Punto alto al Punto bajo: 2766.0447 m

Alturas de los puntos de muestreos

Punto 1: 3041m

Punto 2: 3020m

Punto 3: 2923m

#### 4.2. Número de muestras

Con base en la fórmula de número de muestras de la Norma INEN 2226, se alcanzó el siguiente resultado.

$$n = \frac{1856}{1 + \frac{0.1^2(1856 - 1)}{(0.95) * 2 * 0.5}}$$

$$n = 90.42051..$$

N= 91 muestras

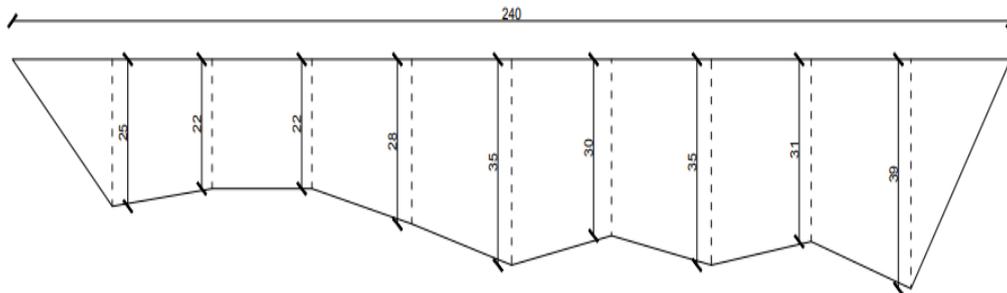
Este número de muestras se dividió para el número de días, en este estudio se lo realizó por 7 días entre los meses de noviembre y diciembre, lo cual dio el valor de 13 muestras simples por día, y así obtener las 3 muestras compuestas una por cada tramo y esto por los 7 días salió un total de 21 muestras compuestas.

### 4.3. Cálculo de caudal.

Para el área se usó los datos obtenidos in situ para colocarlos en el AutoCAD y así sacar el valor del área, a continuación, la imagen tomada del programa.

**Figura 9**

*Puntos de la sección transversal*



*Nota.* Datos reales de la altura de cada punto para sacar el área de la sección transversal del río.

Donde el área es  $6408.00 \text{ cm}^2$  y en metros es igual a  $0.6408 \text{ m}^2$

Para la velocidad se tomó promedio del recorrido del flotador desde el punto A hasta el punto B, el cual fue de esta manera:

**Tabla 7**

*Promedio de velocidad para cálculo de caudal*

Repetición	Tiempo(s)
1	7,58

2	9,32
3	6,15
4	8,42
5	8,84
<b>promedio</b>	8,062

*Nota.* Promedio de velocidad de 5 tiempos simultáneos. Elaborado por Diego Olmedo

$$v = \frac{d}{t}$$

$$v = \frac{5 \text{ m}}{8.062 \text{ s}}$$

$$v = 0.62 \text{ m/s}$$

Para el cálculo del caudal se realizó con la siguiente fórmula:

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.6408 \text{ m}^2 * 0.62 \text{ m/s}$$

$$Q = 0.397 \frac{\text{m}^3}{\text{s}}$$

#### 4.4. Parámetros

##### 4.4.1 coliformes fecales – NPM/100mL

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 8**

*Resultados obtenidos para coliformes fecales*

Mes de noviembre	Punto 1	Punto 2	Punto 3
Día 1 - Repetición 1	129 NMP/100 mL	135 NMP/100 mL	122 NMP/100 mL
Día 1 - Repetición 2	132 NMP/100 mL	130 NMP/100 mL	124 NMP/100 mL

<b>Día 1 - Repetición 3</b>	135 NMP/100 mL	133 NMP/100 mL	127 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	132 NMP/100 mL	132.66 NMP/100 mL	124.33 NMP/100 mL
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	234 NMP/100 mL	228 NMP/100 mL	240 NMP/100 mL
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	234 NMP/100 mL	246 NMP/100 mL	250 NMP/100 mL
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	252 NMP/100 mL	234 NMP/100 mL	230 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	240 NMP/100 mL	236 NMP/100 mL	240 NMP/100 mL
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	386 NMP/100 mL	402 NMP/100 mL	243 NMP/100 mL
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	380 NMP/100 mL	410 NMP/100 mL	366 NMP/100 mL
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	376 NMP/100 mL	390 NMP/100 mL	338 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	380.06 NMP/100 mL	400.66 NMP/100 mL	315.66 NMP/100 mL
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	318 NMP/100 mL	336 NMP/100 mL	248 NMP/100 mL
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	289 NMP/100 mL	297 NMP/100 mL	263 NMP/100 mL
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	265 NMP/100 mL	303 NMP/100 mL	239 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	290.66 NMP/100 mL	312 NMP/100 mL	250 NMP/100 mL
<b>Mes de Diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	185 NMP/100 mL	256 NMP/100 mL	135 NMP/100 mL
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	202 NMP/100 mL	242 NMP/100 mL	130 NMP/100 mL
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	194 NMP/100 mL	250 NMP/100 mL	128 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	193.66 NMP/100 mL	249.33 NMP/100 mL	131 NMP/100 mL
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	196 NMP/100 mL	246 NMP/100 mL	185 NMP/100 mL
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	188 NMP/100 mL	208 NMP/100 mL	214 NMP/100 mL
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	210 NMP/100 mL	224 NMP/100 mL	190 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	198 NMP/100 mL	226 NMP/100 mL	196.33 NMP/100 mL
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	174 NMP/100 mL	184 NMP/100 mL	175 NMP/100 mL
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	178 NMP/100 mL	178 NMP/100 mL	170 NMP/100 mL
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	164 NMP/100 mL	190 NMP/100 mL	182 NMP/100 mL
<b>Valor Promedio</b>	172 NMP/100 mL	184 NMP/100 mL	175.66 NMP/100 mL

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

En la Tabla 8 se interpretan los resultados para los siete días de muestreo para coliformes fecales expresado en NMP/100mL. Al ver los resultados del día 1, en los tramos 1 y 2 se mantiene constante los valores de coliformes, pero en el tercer punto decrece 7.67 NMP/100mL.

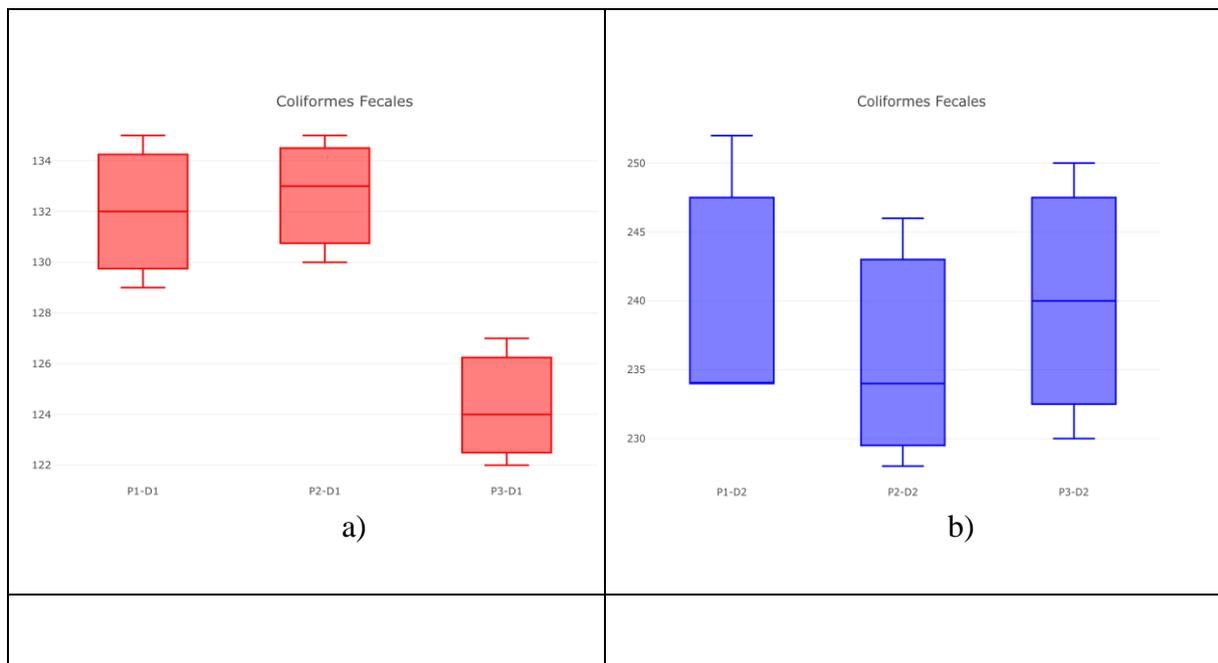
Relacionando con el día 5 que existe más variedad ya que en el punto 1 al punto 2, aumenta considerable 55.67 NMP/100mL, pero al punto 3 disminuye 118.33 NMP/100mL.

Se hace relación el valor promedio del día 1 punto 1 es igual a 132 NMP/100mL con el punto 2 del día 1 el cual posee un valor casi similar 132.66 NMP/100mL, para el punto 3 se ve una disminución 124.33 NMP/100mL. Los coliformes están presentes en números bajos en las heces humanas y de animales homeotérmicos, pero están en número elevado en aguas residuales. (Asesoría Técnica Parlamentaria, 2020)

A continuación, se presentará las gráficas de coliformes fecales, expresado por un diagrama de cajas de cada día de muestreo.

### Figura 10

*Resultados para el Valor de Coliformes Fecales Expresado en NMP/100ml*





**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Dia 1, <sup>b)</sup> Dia 2, <sup>c)</sup> Dia 3, <sup>d)</sup> Dia 4, <sup>e)</sup> Dia 5, <sup>f)</sup> Dia 6, <sup>g)</sup> Dia 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.2. pH

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 9**

*Resultados obtenidos para pH*

<b>Mes de noviembre</b>			
<b>pH</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	7.13	7.90	8.23
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	7.62	8.02	8.10
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	7.68	7.93	8.13
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.47</b>	<b>7.95</b>	<b>8.15</b>
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	7.38	7.41	8.06
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	7.79	7.54	8.21
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	7.79	7.59	8.27
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.65</b>	<b>7.51</b>	<b>8.18</b>
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	7.64	7.73	7.76
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	7.79	7.67	7.73
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	7.79	7.72	7.74
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.74</b>	<b>7.70</b>	<b>7.74</b>
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	7.48	7.94	8.08
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	7.50	7.82	8.28
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	7.73	7.88	8.32
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.57</b>	<b>7.88</b>	<b>8.22</b>
<b>Mes de diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	7.68	7.94	8.25
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	7.67	7.82	8.30
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	7.88	7.88	8.33
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.74</b>	<b>7.88</b>	<b>8.29</b>
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	7.65	7.73	8.44
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	7.60	7.85	8.49
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	7.61	7.82	8.42
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.62</b>	<b>7.8</b>	<b>8.45</b>
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	7.55	7.80	8.49

<b>Día 7 - Repetición 2</b>	7.62	7.92	8.30
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	7.60	7.89	8.28
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.59</b>	<b>7.87</b>	<b>8.35</b>

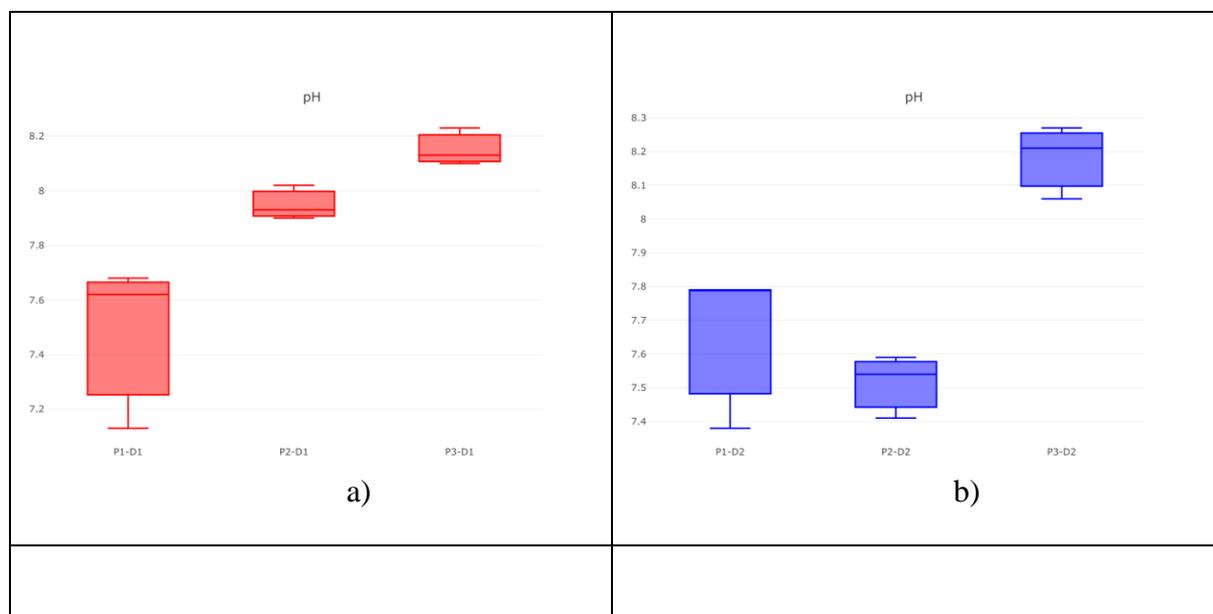
**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

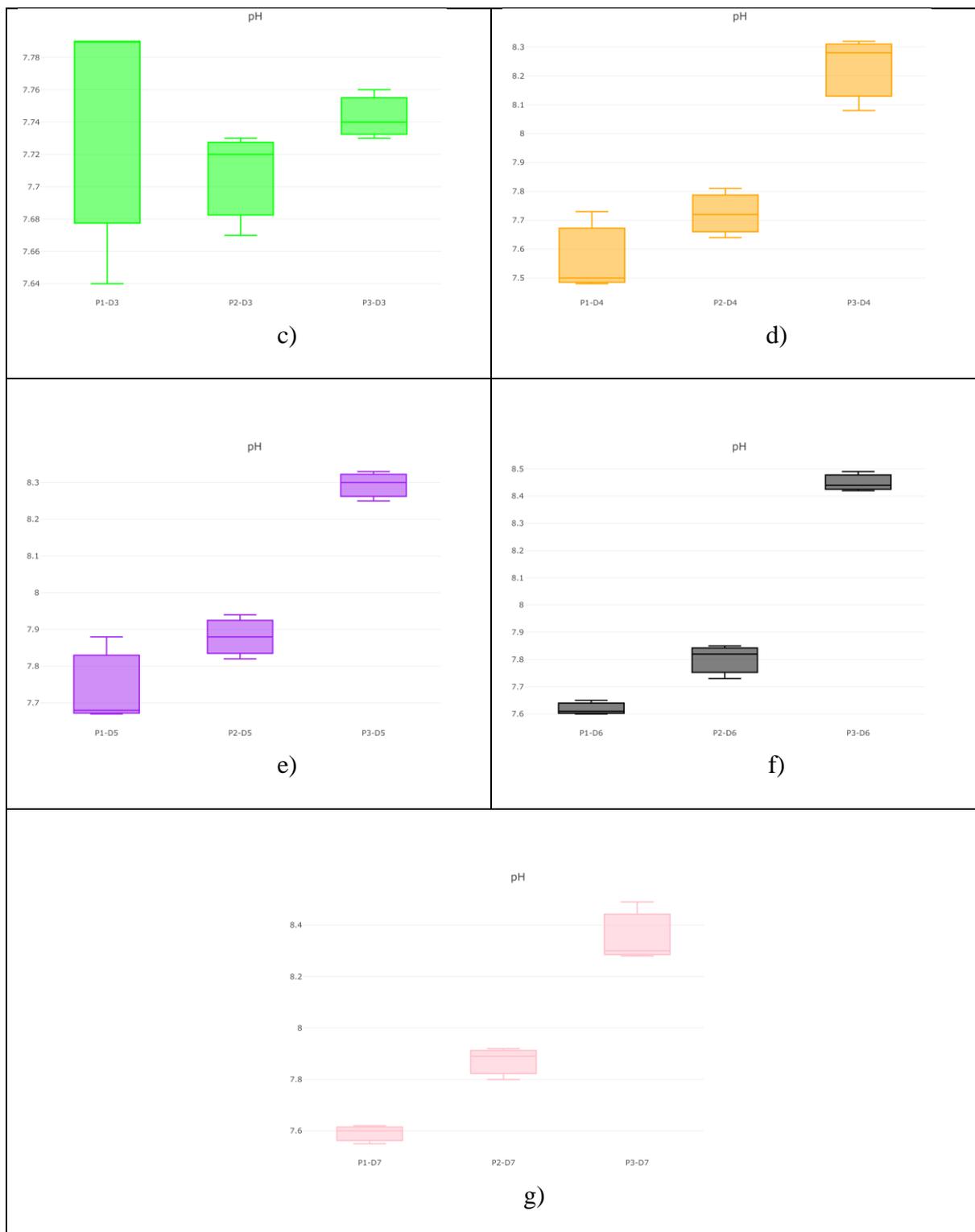
El pH, al tener valores menores a 5.5 es ácido y mayores 8.6 se le considera alcalina, los peces y otros organismos no pueden vivir, si se mantiene en un rango de 6 a 9 son aptos para vivir. El valor promedio más bajo se presentó en el día 1 tramo 1 fue de 7.47 y en valor promedio más alto fue de 8.45 en el día seis en el tramo 3. Basándose en los criterios de calidad de agua se encuentra en el rango de 6 a 9 del acuerdo ministerial 097 A, anexo 1 del libro VI, tabla 2 del Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente. (Ministerio del Ambiente, 2015).

