



**UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA**

**SEDE QUITO**

**CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL**

**DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES  
BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO CUTUCHI, CANTÓN  
LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI**

Trabajo de Titulación previo a la obtención del  
Título de Ingenieros Ambientales

**AUTORES: OSCAR ANDRÉS GALLO JAGUACO  
LENIN ALEXANDER QUINALUISA NASIMBA**

**TUTOR: EDWIN FABIÁN BERSOSA VACA**

Quito - Ecuador

2023

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

Nosotros, Oscar Andrés Gallo Jaguaco con documento de identificación N° 1724759426 y Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba con documento de identificación N.º 1725265043; manifestamos que:

Somos los autores y responsable del presente trabajo; y, autorizamos 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, 24 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Oscar Andrés Gallo Jaguaco  
1724759426



---

Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba  
1725265043

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

Nosotros, Oscar Andrés Gallo Jaguaco con documento de identificación No. 1724759426 y Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba con documento de identificación No. 1725265043, expresamos nuestra voluntad y por medio del presente documento cedemos a la Universidad Politécnica Salesiana la titularidad sobre los derechos patrimoniales en virtud de que somos autores del Trabajo Experimental: “Determinación de la Calidad del Agua Mediante Indicadores Biológicos y Físico-Químicos en el Río Cutuchi, Cantón Latacunga, Provincia Cotopaxi”, el cual ha sido desarrollado para optar por el título de: Ingenieros Ambientales, en la Universidad Politécnica Salesiana, quedando la Universidad facultada para ejercer plenamente los derechos cedidos anteriormente.

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


Quito, 24 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Oscar Andrés Gallo Jaguaco  
1724759426



---

Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba  
1725265043

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

Yo, Edwin Fabián Bersosa Vaca con documento de identificación N° 1709204141, docente de la Universidad Politécnica Salesiana, declaro que bajo mi tutoría fue desarrollado el trabajo de titulación: DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO CUTUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI, realizado por Oscar Andrés Gallo Jaguaco con documento de identificación N° 1724759426 y por Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba con documento de identificación N° 1725265043, 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, 24 de febrero del año 2023

Atentamente,



---

Dr. Edwin Fabián Bersosa Vaca, M.Sc.  
1709204141

## **DEDICATORIA**

A Dios por darme la fortaleza de seguir adelante a pesar de las adversidades que se presentaban a lo largo del camino, siempre me dio las fuerzas para seguir sin rendirme y dar todo de mí, esforzándome día tras día, brindándome una buena salud y una familia maravillosa que estuvieron presente en mis momentos importantes.

A mi madre Ligia Jaguaco por brindarme ese apoyo incondicional, estar siempre pendiente de mi ayudándome de manera emocional y económicamente, para seguir con mis estudios en la prestigiosa Universidad Politécnica Salesiana, gracias por tus consejos y no dejarme caer durante todo el trayecto de la vida universitaria, por ello pude lograr lo que tanto deseaba y este logro va dedicado para ti madre.

A mi padre y a mis hermanos que con sus ocurrencias me ayudaron a ver lo bonito que es la vida cuando estas en tus peores momentos, gracias por brindarme tantos momentos maravillosos que vivimos, ustedes fueron mi antiestrés que lograron sacarme una sonrisa en mis momentos difíciles.

A mis abuelitas que estuvieron pendientes de mí, por la sabiduría que ellas me brindaban para ser un hombre profesional de bien, y nunca olvidar la humildad y la sencillez que nos diferencia de las demás personas, ayudándome a enseñar siempre ser una persona correcta.

**Oscar Andrés Gallo Jaguaco**

A Dios por darme sabiduría en el trayecto de mi vida, darme fortaleza en el momento de mis tropiezos, brindarme fuerza y coraje para seguir cumpliendo cada uno de mis sueños y por haberme permitido tener una familia unida y con buena salud.

