



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DEL  
AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE  
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, PARÁMETROS  
FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA  
QUEBRADA " SANTA ISABEL " CANTÓN RUMIÑAHUI,  
PROVINCIA DE PICHINCHA**

Trabajo de titulación previo a la obtención del

Título de Ingeniera Ambiental

**AUTORA:** SAMANTA MISHHELL LEMA FUSTILLOS

**TUTOR:** EDWIN RODRIGO ARIAS ALTAMIRANO

**Quito - Ecuador  
2024**

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

Yo, Samanta Mishell Lema Fustillos con documento de identificación No 1725676371;  
manifiesto que:

Soy la autora responsable del presente trabajo; y, autorizamos 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, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Samanta Mishell Lema Fustillos

1725676371

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

Yo, Samanta Mishell Lema Fustillos con documento de identificación No. 1725676371, 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 autora del Trabajo Experimental: “Determinación de la biodiversidad y calidad del agua mediante el estudio de macroinvertebrados acuáticos, parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en la quebrada "Santa Isabel" cantón Rumiñahui, provincia de Pichincha”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de Ingeniera 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, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Samanta Mishell Lema Fustillos

1725676371

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

Yo, Edwin Rodrigo Arias Altamirano con documento de identificación No 1710165869, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DE LA BIODIVERSIDAD Y CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE EL ESTUDIO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, Y PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN LA QUEBRADA " SANTA ISABEL" CANTÓN RUMIÑAHUI, PROVINCIA DE PICHINCHA, realizado por Samanta Mishell Lema Fustillos No. 1725676371, 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, 09 de septiembre del año 2024

Atentamente,



---

Ing. Edwin Rodrigo Arias Altamirano M.Sc.

1710165869

## **DEDICATORIA**

A mis padres quienes con sus consejos han sabido guiarme y levantarme de cada tropiezo, gracias, mamá y papá por esforzarse por brindarme un futuro mejor, son mi más grande ejemplo de responsabilidad, constancia y persistencia.

A mi hermana y cuñado por acompañarme en duros momentos sin dejar de alentarme a seguir adelante llevo en mi corazón todas las veces que me dieron la mano.

Gracias familia son el pilar fundamental de mi vida el camino no sido nada fácil, pero lo hemos logrado.

***Lema Samanta***

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por poner en mi camino a todas aquellas personas quienes me apoyaron de una u otra forma.

Quisiera expresar mi más profundo agradecimiento a los ingenieros Edwin Arias, Diana Garcia, Carlos Velez y al Dr. Edwin Bersosa, su vocación por enseñar, conocimientos y experiencia contribuyo al buen desarrollo y finalización de mi trabajo de mi investigación.

***Lema Samanta***

## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN .....</b>	<b>XIV</b>
<b>ABSTRACT .....</b>	<b>1</b>
<b>1 INTRODUCCIÓN.....</b>	<b>2</b>
<b>1.1 Problema .....</b>	<b>2</b>
<b>1.2 Ubicación.....</b>	<b>2</b>
<b>1.3 Preguntas de Investigación .....</b>	<b>3</b>
<b>1.4 Objetivos: .....</b>	<b>3</b>
1.4.1 General.....	3
1.4.2 Específicos.....	4
<b>1.5 Hipótesis .....</b>	<b>4</b>
1.5.1 Hipótesis .....	4
1.5.2 Hipótesis Nula .....	4
<b>1.6 Justificación .....</b>	<b>4</b>
<b>2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....</b>	<b>6</b>
<b>2.1 Calidad del agua .....</b>	<b>6</b>
<b>2.2 Indicadores de la calidad del agua.....</b>	<b>6</b>
2.2.1 Parámetros fisicoquímicos.....	6
Potencial de hidrógeno (pH).....	6
Temperatura.....	7
Turbidez.....	7
Sólidos Suspendidos.....	7
Demanda Biológica de Oxígeno (DBO5).....	7
Demanda Química de Oxígeno.....	7
Fosfatos.....	8
Nitratos.....	8
<b>2.3 Índice de Calidad del Agua – ICA .....</b>	<b>8</b>
<b>2.4 Parámetros microbiológicos .....</b>	<b>8</b>
<b>2.5 Indicadores Biológicos de la calidad del Agua.....</b>	<b>9</b>
2.5.1 Macroinvertebrados como indicadores.....	9
<b>2.6 Índice Biological Monitoring Working Party - BMWP.....</b>	<b>10</b>
<b>2.7 Índice Biótico Andino (ABI).....</b>	<b>11</b>
<b>2.8 Índice de Shannon–Weaver .....</b>	<b>12</b>

<b>2.9</b>	<b>Índice ETP.....</b>	<b>13</b>
<b>2.10</b>	<b>Marco legal.....</b>	<b>13</b>
2.10.1	Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado .....	13
2.10.2	Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce.....	14
<b>3</b>	<b>MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>15</b>
<b>3.1</b>	<b>Delimitación de la Quebrada “Santa Isabel” .....</b>	<b>15</b>
<b>3.2</b>	<b>Delimitación de los puntos de muestreo .....</b>	<b>15</b>
<b>3.3</b>	<b>Climatología .....</b>	<b>16</b>
<b>3.4</b>	<b>Características de la zona de estudio .....</b>	<b>16</b>
3.4.1	Zona alta .....	16
3.4.2	Zona media .....	17
3.4.3	Zona baja .....	18
<b>3.5</b>	<b>Muestreo.....</b>	<b>19</b>
3.5.1	Procedimiento para la toma de muestras .....	21
3.5.2	Transporte de las muestras.....	21
3.5.3	Muestreo de macroinvertebrados.....	22
<b>3.6</b>	<b>Determinación de parámetros del agua.....</b>	<b>23</b>
3.6.1	Parámetros físicos.....	23
3.6.2	Parámetros químicos.....	24
3.6.3	Parámetros Microbiológicos .....	24
<b>3.7</b>	<b>Índice de calidad del agua.....</b>	<b>25</b>
<b>3.8</b>	<b>Análisis de macroinvertebrados.....</b>	<b>26</b>
3.8.1	Separación de las muestras .....	26
3.8.2	Identificación de macroinvertebrados.....	27
<b>3.9</b>	<b>BMPW .....</b>	<b>27</b>
<b>3.10</b>	<b>ABI.....</b>	<b>27</b>
<b>3.11</b>	<b>EPT .....</b>	<b>28</b>
<b>3.12</b>	<b>Shannon – Weaver.....</b>	<b>29</b>
<b>4</b>	<b>RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>30</b>
<b>4.1</b>	<b>Análisis del agua .....</b>	<b>30</b>
4.1.1	pH .....	30
4.1.2	Turbidez.....	31
4.1.3	Temperatura.....	31
4.1.4	Sólidos Suspendidos Totales .....	32

4.1.5	Fosfatos.....	33
4.1.6	Nitratos .....	34
4.1.7	Oxígeno disuelto.....	35
4.1.8	DQO.....	36
4.1.9	DBO <sub>5</sub> .....	37
4.1.10	Coliformes fecales .....	38
<b>4.2</b>	<b>Comparación con los Límites Máximos Permisibles.....</b>	<b>41</b>
<b>4.3</b>	<b>Índice de calidad del Agua – ICA .....</b>	<b>43</b>
<b>4.4</b>	<b>Identificación de macroinvertebrados Acuáticos .....</b>	<b>43</b>
<b>4.5</b>	<b>BMWP/COL .....</b>	<b>44</b>
<b>4.6</b>	<b>Índice ABI .....</b>	<b>45</b>
<b>4.7</b>	<b>EPT .....</b>	<b>46</b>
<b>4.8</b>	<b>Shannon – Weaver.....</b>	<b>47</b>
<b>4.9</b>	<b>ICA vs Abundancia .....</b>	<b>49</b>
<b>4.10</b>	<b>DISCUSIÓN .....</b>	<b>50</b>
<b>5</b>	<b>CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>52</b>
<b>5.1</b>	<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>5.2</b>	<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>52</b>
<b>6</b>	<b>BIBLIOGRAFÍA .....</b>	<b>54</b>
<b>7</b>	<b>ANEXOS .....</b>	<b>58</b>

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1</b> <i>Mapa de Ubicación de la "Quebrada Santa Isabel"</i> .....	3
<b>Figura 2</b> <i>Valoración para el Índice BMPW</i> .....	11
<b>Figura 3</b> <i>Valoración para el Índice ABI</i> .....	12
<b>Figura 4</b> <i>Mapa de Puntos de muestreo de la Quebrada "Santa Isabel"</i> .....	15
<b>Figura 5</b> <i>Fotografías de la zona alta de la Quebrada "Santa Isabel"</i> .....	17
<b>Figura 6</b> <i>Fotografías de la zona media de la "Quebrada Santa Isabel"</i> .....	18
<b>Figura 7</b> <i>Fotografías de la zona baja de la Quebrada "Santa Isabel"</i> .....	19
<b>Figura 8</b> <i>Toma de muestras de Agua</i> .....	21
<b>Figura 9</b> <i>Muestreo de Macroinvertebrados</i> .....	23
<b>Figura 10</b> <i>Determinación de Nitratos</i> .....	24
<b>Figura 11</b> <i>Determinación de Coliformes Fecales</i> .....	25
<b>Figura 12</b> <i>Resultado pH</i> .....	30
<b>Figura 13</b> <i>Análisis Estadístico-pH</i> .....	30
<b>Figura 14</b> <i>Resultado Turbidez NTU</i> .....	31
<b>Figura 15</b> <i>Análisis Estadístico-Turbidez</i> .....	31
<b>Figura 16</b> <i>Resultado Temperatura</i> .....	32
<b>Figura 17</b> <i>Análisis Estadístico-Temperatura</i> .....	32
<b>Figura 18</b> <i>Resultado Sólidos Suspendidos Totales</i> .....	33
<b>Figura 19</b> <i>Análisis Estadístico-SDT</i> .....	33
<b>Figura 20</b> <i>Resultado Fosfatos</i> .....	34
<b>Figura 21</b> <i>Análisis Estadístico-Fosfatos</i> .....	34
<b>Figura 22</b> <i>Resultado Nitratos</i> .....	35
<b>Figura 23</b> <i>Análisis Estadístico-Nitratos</i> .....	35
<b>Figura 24</b> <i>Resultado Oxígeno Disuelto</i> .....	36
<b>Figura 25</b> <i>Análisis Estadístico-OD</i> .....	36
<b>Figura 26</b> <i>Resultados DQO</i> .....	37
<b>Figura 27</b> <i>Análisis Estadístico-DQO</i> .....	37
<b>Figura 28</b> <i>Resultado DBO<sub>5</sub></i> .....	38
<b>Figura 29</b> <i>Análisis Estadístico-DBO<sub>5</sub></i> .....	38
<b>Figura 30</b> <i>Resultado Coliformes Fecales</i> .....	39
<b>Figura 31</b> <i>Análisis Estadístico-Coliformes Fecales</i> .....	39

<b>Figura 32</b> <i>Resultados del ICA, de la Quebrada “Santa Isabel”</i> .....	43
<b>Figura 33</b> <i>Identificación de familias de Macroinvertebrados</i> .....	44
<b>Figura 36</b> <i>Resultados diversidad Beta</i> .....	49
<b>Figura 37</b> <i>Relación del ICA con la abundancia en los puntos alto, medio y bajo</i> .....	50

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1</b> <i>Ventajas y Desventajas del uso de Bioindicadores</i> .....	9
<b>Tabla 2</b> <i>Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tabla 8 Anexo 097- A)</i> ..	13
<b>Tabla 3</b> <i>Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Tabla 9 Anexo 097-A)</i> .....	14
<b>Tabla 4</b> <i>Equipos y materiales para la ubicación de la quebrada “Santa Isabel”</i> .....	16
<b>Tabla 5</b> <i>Puntos de muestro</i> .....	16
<b>Tabla 6</b> <i>Número de muestras para agua</i> .....	20
<b>Tabla 7</b> <i>Diseño de la etiqueta para las muestras de Agua en la Quebrada “Santa Isabel”</i> ..	20
<b>Tabla 8</b> <i>Equipos y Materiales para el muestreo</i> .....	20
<b>Tabla 9</b> <i>Materiales y Equipos utilizados para el muestreo de macroinvertebrados</i> .....	22
<b>Tabla 10</b> <i>Metodología para los parámetros físicos</i> .....	23
<b>Tabla 11</b> <i>Metodología para los parámetros químicos</i> .....	24
<b>Tabla 12</b> <i>Metodología para el parámetro microbiológico</i> .....	24
<b>Tabla 13</b> <i>Wi de los parámetros para el cálculo del ICA</i> .....	25
<b>Tabla 14</b> <i>Valoración del ICA</i> .....	26
<b>Tabla 15</b> <i>Diseño de la Etiqueta para las muestras de Macroinvertebrados</i> .....	27
<b>Tabla 16</b> <i>Clasificación de la calidad de agua, según el Índice BMWP</i> .....	27
<b>Tabla 17</b> <i>Clasificación de la calidad de agua, según el Índice ABI</i> .....	28
<b>Tabla 18</b> <i>Clasificación de la calidad de agua, según el Índice EPT</i> .....	28
<b>Tabla 19</b> <i>Puntaje para interpretación del índice Shanon – Weaver</i> .....	29
<b>Tabla 20</b> <i>Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos en la Quebrada “Santa Isabel”</i> .....	40
<b>Tabla 21</b> <i>Comparación de los resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A tabla 8</i> .....	41
<b>Tabla 22</b> .....	42
<b>Tabla 23</b> <i>Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Alto</i> .....	45
<b>Tabla 24</b> <i>Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Medio</i> .....	45
<b>Tabla 25</b> <i>Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Bajo</i> .....	45
<b>Tabla 26</b> <i>Resultado del Índice ABI Punto Alto</i> .....	46
<b>Tabla 27</b> <i>Resultado del Índice ABI Punto Medio</i> .....	46
<b>Tabla 28</b> <i>Resultado del Índice ABI Punto Bajo</i> .....	46

<b>Tabla 29</b> <i>Resultado del Índice EPT Punto Alto</i> .....	47
<b>Tabla 30</b> <i>Resultado del Índice EPT Punto Medio</i> .....	47
<b>Tabla 31</b> <i>Resultado del Índice EPT Punto Bajo</i> .....	47
<b>Tabla 32</b> <i>Resultados índice de Shannon – Weaver</i> .....	48
<b>Tabla 33</b> <i>Resultados diversidad Alfa</i> .....	48

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1</b> .....	58
----------------------	----

## RESUMEN

El presente trabajo de investigación tiene como objetivo determinar la biodiversidad y calidad de agua en la quebrada “Santa Isabel” ubicada en el cantón Rumiñahui provincia de Pichincha a través del empleo de Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon – Weaver) e Índice de Calidad de Agua ICA. El análisis del índice de calidad ICA dio como resultado calidad de agua mala coincidiendo con los resultados de los índices biológicos que califica el agua como crítica, muy crítica, pésima y mala, mediante el empleo del índice Shannon – Weaver se determinó que existe baja diversidad de macroinvertebrados en la quebrada “Santa Isabel” en el punto alto y casi inexistentes en los puntos medio y bajo. Se pudo verificar que los valores resultantes de los análisis fisicoquímicos y microbiológicos se encuentran dentro del rango del límite permisivo de la normativa ambiental vigente a excepción del parámetro Nitratos que exceden los 13 mg/L máximo-permisibles.