A continuación, se presenta el diagrama de cajas de pH

### Figura 11

*Resultados para el Valor de pH*





**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Dia 1, <sup>b)</sup> Dia 2, <sup>c)</sup> Dia 3, <sup>d)</sup> Dia 4, <sup>e)</sup> Dia 5, <sup>f)</sup> Dia 6, <sup>g)</sup> Dia 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.3. Temperatura

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos.

**Tabla 10***Resultados obtenidos para temperatura*

<b>Mes de noviembre</b>			
<b>Temperatura</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	13.90 °C	14.50 °C	14.30 °C
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	14.40 °C	14.70 °C	15.70 °C
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	15.00 °C	15.00 °C	14.90 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>14.43 °C</b>	<b>14.73 °C</b>	<b>14.96 °C</b>
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	14.10 °C	15.10 °C	15.30 °C
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	14.50 °C	14.00 °C	14.40 °C
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	14.00 °C	13.70 °C	13.80 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>14.2 °C</b>	<b>14.26 °C</b>	<b>14.5 °C</b>
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	15.70 °C	14.20 °C	13.30 °C
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	14.50 °C	13.40 °C	12.80 °C
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	14.00 °C	13.00 °C	12.70 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>14.73 °C</b>	<b>13.53 °C</b>	<b>12.93 °C</b>
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	14.70 °C	14.50 °C	15.30 °C
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	14.70 °C	14.50 °C	15.60 °C
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	14.90 °C	14.60 °C	16.00 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>14.76 °C</b>	<b>14.53 °C</b>	<b>15.63 °C</b>
<b>Mes de diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	11.80 °C	12.20 °C	12.80 °C
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	11.90 °C	12.40 °C	13.00 °C
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	13.00 °C	12.90 °C	13.20 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>12.23 °C</b>	<b>12.5 °C</b>	<b>13 °C</b>
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	12.40 °C	12.60 °C	13.00 °C
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	12.60 °C	12.60 °C	13.30 °C
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	12.70 °C	12.70 °C	13.40 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>12.56 °C</b>	<b>12.63 °C</b>	<b>12.23 °C</b>
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	12.70 °C	12.70 °C	13.30 °C
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	12.90 °C	12.90 °C	13.50 °C
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	13.00 °C	13.10 °C	13.60 °C
<b>Valor Promedio</b>	<b>12.86 °C</b>	<b>12.9 °C</b>	<b>13.46 °C</b>

Fuente: Elaborado por Diego Olmedo

El valor promedio más bajo fue de 12.23°C presente en el tramo 1 del día 5, y el valor promedio más alto es 15.66 °C en el día 4 tramo 3. La temperatura es uno de los factores más

importantes en la calidad del agua de los ríos, ya que tiene una fuerte influencia en sus características físicas, químicas y biológicas. Se sabe que incrementos en la temperatura del agua llevan a la consecuente reducción del contenido de OD, pudiendo llegar a niveles críticos y alterar los patrones de mezcla y la capacidad de autodepuración de ríos y lagos (Montes, Raquel, 2013).

La temperatura ambiente de la parroquia Lloa, con estos datos se realizó una comparación con la temperatura del río El Cinto ubicado en la misma parroquia. Las intensidades más altas registradas están en el orden de los 40-45 mm en 1 hora. La temperatura media es 14° C hasta los 9.5° C a 3.400 msnm, con mínimas entre 0° y 4° C y máximas entre 24° a 26° C (Chiguano M. , 2020).

Como ejemplo, se tomó el valor promedio del día 3 del punto 3, para realizar la variación de temperatura, que se realiza con una simple resta y ver que tal esta la temperatura del río.

$T_m$  ambiente: 14 °C

T río P1: 12.93°C

Variación= 14°C – 12.93°C

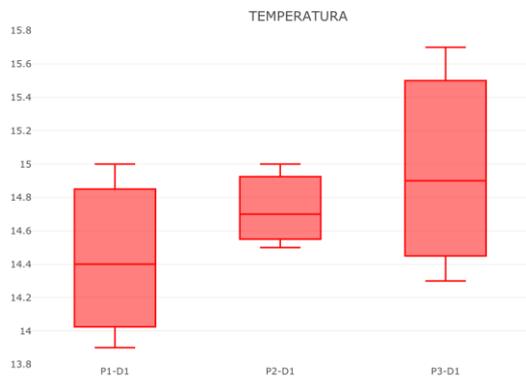
Variación = 1.07°C

Se observó que tanto la temperatura del río como la temperatura ambiente no varían mucho, se puede decir que es una temperatura óptima.

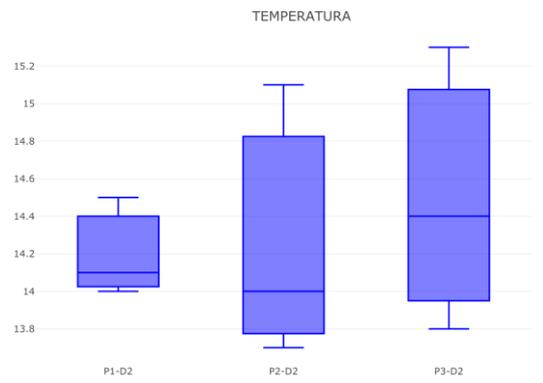
a continuación, se presenta el diagrama de cajas de la variación de temperatura para cada día de muestreo.

## **Figura 12**

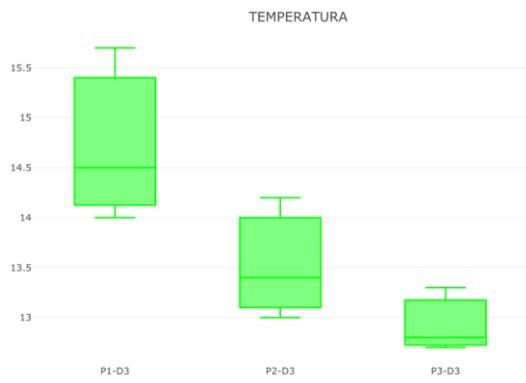
*Resultados de temperatura*



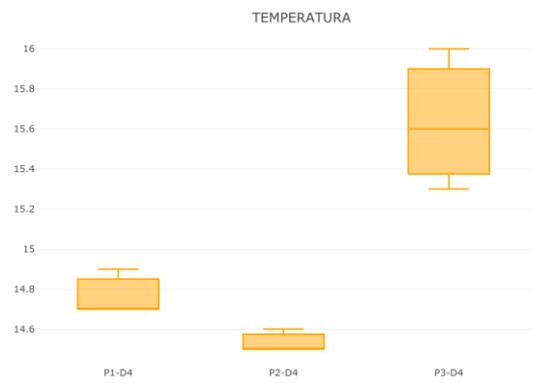
a)



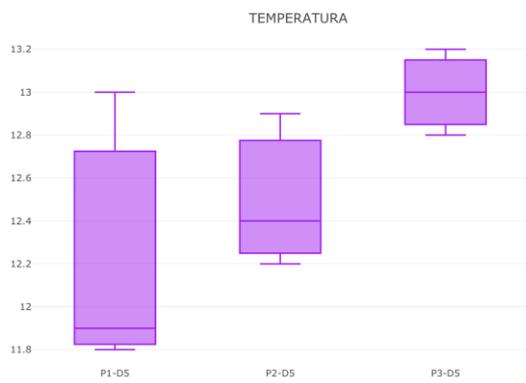
b)



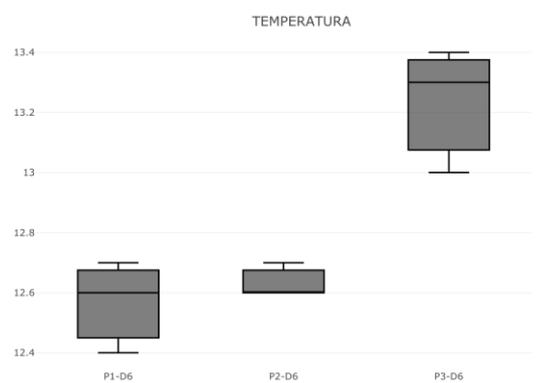
c)



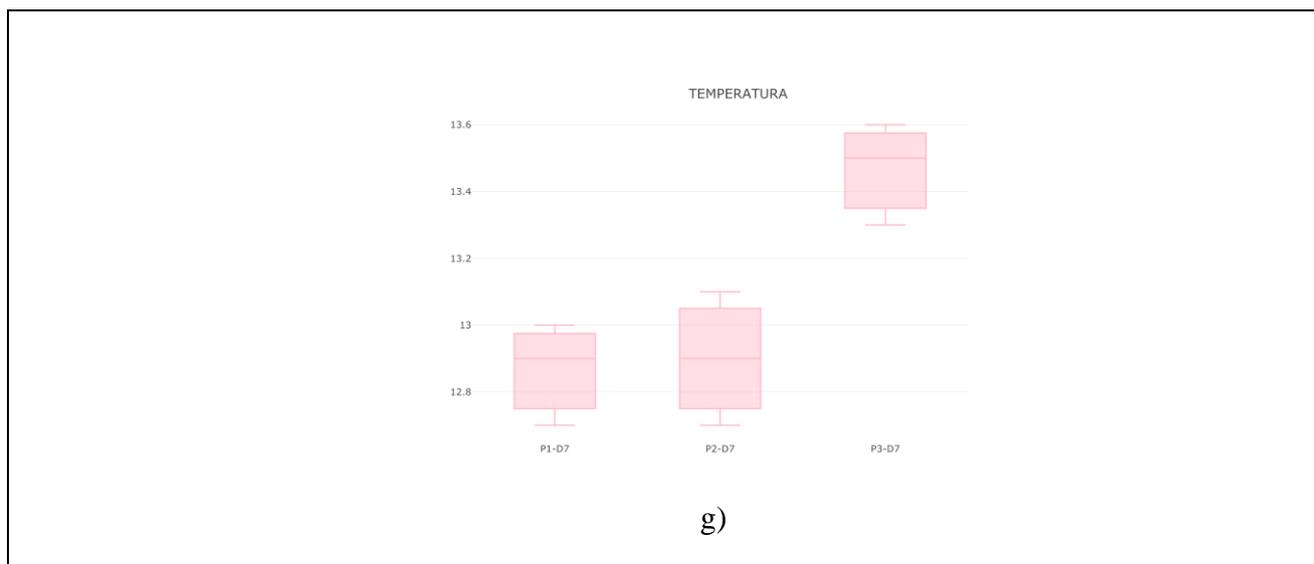
d)



e)



f)



*Nota.* La Figura está representada por <sup>a)</sup> Día 1, <sup>b)</sup> Día 2, <sup>c)</sup> Día 3, <sup>d)</sup> Día 4, <sup>e)</sup> Día 5, <sup>f)</sup> Día 6, <sup>g)</sup> Día 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.4. Oxígeno Disuelto

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 11**

*Resultados obtenidos para Oxígeno Disuelto*

Mes de noviembre			
Oxígeno Disuelto	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	6.57mg/L	5.72 mg/L	6.62 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	6.42 mg/L	6.11 mg/L	6.65 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	6.5 mg/L	6.16 mg/L	6.6 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.49 mg/L</b>	<b>5.99 mg/L</b>	<b>6.62 mg/L</b>
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	7.09 mg/L	7.02 mg/L	6.82 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	6.98 mg/L	6.91 mg/L	6.84 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	7.00 mg/L	6.93 mg/L	6.86 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>7.02 mg/L</b>	<b>6.95 mg/L</b>	<b>6.84 mg/L</b>
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	6.68 mg/L	6.63 mg/L	7.5 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	6.41 mg/L	6.79 mg/L	7.54 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	6.59 mg/L	6.40 mg/L	7.46 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.56 mg/L</b>	<b>6.60 mg/L</b>	<b>7.5 mg/L</b>
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	6.83 mg/L	6.84 mg/L	6.43 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	6.85 mg/L	6.86 mg/L	7.41 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	6.84 mg/L	6.83 mg/L	6.56 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.84 mg/L</b>	<b>6.84 mg/L</b>	<b>6.8 mg/L</b>
<b>Mes de diciembre</b>			

<b>Día 5 - Repetición 1</b>	6.83 mg/L	6.99 mg/L	6.43 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	6.85 mg/L	6.77 mg/L	7.41 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	6.84 mg/L	6.88 mg/L	6.56 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.84 mg/L</b>	<b>6.88 mg/L</b>	<b>6.8 mg/L</b>
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	6.32 mg/L	6.31 mg/L	6.32 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	6.33 mg/L	6.35 mg/L	6.39 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	6.33 mg/L	6.33 mg/L	6.3 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.32 mg/L</b>	<b>6.33 mg/L</b>	<b>6.33 mg/L</b>
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	6.55 mg/L	6.67 mg/L	6.53 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	6.57 mg/L	6.51 mg/L	7.00 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	6.56 mg/L	6.59 mg/L	6.34 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>6.56 mg/L</b>	<b>6.59 mg/L</b>	<b>6.62 mg/L</b>