A mi madre por estar siempre conmigo en las buenas y en las malas, por nunca faltarme ese platito de comida en el hogar, por estar siempre pendiente de mi bienestar, por todos esos consejos que me ha impartido en el trayecto de mi vida, por inculcarme buenos valores, por brindarme siempre su apoyo incondicional, todo este esfuerzo y dedicación va dedicado a ti madre mía, nunca me faltes.

A mi padre por ser una persona trabajadora y responsable con nuestra familia, que ha sabido seguir adelante a pesar de los obstáculos que se le han presentado, que gracias a su esfuerzo no hemos sabido pasar necesidades en nuestro hogar.

A mi abuelita por estar siempre pendiente de mí, por enseñarme a ser una persona sencilla, humilde y educada con los demás.

A mi hermana por ser la alegría de nuestra familia y ser una motivación en mi vida para seguir adelante y ser un ejemplo a seguir como su hermano mayor.

**Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba**

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres gracias a ellos pude entrar a la Universidad y culminar mis estudios logrando tener mi título que tanto deseaba, se el esfuerzo que hicieron para poder pagar la Universidad, por ello les doy las gracias por brindar ese apoyo incondicional, fueron mi pilar fundamental en esta etapa de mi vida universitaria.

A mis tías y tíos que me ayudaron cuando más los necesitaba, me dieron esas fortalezas y ganas para seguir avanzando con mis estudios, a mis abuelitas por brindarme su sabiduría que me ayudaron a entender que ante toda situación siempre debo ser humilde, ser un profesional recto y con unos buenos valores.

A mi mejor amiga Melany que estuvo pendiente de todo el trayecto con mi tesis, por esa disposición que tuvo en todo momento para ayudarme.

Un agradecimiento muy especial a mi tutor, por la ayuda que nos brindaba en todo el trayecto de la tesis, tanto como teórico y experimental, por la paciencia y el tiempo valioso que nos proporcionaba para realizar con argumentación nuestra tesis.

A mis mejores amigos Cristopher, Kevin, Alexis y Andrés por esos momentos de hermandad que en mis peores días no me dejaron solo estuvieron siempre apoyándome para no darme por vencido, por el apoyo incondicional y los importantes consejos que me brindaron a lo largo de mi vida universitaria.

**Oscar Andrés Gallo Jaguaco**

A mis padres Darwin y Angelica que gracias a su esfuerzo, trabajo, sacrificio y dedicación he podido realizar mis estudios en la Universidad Politécnica Salesiana y llegar a convertirme en un profesional, al culminar con mis estudios en todo este proceso de mi etapa universitaria.

A mi abuelita Clemencia que es mi mayor motivación la que siempre ha estado para mí, la que me ha cuidado desde muy pequeño junto a mi abuelito Eduardo que está en el cielo siempre fueron buenos conmigo no tengo palabras por todo esa paciencia, amor y cariño que siempre me han tenido.

A mi abuelito Lucho que gracias al apoyo económico que les ha ofrecido a mis padres he podido seguir con mis estudios y terminarlos, también agradecerle por siempre decirme las cosas con sinceridad y aconsejarme cuando no estoy haciendo lo correcto.

Un especial agradecimiento a mi tutor de tesis Ing., Fabian Berzosa, por haber formado parte de nuestro proceso de formación académica y por el apoyo brindado en el transcurso de elaboración de nuestra tesis.

Finalmente agradezco a todos mis amigos, familia y a la empresa F.V Área Andina S.A que de otra forma fueron parte de este proceso, por haber compartido momentos únicos y enseñanzas que me ayudaron a alcanzar mi objetivo anhelado.