**Palabras claves:** biodiversidad, macroinvertebrados, agua, calidad, ICA

## ABSTRACT

The present research work aims to determine the biodiversity and water quality in the “Santa Isabel” stream located in the Rumiñahui canton, province of Pichincha, through the use of Biological Indices (BMWP/col, ABI, E.P.T, Shannon - Weaver) and Water Quality Index ICA. The analysis of the ICA water quality index resulted in poor water quality, coinciding with the results of the biological indexes that qualify the water as critical, very critical, very bad and bad. Using the Shannon-Weaver index, it was determined that there is a low diversity of macroinvertebrates in the “Santa Isabel” stream at the high point and almost nonexistent in the middle and low points. It was possible to verify that the values resulting from the physicochemical and microbiological analyses are within the range of the permissive limit of the environmental regulations in force, except for the parameter Nitrates, which exceeded the maximum permissible 13 mg/L.

**Key words:** biodiversity, macroinvertebrates, water, quality, ICA.

# 1 INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problema

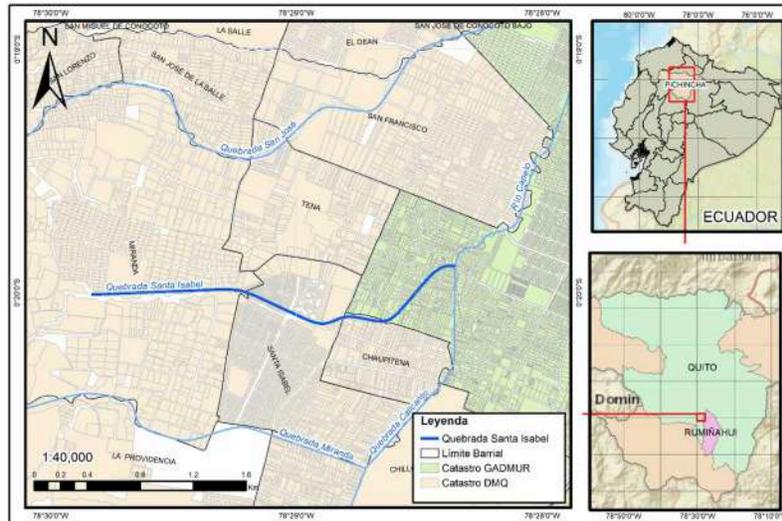
La contaminación de ríos y quebradas en el Valle de los Chillos en su mayoría se da por descargas de aguas servidas municipales o industriales las cuales se conocen como “fuentes puntuales”, se reconoce también las “fuentes no puntuales” donde se consideran las descargas relacionadas con actividades agrícolas de carácter estacional como son las plantaciones, laboreos, grandes construcciones o eventos poco frecuentes como las fuertes lluvias. Con el paso de los años la quebrada “Santa Isabel” ha sido contaminada por las dos fuentes antes mencionadas, por actividades agrícolas como es la cría de ganado vacuno, recibió también la descarga de pesticidas, herbicidas y fertilizantes tóxicos de una plantación de rosas que se ubicó a pocos kilómetros, se empezó hacer la descarga de aguas servidas de las casas aledañas hasta convertirse en vertedero de aguas servidas de los barrios que rodean la quebrada. En los últimos años se ha realizado también una conexión directa para la evacuación de alcantarillado de los conjuntos habitacionales, pese a esta situación no se encuentra un estudio realizado de la calidad de agua y condiciones en la que se encuentra la quebrada “Santa Isabel” (Rumiñahui Gobierno Municipal, 2024).

## 1.2 Ubicación

La quebrada “Santa Isabel” es una de las 70 quebradas que pertenecen a la cuenca del Río San Pedro en el Valle de los Chillos, se encuentra aproximadamente a 2562 msnm extendida por la parroquia de Conocoto, Amaguaña y Sangolquí. (Rumiñahui Gobierno Municipal, 2024).

## Figura 1

### Mapa de Ubicación de la "Quebrada Santa Isabel"



*Nota.* El mapa de ubicación se elaboró con información del Geo portal del DMQ y GADMUR en escala 50.000. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

### 1.3 Preguntas de Investigación

- ¿Cuál es la calidad de agua según la contaminación en las zonas de la quebrada “Santa Isabel”?
- ¿Existe variación de biodiversidad de macroinvertebrados según zonas en la quebrada “Santa Isabel”?

### 1.4 Objetivos:

#### 1.4.1 General

- Determinar la biodiversidad y calidad del agua de la quebrada " Santa Isabel" mediante la utilización de índices biológicos y parámetros fisicoquímicos.

### **1.4.2 Específicos**

- Establecer la abundancia y riqueza de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada "Santa Isabel".
- Analizar la calidad de agua de la quebrada "Santa Isabel", mediante el empleo de Índices Biológicos (BMWP/col, ABI, E.P.T) y el Índice de Calidad de Agua ICA.
- Evaluar la calidad de agua mediante la comparación de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos analizados con la normativa ambiental vigente.

## **1.5 Hipótesis**

### **1.5.1 Hipótesis**

Abundancia y Riqueza de macroinvertebrados guarda una relación directa con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

### **1.5.2 Hipótesis Nula**

Abundancia y Riqueza de macroinvertebrados no guarda una relación directa con parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.

## **1.6 Justificación**

El deterioro de la calidad del agua es un motivo de preocupación a nivel mundial motivo por el cual es importante realizar el estudio de la calidad del agua de todas las quebradas ubicadas dentro del municipio Rumiñahui sean grandes o pequeñas ya que al no ser consideradas muchas de ellas se está aumentando sus niveles de contaminación sobrepasando el límite permisible, al permitir que plantaciones, conjuntos habitacionales y las casas aledañas evacuen directamente las aguas servidas a las quebradas (GADMUR, 2020).

Al recibir la quebrada “Santa Isabel” abundantes descargas de aguas servidas en tiempos de se ha desbordado acarreado en el camino basura, árboles desprendidos y demás maleza los que a su paso destruyen los puentes que usan los pobladores para pasar de un barrio a otro teniendo que reconstruirlos al menos dos veces al año. (Rumiñahui Gobierno Municipal, 2024).

## 2 FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.

### 2.1 Calidad del agua

La calidad del agua se ve afectada mayormente por aguas residuales municipales, por actividades agrícolas como la crianza de ganado vacuno y porcino, es afectada también por aguas residuales industriales que contienen químicos, pesticidas y fertilizantes provenientes de plantaciones y cultivos de exportación (Rodríguez-León et al., 2019).

### 2.2 Indicadores de la calidad del agua

Los parámetros usados como indicadores de calidad del agua pueden ser: parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Para una correcta evaluación de la calidad del agua, es importante realizar su monitoreo, el cual permitirá establecer la variación del estado de un cuerpo de agua en el tiempo (Barreto Sáenz, 2012; GENERALIT VALENCIANA, s/f).

#### 2.2.1 *Parámetros fisicoquímicos*

Una de las ventajas de utilizar estos parámetros es que sus análisis pueden ser más rápidos y pueden ser monitoreados con mayor frecuencia tales como son el pH, temperatura, turbidez, sólidos totales suspendidos, DBO<sub>5</sub>, DQO, fosfatos, nitratos, oxígeno disuelto entre otros los cuales mediante su análisis determinarán la calidad de cualquier cuerpo de agua (Samboni et al., 2007).

**Potencial de hidrógeno (pH).** Es una medida de acidez la cual nos indica la concentración de iones Hidronio en cuerpos de agua o disoluciones permitiendo determinar zonas de contaminación industrial o el ingreso de fertilizantes. Los valores de pH menores de 7 (neutro) nos indica ingreso de sustancias ácidas y anoxia, los valores mayores a 7 indican una sobresaturación de oxígeno debido a una elevada actividad fotosintética (Aguas Urbanas, 2018).

**Temperatura.** Comúnmente el aumento de temperatura en el agua se da debido a vertidos calientes proveniente de las industrias o vertidos de aguas residuales domésticas. La temperatura influye directamente en parámetros como el oxígeno disuelto (a mayor temperatura menos oxígeno se disuelve), la demanda biológica de oxígeno (DBO) y la supervivencia de especies de macroinvertebrados (COBCLM, 2015).

**Turbidez.** La turbidez es una medida de dispersión de la luz relacionada con las partículas suspendidas en el agua, la turbidez puede sufrir cambios considerables debido al ingreso de efluentes industriales domésticos o procesos de erosión. Las aguas relativamente calmas permiten la sedimentación del material suspendido por lo que presentaran menor turbidez al contrario que las aguas turbulentas (Aguas Urbanas, 2018).

**Sólidos Suspendidos.** Los sólidos suspendidos son de naturaleza orgánica que en niveles altos nos indican contaminación ya sea por aguas residuales urbanas, escorrentía agrícola, entre otros. Los sólidos suspendidos pueden afectar la calidad del hábitat acuático, reduciendo la penetración de la luz y afectando la fotosíntesis de las plantas acuáticas, la degradación progresiva de los sólidos suspendidos ocasiona la disminución de oxígeno disuelto en el agua generando malos olores (APHA, 2017a).

**Demanda Biológica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>).** Permite medir la cantidad de oxígeno disuelto que los organismos necesitan para desintegrar la materia orgánica presente en el agua, una alta DBO<sub>5</sub> indica una alta carga de materia orgánica lo cual puede reducir el oxígeno disponible para los microorganismos acuáticos afectando a su biodiversidad (Morales-Mejía et al., 2021).

**Demanda Química de Oxígeno.** Permite medir la cantidad de oxígeno que oxida químicamente la materia orgánica, un alto DQO indica una alta contaminación del agua ya que

mide la capacidad de los contaminantes para consumir oxígeno lo cual afecta negativamente a los organismos acuáticos. (APHA, 2017a; Metcalf & Eddy, 1995; Morales-Mejía et al., 2021).

**Fosfatos.** La presencia de fosfatos en aguas residuales se debe a la contaminación por detergentes, aguas residuales industriales, fertilizantes, escorrentía agrícola entre otros, grandes concentraciones de fosfato pueden ocasionar eutrofización en los cuerpos de agua ocasionando el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas reduciendo así el oxígeno disuelto y la calidad de agua requerida para la conservación de organismos acuáticos (APHA, 2017a; Metcalf & Eddy, 1995; Morales-Mejía et al., 2021).

**Nitratos.** La presencia de nitratos en aguas residuales indica la contaminación por florícolas donde utilizan fertilizantes nitrogenados para el crecimiento de las plantas, efluentes de actividades ganaderas o urbanas entre otros. Los nitratos son nutrientes necesarios para las plantas, pero en concentraciones altas puede ser perjudicial para cualquier cuerpo de agua y para la salud humana (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.3 Índice de Calidad del Agua – ICA**

El ICA es el análisis combinado de varios parámetros entre ellos pH, temperatura, turbidez, nitratos, fosfatos, DQO, DBO, coliformes fecales, oxígeno disuelto los cuales mediante su medición nos permitirá determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua (Metcalf & Eddy, 1995).

### **2.4 Parámetros microbiológicos**

Los parámetros microbiológicos a diferencia de los parámetros fisicoquímicos requieren un análisis más minucioso ya que dependiendo de los microorganismos identificados se podrá llegar a determinar la calidad de cualquier cuerpo de agua, los indicadores microbiológicos de

contaminación del agua generalmente son bacterias mesófitas, coliformes totales y fecales (termo tolerantes), estreptococos fecales entre otros (Ríos-Tobón et al., 2017).

## 2.5 Indicadores Biológicos de la calidad del Agua

Los índices biológicos se aplican de manera complementaria a los análisis fisicoquímicos, y aunque tienen como limitante el reconocimiento de agentes contaminantes, sus ventajas están en su capacidad de aportar una evaluación continua. Esto debido a que los organismos tienen capacidades evolutivas a condiciones ambientales específicas y poseen límites de tolerancia ante las alteraciones, lo que permite obtener un punto de vista de los cambios de manera histórica en un período determinado (Reyes, 2012; Vargas et al., 2020).

**Tabla 1**

*Ventajas y Desventajas del uso de Bioindicadores*

Ventajas	Desventajas
<ul style="list-style-type: none"> <li>- Visibles a simple vista.</li> <li>- Diversidad y Abundancia</li> <li>- Técnicas de muestreo estandarizadas y no costosas.</li> <li>- Ciclos de vida largos lo que garantiza la permanencia en los ecosistemas.</li> <li>- Variación genética corta.</li> <li>- No es necesario realizar identificación a nivel de especie para posterior aplicación en índices.</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>- Distribución y abundancia afectada por el caudal, velocidad del cauce y tipo de sustrato.</li> <li>- Variabilidad en abundancia y distribución por estacionalidad.</li> <li>- Capacidad de dispersión alta.</li> </ul>

*Nota.* La tabla presenta ventajas y desventajas del uso de Bioindicadores. Adaptado de *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA* por Álvarez (2005).