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

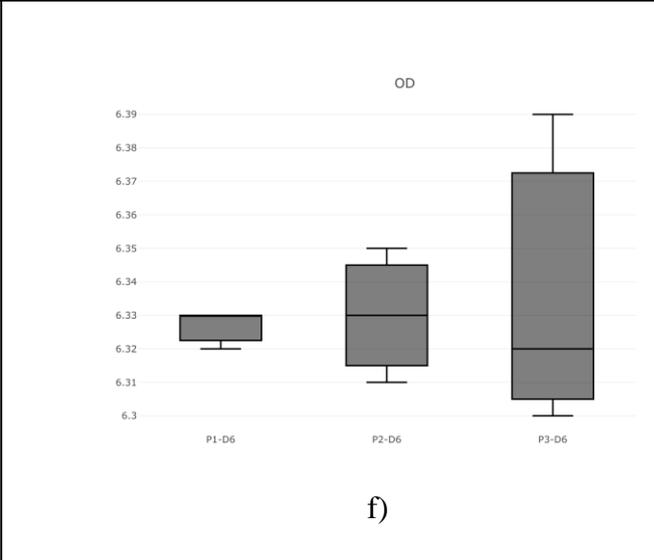
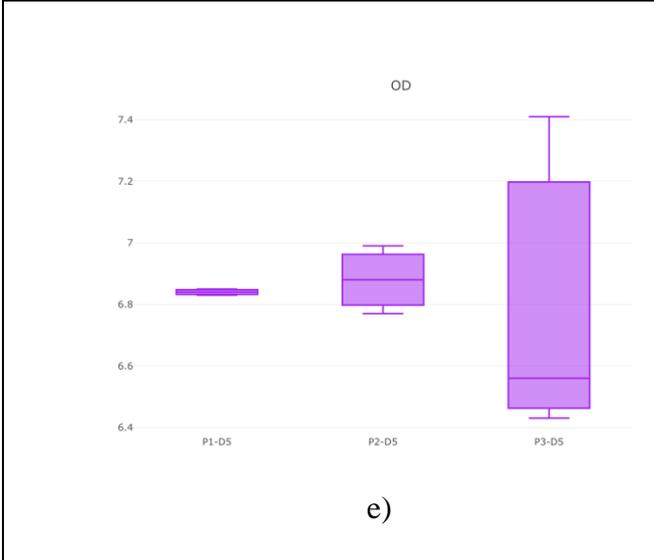
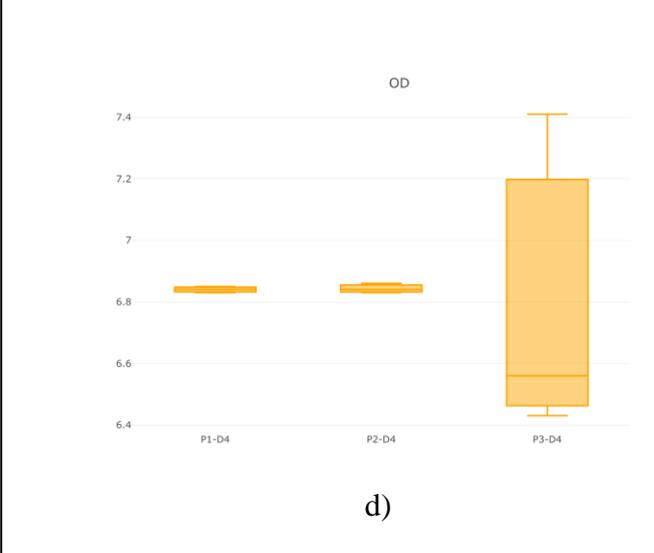
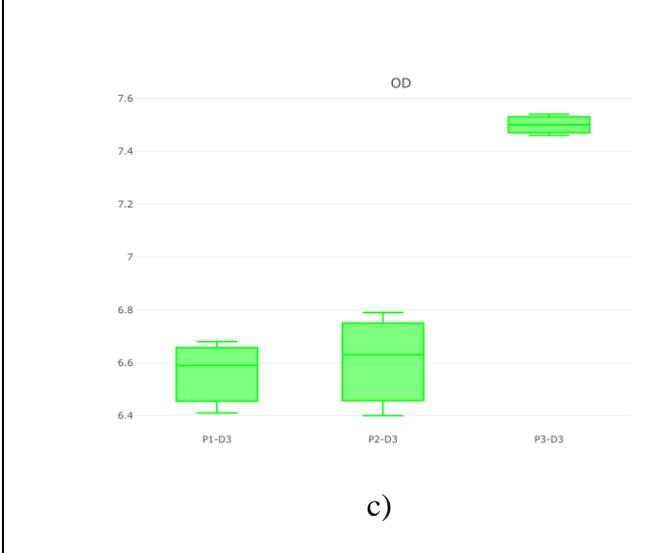
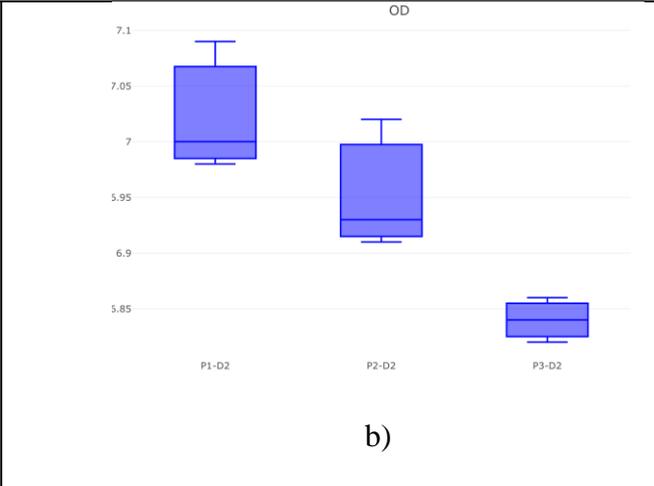
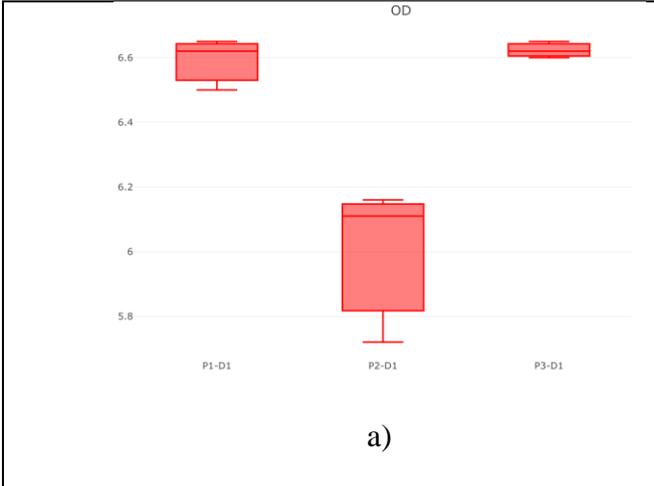
En la **Tabla 11**, se muestran los datos tabulados de los siete días de muestreo para oxígeno disuelto expresado en mg/L. Aquí si se encuentra variación de ciertos días, el oxígeno disuelto al tener un incremento durante los tramos estudiados, indica que en el día 3 existe un aumento de la concentración de oxígeno disuelto, el cual va desde el punto 1 con un valor promedio de 6.56 mg/L y que en el punto 2 llega a subir a 6.60 mg/L y termina en el punto 3 incrementa a un valor de 7.5 mg/L, si se tiene niveles bajos de OD algunos peces y otros organismos no podrán sobrevivir. (Peña, 2007).

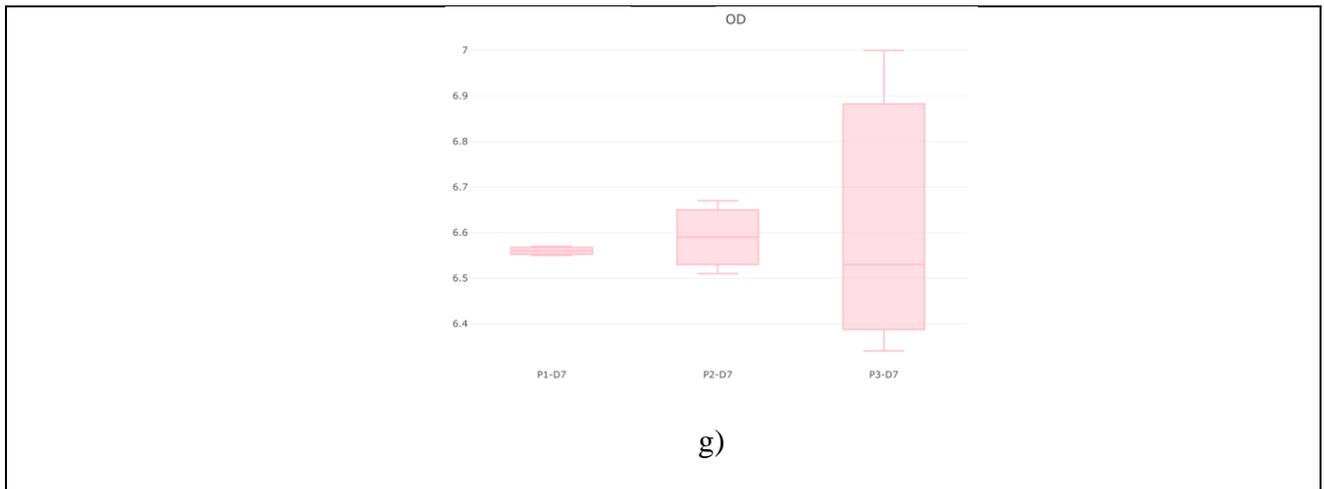
A continuación, en la gráfica se presenta la variación de oxígeno disuelto por día explicado por diagrama de caja.

### **Figura 13**

*Resultados para el Valor de Oxígeno Disuelto Expresado en mg/L*

--	--





**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Día 1, <sup>b)</sup> Día 2, <sup>c)</sup> Día 3, <sup>d)</sup> Día 4, <sup>e)</sup> Día 5, <sup>f)</sup> Día 6, <sup>g)</sup> Día 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Relación de Oxígeno Disuelto con el tramo de río estudiado.**

#### 4.4.4.1. Cálculo de saturación de oxígeno disuelto

Punto 1; 30.41 m

$$\frac{493 - 525}{3500 - 3000} = \frac{493 - P1}{3500 - 3041}$$

$$P1 = 522.376 \text{ mmHg}$$

$$OD \text{ saturación} = K_h * PO_2$$

PO<sub>2</sub> = 0.21 Constante

T<sub>1</sub> = 13.68 °C

$$K_h = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}}$$

$$OD1 = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}} * 0.21 \left( \frac{522.376}{760} \text{ mmHg} \right) \text{ atm} * \frac{32 \text{ g} * 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ mol } O_2 * 1 \text{ g}}$$

$$OD1 = 6.28 \text{ mg/L}$$

Punto 2; h= 3020 m

$$\frac{493 - 525}{3500 - 3000} = \frac{493 - P1}{3500 - 3020}$$

$$P2 = 523.72 \text{ mmHg}$$

$$OD \text{ saturación} = K_h * PO_2$$

PO2= 0.21 Constante

T2= 13.58 °C

$$K_h = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}}$$

$$OD1 = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}} * 0.21 \left( \frac{523.72}{760} \text{ mmHg} \right) \text{ atm} * \frac{32 \text{ g} * 10^3 \text{ mg}}{1 \text{ mol } O_2 * 1 \text{ g}}$$

$$OD1 = 6.297 \text{ mg/L}$$

Punto 3; h= 2923 m

$$\frac{525 - 560}{3000 - 2500} = \frac{525 - P1}{3000 - 2923}$$

$$P1 = 530.39 \text{ mmHg}$$

$$OD \text{ saturación} = K_h * PO_2$$

PO2= 0.21 Constante

T3= 13.81 °C

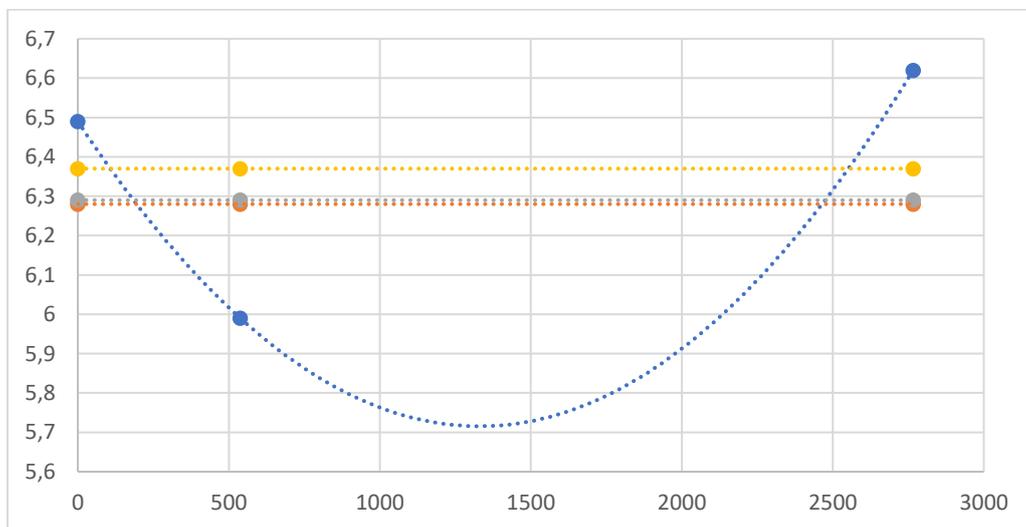
$$Kh = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}}$$

$$OD1 = 1.36 \times 10^{-3} \frac{\text{mol}}{\text{L} * \text{atm}} * 0.21 \left( \frac{530.39}{760} \text{mmHg} \right) \text{atm} * \frac{32 \text{g} * 10^3 \text{mg}}{1 \text{mol} O_2 * 1 \text{g}}$$