**Lenin Alexander Quinaluisa Nasimba**



## ÍNDICE DE CONTENIDO

<b>RESUMEN</b> .....	<b>xvii</b>
<b>ABSTRACT</b> .....	<b>xviii</b>
<b>1. INTRODUCCIÓN</b> .....	<b>1</b>
1.1 Problema .....	1
1.2 Ubicación del área de estudio.....	3
1.3 Preguntas de investigación .....	4
1.4 Objetivos .....	4
1.4.1 Objetivo General .....	4
1.4.2 Objetivos Específicos .....	4
1.5 Hipótesis .....	4
1.5.1 Hipótesis Nula .....	4
1.5.1 Hipótesis Alternativa.....	4
<b>2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA</b> .....	<b>5</b>
2.1 Cuenca Hidrográfica .....	5
2.2 Ecosistemas Acuáticos .....	5
2.3 Fuentes de contaminación del río Cutuchi .....	5
2.3.1. Actividad ganadera: .....	6
2.3.2. Actividad agrícola: .....	6
2.3.3. Actividad industrial: .....	6
2.4 Calidad del Agua.....	7
2.5 Parámetros Utilizados .....	7
2.6 Parámetros Físicos .....	7
2.6.1 Turbidez .....	7
2.6.2. Temperatura .....	8
2.6.3. Conductividad Eléctrica .....	8
2.7. Parámetros Químicos .....	9
2.7.1. pH.....	9
2.7.2. Alcalinidad .....	9
2.7.3. Dureza .....	10
2.7.4. Oxígeno Disuelto .....	11
2.7.5. DBO .....	12
2.7.6. DQO.....	13
2.8 Parámetros Biológicos .....	13
2.8.1. Macroinvertebrados Acuáticos.....	14
2.8.2 Neuston .....	14
2.8.3 Necton .....	15

2.8.4 Bentos .....	15
2.8.5 Bioindicadores .....	16
2.8.6 Ventajas de la utilización de Bioindicadores.....	17
2.8.7 Índice BMWP/COL .....	17
2.8.8 Índice de Ephmeroptera, Plecótepra, Thichoptera (ETP).....	19
2.8.9 Índice de Shannon .....	20
<b>3. MATERIALES Y MÉTODOS.....</b>	<b>22</b>
3.1 Materiales.....	22
3.2 Metodología .....	23
3.2.1 Diseño Experimental.....	23
3.2.2 Delimitación del área de estudio .....	24
3.2.3 Descripción del punto 1 (inicio del río).....	26
3.2.4 Descripción del punto 2 (medio del río).....	26
3.2.5 Descripción del punto 3 (final del río) .....	27
3.2.6 Determinación de caudal en los puntos de muestreo.....	28
3.2.7 Toma de muestras para parámetros físicos-químicos.....	29
3.2.8 Conservación de muestras .....	29
3.3 Análisis y métodos para la identificación de macroinvertebrados .....	31
3.3.1 Toma de muestras biológicas .....	31
3.3.2 Recolección de macroinvertebrados.....	31
3.3.3 Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio .....	32
3.3.4 Cálculo de Índice BMWP/COL .....	33
3.3.5 Cálculo de Índice de Ephmeroptera, Plecótepra, Thichoptera (ETP).....	35
3.4 Análisis y métodos para los parámetros físicos-químicos.....	35
3.4.1 Temperatura .....	35
3.4.2 pH.....	36
3.4.2 Conductividad Eléctrica .....	36
3.4.2 Turbidez .....	36
3.4.3 Oxígeno disuelto .....	36
3.4.4 Dureza .....	37
3.4.5 Alcalinidad .....	37
3.4.6 DBO5 .....	37
3.4.7 DQO.....	38
3.5 Variables Independientes y dependientes.....	39
3.5.1 Variables Dependientes.....	39
3.5.2 Variables Independientes .....	39
<b>4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....</b>	<b>40</b>

4.1 Resultados .....	40
4.1.1 pH (Potencial de Hidrógeno).....	40
4.1.2 Temperatura .....	43
4.1.3 Conductividad eléctrica.....	46
4.1.4 Turbidez .....	49
4.1.5 Alcalinidad .....	53
4.1.6 Dureza .....	55
4.1.7 Oxígeno Disuelto .....	58
4.1.8 DQO.....	61
4.1.9 DBO 5 .....	64
4.1.10 Índice BMWP/COL .....	68
4.1.11 Índice ETP.....	71
4.1.12 Índice de Shannon .....	73
<b>5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES .....</b>	<b>78</b>
5.1 Conclusiones.....	78
5.2 Recomendaciones.....	79
<b>6. BIBLIOGRAFÍA.....</b>	<b>80</b>
<b>7. ANEXOS .....</b>	<b>83</b>