### 2.5.1 Macroinvertebrados como indicadores

Los macroinvertebrados son organismos vivos considerados buenos indicadores de calidad de agua ya que su presencia o abundancia nos puede indicar el grado de contaminación de un río o quebrada. Algunos macroinvertebrados pueden cambiar su morfología o cambiarse a un nuevo hábitat como reacción a los cambios fisicoquímicos que conlleva la contaminación (Rodríguez et al., 2021).

## **2.6 Índice Biological Monitoring Working Party - BMWP**

Procedimiento sencillo de evaluación de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos, como objetivo este método busca llegar al nivel familiar, al ser sus datos de nivel cualitativo. Es decir, la presencia o ausencia de macroinvertebrados.(Álvarez, 2005; Reyes, 2012).

Cada especie recibe una puntuación determinada según el grado de tolerancia a la contaminación presente en el medio donde se desarrolla, en una escala de 1 a 10. Donde las familias más tolerantes reciben un valor bajo y las que demandan una mejor calidad de agua requieren valores altos en la escala.(Alba-Tercedor, 1996; Álvarez, 2005).

## Figura 2

### Valoración para el Índice BMPW

10	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Oligoneuriidae, Griptopterygidae, Perlidae, Odontoceridae, Psephenidae, Athericidae, Blephariceridae.</i></li></ul>
9	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Calamoceratidae, Hydrobiosidae, Leptoceridae, Xiphocentronidae, Ptilodactylidae, Leptophlebiidae, Euthyplociidae, Polymitarcydae.</i></li></ul>
8	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Helicopsychidae, Psychomyiidae, Glossosomatidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Simuliidae, Gomphidae, Polythoridae, Megapodagrionidae.</i></li></ul>
7	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Leptohyphidae, Hydraenidae, Scirtidae, Corydalidae, Calopterygidae, Limnephilidae, Hydroptilidae.</i></li></ul>
6	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Aeshnidae, Coenagrionidae, Libellulidae, Ancyliidae, Corixidae, Naucoridae, Notonectidae, Mesoveliidae, Hebridae, Dixidae, Psychodidae, Dryopidae, Lutrochidae.</i></li></ul>
5	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Baetidae, Elmidae, Staphylinidae, Dytiscidae, Noteridae, Pyralidae, Hydropsychidae, Tipulidae, Belostomatidae, Gerridae, Nepidae, Veliidae, Hydrobiidae, Ampullaridae.</i></li></ul>
4	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Caenidae, Hydrophilidae, Halplidae, Heteroceridae, Gyrinidae, Ceratopogonidae, Dolichopodidae, Empididae, Tabanidae, Stratiomyidae, Pleidae, Gelastocoridae, Planorbiidae, Physidae, Lymnaeidae, Aeglidae, Palaemonidae, Sphaeriidae, Planariidae.</i></li></ul>
3	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Muscidae, Glossiphoniidae.</i></li></ul>
2	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Chironomidae, Culicidae, Ephydriidae, Hyriidae.</i></li></ul>
1	<ul style="list-style-type: none"><li>• <i>Oligocheta.</i></li></ul>

*Nota.* La figura presenta la valoración para cada familia, para la aplicación del índice BMPW. Adaptado de *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA* por Álvarez (2005).

## 2.7 Índice Biótico Andino (ABI)

Este índice se basa en la evaluación biológica de la presencia, abundancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos en un cuerpo de agua, este índice es específico para la región andina y considera las particularidades ecológicas y biogeográficas de los ecosistemas de alta

montaña. La puntuación máxima es mayor a 96 indicando calidad de agua muy buena y la mínima menor a 14 indicando calidad de agua pésima (Ríos-Touma, 2024).

**Figura 3**

*Valoración para el Índice ABI*



*Nota.* La figura presenta la clasificación de la aplicación del índice ABI. Adaptado de *BIOMONITOREO DE RÍOS ANDINOS: EL ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) Y OTRAS APROXIMACIONES AL MONITOREO DE LOS RÍOS ANDINOS* por Ríos-Touma (2024).

## 2.8 Índice de Shannon–Weaver

Esta medida matemática se utiliza para cuantificar la diversidad de especies es una comunidad ecológica teniendo en cuenta el número de especies diferentes y la distribución de

los individuos entre las especies. El índice de Shannon tiene un rango limitado para clasificar la diversidad establecida en cada punto de muestreo del estudio, está entre (0- 1,5) establece baja diversidad, (1,6 – 2,9) es mediana diversidad y entre (3 – 4,5) está como alta diversidad (Krebs, 1999).

## 2.9 Índice ETP

La metodología EPT se refiere al índice de calidad de agua basado en la presencia y abundancia de tres órdenes de insectos acuáticos: *Ephemeroptera* (efímeras), *Plecoptera* (perlas) y *Trichoptera* (tricópteros). Estos insectos son sensibles a la contaminación del agua y, por lo tanto, su presencia es un indicador de la calidad del agua (Carrera y Fierro, 2001).

## 2.10 Marco legal

### 2.10.1 Normas generales para descarga de efluentes al sistema de alcantarillado

Las descargas al sistema de alcantarillado provenientes de actividades sujetas a regularización deberán cumplir, al menos, con los valores establecidos en la (Tabla 8 del Anexo 097-A,) en la cual las concentraciones corresponden a valores medios diarios).

**Tabla 2**

*Límites de descarga al sistema de alcantarillado público (Tabla 8 Anexo 097- A)*

Parámetro	Expresado	Unidad	Límite máximo permisible
<b>DQO</b>	DQO	mg/l	500
<b>DBO5</b>	DBO5	mg/l	250
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	SST	mg/l	220

### **2.10.2 Normas generales para descarga de efluentes a cuerpos de agua dulce**

En condiciones especiales de ausencia de estudios del cuerpo receptor, se utilizarán los valores de la (Tabla del Anexo 097-A) de limitaciones a las descargas a cuerpos de agua dulce, con el aval de la Autoridad Ambiental Competente (Acuerdo Ministerial 097-A, 2015) .

**Tabla 3**

*Límites de descarga a un cuerpo de agua dulce (Tabla 9 Anexo 097-A)*

<b>Parámetro</b>	<b>Expresado</b>	<b>Unidad</b>	<b>Límite máximo permisible</b>
<b>Coliformes fecales</b>	NMP	NMP/100 ml	2000
<b>DQO</b>	DQO	mg/l	200
<b>DBO5</b>	DBO5	mg/l	100
<b>Sólidos suspendidos totales</b>	SST	mg/l	130

### 3 MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Delimitación de la Quebrada “Santa Isabel”

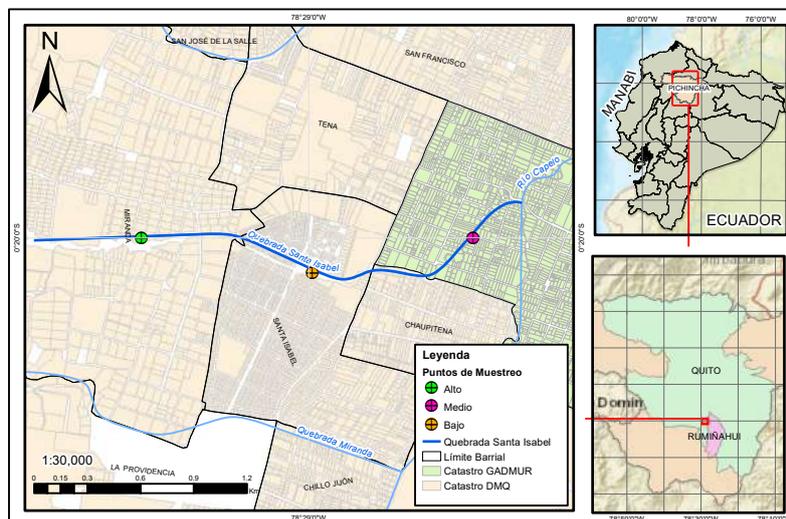
Para el muestreo de la quebrada “Santa Isabel” se definieron tres puntos: Punto alto se ubica en el barrio Miranda perteneciente a la parroquia de Conocoto, Punto medio ubicado en el barrio Santa Isabel perteneciente a la parroquia de Amaguaña y el Punto bajo se encuentra en el barrio Fajardo perteneciente a la parroquia de Sangolquí (GAD CONOCOTO, 2024).

#### 3.2 Delimitación de los puntos de muestreo

Para ubicar el área de estudio se tomaron coordenadas en WGS84-17S, además de información de Geoportales del IGM (250.000), DMQ e información de GADMUR. Para su posterior organización y delimitación de la quebrada Santa Isabel.

#### Figura 4

Mapa de Puntos de muestreo de la Quebrada “Santa Isabel”



Nota. La figura presenta las coordenadas y altitud de los puntos de muestreo de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

En la **Tabla 4**, se presenta los materiales para la ubicación de la quebrada “Santa Isabel” y en la **Tabla 5**, se presentan las coordenadas geográficas.

**Tabla 4***Equipos y materiales para la ubicación de la quebrada “Santa Isabel”*

<b>Equipos</b>	<b>Materiales</b>
<b>GPS</b>	Shapes (Catastro Urbano DMQ, Catastro Urbano GADMUR, Ríos 250.000 IGM, Parroquias y Cantones)
<b>Laptop</b>	Software ArcGIS
<b>Cámara fotográfica</b>	

*Nota.* La tabla presenta cada uno de los materiales que se utilizó para la ubicación de la quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2023)

**Tabla 5***Puntos de muestro*

<b>Punto</b>	<b>Latitud</b>	<b>Longitud</b>	<b>Altitud</b>
<b>Alto</b>	-78.475059	-0.333322	2562.84 m.s.n.m
<b>Medio</b>	-78.483193	-0.335129	2518.18 m.s.n.m
<b>Bajo</b>	-78.491838	-0.333319	2506.5 m.s.n.m

*Nota.* La tabla presenta muestra las coordenadas y altitud de los puntos de muestreo de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2023)

### 3.3 Climatología

El Clima en el Valle de los chillos varía según sus rangos altitudinales que van desde los 2.435 hasta los 4.000 msnm, los últimos años el clima ha variado también debido al cambio del uso del suelo, aumento de zonas urbanas y densidad poblacional, la temperatura puede llegar hasta los 26°C y las temperaturas mínimas llegan hasta los 9°C. La cantidad anual de precipitación varía entre 800 y 2.000 mm, con la mayoría de las lluvias caracterizándose por su larga duración y baja intensidad. La humedad relativa se mantiene constantemente por encima del 80 %. (Rumiñahui Gobierno Municipal, 2024).

### 3.4 Características de la zona de estudio

#### 3.4.1 Zona alta

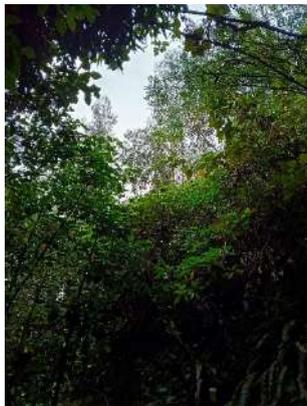
La zona alta de la quebrada presenta vegetación arbustiva como Tarqui (*Hedyosmum luteynii*) y boscosa con Eucalipto (*Eucalyptus*), se observa también poco número de viviendas

en su alrededor, quebrada arriba podemos observar abundancia de helechos costilla (*Blechnum occidentale*) y culantrillos (*Adiantum concinnum*) otras especies de plantas como begonias (*Begonia sodiroi*).

### Figura 5

Fotografías de la zona alta de la Quebrada “Santa Isabel”

1)



2)



Nota. La figura presenta las fotografías de las características de la zona alta de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por Lema Samanta (2024)

#### 3.4.2 Zona media

La zona media de muestreo se ve más afectada por descargas de aguas residuales agrícolas, industriales y a pesar de que las urbanizaciones que rodean la quebrada tienen un sistema de alcantarillado las descargas pluviales y sanitarias van directo hacia la quebrada, se observa también la vegetación como Eucalipto (*Eucalyptus*), Sauce (*Salix babylonica*) y Carrizo (*arundo donax*) donde existe acumulación de desechos domésticos.

## Figura 6

Fotografías de la zona media de la “Quebrada Santa Isabel”



*Nota.* La figura presenta las fotografías de las características de la zona media de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por Lema Samanta (2024)

### 3.4.3 Zona baja

En la zona baja de la quebrada “Santa Isabel” se observa con mayor claridad las descargas directas de aguas residuales provenientes de las casas que se encuentran cerca de la quebrada, también se encontró basura acumulada en la poca vegetación existente en sus alrededores como arboles de Eucalipto (*Eucalyptus*), Lechero (*Euphorbia laurifolia*) y Césped (*Cynodon dactylon*).

## Figura 7

*Fotografías de la zona baja de la Quebrada “Santa Isabel”*



*Nota.* La figura presenta las fotografías de las características de la zona baja de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por Lema Samanta (2024)

### 3.5 Muestreo

En la quebrada “Santa Isabel”, se realizó tres puntos (alto, medio y bajo) ver Tabla 6, de tal manera que se pueda obtener datos más precisos del estado de la quebrada se realizará un muestreo simple durante tres días en el mes de abril y tres días en el mes de mayo, dando un total de 18 muestras recolectadas para el posterior análisis. Para la determinación de los puntos de muestreo se realiza mediante la referenciación en coordenadas WGS84-17S.

En la Tabla 8, se proporciona un listado de los materiales utilizados en la toma de muestras, mientras que en la sección 3.5.1 y 3.5.2. Se presenta a detalle el procedimiento para la toma de muestras y transporte.