$$OD1 = 6.37 \frac{\text{mg}}{\text{L}}$$

**Figura 14**

*Concentración de OD mg/L Día 1*

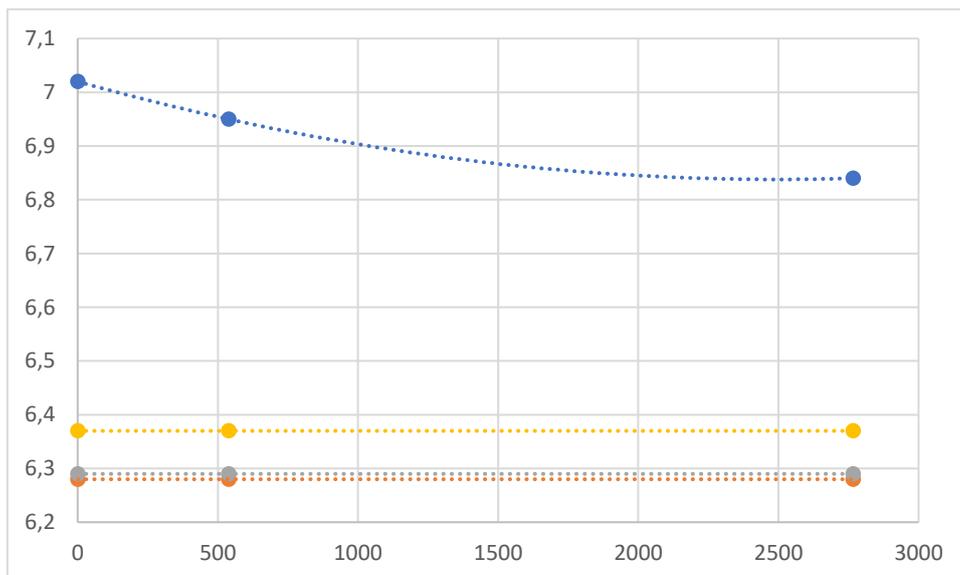


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 15**

*Concentración de OD mg/L Día 2*

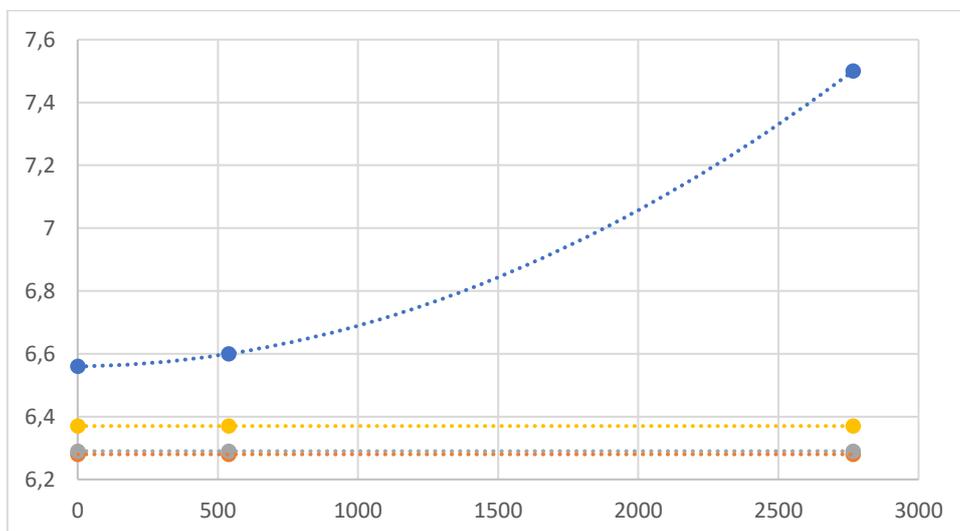


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

### Figura 16

Concentración de OD mg/L Día 3

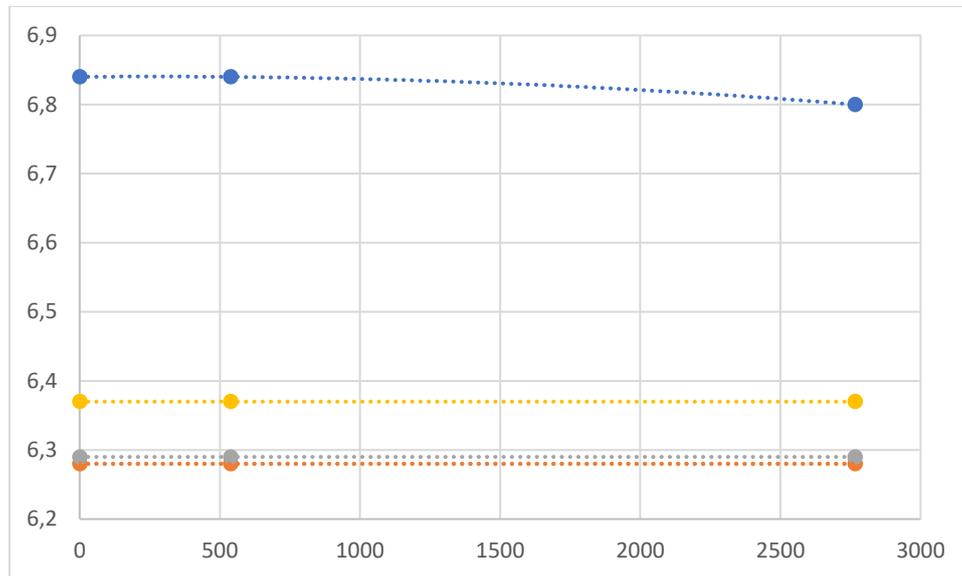


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 17**

*Concentración de OD mg/L Día 4*

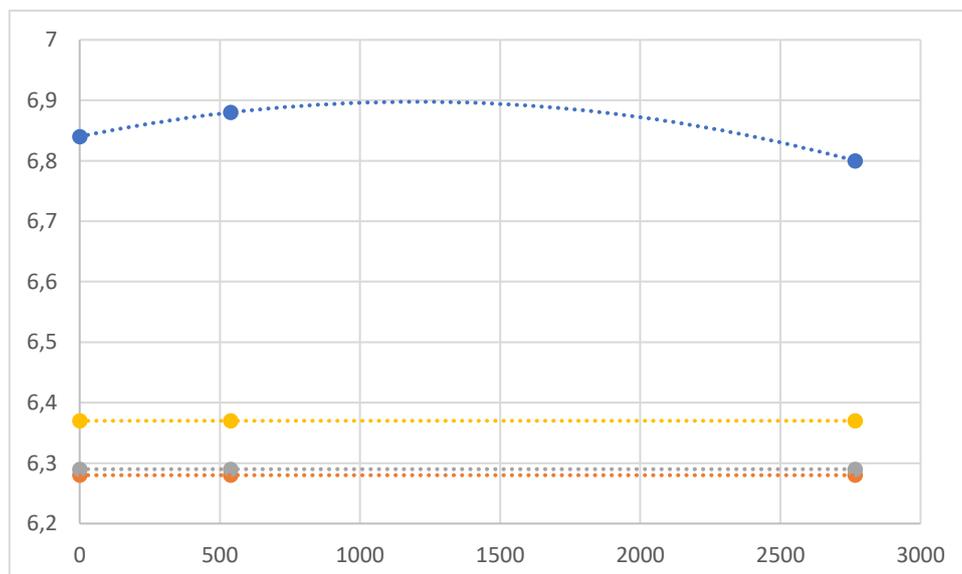


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 18**

*Concentración de OD mg/L Día 5*

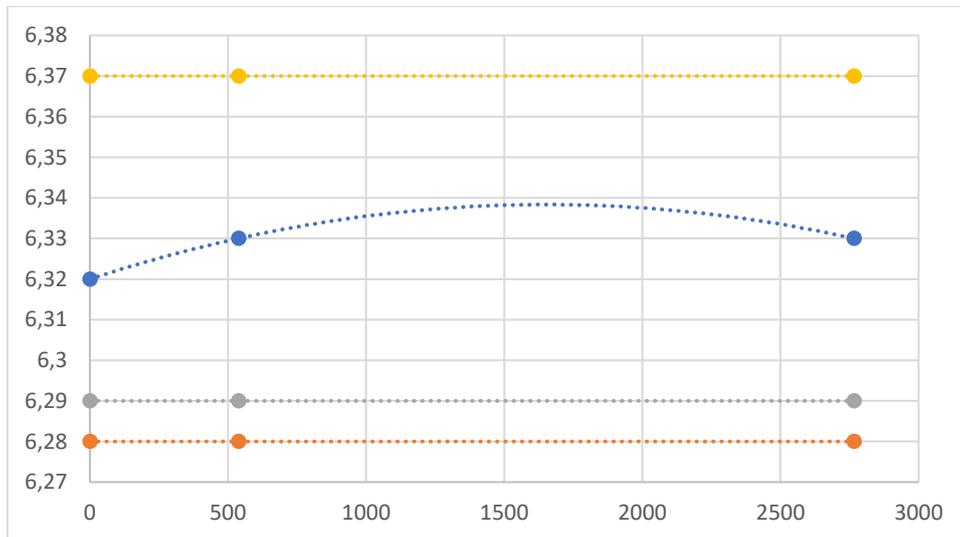


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 19**

*Concentración de OD mg/L Día 6*

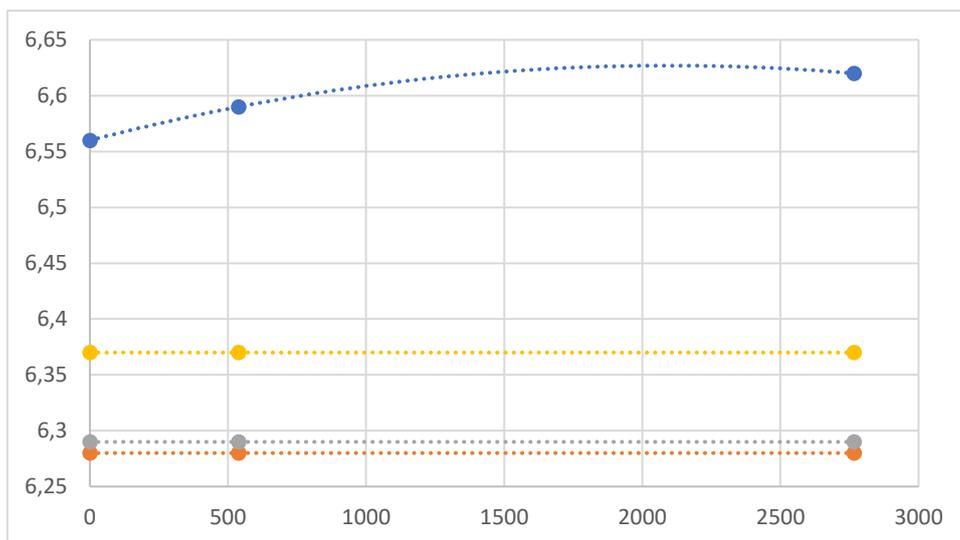


**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 20**

*Concentración de OD mg/L Día 7*



**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto. La línea de color tomate es el valor de concentración de oxígeno disuelto en el punto 1 que es 6.28 mg/L, la línea de color ploma del punto 2 que es 6.29 mg/L, y la línea de color amarilla pertenece al punto 3 que es 6.37 mg/L.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

En el punto 1 se observa que hay un decrecimiento de la concentración de oxígeno del punto 1 al punto 2, pero de 2 a 3 los valores son mayores, además se observan que tanto en el punto 1 como en el 3 los valores son mayores a los que corresponderían a la concentración de oxígeno disuelto de saturación y que solo en el punto 2 hay un decremento.

### Porcentaje de concentración de OD en relación con nivel de OD

**Tabla 12**

*Identificación por colores para observar el nivel de OD*

	colores	
Supersaturacion	verde	$\geq 101\%$
Excelente	celeste	90-100%
Adecuado	tomate	80-89%
Aceptable	azul	60-79%
Pobre	rojo	$<60\%$

**Fuente:** (Villanova, 2004)

**Tabla 13**

*Valores en porcentaje de concentración de OD*

Día	Alta	Media	Baja
1	103,34%	95,23%	103,92%
2	111,78%	110,49%	107,37%
3	104,45%	110,92%	117,73%
4	108,91%	108,74%	106,75%
5	108,91%	109,37%	106,75%
6	100,64%	100,64%	99,37%
7	104,45%	104,76%	103,92%

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.5. DQO

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 14**

*Resultados obtenidos para DQO*

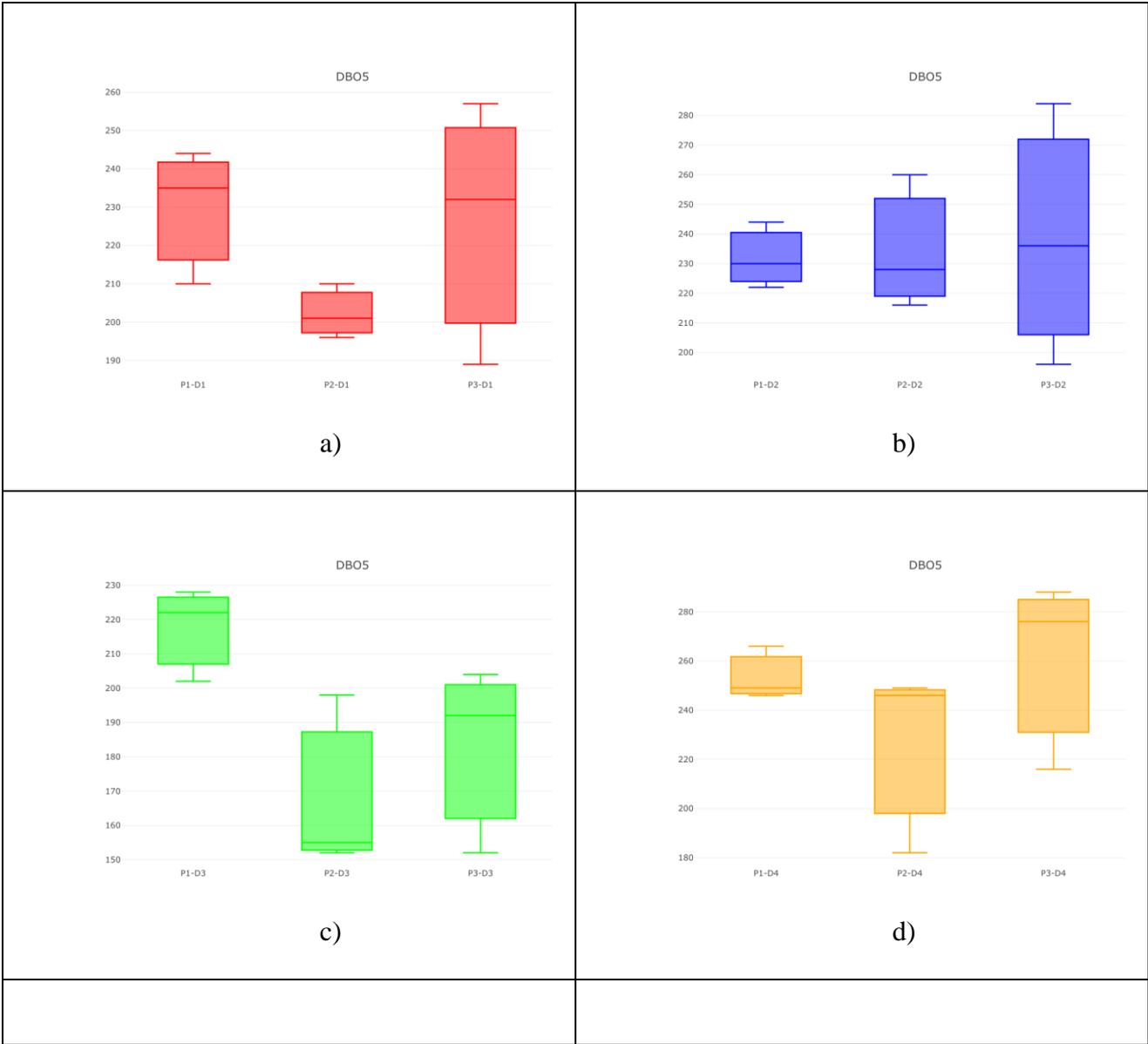
<b>Mes de noviembre</b>			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	611 mg/L	526 mg/L	642 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	587 mg/L	502 mg/L	580 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	525 mg/L	489 mg/L	472 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>574.33 mg/L</b>	<b>505.66 mg/L</b>	<b>564.66 mg/L</b>
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	610 mg/L	650 mg/L	710 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	575 mg/L	570 mg/L	590 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	555 mg/L	540 mg/L	490 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>580 mg/L</b>	<b>586.66 mg/L</b>	<b>596.66 mg/L</b>
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	570 mg/L	495 mg/L	510 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	555 mg/L	388 mg/L	480 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	505 mg/L	380 mg/L	380 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>543.33 mg/L</b>	<b>421 mg/L</b>	<b>456.66 mg/L</b>
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	664 mg/L	706 mg/L	721 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	623 mg/L	623 mg/L	690 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	615 mg/L	615 mg/L	540 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>634 mg/L</b>	<b>648 mg/L</b>	<b>650.33 mg/L</b>
<b>Mes de diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	740 mg/L	721 mg/L	758 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	667 mg/L	650 mg/L	684 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	605 mg/L	631 mg/L	578 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>670.66 mg/L</b>	<b>667.33 mg/L</b>	<b>673.33 mg/L</b>
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	616 mg/L	626 mg/L	698 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	587 mg/L	605 mg/L	647 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	582 mg/L	559 mg/L	512 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>595 mg/L</b>	<b>596.66 mg/L</b>	<b>619 mg/L</b>
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	610 mg/L	550 mg/L	587 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	599 mg/L	492 mg/L	358 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	572 mg/L	426 mg/L	247 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	<b>593.66 mg/L</b>	<b>489.33 mg/L</b>	<b>397.33 mg/L</b>