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1.</b> Rangos de alcalinidad.....	10
<b>Tabla 2.</b> Clasificación de la dureza del agua.....	11
<b>Tabla 3.</b> Rangos de concentración del oxígeno disuelto.....	12
<b>Tabla 4.</b> Valoración del Índice BMWP con la sensibilidad para cada familia.....	18
<b>Tabla 5.</b> Ponderación para el Índice ETP.....	20
<b>Tabla 6.</b> Valoración Índice de Shannon-Wiener.....	21
<b>Tabla 7.</b> Análisis Físicos-Químicos y Macroinvertebrados.....	22
<b>Tabla 8.</b> Coordenadas y altitud del río Cutuchi.....	24
<b>Tabla 9.</b> Coordenadas y altitud del río Cutuchi.....	28
<b>Tabla 10.</b> Puntajes de las familias con el índice BMWP/COL.....	34
<b>Tabla 11.</b> Descripción del tratamiento estudiados.....	39
<b>Tabla 12.</b> Resultados de pH del río Cutuchi.....	40
<b>Tabla 13.</b> Resultados de temperatura del río Cutuchi.....	43
<b>Tabla 14.</b> Resultados de conductividad eléctrica del río Cutuchi.....	46
<b>Tabla 15.</b> Resultados de turbidez del río Cutuchi.....	49
<b>Tabla 16.</b> Resultados de alcalinidad del río Cutuchi.....	53
<b>Tabla 17.</b> Resultados de dureza del río Cutuchi.....	56
<b>Tabla 18.</b> Resultados de oxígeno disuelto del río Cutuchi.....	59
<b>Tabla 19.</b> Resultados de DQO disuelto del río Cutuchi.....	62
<b>Tabla 20.</b> Resultados de DBO5 disuelto del río Cutuchi.....	65
<b>Tabla 21.</b> Abundancia en cada punto de muestreo.....	68
<b>Tabla 22.</b> Resultados BMWP/COL por localidades.....	69
<b>Tabla 23.</b> Valores de estándares de calidad de agua por el método BMWP/COL.....	70
<b>Tabla 24.</b> Porcentaje del índice ETP.....	71
<b>Tabla 25.</b> Identificación del Índice de ETP en los tres puntos de muestreo.....	72
<b>Tabla 26.</b> Resultado del método de Shannon en el punto 1 (inicio del río).....	73
<b>Tabla 27.</b> Resultado del método de Shannon en el punto 2 (medio del río).....	73
<b>Tabla 28.</b> Resultado del método de Shannon en el punto 3 (final del río).....	74
<b>Tabla 29.</b> Resultados de índices de diversidad en las estaciones de muestreo.....	75

## ÍNDICE DE FIGURAS

<b>Figura 1.</b> <i>Mapa base de los ríos y quebradas aledañas del río Cutuchi.</i> .....	3
<b>Figura 2.</b> <i>Delimitación del río Cutuchi y las estaciones de muestreo</i> .....	25
<b>Figura 3.</b> <i>Estación de muestreo punto 1.</i> .....	26
<b>Figura 4.</b> <i>Estación de muestreo punto 2.</i> .....	27
<b>Figura 5.</b> <i>Estación de muestreo punto 3.</i> .....	27
<b>Figura 6.</b> <i>Descripción para la conservación de muestras en los diferentes parámetros que se van a analizar.</i> .....	30
<b>Figura 7.</b> <i>Muestreo con la red surber.</i> .....	32
<b>Figura 8.</b> <i>Estereoscópico utilizado para la identificación de familias.</i> .....	33
<b>Figura 9.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	41
<b>Figura 10.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	42
<b>Figura 11.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	42
<b>Figura 12.</b> <i>Comparación de temperatura del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	44
<b>Figura 13.</b> <i>Comparación de temperatura del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	45
<b>Figura 14.</b> <i>Comparación de temperatura del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	45
<b>Figura 15.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	47
<b>Figura 16.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	48
<b>Figura 17.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	48
<b>Figura 18.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	50
<b>Figura 19.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	51
<b>Figura 20.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	52
<b>Figura 21.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	54