**Tabla 6**

*Número de muestras para agua*

Puntos	Número de muestras	
	Agua	Número de Días
Alto	6	6
Medio	6	
Bajo	6	

*Nota.* La tabla presenta la cantidad de muestras a tomar en la quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 7**

*Diseño de la etiqueta para las muestras de Agua en la Quebrada “Santa Isabel”*

<b>Institución</b>	
<b>Lugar de muestreo</b>	
<b>Autora</b>	
<b>Fecha</b>	

*Nota.* La tabla presenta el diseño de la etiqueta para la toma de muestras.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 8**

*Equipos y Materiales para el muestreo.*

CONDICIONES	MATERIALES	CANTIDAD
<b>Recolección de las muestras</b>	Botellas plásticas 2 L	18
	Mascarilla	1 caja
<b>Equipos de protección personal (EPP)</b>	Guantes	1 caja
	Botas de caucho	1
	Cooler	1
<b>Cadena de custodia</b>	Hielo	1
	Marcador permanente	1
<b>Equipos para análisis in situ</b>	GPS	1
	Oxímetro	1
	pH Metro	1

*Nota.* La tabla presenta muestra los equipos y materiales utilizados en el muestreo de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

### 3.5.1 Procedimiento para la toma de muestras

- Se debe realizar un triple lavado al envase plástico, llenado al 70%, agitando y repitiendo el proceso.
- La muestra se debe tomar de en dirección opuesta al flujo de agua, y es obligatorio que la muestra al ser sellada no debe poseer burbujas, ni agitarla.
- Es importante verificar que se encuentre bien sellada, para proceder a colocar la etiqueta ver **Tabla 7**.

### Figura 8

*Toma de muestras de Agua.*



*Nota.* La figura presenta la toma de muestras.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

### 3.5.2 Transporte de las muestras

Una vez etiquetada la muestra, se debe colocar en el cooler para ser transportadas, en esta etapa se debe evitar la exposición parcial o total a la luz solar, agitar las muestras (Barreto Sáenz, 2012, pp. 5–6).

### 3.5.3 Muestreo de macroinvertebrados

**Tabla 9**

Materiales y Equipos utilizados para el muestreo de macroinvertebrados

<b>Fase recolección, muestreo y análisis de macroinvertebrados</b>		
<b>Materiales</b>	<b>Equipos</b>	<b>Reactivos</b>
Red Surber	Estéreo Microscopio	Alcohol 75%
Frascos plásticos	Refrigeradora	
Etiquetas		
Botas de caucho		
Bandeja de loza blanca		
Pinzas		

*Nota.* La tabla presenta los materiales, equipos y reactivos para la fase de muestreo.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

Determinar los sitios de muestreo tratando de cubrir todos los microhábitats, como el sustrato del lecho (arena, rocas, sedimentos y detritos vegetales), la vegetación acuática (flotante y sumergida), así como las raíces de los árboles, entre otros. Con el fin de garantizar resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área que oscile entre 10 y 20 metros cuadrados y llevarse a cabo durante un período de tiempo de aproximadamente 20 a 30 minutos (Álvarez, 2005).

Es importante evitar realizar el muestreo posterior a un evento de lluvia intensa, por motivo de pérdida organismos locales encontrados en el sitio. Además, es importante realizar el muestreo desde el punto más bajo hacia arriba, en las orillas y en lugares donde la corriente sea más tranquila (Alba-Tercedor, 1996; Álvarez, 2005, pp. 9–13).

## Figura 9

### *Muestreo de Macroinvertebrados*



*Nota.* La figura presenta la toma de muestras.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

## 3.6 Determinación de parámetros del agua

### 3.6.1 *Parámetros físicos.*

**Tabla 10**

#### *Metodología para los parámetros físicos*

PARAMETRO	METODO	EQUIPO	REACTIVO
<b>Turbidez</b>	SM. 2130 B Método Convencional	Turbidímetro marca: HACH	Agua destilada Muestras de agua
<b>Temperatura</b>	SM. 2550 B Método Convencional	Potenciómetro marca: HACH	Agua destilada Muestras de agua
<b>Solidos Suspendidos</b>	SM. 2540 B	Estufa marca: HACH	Agua destilada Muestras de agua

*Nota.* La tabla presenta muestra la metodología que se utilizó para los parámetros químicos del agua. Tomado de *Standard Methods for the examination of water and Wastewater* por APHA (2017a).

### 3.6.2 Parámetros químicos

**Tabla 11**

*Metodología para los parámetros químicos.*

PARAMETRO	METODO	EQUIPO	REACTIVO
<b>Fosfatos</b>	SM. 4500-PE	Fotómetro marca: HANNA	Agua destilada Muestras de agua HI93717B-0
<b>Nitratos</b>	SM. 4500 NO3-B	Fotómetro marca: HANNA	Agua destilada Muestras de agua HI93728-0
<b>Oxígeno disuelto</b>	SM. 4500-OG Método Convencional	Fotómetro marca: HANNA	Agua destilada Muestras de agua
<b>DQO</b>	EPA 410.4	Digestor - espectrofotómetro marca: HANNA	Agua destilada Muestras de agua HI93754C-25

*Nota.* La tabla presenta muestra la metodología que se utilizó para los parámetros químicos del agua. Tomado de *Standard Methods for the examination of water and Wastewater* por APHA (2017a).

**Figura 10**

*Determinación de Nitratos*



*Nota.* La figura presenta el reactivo para la determinación de nitratos.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

### 3.6.3 Parámetros Microbiológicos

**Tabla 12**

*Metodología para el parámetro microbiológico.*

PARAMETRO	METODO	EQUIPO	REACTIVO
<b>Coliformes fecales</b>	SM. 9222-D Petrifilm 3M	Petrifilm 3M	Muestras de agua

*Nota.* La tabla presenta muestra la metodología que se utilizó para los parámetros químicos del agua. Tomado de *Standard Methods for the examination of water and Wastewater* por APHA (2017b).

## Figura 11

### Determinación de Coliformes Fecales



Nota. La figura presenta la placa Petrifilm para el análisis de coliformes fecales.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

### 3.7 Índice de calidad del agua

Para el análisis del índice de calidad de agua intervienen nueve parámetros, los cuales son multiplicados por los pesos relativos presentados en la **Tabla 13** y para obtener el resultado se calcula mediante la **Tabla 10** (SNET, 2017).

**Tabla 13**

*Wi de los parámetros para el cálculo del ICA*

i	Sub <sub>i</sub>	w <sub>i</sub>
1	Coliforme Fecales	0.15
2	pH	0.12
3	DBO <sub>5</sub>	0.10
4	Nitratos	0.10
5	Fosfatos	0.10
6	Temperatura	0.10
7	Turbidez	0.08
8	Solidos disueltos Totales	0.08
9	Oxígeno Disuelto	0.17

$$ICA_a = \sum_{i=1}^9 (Sub_i * w_i)$$

Nota. La tabla presenta muestra los pesos relativos para realizar el análisis del ICA.  
Adaptado de *Índice de calidad del agua general "ICA"* (p.5), por SNET (2017).

**Tabla 14**

*Valoración del ICA*

<b>CALIDAD DE AGUA</b>	<b>VALOR</b>
Excelente	91 a 100
Buena	71 a 90
Regular	51 a 70
Mala	26 a 50
Mala	0 a 25

*Nota.* La tabla presenta muestra los pesos relativos para realizar el análisis del ICA. Adaptado de *Índice de calidad del agua general "ICA"* (p.5), por SNET (2017).

### **3.8 Análisis de macroinvertebrados**

#### **3.8.1 Separación de las muestras**

- Posterior al muestreo, para el análisis se deben colocar las muestras en bandejas blancas bien iluminadas, con la ayuda de pinzas de punta fina extraer los organismos encontrados, se debe tener cuidado de no estropear los organismos colectados.
- El sustrato se debe remover de un extremo al otro de la bandeja, asegurándose que no queden organismos.
- Debe tenerse en cuenta que cuando no se tiene suficiente experiencia, muchos organismos pueden pasar inadvertidos, bien sea por su tamaño o por estar camuflados con los restos de vegetación o sustratos minerales. Poner en frascos etiquetados con alcohol al 70% (Álvarez, 2005, pp. 9–13).

### 3.8.2 Identificación de macroinvertebrados

**Tabla 15**

*Diseño de la Etiqueta para las muestras de Macroinvertebrados*

<b>Número de muestra:</b>
<b>Lugar de muestreo</b>
<b>Fecha:</b>
<b>N de Especímenes</b>

### 3.9 BMPW

Una vez cuantificadas y determinadas las familias de macroinvertebrados, basándonos en las guías de identificación asignamos el valor de sensibilidad (puntaje) correspondiente de la **Figura 2.**, sumamos el puntaje de todas las familias identificadas obteniendo el puntaje BMPW. Las puntuaciones varían generalmente entre 1 (muy tolerante) y 10 (muy sensible) (Ante y Pilatasig, 2020).

**Tabla 16**

*Clasificación de la calidad de agua, según el Índice BMWP*

Color	Valor del BMWP	Calidad - Clase	Significado
Azul	>= 150	Buena - I	Muy limpio
	123 - 149		No contaminado
Verde	71 - 122	Aceptable - II	Ligeramente contaminado; se evidencian efectos de contaminación
Amarillo	46 - 70	Dudosa - III	Moderada contaminación
Naranja	21 - 45	Crítica - IV	Muy contaminado
Rojo	< 20	Muy crítica - V	Fuertemente contaminado, situación Crítica

*Nota.* La tabla presenta la clasificación de la aplicación del índice BMPW. Adaptado de *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA* por Álvarez (2005).

### 3.10 ABI

Una vez cuantificadas y determinadas las familias de macroinvertebrados, basándonos en las guías de identificación asignamos el valor de sensibilidad (puntaje) correspondiente de

la **Figura 3**, y dividimos la suma de los valores de sensibilidad para el número total de individuos (Abundancia) obteniendo el puntaje ABI (Ante y Pilatasig, 2020).

**Tabla 17**

*Clasificación de la calidad de agua, según el Índice ABI*

Calidad del agua	Puntuación
Muy Bueno	>96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	<14

*Nota.* La tabla presenta la clasificación de la aplicación del índice BMPW. Adaptado de *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA* por Álvarez (2005).

### 3.11 EPT

Utilizando las guías de identificación de macroinvertebrados determinamos su orden y familia para separar y contar los individuos pertenecientes a los órdenes *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*. Dividimos el total de individuos ETP para la abundancia de individuos este valor resultante lo multiplicamos por 100 para obtener el porcentaje final del índice. De acuerdo con la **Tabla 18**, determinamos la calidad del agua (Ante y Pilatasig, 2020).

**Tabla 18**

*Clasificación de la calidad de agua, según el Índice EPT*

Calidad del agua	Porcentaje
Muy Bueno	75 - 100%
Bueno	50 - 74%
Regular	25 - 49%
Malo	0 - 24%

*Nota.* La tabla presenta la clasificación de la aplicación del índice BMPW. Tomado de *LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA* por (Carrera y Fierro, 2001).

### 3.12 Shannon – Weaver

Para obtener el valor del índice Shannon emplearemos la formulas:

$$H' = - \sum_{i=1}^s pi \ln (pi)$$

Donde:

H': Índice de diversidad Shannon

S: Número total de especies

$$pi = \frac{n_i}{N}$$

Donde:

- $n_i$ : Número de individuos de la especie i.
- N: Número total de individuos de todas las especies.
- Un valor más alto de H' indica una mayor diversidad, lo que significa que hay una mayor riqueza de especies y una distribución más equitativa de los individuos entre las especies.
- Un valor más bajo de H' indica una menor diversidad, con menos especies presentes o una distribución menos equitativa (Krebs, 1999).

Para cálculo del índice Shanon – Weaver se usará el programa Past para mayor precisión.

#### Tabla 19

*Puntaje para interpretación del índice Shanon – Weaver*

Rango	Diversidad
0 - 1,5	Baja diversidad
1,6 - 2,9	Mediana diversidad
3,0 - 5,0	Baja diversidad

## 4 RESULTADOS Y DISCUSIÓN

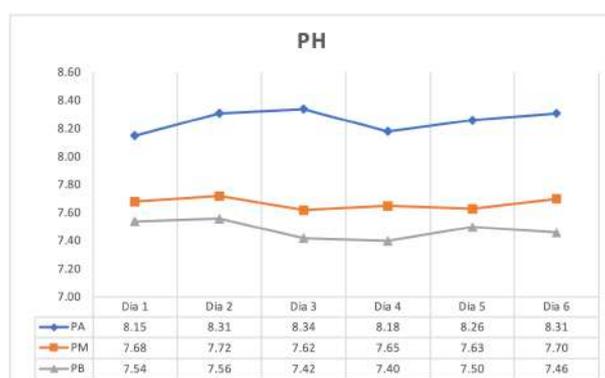
### 4.1 Análisis del agua

#### 4.1.1 pH

Los resultados del pH de la **Figura 12**, nos indican que este fue disminuyendo respectivamente al punto de muestreo teniendo como el más bajo en el rango desde 7,40 hasta como valor máximo 7,56. Del mismo modo los valores en p-value son inferiores a 0.05 dando como resultado diferencia estadística entre las concentraciones de pH.

**Figura 12**

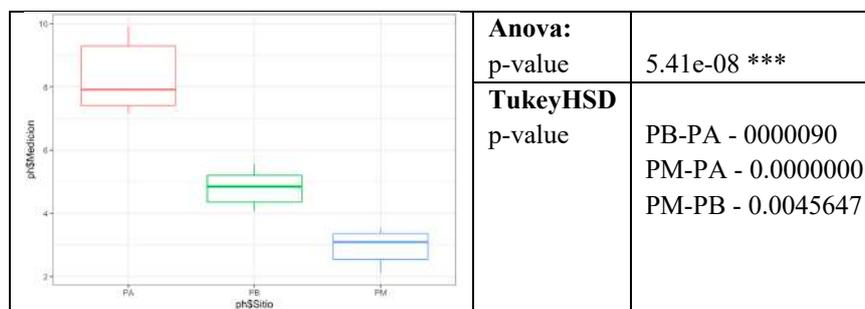
*Resultado pH*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de pH de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024).

**Figura 13**

*Análisis Estadístico-pH*



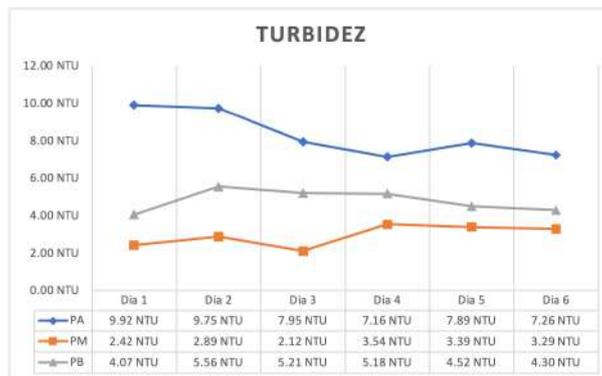
*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de pH de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024).