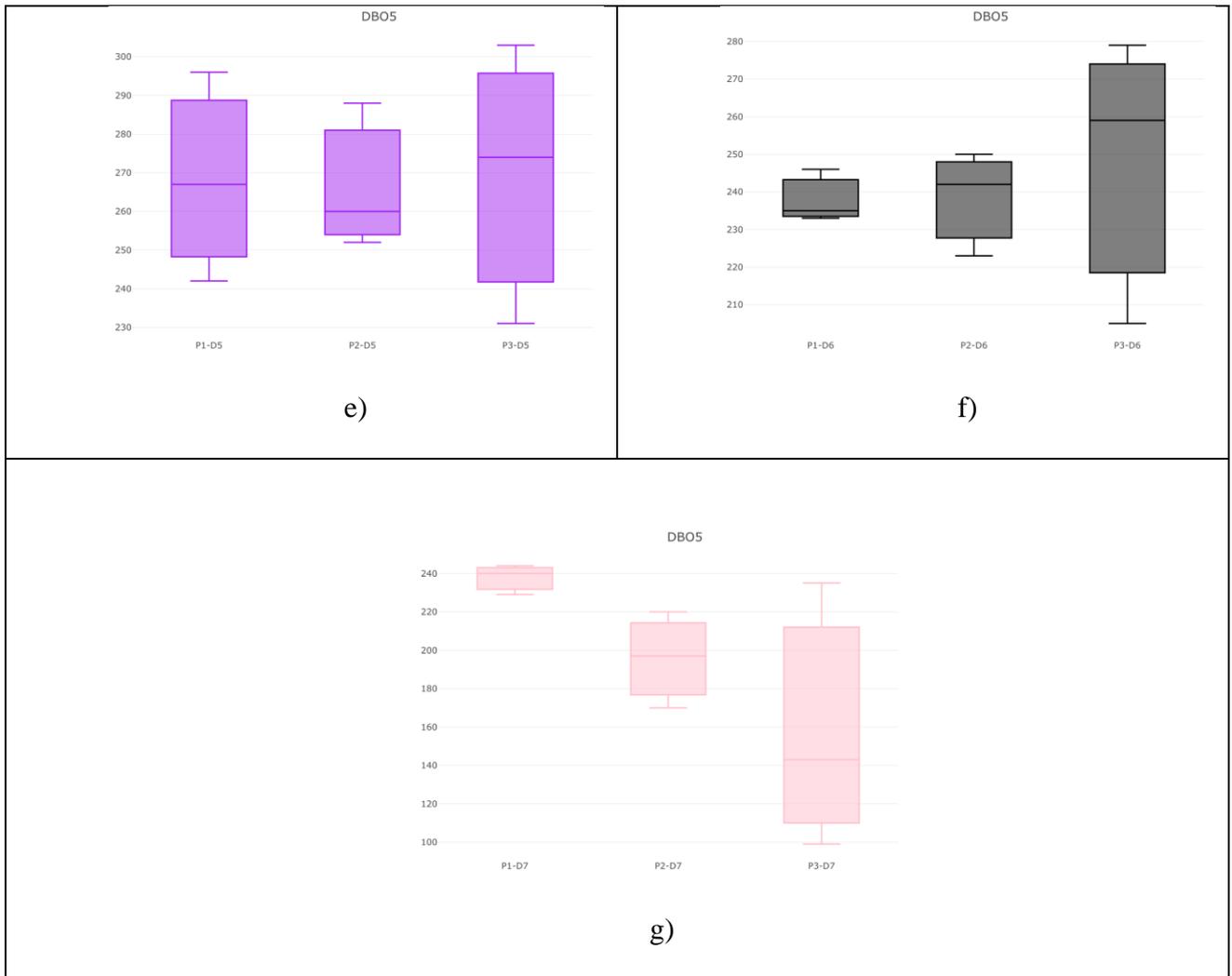
Fuente: Elaborado por Diego Olmedo

Al tener una DQO que va de aumento como son en los días dos, tres, cuatro, cinco y seis, se da a entender que el río se encuentra con concentraciones medias. Se puede analizar que del punto 1 al punto 2 hay un descenso de DQO, mientras que los demás días vuelve a aumentar, al relacionar las concentraciones de materia orgánica suelen ser muy elevadas, estas van oscilando entre 1.000 y 100.000 mg/L de DBO<sub>5</sub> (Pérez, 2009)

**Figura 21**

*Resultados para el Valor de DQO Expresado en mg/L*





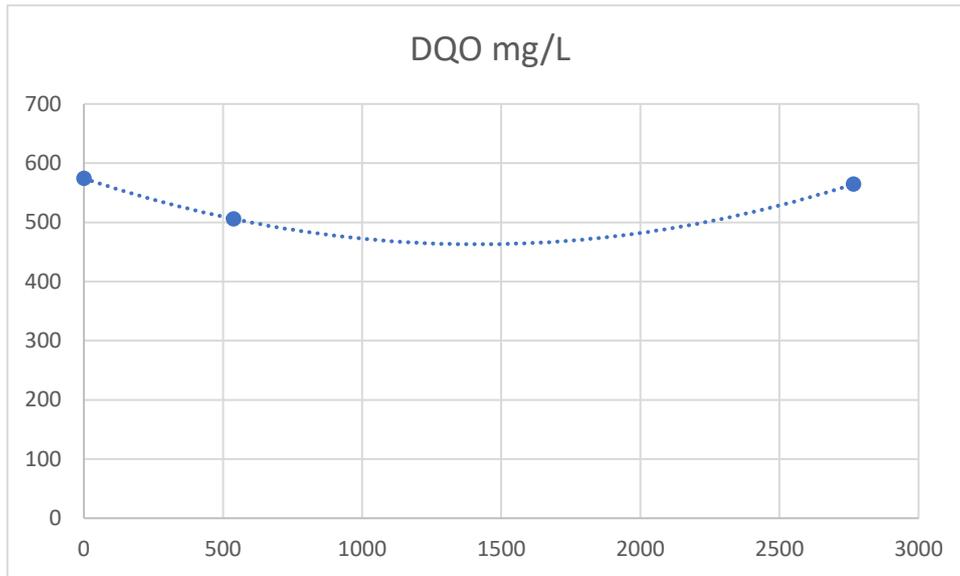
**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Día 1, <sup>b)</sup> Día 2, <sup>c)</sup> Día 3, <sup>d)</sup> Día 4, <sup>e)</sup> Día 5, <sup>f)</sup> Día 6, <sup>g)</sup> Día 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

Gráfica de la DQO con relación con los tramos estudiados

## Figura 22

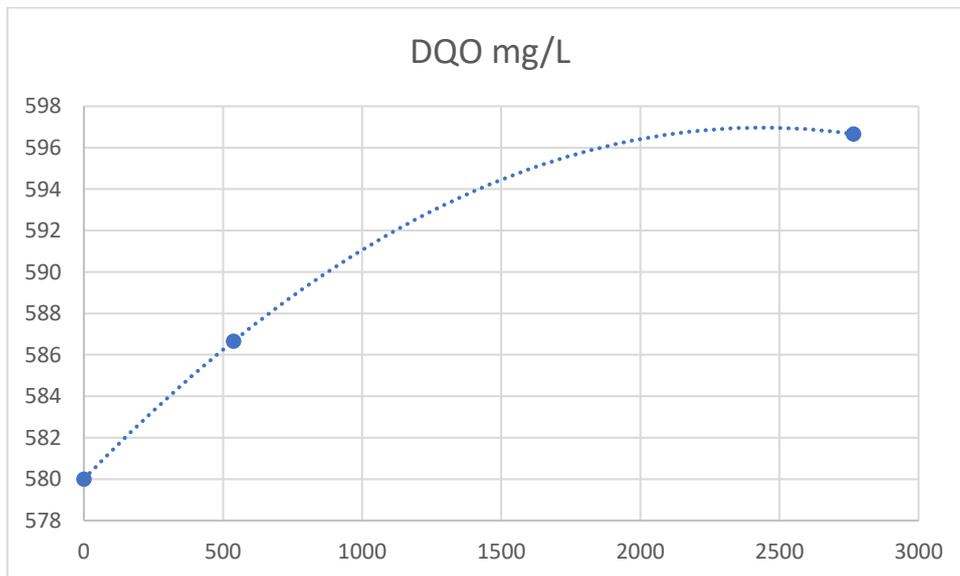
*DQO Día 1*



**Nota.** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.  
**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 23**

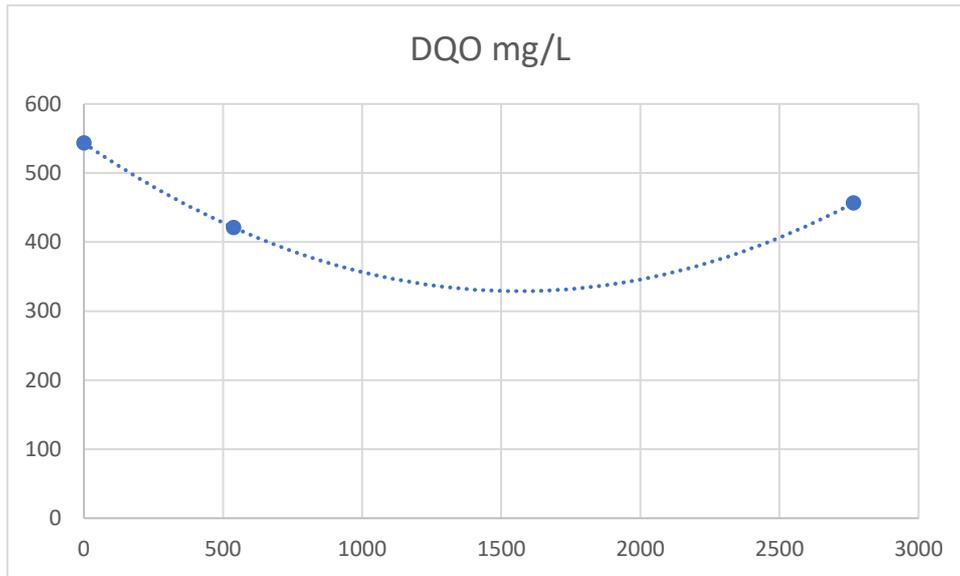
*DQO Día 2*



**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.  
**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 24**

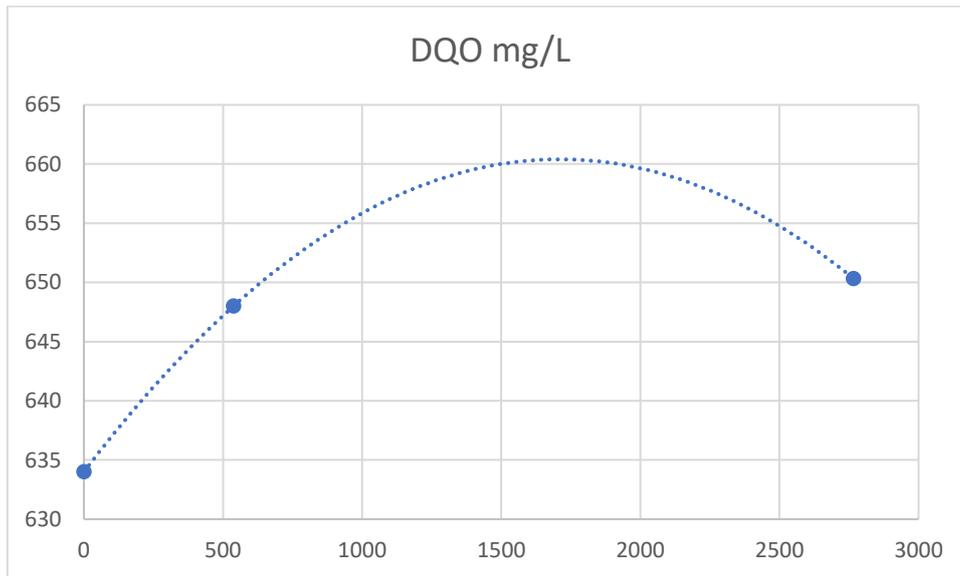
*DQO Día 3*



**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.  
**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 25**

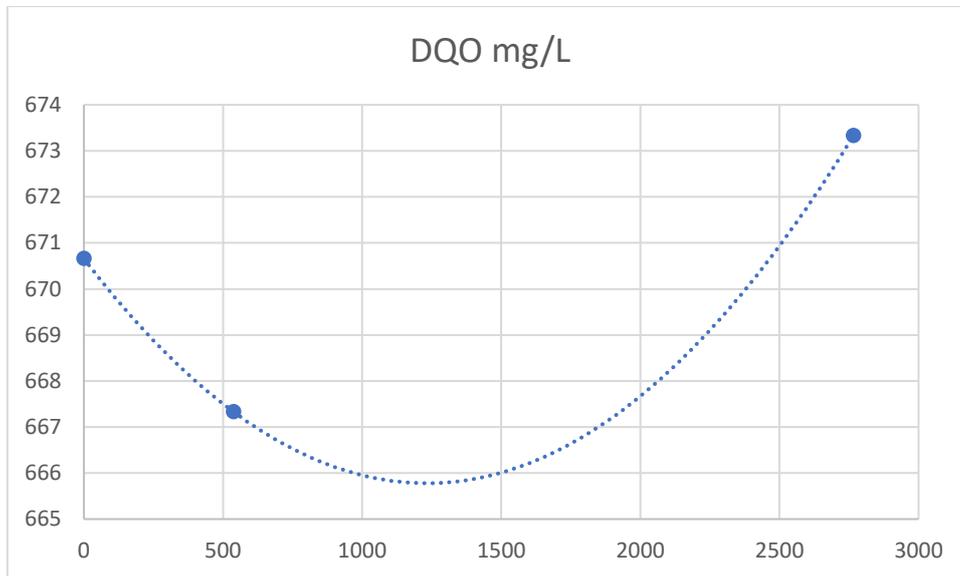
*DQO Día 4*



**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.  
**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 26**

*DQO Día 5*

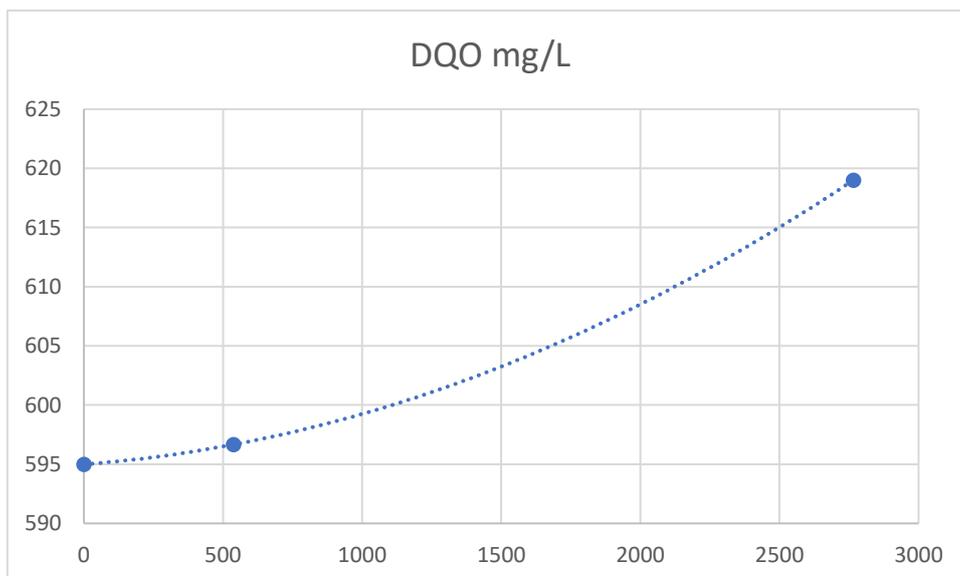


**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 27**

*DQO Día 6*

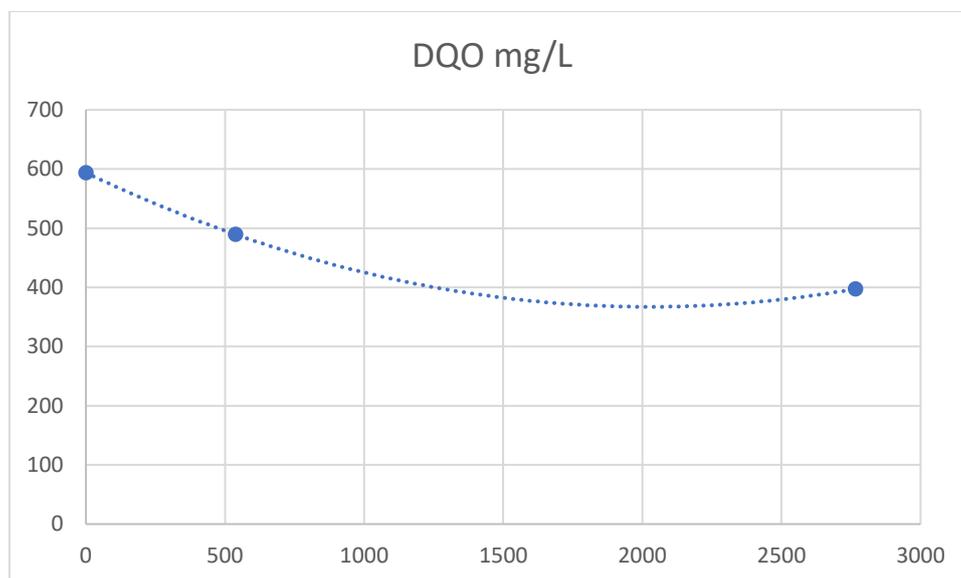


**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

**Figura 28**

*DQO Día 7*



**Nota:** La línea azul presentó los datos obtenidos in situ de oxígeno disuelto.

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.6. DBO<sub>5</sub> – mg/L

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 15**

*Resultados obtenidos para DBO<sub>5</sub>*

<b>Mes noviembre</b>			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	244 mg/L	210 mg/L	257 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	235 mg/L	201 mg/L	232 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	210 mg/L	196 mg/L	189 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	229.66 mg/L	202.33 mg/L	226 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	244 mg/L	260 mg/L	284 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	230 mg/L	228 mg/L	236 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	222 mg/L	216 mg/L	196 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	232 mg/L	234.66 mg/L	238.66 mg/L