<b>Figura 22.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	54
<b>Figura 23.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	55
<b>Figura 24.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	57
<b>Figura 25.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	57
<b>Figura 26.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	58
<b>Figura 27.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	60
<b>Figura 28.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	60
<b>Figura 29.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	61
<b>Figura 30.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	63
<b>Figura 31.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	63
<b>Figura 32.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	64
<b>Figura 33.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	66
<b>Figura 34.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	66
<b>Figura 35.</b> <i>Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.</i> .....	67
<b>Figura 36.</b> <i>Presentación de los 3 puntos de muestreo con el programa Past.</i> .....	74
<b>Figura 37.</b> <i>Valores beta en los 3 puntos de muestreo.</i> .....	76

## ÍNDICE DE ANEXOS

<b>Anexo 1.</b> <i>Recolección de las muestras</i> .....	83
<b>Anexo 2.</b> <i>Etiquetado de botellas</i> .....	83
<b>Anexo 3.</b> <i>Lectura de conductividad eléctrica</i> .....	84
<b>Anexo 4.</b> <i>Lectura de pH</i> .....	84
<b>Anexo 5.</b> <i>Lectura de turbidez</i> .....	85
<b>Anexo 6.</b> <i>Recolección de macroinvertebrados</i> .....	85
<b>Anexo 7.</b> <i>Diversidad de las familias del río Cutuchi</i> .....	86
<b>Anexo 8.</b> <i>Procedimiento para la lectura de turbidez</i> .....	86
<b>Anexo 9.</b> <i>Estación de muestreo</i> .....	87
<b>Anexo 10.</b> <i>Etiquetado de macroinvertebrados en los 3 puntos del río</i> .....	87

## RESUMEN

La presente investigación se determinó la calidad del agua mediante los parámetros físico-químicos y biológicos, en el río Cutuchi ubicado en el Cantón Latacunga, donde se identificó tres puntos de muestreo, inicio, medio y final del río con tres repeticiones por cada punto de muestreo. En este tramo del río se presentó la descarga de desechos contaminantes domiciliarios, industriales y del hospital general de Latacunga, también se evidenció la presencia de ganado. Una vez recolectada las muestras se llevaron al laboratorio de la Universidad Politécnica Salesiana para la identificación de macroinvertebrados y para los parámetros físico-químico.

Para constatar los resultados obtenidos de los indicadores biológicos se analizaron 10 parámetros físico-químicos que son: PH, temperatura y conductividad se fueron analizando de forma in situ y para alcalinidad, dureza, turbidez, OD, DQO, DBO5 y POR mediante análisis de laboratorio en los tres puntos de muestreo, estos análisis demostraron que los puntos 1 y 2 presenta variaciones en sus resultados que para ciertos parámetros no están dentro de los límites permisibles descrito en la norma. El punto 3 es el que presenta variaciones moderadas en sus parámetros cumpliendo con los límites permisibles para calidad del agua.

En los macroinvertebrados en el índice de BMWP/Col se obtuvo el valor de 13, para el índice ETP no se encontró ninguna familia de Ephemeroptera, Plecótepra y Thichoptera, lo que quiere decir en estos dos índices es que el río se encuentra fuertemente contaminado. Para determinar la diversidad de macroinvertebrados en los tres puntos del río se ocupa el índice de Shannon, se obtuvo una ponderación menor a 0 este valor demuestra que la diversidad en cada punto del río es muy baja.