### 4.1.2 Turbidez

En los resultados de turbidez podemos observar que tenemos mayores valores en el punto alto que van desde los 7,16 NTU hasta los 9,92 NTU esto puede ser debido a la escorrentía que es mayor que en los PM Y PB. Respecto a diferencias a nivel estadístico en la **Figura 15**, los valores de p-values son de 0.

**Figura 14**

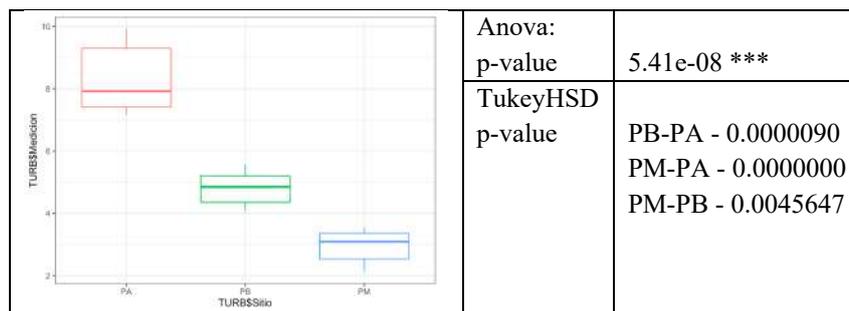
*Resultado Turbidez NTU*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de Turbidez de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Figura 15**

*Análisis Estadístico-Turbidez*



*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Turbidez de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

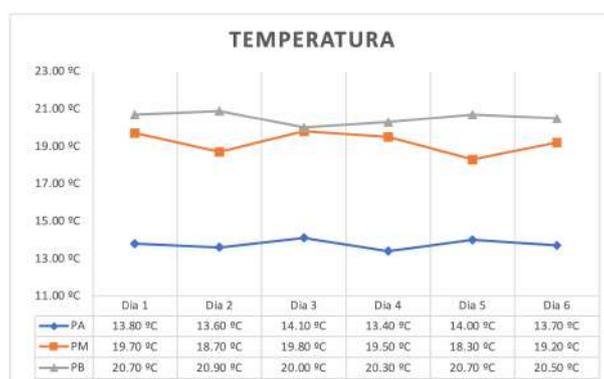
### 4.1.3 Temperatura

La temperatura en los tres puntos de muestreo tiene poca variación en los diferentes días de muestreos. En el punto alto tenemos como temperatura máxima de 14,10 °C a diferencia del

punto bajo que tiene como temperatura máxima 20,90 °C. Esta considerable variación debido a las diferentes altitudes y hora de muestreo, dando una diferencia estadística significativa con p-values de 0.

**Figura 16**

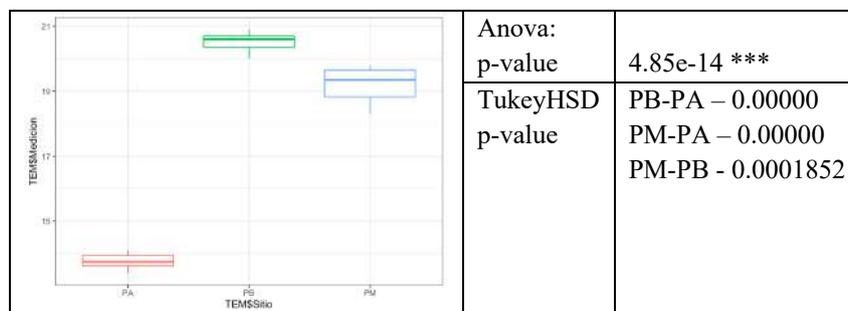
*Resultado Temperatura*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de Temperatura de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Figura 17**

*Análisis Estadístico-Temperatura*



*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Temperatura de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

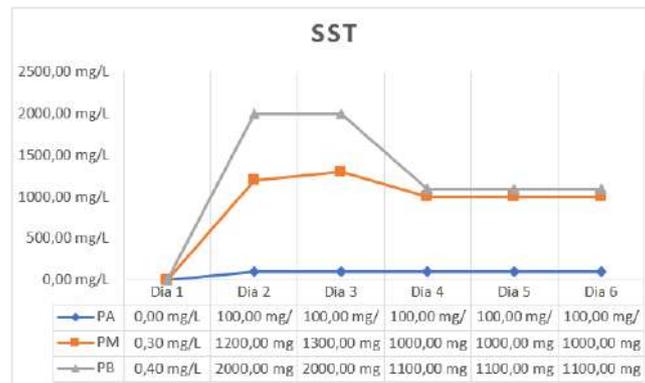
#### 4.1.4 Sólidos Suspendidos Totales

Los resultados de SST muestran cómo las concentraciones de sólidos suspendidos totales varían significativamente entre las diferentes muestras (PA, PM y PB) y a lo largo del tiempo. Las muestras PA presentan una concentración constante y baja después del segundo

día, mientras que las muestras PM y PB muestran grandes fluctuaciones en los primeros días antes de estabilizarse.

### Figura 18

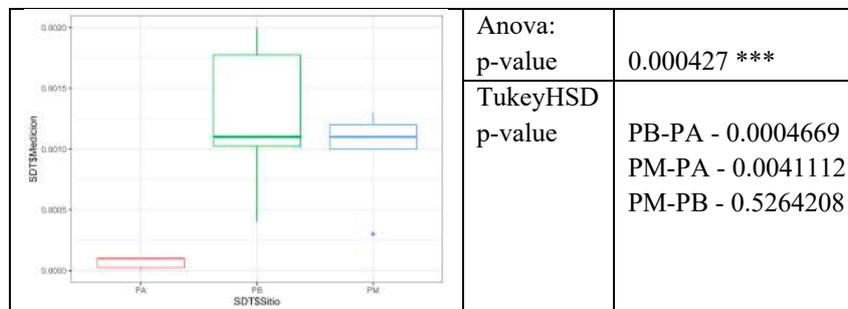
#### Resultado Sólidos Suspendedos Totales



Nota. La figura presenta los resultados del parámetro de Sólidos Disueltos Totales de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

### Figura 19

#### Análisis Estadístico-SDT



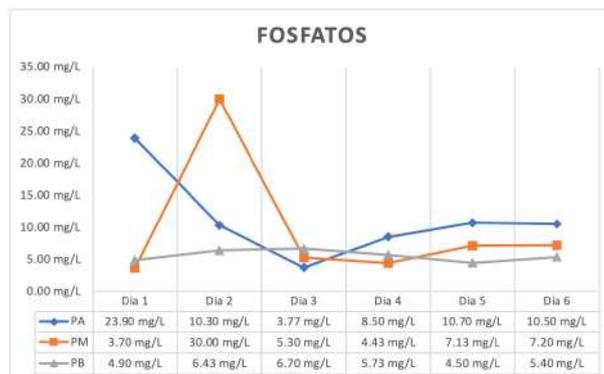
Nota. La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Sólidos Disueltos Totales de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

#### 4.1.5 Fosfatos

En la gráfica de resultados podemos observar que la concentración de fosfatos varía considerablemente en cada día que se tomó las muestras teniendo como mayor concentración el día 1 y 2 del punto alto y medio respectivamente, respecto a diferencias estadísticas en la **Figura 21** se detallan que no existe diferencia estadística entre las concentraciones de los tres puntos de muestreo.

**Figura 20**

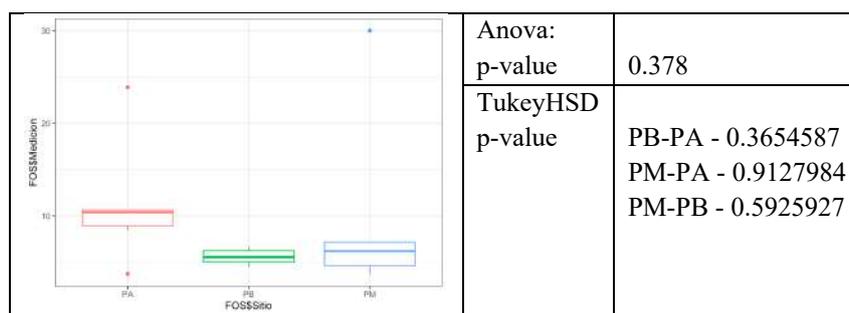
*Resultado Fosfatos*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de Fosfatos de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Figura 21**

*Análisis Estadístico-Fosfatos*



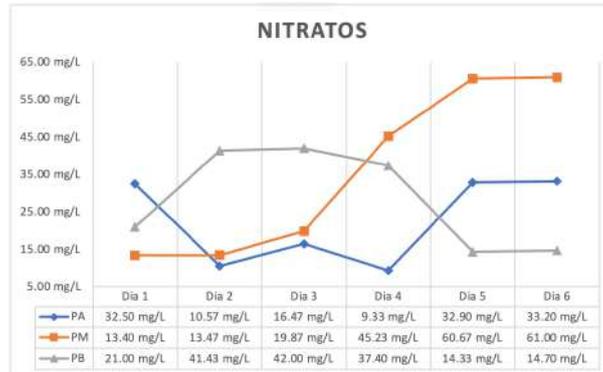
*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Fosfatos de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

#### 4.1.6 Nitratos

En los resultados observamos que la variación de concentración de nitratos en todos los puntos considera disminución y aumentos significativos en el transcurso de los días esto debido a las diferentes fuentes de contaminación que recibe la quebrada, alcanzando el PM la mayor concentración debido a los efluentes provenientes de una plantación de rosas. Respecto a diferencia de concentraciones a nivel estadístico todos los valores son mayores a 0.05.

## Figura 22

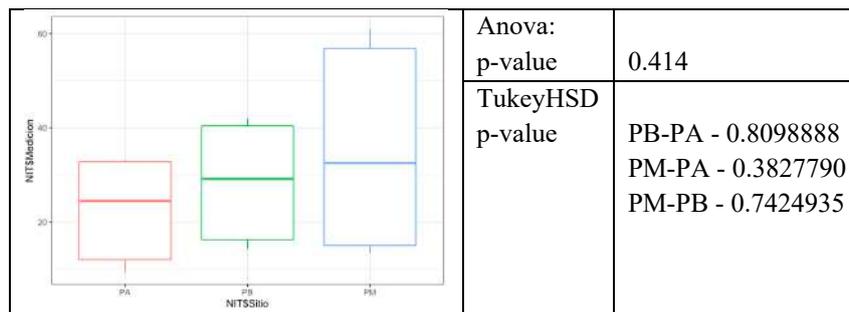
### Resultado Nitratos



Nota. La figura presenta los resultados del parámetro de Nitratos de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024).

## Figura 23

### Análisis Estadístico-Nitratos



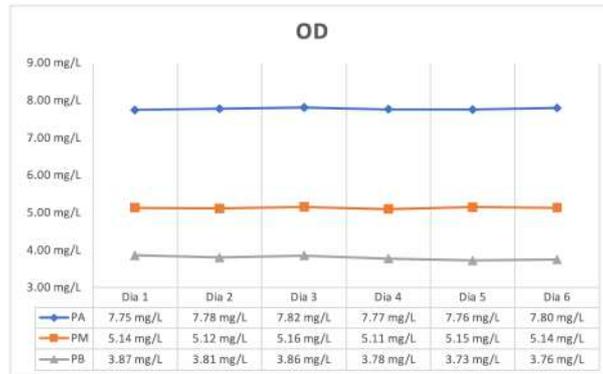
Nota. La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Nitratos de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024).

### 4.1.7 Oxígeno disuelto

En los resultados de oxígeno disuelto tenemos los valores más bajos en el PB con un valor mínimo de 3,73 mg/L esto debido a que este punto es el más contaminado en comparación con los PM y PA mientras que en el PA tenemos valores altos que no bajan de los 7 mg/L. Para el análisis de significancias estadísticas en la **Figura 25**, los valores en p-value nos demuestran la diferencia de concentraciones promedio entre puntos.

## Figura 24

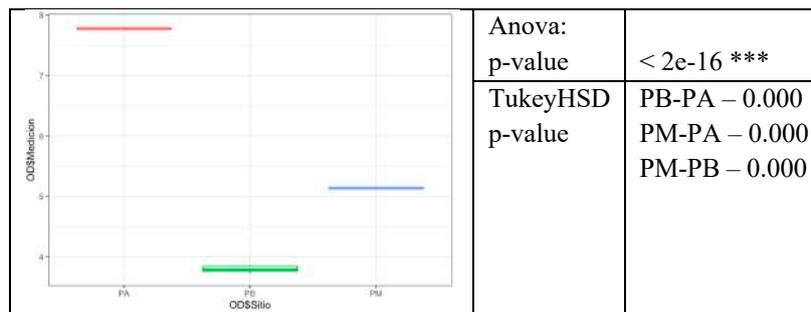
### Resultado Oxígeno Disuelto



Nota. La figura presenta los resultados del parámetro de Oxígeno Disuelto de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

## Figura 25

### Análisis Estadístico-OD



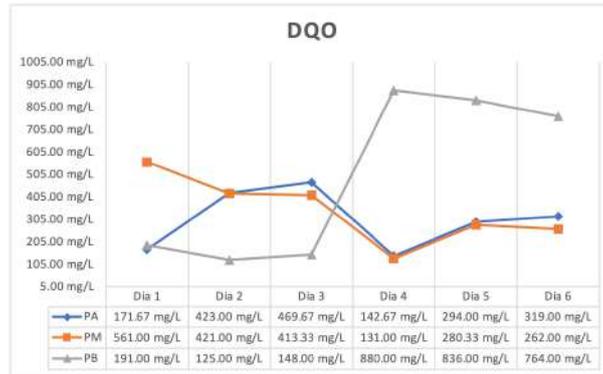
Nota. La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Oxígeno Disuelto de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

### 4.1.8 DQO

En la **Figura 26**, se presenta el comportamiento del parámetro DQO para los seis días de muestro, manifestando concentraciones elevadas que sobrepasan los LMP en el Punto bajo de la quebrada mientras que, en la **Figura 27**, el Anova posee un valor en p de 0.397, mismo que al ser mayor a 0.05 no indica diferencia de concentraciones a nivel estadístico.