<b>Día 3 - Repetición 1</b>	228 mg/L	198 mg/L	204 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	222 mg/L	155 mg/L	192 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	202 mg/L	152 mg/L	152 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	217.33 mg/L	168.33 mg/L	182.66 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 1</b>	266 mg/L	182 mg/L	288 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	249 mg/L	249 mg/L	276 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	246 mg/L	246 mg/L	216 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	253.66 mg/L	225.66 mg/L	260 mg/L
<b>Mes diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	296 mg/L	288 mg/L	303 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	267 mg/L	260 mg/L	274 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	242 mg/L	252 mg/L	231 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	268.33 mg/L	266.66 mg/L	269.33 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	246 mg/L	250 mg/L	279 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	235 mg/L	242 mg/L	259 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	233 mg/L	223 mg/L	205 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	238 mg/L	238.33 mg/L	246.66 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	244 mg/L	220 mg/L	235 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	240 mg/L	197 mg/L	143 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	229 mg/L	170 mg/L	99 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	237.66 mg/L	195.66 mg/L	159 mg/L

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

Se observa que el río posee contaminación por la elevada concentración de DBO<sub>5</sub>, al estar elevándose como en los días dos, cuatro, cinco y seis. Eso indica que va reducir la cantidad de oxígeno disuelto en el río, ya que entre mayor la concentración de DBO<sub>5</sub> menor será la concentración. Se mantiene en un rango de 200 mg/L hasta los 300 mg/L. se toma en cuenta el valor promedio del día 6 se mantiene constante los valores del punto 1 con el punto 2, mientras que en el punto 3 se ve un incremento de la DBO<sub>5</sub>. Mientras mayor sea la cantidad de materia orgánica en el agua más alta será la DBO. Cuando la DBO excede 20 mg/L, el agotamiento de oxígeno representa un peligro, su incremento provoca la disminución del contenido de oxígeno disuelto en los cuerpos de agua (labomersa, s.f.).

Si se descarga material contaminante que se mida en términos de DBO, las bacterias aerobias van a necesitar oxígeno para poder degradar (NOVOA, 2015)

Relación DQO/DBO<sub>5</sub>

$$\text{Índice de Biodegradabilidad} = \frac{DQO}{DBO_5}$$

Se realizó un cálculo del día 2 de DBO<sub>5</sub> y de DQO para ver su índice de biodegradabilidad, para lo cual los datos son los siguientes:

Punto 1, día 2, DBO<sub>5</sub> = 232 mg/L

Punto 1, día 2, DQO = 580 mg/L

$$\frac{232 \text{ mg/L}}{580 \text{ mg/L}} = 0.4$$

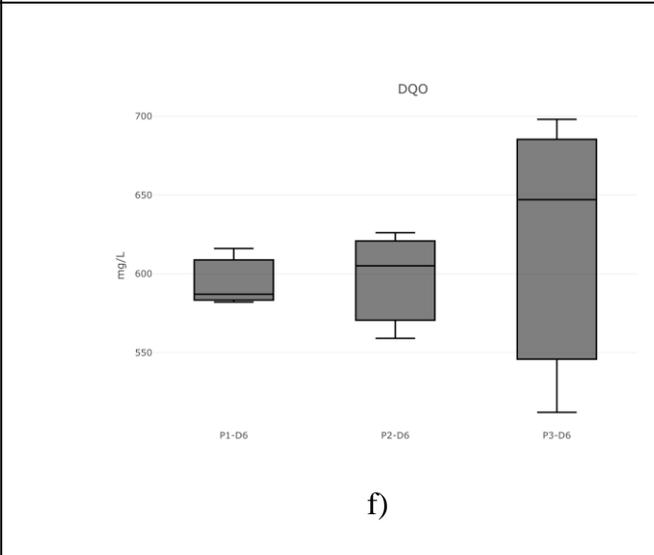
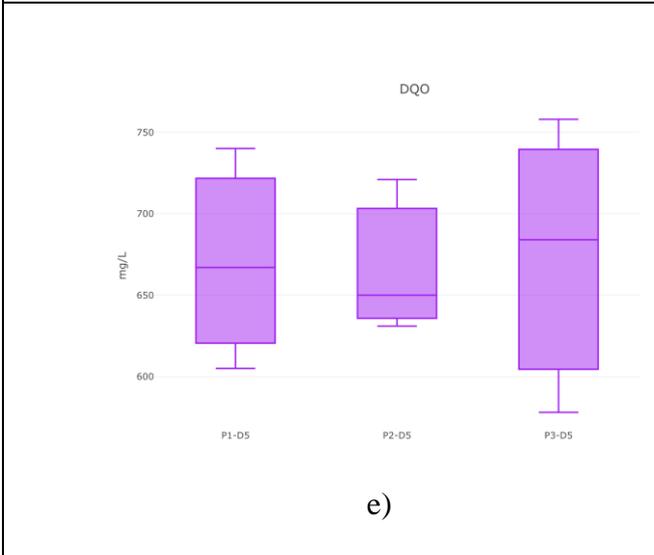
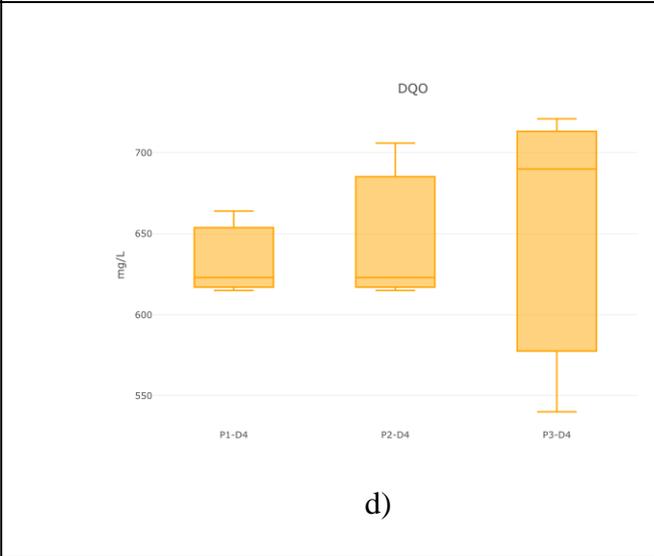
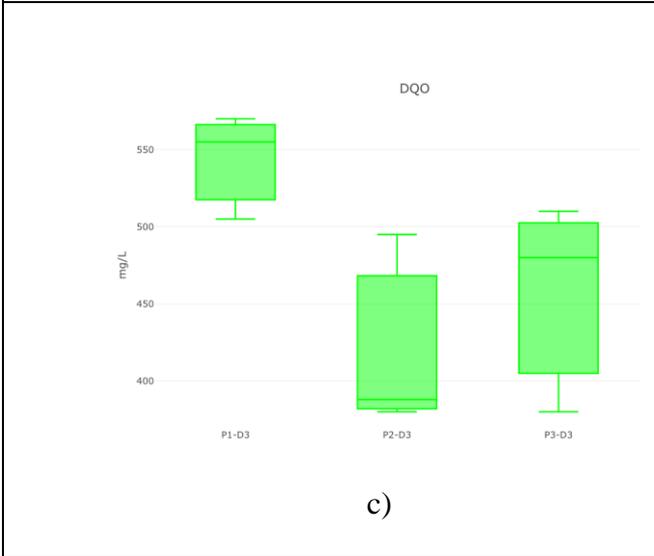
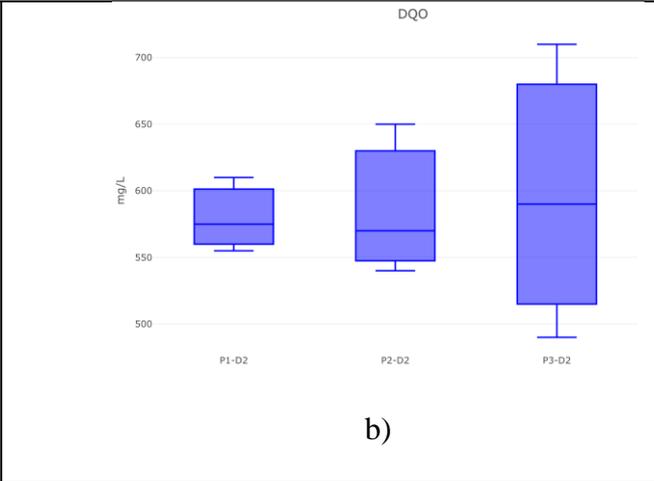
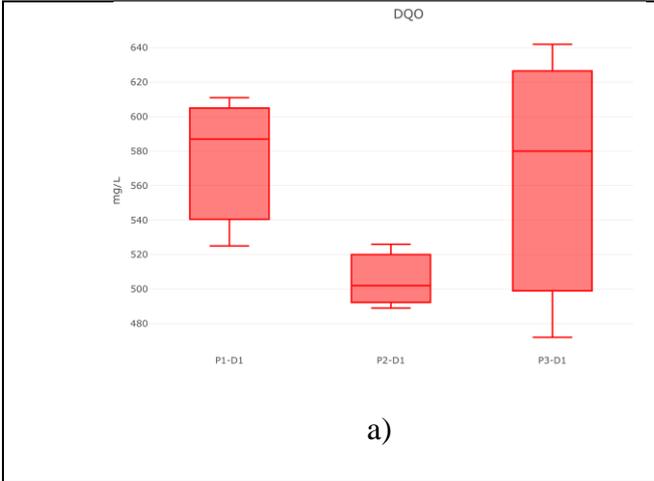
Esto indica que el índice de biodegradabilidad es medianamente biodegradable.

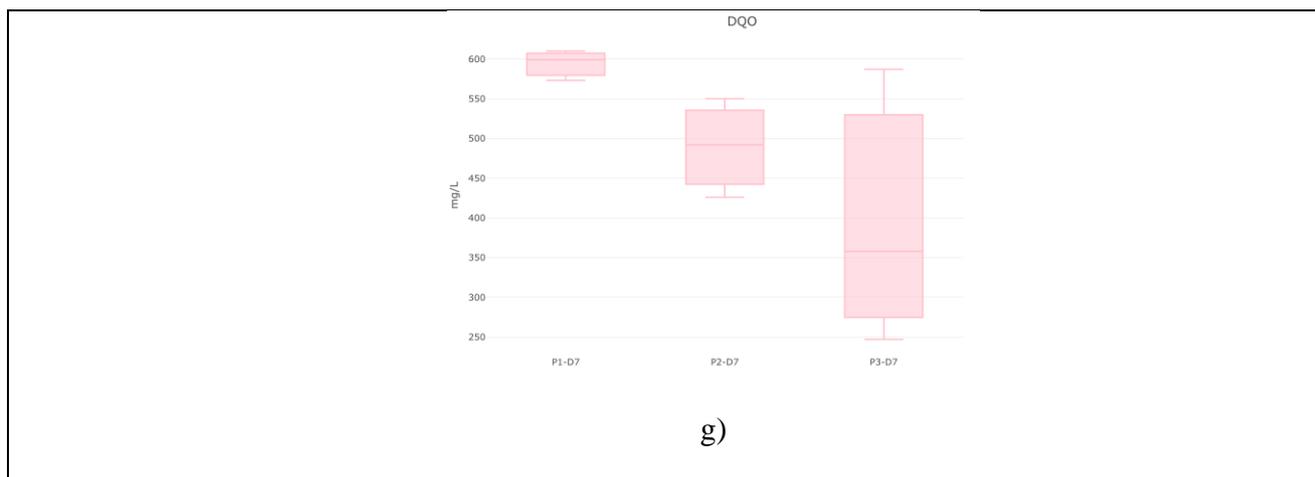
A continuación, se presenta el diagrama de cajas para la visualización de la DQO en mg/L

### Figura 29

Resultados para el valor de DBO<sub>5</sub> expresado en mg/L

--	--





**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Día 1, <sup>b)</sup> Día 2, <sup>c)</sup> Día 3, <sup>d)</sup> Día 4, <sup>e)</sup> Día 5, <sup>f)</sup> Día 6, <sup>g)</sup> Día 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.4.7. Sólidos suspendidos totales – mg/L

A continuación, los datos obtenidos en los 3 puntos de muestreos y su número de repeticiones.

**Tabla 16**

*Resultados obtenidos para sólidos suspendidos totales*

<b>Mes de noviembre</b>			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3
<b>Día 1 - Repetición 1</b>	4.06 mg/L	3.76 mg/L	4.56 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 2</b>	3.85 mg/L	4.12 mg/L	4.5 mg/L
<b>Día 1 - Repetición 3</b>	4.13 mg/L	3.94 mg/L	4.52 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	4.01 mg/L	3.94 mg/L	4.52 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 1</b>	3.84 mg/L	4.37 mg/L	3.63 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 2</b>	4.41 mg/L	4.29 mg/L	3.89 mg/L
<b>Día 2 - Repetición 3</b>	4.06 mg/L	4.45 mg/L	3.38 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	4.10 mg/L	4.37 mg/L	3.63 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 1</b>	4.64 mg/L	3.24 mg/L	3.89 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 2</b>	3.80 mg/L	3.02 mg/L	4.16 mg/L
<b>Día 3 - Repetición 3</b>	4.02 mg/L	3.23 mg/L	3.89 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	4.15 mg/L	3.16 mg/L	3.98 mg/L

<b>Día 4 - Repetición 1</b>	3.87 mg/L	4.11 mg/L	4.63 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 2</b>	3.89 mg/L	3.66 mg/L	4.78 mg/L
<b>Día 4 - Repetición 3</b>	3.74 mg/L	3.75 mg/L	4.7 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	3.83 mg/L	3.84 mg/L	4.70 mg/L
<b>Mes de diciembre</b>			
<b>Día 5 - Repetición 1</b>	3.82 mg/L	3.89 mg/L	4.06 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 2</b>	4.34 mg/L	3.95 mg/L	4.16 mg/L
<b>Día 5 - Repetición 3</b>	4.09 mg/L	4.13 mg/L	3.65 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	4.08 mg/L	3.99 mg/L	3.95 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 1</b>	3.2 mg/L	3.02 mg/L	2.96 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 2</b>	3.19 mg/L	3.15 mg/L	3.08 mg/L
<b>Día 6 - Repetición 3</b>	3.29 mg/L	3.06 mg/L	2.83 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	3.22 mg/L	3.07 mg/L	2.95 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 1</b>	4.1 mg/L	3.54 mg/L	3.65 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 2</b>	3.84 mg/L	4.16 mg/L	3.48 mg/L
<b>Día 7 - Repetición 3</b>	3.73 mg/L	3.86 mg/L	4.04 mg/L
<b>Valor Promedio</b>	3.89 mg/L	3.85 mg/L	3.72 mg/L