**Palabras Clave:** parámetros, río, macroinvertebrados, laboratorio, físico-químico



## ABSTRACT

The present investigation determined the water quality through the physical-chemical and biological parameters, in the Cutuchi river located in Latacunga Canton, where three sampling points were identified, start, middle and end of the river with three repetitions per sampling point. In this section of the river the discharge of household, industrial and general hospital pollutant waste of Latacunga was presented, the presence of livestock was also evident. Once the samples were collected, they were taken to the laboratory of the Salesian Polytechnic University for macroinvertebrate identification and physico-chemical parameters.

To verify the results obtained from the biological indicators, 10 physicochemical parameters were analyzed: PH, temperature and conductivity were analyzed in situ and for alkalinity, hardness, turbidity, OD, COD, BOD5 and POR by laboratory analysis at the three sampling points, these analyses showed that points 1 and 2 show variations in their results which for certain parameters are not within the permissible limits described in the standard. Point 3 is the one that presents moderate variations in its parameters, complying with the permissible limits for water quality.

In the macroinvertebrates in the BMWP/Col index the value of 13 was obtained, for the ETP index no families of Ephemeroptera, Plecótepra and Thichoptera were found, which means that in these two indices the river is strongly contaminated. In order to determine the diversity of macroinvertebrates in the three points of the river the Shannon index is used, a weight lower than 0 was obtained, this value shows that the diversity at each point of the river is very low.

**Key words: parameters, river, macroinvertebrates, laboratory, phycal-chemical**

# 1. INTRODUCCIÓN

## 1.1 Problema

La determinación de la calidad del agua es un término comúnmente usado, que cuantifica la investigación científica y plantea estrategias básicas para el manejo de los recursos hídricos, con el apoyo de fundamentos ya establecidos para el estudio de estos entornos, debido a varios factores como: las actividades antrópicas del ser humano, la producción industrial y agrícola y la falta de tratamiento a las aguas residuales, han afectado seriamente la calidad del agua de importantes fuentes hídricas en diversas partes del mundo, siendo evidente el poco aprovechamiento que se les da a las fuentes de agua que han superado los límites de auto regeneración de sus cauces causando la contaminación del agua, pérdida de biodiversidad acuática, disminución de caudales e inferencias adversas sobre el bienestar de la población.

El uso de indicadores biológicos y físicos químicos son muy fundamentales en el estudio de la calidad del agua ya que son herramientas que nos permiten evaluar sus condiciones y nos proporciona información del estado ambiental en el que se encuentran los ríos. Actualmente los indicadores biológicos son una alternativa económica con respecto a los indicadores físicos-químicos ya que son una herramienta fácil y practica para identificar, cuantificar y recolectar estas especies principalmente utilizados en programas de monitoreo de calidad del agua. Según Mora y Tama (2022):

La evaluación del estado de un cuerpo de agua se ha desarrollado generalmente con base análisis físico-químicos y microbiológicos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han aceptado incluir indicadores biológicos como un hecho fundamental para su diagnóstico. Por ello ha resultado imprescindible emplear este tipo de metodología como una parte integral para el monitoreo del estado actual de un cuerpo de agua. (p. 2)

Los indicadores biológicos juegan un papel importante en el equilibrio del medio ambiente, generalmente se desarrollan en el agua donde realizan su proceso de ciclo de vida, sus comportamientos dependerán de los factores abióticos que se encuentren dentro de su entorno.

Estos se desarrollan en microhábitats, formados por conglomerados de especies de vegetación, se adhieren a rocas y troncos, donde el oxígeno, la cantidad de nutrientes y las condiciones ambientales, varían. De igual manera, la presencia y desarrollo de los macroinvertebrados dependen de si un ecosistema es lentic, el cual, se caracteriza por poseer aguas estacionarias o lotico que se caracteriza por la influencia de aguas fluidas en constante movimiento. Las comunidades de macroinvertebrados se utilizan como testigos biológicos del nivel de deterioro ambiental de las corrientes superficiales, ya que reflejan las condiciones y los cambios ecológicos que ocurren en el sistema. (Suárez et al., 2019, p. 2)

El río Cutuchi es el afluente más importante que atraviesa la ciudad de Latacunga en el cual se produce constantes vertimientos de aguas residuales e industriales producto de las actividades que la ciudad realiza. Según Gutiérrez (2010):

La situación actual del río Cutuchi se la puede calificar de caótica, sus aguas representan un foco infeccioso para los campos, la ganadería y el consumo humano, se ha llegado a este punto por el descuido de las autoridades, por la falta de previsión de las industrias localizadas a lo largo del río y por el desorden en la planificación de asentamientos humanos, que han visto en el río un medio de desfogue de todas las aguas servidas, tanto del sector poblacional como industrial.