**Figura 26**

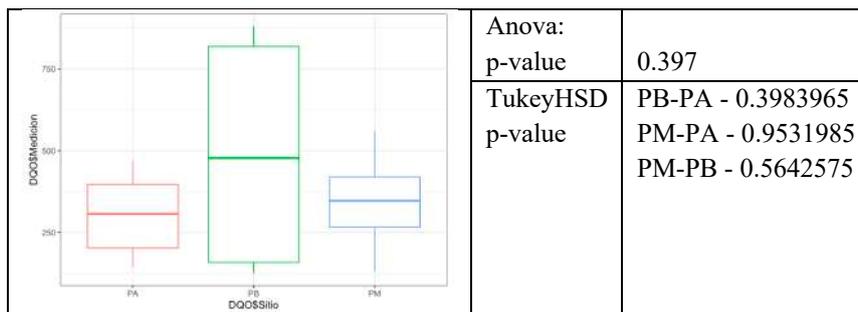
*Resultados DQO*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de DQO de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Figura 27**

*Análisis Estadístico-DQO*



*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de DQO de los análisis de la “Quebrada Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024).

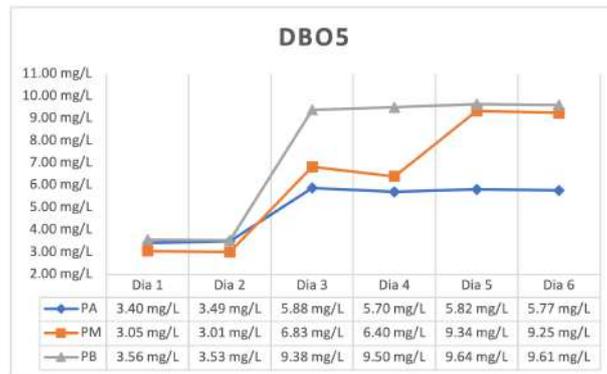
#### 4.1.9 DBO<sub>5</sub>

En los resultados observamos que las muestras PM y PB indican un aumento significativo en los valores de DBO<sub>5</sub> después del segundo día, estabilizándose en niveles altos (alrededor de 9 mg/L). La muestra del PB también indica un aumento, pero se estabiliza a niveles más bajos (alrededor de 5.8 mg/L). Determinando así una variación en la actividad microbiana o en la carga orgánica entre las diferentes muestras, teniendo en el PM y PB una mayor demanda de oxígeno que PA a lo largo de los días. Para el análisis estadístico del

parámetro DBO<sub>5</sub>, en la **Figura 29** todos los valores de p-value son superiores a 0.05 indicando que no existe diferencia a nivel estadístico.

### Figura 28

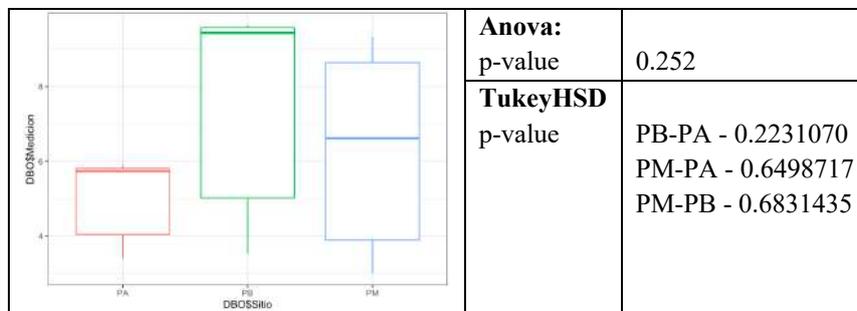
Resultado DBO<sub>5</sub>



Nota. La figura presenta los resultados del parámetro de DBO<sub>5</sub> de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024)

### Figura 29

Análisis Estadístico-DBO<sub>5</sub>



Nota. La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de DBO<sub>5</sub> de la Quebrada “Santa Isabel”.  
Elaborado por: Lema Samanta (2024).

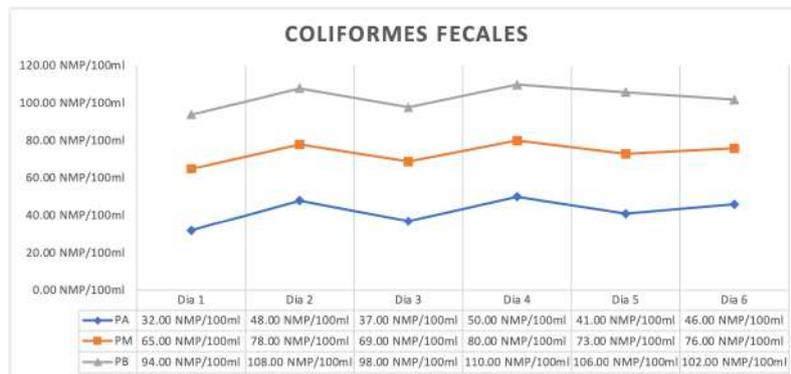
#### 4.1.10 Coliformes fecales

En los resultados de Coliformes fecales vemos mayor presencia en el punto bajo de muestreo encontrando más de 100 NMP/100ml en las muestras de los días 2,4,5 y 6. El resultado fue el esperado ya que durante el muestreo se pudo observar descargas sanitarias directas hacia la quebrada. Para el análisis estadístico de los valores de coliformes fecales

presentados en la **Figura 31**, los valores en p-value tanto en ANOVA, como en TukeyHDS nos indican diferencias estadísticas significativas entre las concentraciones

**Figura 30**

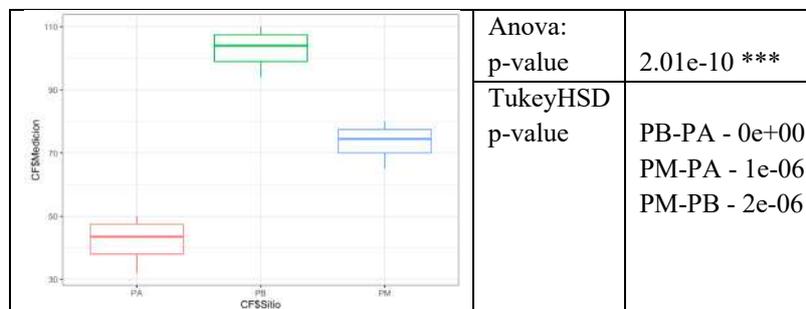
*Resultado Coliformes Fecales*



*Nota.* La figura presenta los resultados del parámetro de Coliformes Fecales de los análisis de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Figura 31**

*Análisis Estadístico-Coliformes Fecales*



*Nota.* La figura presenta los resultados estadísticos del parámetro de Coliformes Fecales de la Quebrada “Santa Isabel”. Elaborado por: Lema Samanta (2024).

**Tabla 20**

*Resultados de los Parámetros Fisicoquímicos en la Quebrada “Santa Isabel”*

		Variable									
	Código	pH	OD (mg/L)	DBO5 (mg/L)	DOO (mg/L)	SDT (mg/L)	Temperatura (°C)	Turbidez (NTU)	Fosfatos (mg/L)	Nitratos (mg/L)	Coliformes Fecales (NMP/100ML)
Dia 1	PA_D1_R1	8.15	7.75	3.87	171.67	0	13.8	9.92	23.90	32.5	32
	PA_D1_R2	8.45	8.38	4.37	180.17	0,0001	14.8	10.92	25.90	34.5	34
	PA_D1_R3	7.85	7.12	3.37	163.17	0,0001	12.8	8.92	21.90	30.5	30
	<b>Promedio</b>	<b>8.15</b>	<b>7.75</b>	<b>3.87</b>	<b>171.67</b>	<b>0</b>	<b>13.8</b>	<b>9.92</b>	<b>23.90</b>	<b>32.5</b>	<b>32</b>
	PM_D1_R1	7.68	5.14	5.14	561.00	0.30	19.7	2.42	3.70	13.40	65
	PM_D1_R2	7.98	5.64	5.64	569.50	2.30	20.7	3.42	5.70	15.40	67
	PM_D1_R3	7.38	4.64	4.64	552.50	2.30	18.7	1.43	1.70	11.40	63
	<b>Promedio</b>	<b>7.68</b>	<b>5.14</b>	<b>5.14</b>	<b>561.00</b>	<b>0.30</b>	<b>19.7</b>	<b>2.42</b>	<b>3.70</b>	<b>13.40</b>	<b>65</b>
	PB_D1_R1	7.54	3.87	7.75	191.00	0.4	20.7	4.07	4.90	21.00	94
	PB_D1_R2	7.84	4.37	8.38	199.50	2.40	21.7	5.07	6.90	23.00	96
	PB_D1_R3	7.24	3.37	7.12	182.50	2.40	19.7	3.07	2.90	19.00	92
	<b>Promedio</b>	<b>7.54</b>	<b>3.87</b>	<b>7.75</b>	<b>191.00</b>	<b>0.40</b>	<b>20.7</b>	<b>4.07</b>	<b>4.90</b>	<b>21.00</b>	<b>94</b>
	PA_D2_R1	8.31	7.78	3.81	423.00	100	13.6	9.75	10.30	10.57	48
	PA_D2_R2	8.61	8.41	4.31	431.50	10,0001	14.6	10.75	12.30	12.57	50
PA_D2_R3	8.01	7.15	3.31	414.50	99,9999	12.6	8.75	8.30	8.57	46	
<b>Promedio</b>	<b>8.31</b>	<b>7.78</b>	<b>3.81</b>	<b>423.00</b>	<b>100</b>	<b>13.6</b>	<b>9.75</b>	<b>10.30</b>	<b>10.57</b>	<b>48</b>	
PM_D2_R1	7.72	5.12	5.12	421.00	1200	18.7	2.89	30	13.47	78	
PM_D2_R2	8.02	5.62	5.62	429.50	1202	19.7	3.89	32	15.47	80	
PM_D2_R3	7.42	4.62	4.62	412.50	1198	17.7	1.89	28	11.47	76	
<b>Promedio</b>	<b>7.72</b>	<b>5.12</b>	<b>5.12</b>	<b>421.00</b>	<b>1200</b>	<b>18.7</b>	<b>2.89</b>	<b>30</b>	<b>13.47</b>	<b>78</b>	
PB_D2_R1	7.56	3.81	7.78	125.00	2000	20.9	5.56	6.43	41.43	108	
PB_D2_R2	7.86	4.31	8.41	133.50	2002	21.9	6.56	8.43	43.43	110	
PB_D2_R3	7.26	3.31	7.15	116.50	1998	29.9	4.56	4.43	39.43	106	
<b>Promedio</b>	<b>7.56</b>	<b>3.81</b>	<b>7.78</b>	<b>125.00</b>	<b>2000</b>	<b>20.9</b>	<b>5.56</b>	<b>6.43</b>	<b>41.43</b>	<b>108</b>	
PA_D3_R1	8.34	7.82	3.86	469.67	100	14.1	7.95	3.77	16.47	37	
PA_D3_R2	8.64	8.45	4.36	478.17	100,0001	15.1	8.95	5.77	18.47	39	
PA_D3_R3	8.04	7.19	3.36	461.17	99,9999	13.1	6.95	1.77	14.47	35	
<b>Promedio</b>	<b>8.34</b>	<b>7.82</b>	<b>3.86</b>	<b>469.67</b>	<b>100</b>	<b>14.1</b>	<b>7.95</b>	<b>3.77</b>	<b>16.47</b>	<b>37</b>	
PM_D3_R1	7.62	5.16	5.16	413.33	1300	19.8	2.12	5.30	19.87	69	
PM_D3_R2	7.92	5.66	5.66	421.83	1302	20.8	3.12	7.30	21.87	71	
PM_D3_R3	7.32	4.66	4.66	404.83	1298	18.8	1.12	3.30	17.87	67	
<b>Promedio</b>	<b>7.62</b>	<b>5.16</b>	<b>5.16</b>	<b>413.33</b>	<b>1300</b>	<b>19.8</b>	<b>2.12</b>	<b>5.30</b>	<b>19.87</b>	<b>69</b>	
PB_D3_R1	7.42	3.86	7.82	148.00	2000	20	5.21	6.7	42	98	
PB_D3_R2	7.72	4.36	8.45	156.50	2002	21	6.21	8.70	44	100	
PB_D3_R3	7.12	3.36	7.19	139.50	1998	19	4.21	4.70	40	96	
<b>Promedio</b>	<b>7.42</b>	<b>3.86</b>	<b>7.82</b>	<b>148.00</b>	<b>2000</b>	<b>20</b>	<b>5.21</b>	<b>6.70</b>	<b>42</b>	<b>98</b>	
PA_D4_R1	8.18	7.77	3.78	142.67	100	13.4	7.16	8.50	9.33	50	
PA_D4_R2	8.48	8.40	4.28	151.17	100,0001	14.4	8.16	10.50	11.33	52	
PA_D4_R3	7.88	7.14	3.28	134.17	99,9999	12.4	6.16	6.50	7.33	48	
<b>Promedio</b>	<b>8.18</b>	<b>7.77</b>	<b>3.78</b>	<b>142.67</b>	<b>100</b>	<b>13.4</b>	<b>7.16</b>	<b>8.50</b>	<b>9.33</b>	<b>50</b>	
PM_D4_R1	7.65	5.11	5.11	131.00	1000	19.5	3.54	4.43	45.23	80	
PM_D4_R2	7.95	5.61	5.61	139.50	1002	20.5	4.54	6.43	47.23	82	
PM_D4_R3	7.35	4.61	4.61	122.50	998	18.5	2.54	2.43	43.23	78	
<b>Promedio</b>	<b>7.65</b>	<b>5.11</b>	<b>5.11</b>	<b>131.00</b>	<b>1000</b>	<b>19.5</b>	<b>3.54</b>	<b>4.43</b>	<b>45.23</b>	<b>80</b>	
PB_D4_R1	7.40	3.78	7.77	880.00	1100	20.3	5.18	5.73	37.40	110	
PB_D4_R2	7.70	4.28	8.40	888.50	1102	21.3	6.18	7.73	39.40	112	
PB_D4_R3	7.10	3.28	7.14	871.50	1098	19.3	4.18	3.73	35.40	108	
<b>Promedio</b>	<b>7.40</b>	<b>3.78</b>	<b>7.77</b>	<b>880.00</b>	<b>1100</b>	<b>20.3</b>	<b>5.18</b>	<b>5.73</b>	<b>37.40</b>	<b>110</b>	
PA_D5_R1	8.26	7.76	3.73	294.00	100	14	7.89	10.70	32.90	41	
PA_D5_R2	8.56	8.39	4.23	302.50	100,0001	15	8.89	12.70	34.90	43	
PA_D5_R3	7.96	7.13	3.23	285.50	99,9999	13	6.89	8.70	30.90	39	
<b>Promedio</b>	<b>8.26</b>	<b>7.76</b>	<b>3.73</b>	<b>291.00</b>	<b>100</b>	<b>14</b>	<b>7.89</b>	<b>10.70</b>	<b>32.90</b>	<b>41</b>	
PM_D5_R1	7.63	5.15	5.15	280.33	1000	18.3	3.39	7.13	60.67	73	
PM_D5_R2	7.93	5.65	5.65	288.83	1002	19.3	4.39	9.13	62.67	75	
PM_D5_R3	7.33	4.65	4.65	271.83	998	17.3	2.39	5.13	58.67	71	
<b>Promedio</b>	<b>7.63</b>	<b>5.15</b>	<b>5.15</b>	<b>280.33</b>	<b>1000</b>	<b>18.3</b>	<b>3.39</b>	<b>7.13</b>	<b>60.67</b>	<b>73</b>	
PB_D5_R1	7.50	3.73	7.76	836.00	1100	20.7	4.52	4.50	14.33	106	
PB_D5_R2	7.80	4.23	8.39	844.50	1102	21.7	5.52	6.50	16.33	108	
PB_D5_R3	7.20	3.23	7.13	827.50	1098	19.7	3.52	2.50	12.33	104	
<b>Promedio</b>	<b>7.50</b>	<b>3.73</b>	<b>7.76</b>	<b>836.00</b>	<b>1100</b>	<b>20.7</b>	<b>4.52</b>	<b>4.50</b>	<b>14.33</b>	<b>106</b>	
PA_D6_R1	8.31	7.80	3.76	319.00	100	13.7	7.26	10.50	33.20	46	
PA_D6_R2	8.61	8.43	4.26	327.50	100,0001	14.7	8.26	12.50	35.20	48	
PA_D6_R3	8.01	7.17	3.26	310.50	99,9999	12.7	6.26	8.50	31.20	44	
<b>Promedio</b>	<b>8.31</b>	<b>7.80</b>	<b>3.76</b>	<b>319.00</b>	<b>100</b>	<b>13.7</b>	<b>7.26</b>	<b>10.50</b>	<b>33.20</b>	<b>46</b>	
PM_D6_R1	7.70	5.14	5.14	262.00	1000	19.2	3.29	7.2	61.00	76	
PM_D6_R2	8.00	5.64	5.64	270.5	1002	20.2	4.29	9.20	63.00	78	
PM_D6_R3	7.40	4.64	4.64	253.5	998	18.2	2.29	5.20	59.00	74	
<b>Promedio</b>	<b>7.70</b>	<b>5.14</b>	<b>5.14</b>	<b>262.00</b>	<b>1000</b>	<b>19.2</b>	<b>3.29</b>	<b>7.20</b>	<b>61.00</b>	<b>76</b>	
PB_D6_R1	7.46	3.76	7.80	764.00	1100	20.5	4.30	5.40	14.70	102	
PB_D6_R2	7.76	4.26	8.43	772.5	1102	21.5	5.30	7.40	16.70	104	
PB_D6_R3	7.16	3.26	7.17	755.50	1098	19.5	3.30	3.40	12.70	100	
<b>Promedio</b>	<b>7.46</b>	<b>3.76</b>	<b>7.80</b>	<b>764.00</b>	<b>1100</b>	<b>20.5</b>	<b>4.30</b>	<b>5.40</b>	<b>14.70</b>	<b>102</b>	