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

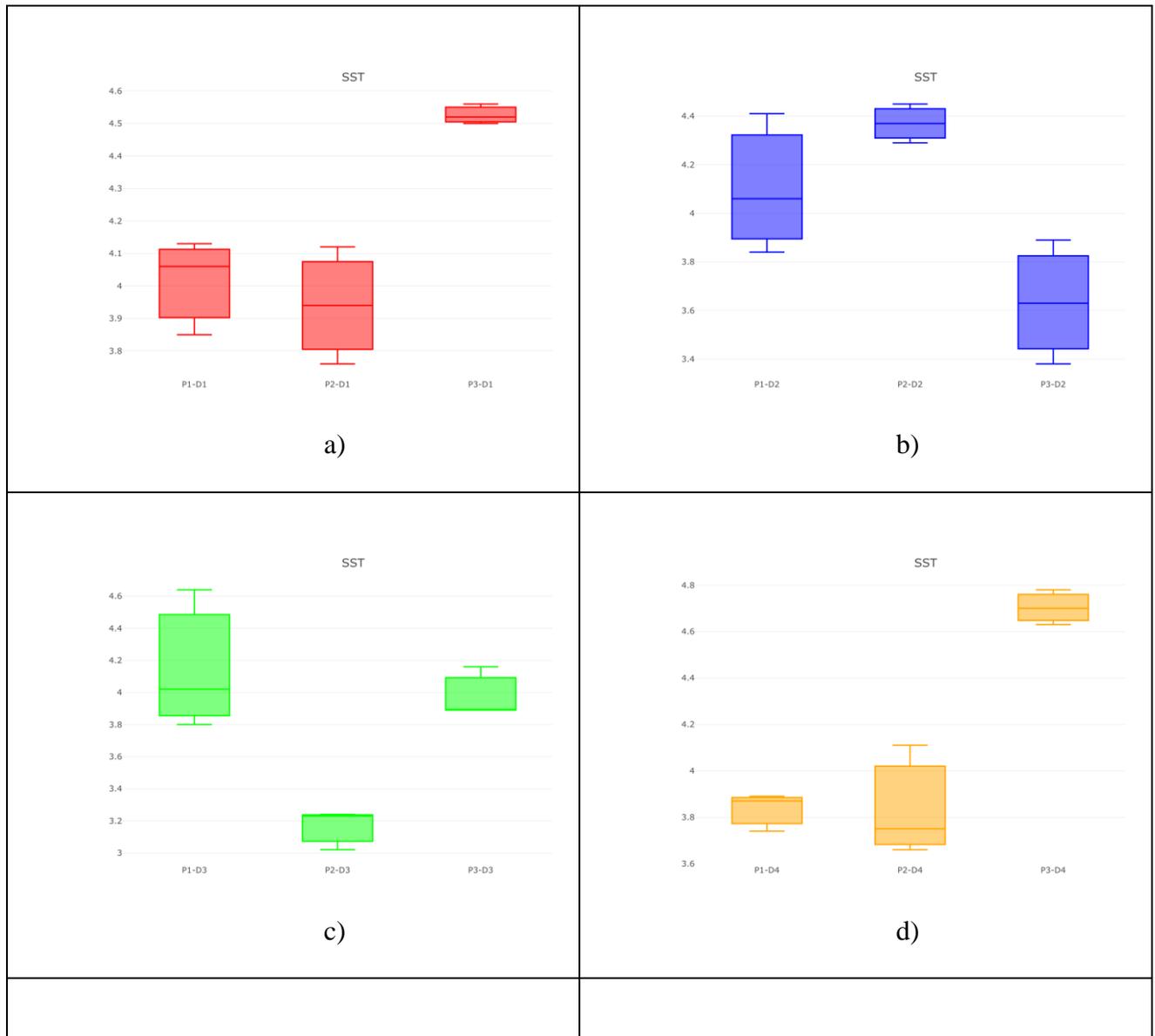
Se muestran los resultados para los siete días de muestreo para sólidos suspendidos totales expresado en mg/L. Se determinó que una fuente de contaminación se debe a la presencia de ganadería presentes en la orilla del río. (Fernández, 2015). Los puntos de muestreo no cambian significativamente, sin embargo, tienden a incrementar un mínimo para los días uno y cuatro. La disminución de los sólidos suspendidos se dar por sedimentación y al momento que estos incrementen afectan a la turbidez, aumentar la temperatura (Jaya, Fabián, 2017).

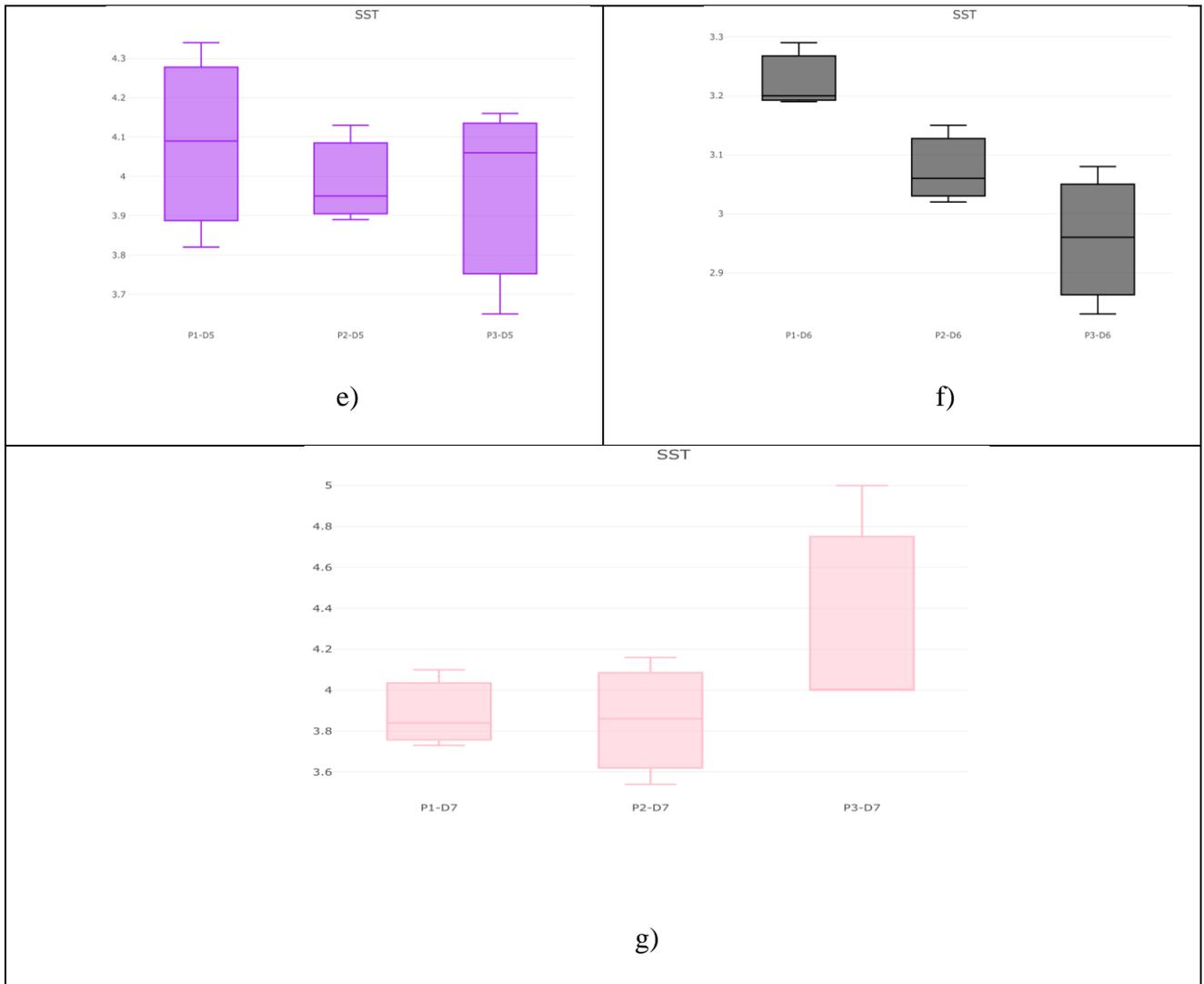
Según, (Arrieta, 2018). Los principales agentes contaminantes en los cuerpos hídricos son las excretas vacunas, los antibióticos y las hormonas, los productos químicos utilizados para teñir las pieles.

A continuación, se presenta el diagrama de cajas para los sólidos suspendidos totales en mg/L

**Figura 30**

*Resultados para el valor de sólidos suspendidos totales expresado en mg/L*





**Nota.** La Figura está representada por <sup>a)</sup> Dia 1, <sup>b)</sup> Dia 2, <sup>c)</sup> Dia 3, <sup>d)</sup> Dia 4, <sup>e)</sup> Dia 5, <sup>f)</sup> Dia 6, <sup>g)</sup> Dia 7

**Fuente:** Elaborado por Diego Olmedo

#### 4.5. Discusión

De acuerdo con los resultados de este estudio se observó que los datos aguas arriba para el oxígeno disuelto se encuentran en valores promedios de 6.32 mg/L a 7.02 mg/L y aguas abajo para los parámetros de 6.33 mg/L a 7.5 mg/L. Estos resultados se comparan con el “estudio hidro químico y de calidad del agua superficial en la cuenca del río Mira” realizado por (MATEUS, 2013), expresa que el Río Ambi es identificado como receptor de descargas poblacionales, se realizó el estudio de autodepuración donde se observa que los valores aguas arriba para el oxígeno disuelto son de 6.0 mg/L, esta se mantiene sin variación significativa y a aguas abajo se realizó la comparación con el estudio se llegó que se tuvo un 7.5 mg/L, se analizó que ambos ríos tienen características similares con una variación en el Río El Cinto, donde el agua estudiada proviene con cargas contaminantes por presencia de la ganadería y efluentes urbanos, mientras que el río Ambi la contaminación viene provenientes por la población. Por lo tanto, se discute que las aguas contaminadas de distinto origen presentan valores similares a los obtenidos en este estudio.

Para relacionar la DBO<sub>5</sub>, se basó en el estudio “EVALUACIÓN AMBIENTAL DEL RÍO MACHÁNGARA”, en el cual se tomó un tramo de su estudio llamado “Villaflora”, en el cual se realizó un número de repeticiones para la obtención así un promedio de 158.34 mg/L, el tramo de la Villaflora es considerando el punto medio del estudio, al hablar del río El Cinto se basó de igual manera el tramo 2 para la comparación de DBO<sub>5</sub>, el tramo escogido fue el tramo 2, del día 3 el cual tiene un valor promedio de 168.33 mg/L. Al obtener así una diferencia no tan significativa, el cual es 10.02 mg/L, se aprecia que entre los dos ríos no hay casi diferencia significativa de valores de DBO<sub>5</sub>, al relacionar otro parámetro como es DQO la cual tiene como valor promedio de 346.6 mg/L, mientras que en el río El Cinto del tramo 2, del día 3 se obtuvo un valor promedio de 421 mg/L, se comparó el valor de DQO de los dos ríos para ver su

diferencia que existe entre los 2, como resultado dio que en el río El Cinto posee más DQO con una diferencia de 740 mg/L.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1. Conclusiones

En el estudio del río el cinto se establecieron 2 descargas puntuales en una trayectoria de 2766.044 m, estas corresponden a una empresa artesanal láctea a una distancia aproximada de 540 m desde el punto 1 y a un paradero de comida con una distancia de 2400 m desde punto 2, se consideró un tiempo de 7 días para evaluar el comportamiento del río.

Los sólidos suspendidos totales tienen un valor promedio en el punto 1 de 3.897 mg/L, mientras que en el punto 2 un valor promedio de 3.745 mg/L, para finalizar en el punto 3 tiene un valor de 3.921 mg/L, las coliformes fecales tiene un valor promedio del punto 1 de 229.482 NMP/100 mL, en el punto 2 un valor de 248.664 NMP/100 mL y por último en el punto 3 un valor de 204.711 NMP/100 mL

El valor de pH tuvo un valor promedio de 7.625, 7.798 y 8.197 en los puntos 1, 2 y 3 respectivamente, mientras que la temperatura los valores en los puntos 1, 2 y 3 correspondieron a de 13.681°C, 13.582°C, y 13.815°C

El oxígeno disuelto tiene un valor promedio en el punto 1 de 6.661 mg/L, en el punto 2 un valor de 6.597 mg/L y en el punto 3 un valor promedio de 6.787 mg/L, se observa que existe una recuperación en la concentración del oxígeno a lo largo del trayecto

En el tramo de estudio, la DQO tiene un valor promedio del punto 1 de 598.711 mg/L, en el punto 2 un valor de 494.948 mg/L y en el punto 3 un valor promedio de 565.424 mg/L, esto se analizó y se llegó a que la DQO aumenta del tramo 2 al tramo 3, esto indicó que al tener valores muy altos tiene una gran contaminación.

La DBO<sub>5</sub> tiene valor promedio del punto 1 de 239.52mg/L, en el punto 2 un valor de 218.80mg/L y en el punto 3 un valor promedio de 226.044mg/L, esta manera aumenta en el transcurso del río. Al hacer una relación de DBO<sub>5</sub> y DQO, el índice de biodegradabilidad fue de 0.4 en el tramo estudiado, el cual indicó que es medianamente biodegradable.

En comparación de parámetros del acuerdo ministerial 097 A, criterio de calidad admisibles para la preservación de la vida acuática y silvestre en aguas dulces frías o cálidas, y en aguas marinas y de estuarios, el valor de concentración de oxígeno es > 60% OD Saturación, lo que demostraría cumple con los criterios ya que los valores son mayores al 60% establecidos en la norma.

El río presenta una capacidad de autodepuración si se considera que hay descargas puntuales en distintos puntos del tramo de estudio, y que sin embargo los valores de oxígeno se mantienen dentro de valores adecuados pero que otros parámetros como la DBO<sub>5</sub> y DQO indicarían que la contaminación del río no puede degradarse en el tramo estudiado.

## 5.2. Recomendaciones

Realizar estudios más a fondo de las fuentes de contaminación que podrían estar presentes en el cuerpo hídrico, como puede ser un exceso de concentración de oxígeno disuelto, o una elevada temperatura. Para los próximos estudios se recomienda realizarlos en épocas de estiaje para que así se evalúe los cambios de los distintos parámetros físico- químicos del río El Cinto.

Para una mejor obtención de resultados es recomendable la utilización de librerías estadísticas en la interfaz de RStudio, este programa permite poder sacar graficas más dinámicas con resultados obtenidos en los días de muestreos para interpretar con mayor facilidad. De igual manera la implementación de modelos matemáticos para la obtención de resultados más exactos de los parámetros estudiados.

Las empresas o micro empresas involucradas deber tener un control a las descargas para así evitar una contaminación del cuerpo hídrico, para lo cual las entidades a cargo deben hacer cumplir con las normativas ambientales al cuerpo de agua.

## 6. BIBLIOGRAFÍA

- 3M. (2006). *3M Placas Petrifilm TM para el Recuento de R. coli / Coliformes*. St. Paul - USA: 3M Microbiology.
- Alvarado, E. (2017). *Manual de Medición de Caudales*. Obtenido de <https://icc.org.gt/wp-content/uploads/2018/02/Manual-de-medici%C3%B3n-de-caudales-ICC.pdf>
- Andrade, C. (2017). Procesos bioquímicos utilizados para la producción de bioetanol, biodiésel y biogás y su estado en Colombia. *Revista Semilleros Formación Investigativa*, 3(1), 101-117. doi:2463-0454
- APHA. (2017). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. Washington.
- Armijos, L. (2006). DIAGNÓSTICO AMBIENTAL Y PROPUESTA DE MANEJO ECOTURÍSTICO DE LA PARROQUIA DE LLOA. 1-114. Quito: Escuela Politécnica Nacional.
- Asesoría Técnica Parlamentaria. (2020). *Calidad de agua: coliformes fecales*. Biblioteca del Congreso Nacional de Chile.
- Belzona. (2014). *Tratamiento de aguas residuales*. Miami. Obtenido de [https://www.belzona.com/es/solution\\_maps/wastewater/money\\_map.pdf](https://www.belzona.com/es/solution_maps/wastewater/money_map.pdf)
- Brea, J. (2011). Programa Hídrico Internacional de la UNESCO para América Latina y el Caribe. 1-109. TALCA. Obtenido de <https://unesdoc.unesco.org/ark:/48223/pf0000228183.locale=en>
- Castro, C. (2014). *Folleto Informativo pH*. México: Limusa.