Ante la situación que representa este río se han hecho estudios del agua, se han diseñado planes y programas, pero todas han quedado en el papel, no existe la decisión política por

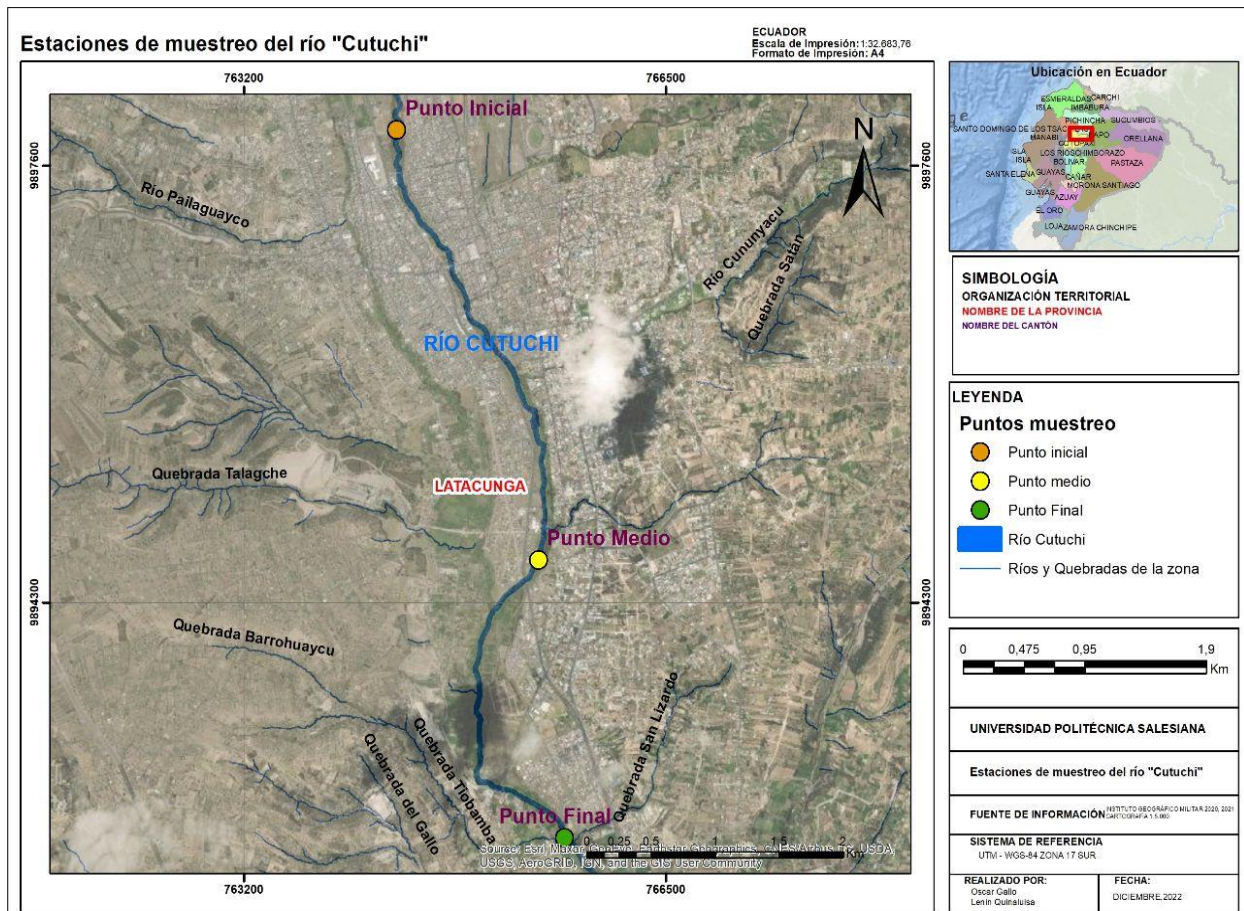
cambiar la situación ambiental del río, los esfuerzos son mínimos y cada día que pasa representa incremento de enfermedades a las comunidades que usan estas aguas. (p. 2)