## 4.2 Comparación con los Límites Máximos Permisibles

La comparación de los límites máximos permisibles se realizó en base a la tabla 8 y tabla 9 del Anexo 097-A.

**Tabla 21**

*Comparación de los resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A tabla 8*

<b>Parámetro</b>	<b>Puntos</b>	<b>Resultados Quebrada “Santa Isabel”</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>	<b>Observaciones (Cumple con la Normativa Ambiental)</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) mg/L</b>	Punto alto	5,01	250	SI
	Punto medio	6,31		SI
	Punto bajo	7,54		SI
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	Punto alto	83,33	1600	SI
	Punto medio	916,72		SI
	Punto bajo	1216,73		SI
<b>Temperatura °C</b>	Punto bajo	13,77	< 40	SI
	Punto medio	19,20		SI
	Punto bajo	20,52		SI
<b>pH</b>	Punto bajo	8,26	6-9	SI
	Punto medio	7,67		SI
	Punto bajo	7,46		SI

**Tabla 22**

*Comparación de los resultados con el Acuerdo Ministerial 097-A tabla 9*

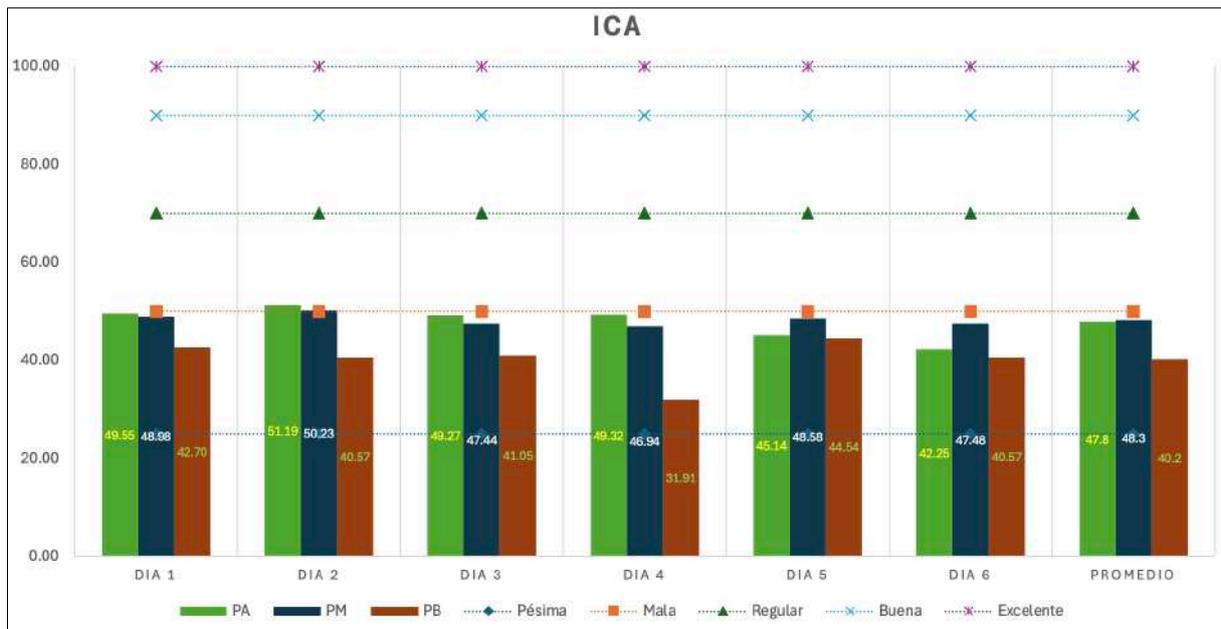
<b>Parámetro</b>	<b>Puntos</b>	<b>Resultados Quebrada “Santa Isabel”</b>	<b>Límite Máximo Permisible</b>	<b>Observaciones (Cumple con la Normativa Ambiental)</b>
<b>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO<sub>5</sub>) mg/L</b>	Punto alto	5,01	100	SI
	Punto medio	6,31		SI
	Punto bajo	7,54		SI
<b>Sólidos Suspendidos Totales</b>	Punto alto	83,33	1600	SI
	Punto medio	916,72		SI
	Punto bajo	1216,73		SI
<b>Temperatura °C</b>	Punto alto	13,77	Condición natural ± 3	SI
	Punto medio	19,20		SI
	Punto bajo	20,52		SI
<b>pH</b>	Punto alto	8,26	6-9	SI
	Punto medio	7,67		SI
	Punto bajo	7,46		SI
<b>Coliformes Fecales (NMP/100MI)</b>	Punto alto	42,33	2000	SI
	Punto medio	73,50		
	Punto bajo	103		
<b>Nitratos (mg/L)</b>	Punto alto	22,50	13	NO
	Punto medio	35,61		NO
	Punto bajo	28,48		NO
<b>Oxígeno Disuelto (mgO<sub>2</sub>/L)</b>	Punto alto	74,20	>80	NO
	Punto medio	66,3		NO
	Punto bajo	49,90		NO

### 4.3 Índice de calidad del Agua – ICA

En la **Figura 32**, se presenta los resultados para el análisis del ICA dando en la **Tabla 14**, como calidad de agua mala para los tres puntos de muestreo.

**Figura 32**

*Resultados del ICA, de la Quebrada “Santa Isabel”*



*Nota.* La figura presenta el resultado del ICA  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

### 4.4 Identificación de macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados recolectados se identifican con el uso del estereomicroscopio y en comparación con guías de identificación existentes sobre órdenes y familias.

### Figura 33

#### Identificación de familias de Macroinvertebrados

1)



2)



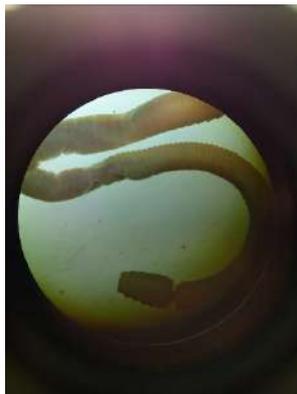
3)



4)



5)



*Nota.* La figura presenta las especies encontradas <sup>1)</sup> Identificación de Macroinvertebrados en laboratorios <sup>2)</sup> *Aeshnidae* <sup>3)</sup> *Ptilodactylidae* <sup>4)</sup> *Dytiscidae* <sup>5)</sup> *Oligochaeta*.  
Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

#### 4.5 BMWP/COL

Los resultados según la **Tabla 20** califican la calidad de agua del punto alto como crítica debido a la poca variedad de familias, del punto medio y bajo como muy crítica debido a la inexistencia de macroinvertebrados de mayor puntaje.

**Tabla 23***Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Alto*

<b>PUNTO ALTO</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTAJE BMWP/Col</b>	<b>TOTAL</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	5	24	Crítica
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	6		
	Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	9		
	Coleoptera	<i>Hidrophilidae</i>	4		

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 24***Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Medio*

	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTAJE BMWP/Col</b>	<b>TOTAL</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
<b>PUNTO MEDIO</b>	Oligochaeta		1	1	Muy Crítica

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 25***Resultados del Índice BMWP/COL de la Quebrada “Santa Isabel” del Punto Bajo*

	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>PUNTAJE BMWP/Col</b>	<b>TOTAL</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
<b>PUNTO BAJO</b>	<i>Oligochaeta</i>		1	1	Muy Crítica

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

#### 4.6 Índice ABI

Los resultados según la Tabla 21 califican la calidad de agua del punto alto, medio y bajo como pésima debido al bajo puntaje y abundancia de las familias de macroinvertebrados identificados.

**Tabla 26***Resultado del Índice ABI Punto Alto*

<b>PUNTO ALTO</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>PUNTAJE ABI</b>	<b>TOTAL, ABI</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	6	3	0,81	Pésimo
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	8	6		
	Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	5	5		
	Coleoptera	<i>Hidrophilidae</i>	2	3		

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 27***Resultado del Índice ABI Punto Medio*

<b>PUNTO MEDIO</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>PUNTAJE ABI</b>	<b>TOTAL, ABI</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
	Oligochaeta		17	1	0,14	Pésimo

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 28***Resultado del Índice ABI Punto Bajo*

<b>PUNTO BAJO</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>PUNTAJE ABI</b>	<b>TOTAL, ABI</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
	Oligochaeta		20	1	0,05	Pésimo

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

#### 4.7 EPT

Según el índice ETP califica la calidad del agua del punto alto medio y bajo como mala ya que no se encuentran macroinvertebrados de las familias *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera*.

**Tabla 29***Resultado del Índice EPT Punto Alto*

<b>PUNTO ALTO</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>EPT PRESENTES</b>	<b>% EPT</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
	Coleoptera	<i>Dytiscidae</i>	6	0	0%	Mala
	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	8	0		
	Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	5	0		
	Coleoptera	<i>Hidrophilidae</i>	2	0		

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 30***Resultado del Índice EPT Punto Medio*

	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>EPT PRESENTES</b>	<b>% EPT</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
<b>PUNTO MEDIO</b>	Oligochaeta		17	0	0%	Mala

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

**Tabla 31***Resultado del Índice EPT Punto Bajo*

	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ABUNDANCIA</b>	<b>EPT PRESENTES</b>	<b>% EPT</b>	<b>CALIDAD DE AGUA</b>
<b>PUNTO BAJO</b>	Oligochaeta		20	0	0%	Mala

Elaborado por: Lema, Samanta (2024).

#### 4.8 Shannon – Weaver

Los resultados obtenidos determinan que la quebrada “Santa Isabel” tiene baja biodiversidad de macroinvertebrados.