- Caviedes, D. (2015). Tratamientos para la Remoción de Metales Pesados Comúnmente Presentes en Aguas Residuales Industriales. Una Revisión. *Revista Ingeniería y Región*, 13(1), 73-90.
- Chiguano, M. (2019). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE LLOA*. Gobierno Parroquial de Lloa.
- Clavijo, J. (2021). Cálculo de autodepuración del río San Cristobal. 1-94. Universidad Católica de Colombia. Obtenido de [https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25934/1/505348\\_Ram%c3%adrez\\_505908\\_Clavijo.pdf](https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/25934/1/505348_Ram%c3%adrez_505908_Clavijo.pdf)
- Consultora Morales. (2014). *PLAN DE DESARROLLO y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE LA PARROQUIA RURAL DE LLOA 2015-2019*. 1-144. GADP Lloa.
- Cuaspud, E. (2017). *DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA DE LA QUEBRADA DE YAZNÁN, RÍO BLANCO, RÍO PULUVÍ Y RÍO GUACHALÁ DEL CANTÓN CAYAMBE*. Quito: Universidad Central del Ecuador.
- De la Mora, C. (2020). Efecto de la temperatura del agua sobre la constante de velocidad de reacción de los contaminantes en un humedal onstruido pra el tratamiento de aguas residuales porcícolas. 1-17. Instituto Nacional de Investigaciones Forestales, Agrícolas y Pecuarias. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/rmcp/v11s2/2448-6698-rmcp-11-s2-1.pdf>
- Diaz Cordero, G. (Junio de 2012). Obtenido de *EL CAMBIO CLIMÁTICO*: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=870241790>

Dirección Metropolitana de Servicios Ciudadanos. (2016). *Municipio Móvil Lloa Informe relatoría de activación del proceso*. Dirección Metropolitana de Servicios Ciudadanos.

Obtenido de

<https://gobiernoabierto.quito.gob.ec/Archivos/relatoriamovil/r2016/1.InformeLLoa.pdf>

EPMAPS. (2016). *Estudio de Impacto Ambiental*. Quito. Obtenido de

<https://maepichincha.files.wordpress.com/2015/02/eia-expost-sistema-integrado-centro-occidente.pdf>

EPMAPS QUITO. (2021). Evaluación de impacto ambiental expost centro occidente. 1-242.

Obtenido de [https://www.aguaquito.gob.ec/downloads/eia\\_placer.pdf](https://www.aguaquito.gob.ec/downloads/eia_placer.pdf)

Escobar, J. (diciembre de 2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar. 1-68. División de Recursos Naturales e Infraestructura. Obtenido de

<https://archivo.cepal.org/pdfs/Waterguide/LCL1799S.PDF>

Escobar, J. (2016). *Determinación de los coeficientes de oxigenación y desoxigenación para la curva de comportamiento de oxígeno disuelto en el río Fucha*. Bogotá: Universidad

Católica de Colombia. Obtenido de

<https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/6805/4/Determinaci%C3%B3n%20de%20los%20Coeficientes%20de%20oxigenaci%C3%B3n%20y%20desoxigenaci%C3%B3n%20para%20la%20curva%20de%20comportamiento.pdf>

Escobar, O. (2017). ANALISIS SOCIO-AMBIENTAL DE LA POBLACION DE LA PARROQUIA LLOA. *Revista de Ciencias de Seguridad y Defensa*, 2(4), 133- 140.

Espigares, M. (2014). *Aguas residuales, composición*. Universidad de Granada. Obtenido de

<https://cidta.usal.es/cursos/edar/modulos/edar/unidades/LIBROS/logo/pdf>

- FLORES, L. M. (2015). *ANÁLISIS DE CALIDAD DEL AGUA EN EL SECTOR URBANO DEL MALECON. SAMBORONDON.* Obtenido de <http://repositorio.uees.edu.ec/bitstream/123456789/2178/1/FINAL%20.pdf>
- García, J. (2020). *ESTUDIO DE LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN EN EL RÍO TUNJUELO, CON RESPECTO A LAS ESTACIONES DE MONITOREO REAL COMPRENDIDAS ENTRE LA ESTACIÓN REGADERA HASTA LA ESTACIÓN ISLA PONTÓN SAN JOSÉ.* Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/24897/1/Estudio%20de%20la%20capacidad%20de%20Autodepuraci%C3%B3n%20en%20el%20r%C3%ADo%20Tunjuelo.pdf>
- Grisolía, R. (2014). *La hidrosfera: contaminación. 4 ta edición.* CTMA. España: SyG. España.
- Guillén, H. (2012). *PROCESOS BIOLÓGICOS.* Chiapas: Universidad Autónoma de Chiapas.
- IDEAM. (2007). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO POR REFLUJO CERRADO Y VOLUMETRÍA.* Ministerio de Ambiente, Vivienda y Desarrollo Territorial de Colombia.
- INEC. (2012). *Censo Nacional Económico.* Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-nacional-economico/>
- INEC. (2013). *Instituto Nacional de Estadísticas y Censos.* Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/estadisticas-economicas-3/>
- INEC. (2020). *INEC Instituto Nacional de Estadística y Censos.* Obtenido de <https://www.ecuadorencifras.gob.ec/censo-de-poblacion-y-vivienda/>

- INEN 2226. (2013). *Instituto Ecuatoriano de Normalización* . Obtenido de <https://www.normalizacion.gob.ec/buzon/normas/2226-1.pdf>
- IPCC. (2007). *Third Assessment Report*. Recuperado el Noviembre de 2021, de [https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4\\_syr\\_sp.pdf](https://www.ipcc.ch/site/assets/uploads/2018/02/ar4_syr_sp.pdf)
- IPCC. (2014). *Cambio climático 2014: Informe de síntesis. Contribución de los Grupos de trabajo I, II y III al Quinto Informe de Evaluación del Grupo* . Ginebra - Suiza.
- Jaya, F. (2017). Estudio de los sólidos suspendidos en el agua del río Tabacay y su vinculación con la cobertura vegetal y usos del suelo en la microcuenca. 1-103. Ecuador: Universidad de Cuenca. Obtenido de <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf>
- López, S. (2018). *VALIDACIÓN DEL MÉTODO RESPIROMÉTRICO PARA DETERMINAR DBO<sub>5</sub> EN AGUAS RESIDUALES Y NATURALES EN EL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/19481/1/CD-8878.pdf>
- Martínez, M. (2021). Determinación de la capacidad de autodepuración del sistema del alcantarillado de aguas residuales del municipio de Guayabetal. 1-125. Bogotá: Universidad Católica de Colombia. Obtenido de <https://repository.ucatolica.edu.co/bitstream/10983/26718/1/DETERMINACION%20DE%20LA%20CAPACIDAD%20DE%20AUTODEPURACION%20DEL%20SISTEMA%20DE%20ALCANTARILLADO%20DE%20AGUAS%20RESIDUALES%20DEL%20MUNICIPIO%20DE%20GUAYABETAL.pdf>

- MATEUS, M. G. (2013). *ESTUDIO HIDROQUIMICOY DE CALIDAD DEL AGUA SUPERFICIAL EN LA. Quito. Obtenido de* <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23522/1/UPS%20-%20TTS1074.pdf>
- Menéndez, C. (2018). Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *Revista Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, 39(3), 97-107. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/riha/v39n3/1680-0338-riha-39-03-97.pdf>
- Milwaukee. (2002). *Medidor Portátil de OXÍGENO DISUELTO Modelo: MW600 MANUAL DEL USUARIO.*
- Milwaukee. (2010). *Potenciómetro Modelo: pH55 MANUAL DEL USUARIO.*
- Ministerio del Ambiente. (2015). *Acuerdo Ministerial No 097-A.* Obtenido de [http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria\\_Ambiente/Documentos/calidad\\_ambiental/normativas/acuerdo\\_ministerial\\_97a.pdf](http://www.quitoambiente.gob.ec/images/Secretaria_Ambiente/Documentos/calidad_ambiental/normativas/acuerdo_ministerial_97a.pdf)
- Monge, J. (2021). Diseño de una Hidroeléctrica en el Río Cinto, Valle de Lloa, Quito. 1-152. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/11337/1/201356.pdf>
- Monge, J. (2021). Diseño de una Hidroeléctrica en el Río Cinto, Valle de Lloa, Quito. Universidad San Francisco de Quito (USFQ).
- Monte, R. (2013). *METODOLOGÍA PARA EVALUAR LA MODIFICACIÓN DE LA CAPACIDAD DE AUTODEPURACIÓN DE LOS RÍOS POR EFECTO DEL CAMBIO CLIMÁTICO.* México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México. Obtenido de <http://132.248.9.195/ptd2013/agosto/0700391/0700391.pdf>

- nihon kasetu. (2017). *DBO y DQO para caracterizar aguas residuales*. Obtenido de <https://nihonkasetu.com/es/dbo-y-dqo-para-caracterizar-aguas-residuales/>
- OMS. (2022). *Agua para consumo humano*. Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Organización Mundial de la Salud. (03 de 2022). Obtenido de <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/drinking-water>
- Pauta, G. (2019). Evaluación de la calidad del agua de los ríos de la ciudad de Cuenca, Ecuador. *Revista MASKANA*, 10(2), 76-88. doi:10.18537/mskn.10.02.08
- Quiroz, L. (2018). Estudio del impacto ambiental del vertimiento de aguas residuales sobre la capacidad de autodepuración del río Portoviejo, Ecuador. *Revista Scielo*.
- Raffo, E. (2014). *Caracterización de las aguas residuales y la demanda bioquímica de oxígeno* (Vol. 17).
- Ramírez, L. (2008). *DEMANDA QUÍMICA DE OXÍGENO DE MUESTRAS ACUOSAS*. México D.F.: Universidad Nacional Autónoma de México.
- Ramírez, M. (2006). *La contaminación del agua de los ríos en e municipio de Santiago de Cali*. Cali: Universidad ICESI. Obtenido de [https://repository.icesi.edu.co/biblioteca\\_digital/bitstream/10906/79468/1/ramirez\\_contaminacion\\_agua\\_2006.pdf](https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/79468/1/ramirez_contaminacion_agua_2006.pdf)
- Ramos, J. (2018). Medición en línea de la DQO mediante correlación del coeficiente de absorción espectral de luz uv. *Revista Producción + Limpia*, 13(2), 67-76. doi:10.22507/pml.v13n2a8

- Reinoso, I. (2015). *EVALUACION AMBIENTAL DEL RÍO MACHÁNGARA*. Quito: Escuela Politécnica Nacional. Obtenido de file:///C:/Users/User/Downloads/CD-6199.pdf
- Roger B, A. D. (2015). *Standar Methods for the Examination of water and Wastewater* . doi:<https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.103>
- Rojas, A. (2012). *Fundamentos de procesos químicos*. doi:978-958-761-032-1
- Samboni, N. (diciembre de 2007). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación de agua. *Ingeniería de la investigación*, 27(3), 172-181. Obtenido de <https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf>
- Samboni, N. (2007). Revisión de parámetros físicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Revista Scielo*, 27(3).
- Sánchez, J. (2013). *Hidrología*. Dpto. Geología Universidad de Salamanca. Obtenido de <http://hidrologia.usal.es/temas/Aforos.pdf>
- Sánchez, R. (2021). Los desafíos en el tratamiento comunitario de aguas residuales. En Charles Cachipueno "Agua para la Gente". Universidad Politécnica Salesiana.
- Sánchez Proaño, R. G. y García Gualoto, K. J. 2018. Tratamiento de aguas residuales de cargas industriales con oxidación avanzada en sistemas convencionales. *La Granja: Revista de Ciencias de la Vida*. Vol. 27(1):103-111.<http://doi.org/10.17163/lgr.n27.2018.08>.
- Sánchez Proaño, R. (2021). Análisis de la primarización de la economía en América Latina desde la base material del método dialéctico . *ConcienciaDigital*, 4(3.2), 79-94. <https://doi.org/10.33262/concienciadigital.v4i3.2.1852>
- TELÁM DIGITAL. (3 de 2017). *La falta de agua potable causa la muerte de 3,5 millones de personas por año TELAM SE 2022. Queda expresamente prohibida la utilización de*

*este contenido sin citar la autoría de TELAM, la omisión de este requisito es violatorio del Régimen Legal de la Pro.* Obtenido de <https://www.telam.com.ar/notas/201703/183140-la-falta-de-agua-potable-cause-la-muerte-de-35-millones-de-personas-por->

Useros Fernández, J. L. (22 de Noviembre de 2012). *EL CAMBIO CLIMÁTICO: SUS CAUSAS Y EFECTOS MEDIOAMBIENTALES.* Obtenido de <https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwiHkbz67MvzAhWydt8KHfEhDwMQFnoECDoQAQ&url=https%3A%2F%2Fdi. alnet.unirioja.es%2Fdescarga%2Farticulo%2F4817473.pdf&usg=AOvVaw1myfcvqWys66XyNI5hAh9O>

Villena, J. (2018). Calidad del agua y desarrollo sostenible. *Revista peruana de medicina experimental y salud pública*, 35(2), 1-6.  
doi:<https://doi.org/10.17843/rpmesp.2018.352.3719>

## 7. ANEXOS

### Lugar de muestreo y toma de muestras in situ

#### Anexo 1

##### *Medición caudal*



**Nota:** Colocación de estacas para la medición del área para el cálculo del caudal. Elaborado por Diego Olmedo

#### Anexo 2

##### *Toma de muestras de agua del Río El Cinto*



**Nota:** Toma de muestras de agua del río y medición in situ de temperatura, pH y Oxígeno Disuelto.

### **Anexo 3**

#### *Estación de Bombeo Santa Rosa*



**Nota:** Estación Santa Rosa. Elaborado por Diego Olmedo

### **Anexo 4**

#### *Paradero en la orilla del río*



**Nota:** Paradero y centro recreativo en orilla del río El Cinto. Elaborado por Diego Olmedo

## Equipos usados en el laboratorio

### Anexo 5

#### *Horno*



**Nota:** Horno a 20 °C, por 5 días para obtener la DBO<sub>5</sub>. Elaborado por Diego Olmedo

### Anexo 6

#### *Digestor*



**Nota:** Digestor para la colocación de viales. Elaborado por Diego Olmedo

## **Anexo 7**

### *Balanza Analítica*



**Nota:** Sirve para el pesaje de pequeñas muestras. Elaborado por Diego Olmedo

## **Anexo 8**

### *Desecador*



**Nota:** Sirve para quitar la humedad o deshidratar las muestras. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 9

### *Agitador magnético*



**Nota:** Este permite mezclar un líquido en un recipiente mediante un campo magnético giratorio. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 10

### *Gradilla de enfriamiento y viales de medición*



**Nota:** Sirven para vaciar y secar el instrumento de laboratorios y los viales de medición para la medición de DBO. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 11

### *Oxímetro*



**Nota:** Sirve para la medición de Oxígeno Disuelto con muestras in situ. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 12

### *Turbidímetro*



**Nota:** Son usados para medir partículas suspendidas en un líquido, analiza la turbidez. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 13

### *Espectrofotómetro*



**Nota:** Mide la absorbancia de la muestra a través de luz ultravioleta. Elaborado por Diego Olmedo

## Anexo 14

### *Mufla*



**Nota:** es un horno destinado normalmente para la cocción de materiales cerámicos y para la fundición de metales a través de la energía térmica. Elaborado por Diego Olmedo