**Tabla 32***Resultados índice de Shannon – Weaver*

	<b>Punto Alto</b>	<b>Punto Medio</b>	<b>Punto Bajo</b>
<b>Especies</b>	4	1	1
<b>Abundancia</b>	21	17	20
<b>Shannon_H</b>	1,291	0	0

*Nota.* La figura presenta los resultados obtenidos en el programa Past. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

**Tabla 33***Resultados diversidad Alfa*

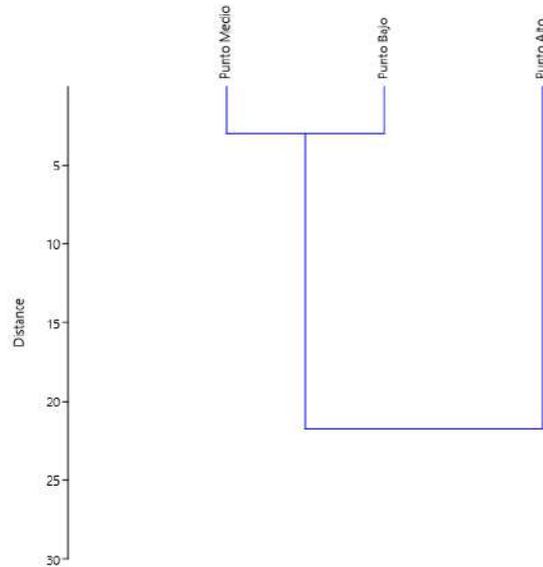
	<b>Punto Alto</b>	<b>Punto Medio</b>	<b>Punto Bajo</b>
<b>Especies</b>	4	1	1
<b>Abundancia</b>	21	17	20
<b>Fisher_alpha</b>	1,465	0,2322	0,2215

*Nota.* La figura presenta los resultados obtenidos en el programa Past. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

Los resultados de diversidad alfa indica cuantos individuos y especies tenemos por cada punto de muestreo, en el PA tenemos 21 individuos 4 especies, PM 17 individuos 1 especie y PB 20 individuos 1 especie seguido de los valores de diversidad Alfa.

## Figura 34

### Resultados diversidad Beta



*Nota.* La figura presenta los resultados obtenidos en el programa Past. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

Los resultados de diversidad beta nos indican en un endograma la diversidad entre los puntos de muestreo alto medio y bajo guardando más similitud de diversidad el punto medio con el punto bajo.

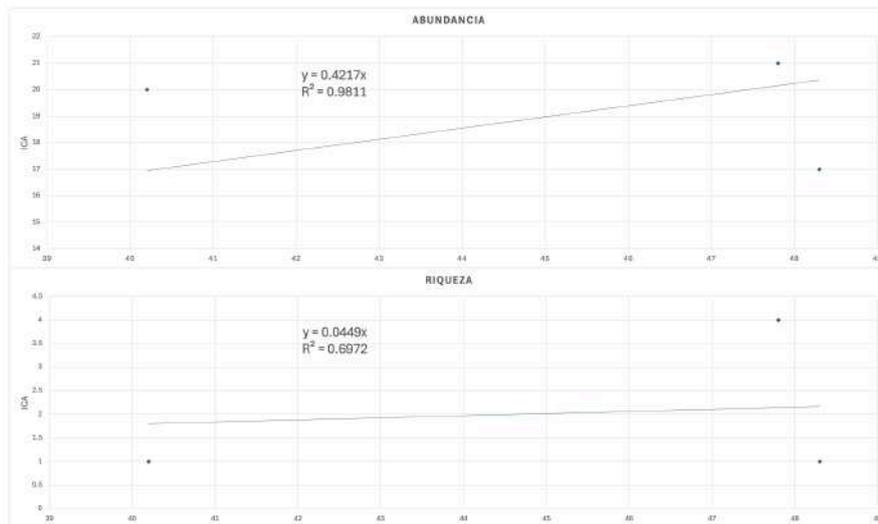
## 4.9 ICA vs Abundancia

Para realizar la comprobación del cumplimiento de la hipótesis se analizó el ICA y su relación con la abundancia y riqueza de macroinvertebrados para cada punto de muestreo de la quebrada, y como se afirma en la sección 3.7, para los tres puntos de muestreo la calidad de agua según el ICA es mala para los tres muestreos en valores promedio afectando a la abundancia de macroinvertebrados como se presenta en la **Figura 35**, por lo cual Afirma la hipótesis planteada de abundancia de una relación directa entre parámetros fisicoquímicos y microbiológicos. Como podemos apreciar el valor de  $R^2$  para ICA vs Riqueza tiene un valor

alto afirmando la relación directa de la cantidad de macroinvertebrados en función de la calidad de agua.

### Figura 35

*Correlación del ICA vs Abundancia e ICA vs Riqueza*



*Nota.* La figura presenta la correlación entre ICA vs abundancia y riqueza. Elaborado por: Lema Samanta (2024)

## 4.10 DISCUSIÓN

Los resultados obtenidos son diferentes de la investigación realizada por Calo y Guerrero (2019), ya que como primer factor menciona que los alrededores de la quebrada en el año que se realizó el estudio no era muy poblada a diferencia del presente año que se pudo observar en ambos lados de la quebrada dos grandes urbanizaciones, en la parte alta conjuntos habitacionales y una plantación de rosas teniendo así un incremento de DQO, DBO<sub>5</sub> y Coliformes fecales, a pesar de los incrementos estos parámetros se encuentran dentro del límite permisivo a excepción de Nitratos que exceden considerablemente el límite máximo permisible de la normativa actual vigente. En cuanto a la existencia de vida acuática en la quebrada la presente investigación concuerda con la mencionada pues se coinciden con bajos porcentajes

de oxígeno disuelto lo cual imposibilita la existencia de vida acuática ya que son vulnerables a bajas concentraciones de oxígeno disuelto.

## **5 CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES**

### **5.1 CONCLUSIONES**

1. La diversidad de macroinvertebrados en la quebrada “Santa Isabel” varía de cuatro familias en el punto alto y una familia en el punto medio y bajo, teniendo mayor de diferentes familias en el punto alto.
2. La calidad del agua en la quebrada “Santa Isabel” según índices biológicos es crítica en el punto alto y muy crítica en los puntos medio y bajo, según el índice ICA la calidad de agua en todos los puntos es mala. Concordando los índices biológicos con los índices fisicoquímicos.
3. En comparación con la normativa Ambiental vigente (Anexo 097-A) de los 9 parámetros analizados 8 cumplen con el límite permisible a excepción del parámetro nitrato que excede los 13 mg/L.

### **5.2 RECOMENDACIONES**

1. Realizar una inspección previa del área o campo a estudiar para minimizar inconvenientes de accesibilidad durante el estudio.
2. Asegurar la disponibilidad y buen estado de los quipos y materiales que se utilizará para el análisis de los diferentes parámetros de las muestras de agua.
3. Definir los puntos de muestreo que nos permitan cubrir una extensión considerable de la quebrada, río o microcuenca que a estudiar.
4. Evitar realizar el muestreo en días lluviosos ya que puede alterar el valor de los parámetros que se van a analizar.
5. Estudiar la metodología para analizar los parámetros fisicoquímicos, biológicos y microbiológicos para evitar una mala práctica al realizarlos.

6. Para identificar macroinvertebrados seleccionar una guía actualizada que explique a detalle la morfología de estos, ya que existen especies similares que podrían confundirse al identificarse.

## 6 BIBLIOGRAFÍA

- Acuerdo Ministerial 097-A. (2015). *Acuerdo Ministerial 097-A, Anexos de Normativa, REFORMA LIBRO VI DEL TEXTO UNIFICADO DE LEGISLACION SECUNDARIA DEL MINISTERIO DEL AMBIENTE*. Ministerio del Ambiente.
- Aguas Urbanas. (2018). *Monitoreo de variables físico-químicas de agua*. <http://www.aguasurbanas.ei.udelar.edu.uy/index.php/2018/11/15/monitoreo-de-variables-fisico-quimicas-de-agua/>
- Alba-Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *SIAGA*, 2. [https://www.researchgate.net/publication/237225203\\_Macroinvertebrados\\_acuaticos\\_y\\_calidad\\_de\\_las\\_aguas\\_de\\_los\\_rios](https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios)
- Álvarez, L. F. (2005). *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA*. <http://hdl.handle.net/20.500.11761/31357>
- Ante, D., y Pilatasig, D. (2020). “*DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) E ÍNDICES EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON– WEAVER DEL RÍO PACHANLICA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, 2020*” [Proyecto de Investigación previo a la obtención del Título de Ingenieras en Medio Ambiente, UNIVERSIDAD TÉCNICA DE COTOPAXI]. <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7076/1/PC-001017.pdf>
- APHA. (2017a). *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater* (R. Baird, A. Eaton, & E. Rice, Eds.; 23a ed., Vol. 23). <https://doi.org/10.2105/SMWW.2882.216>

- APHA. (2017b). *Standard Methods for the Examination of water and Wastewater* (B. Rodger, A. Eaton, & E. Rice, Eds.; 23a ed.). [www.standartmethods.org](http://www.standartmethods.org)
- Barreto Sáenz, P. (2012). *PROTOCOLO DE MONITOREO DE AGUA; LABORATORIO DE CALIDAD AMBIENTAL*.  
[https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user\\_upload/p\\_biorem/education/research/protocols/Protocolo\\_Agua.pdf](https://biorem.univie.ac.at/fileadmin/user_upload/p_biorem/education/research/protocols/Protocolo_Agua.pdf)
- Calo, A., y Guerrero, F. (2019). *Evaluación de la calidad del agua del Río Capelo* [Tesis]. ESCUELA POLITÉCNICA NACIONAL.
- Carrera, C., y Fierro, K. (2001). *Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
- COBCLM. (2015). *DESCRIPCIÓN DE INDICADORES*.  
[https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Nitratos\\_f.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Nitratos_f.pdf)
- GAD CONOCOTO. (2024). *Geografía, Límites, Historia y Turismo*.  
<https://www.gadconocoto.gob.ec/parroquia/>
- GADMUR. (2020). *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL CANTÓN RUMIÑAHUI 2012 - 2025*. <http://www.ruminahui-aseo.gob.ec/wp-content/uploads/PDYOT-2020-2025.pdf>
- GENERALIT VALENCIANA. (s/f). *LA CALIDAD DEL AGUA; LOS PARÁMETROS FISICO QUÍMICOS*. <https://agroambient.gva.es>.  
[https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion\\_ambiental/educ/publicaciones/ciclo\\_del\\_agua/cicag/2/2\\_5\\_1/index.html](https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html)

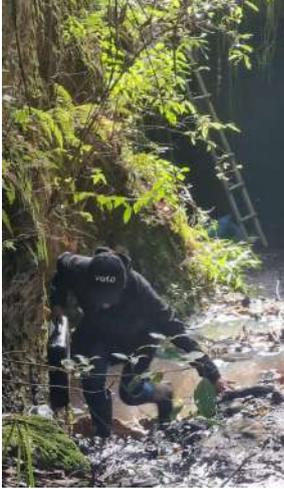
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological Methodology*. Benjamin/Cummings.  
<https://books.google.com.ec/books?id=1GwVAQAAIAAJ>
- Metcalf & Eddy. (1995). *INGENIERIA DE AGUAS RESIDUALES TRATAMIENTO, VERTIDO Y REUTILIZACION. 2*.
- Morales-Mejía, J. C., Vargas-Martínez, M. G., y Medina-Camps, J. (2021). La demanda química de oxígeno con el procedimiento APHA/AWWA/WEF 5220 D para rango alto adaptado a microescala. *Tecnología y ciencias del agua*, 12(1), 113–132.  
<https://doi.org/10.24850/j-tyca-2021-01-04>
- Reyes, E. (2012). *USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTIVOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA CUENCA DEL LAGO ATITLÁN, GUATEMALA* [Tesis, UNIVERSIDAD DE COSTA RICA].  
<https://doi.org/https://doi.org/10.31095/investigatio.2018.10.4>
- Ríos-Tobón, S., Agudelo-Cadavid, R. M., y Gutiérrez-Builes, L. A. (2017). Patógenos e indicadores microbiológicos de calidad del agua para consumo humano. *Revista Facultad Nacional de Salud Pública*, 35(2), 236–247.  
<https://doi.org/10.17533/udea.rfnsp.v35n2a08>
- Ríos-Touma, B. (2024). *Biomonitoreo de ríos andinos: El Índice Biótico Andino (ABI) y otras aproximaciones al monitoreo de los ríos Andinos*. [http://vrin.unsaac.edu.pe/data/324-Biomonitoreo de ríos andinos - Dra. Blanca Ríos.pdf](http://vrin.unsaac.edu.pe/data/324-Biomonitoreo%20de%20r%C3%ADos%20andinos%20-%20Dra.%20Blanca%20R%C3%ADos.pdf)
- Rodríguez, A., Roldan, J., y Bopp, G. (2021). MACROINVERTEBRATES BENTONS BIOLOGICAL QUALITY INDICATORS OF THE WATER OF HIGH ALTITUDEAN LAGOONS, LA LIBERTAD-PERU. *REBIOL*, 41(1), 91–101.  
<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbciol/article/view/3609/4285>

- Rodríguez-León, L. D., Ordoñez-Vásquez, K. M., y Quizhpe-Cordero, P. F. (2019). Estrategias para mitigar el impacto ambiental generado por la porcicultura hacia la contribución del desarrollo sostenible: Sitio Banasur, cantón Pasaje. *Polo del Conocimiento*, 4(8), 51. <https://doi.org/10.23857/pc.v4i8.1043>
- Rumiñahui Gobierno Municipal. (2024). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Cantón Rumiñahui 2012 - 2025 Actualización 2020 - 2025*.
- Samboni, N., Escobar, Y., y Escobar, J. (2007). *A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators*. [http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci\\_arttext](http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=s0120-56092007000300019&script=sci_arttext)
- SNET. (2017). *ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA GENERAL "ICA"*. <http://www.snet.gob.sv/Hidrologia/Documentos/calculoICA.pdf>
- Vargas, A., Calderón, J., Velásquez, D., Castro, M., y Núñez, D. (2020). Análisis de los principales sistemas biológicos de tratamiento de aguas residuales domésticas en Colombia. *Ingeniare. Revista chilena de ingeniería*, 28(2), 315–322. <https://doi.org/10.4067/S0718-33052020000200315>

## 7 ANEXOS

### Anexo 1

1)



2)



3)



4)



5)



6)



7)



8)



9)



10)



11)



12)



13)

14)

15)

16)