## 1.2 Ubicación del área de estudio

La microcuenca del río Cutuchi se encuentra localizada en el cantón Latacunga perteneciente a la provincia de Cotopaxi con longitud (78°37'0" W) y latitud (0°56'0" S), zona 17 S; forma parte de la cuenca del río Pastaza y la subcuenca del río Patate. “Su longitud aproximada es de 91.74 km y la altitud varía desde los 2240 a los 4004 msnm” (Ilbay et al., 2020, p. 36).

**Figura 1.**

*Mapa base de los ríos y quebradas aledañas del río Cutuchi.*



*Nota.* Mapa con las estaciones del río Cutuchi. Elaborado por: Los Autores

### **1.3 Preguntas de investigación**

¿Cuál es la calidad del río acorde a las actividades antrópicas que se encuentran en esa zona?

¿Cuál es el punto de muestreo con mayor grado de contaminación?

### **1.4 Objetivos**

#### **1.4.1 Objetivo General**

Analizar la calidad del agua del río Cutuchi mediante la valoración de las variables biológicas y físico-químicas, con el fin de determinar el grado de contaminación del agua.

#### **1.4.2 Objetivos Específicos**

Determinar los parámetros más representativos a muestrearse, mediante los indicadores de calidad, para el análisis de los componentes físicos químicos.

Comparar los valores obtenidos de investigaciones anteriores a través de estudios de viabilidad y parámetros permisibles, para evaluar el índice de calidad del río Cutuchi.

Identificar los principales factores que influyen en la calidad del agua, a través de los resultados obtenidos y utilizando índices estadísticos, con el fin de demostrar a la comunidad los niveles de contaminación que presenta el río.

### **1.5 Hipótesis**

#### **1.5.1 Hipótesis Nula**

Los valores de los parámetros físicos-químicos y biológicos en los sectores son similares

#### **1.5.1 Hipótesis Alternativa**

Los valores de los parámetros físicos-químicos y biológicos en los sectores son diferentes

## **2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA**

### **2.1 Cuenca Hidrográfica**

En las cuencas hidrográficas se caracterizan por lo general en tres sectores: alto, medio y bajo. “Una cuenca hidrográfica es una superficie terrestre cuya escorrentía fluye por único sistema de drenaje natural, es decir, es el área de un territorio que desemboca en un arroyo, río, lago o en el mar” (Escandón & Cáceres, 2022). La cuenca hidrográfica sus sectores son delimitados por líneas de cumbres o también llamada divisoria de aguas.

### **2.2 Ecosistemas Acuáticos**

Los ecosistemas acuáticos se clasifican en dos grandes grupos de factores: bióticos y abióticos. “Se entiende por ecosistema a la unidad ecológica en la cual un grupo de organismos interactúa entre sí y con el ambiente” (Armenteras et al., 2016). En ese sentido, de forma general podría hablarse de dos tipos básicos de ecosistema: acuáticos y terrestres. En los ecosistemas acuáticos se encuentran los bióticos que son todos los organismos vivos que forman parte de un ecosistema y todas las interacciones que se producen entre ellos, refiriéndose a la flora y fauna. Los abióticos son elementos del ecosistema que no tienen vida, pero los organismos necesitan para vivir como son: luz solar, temperatura, oxígeno disuelto y pH.

### **2.3 Fuentes de contaminación del río Cutuchi**

La contaminación de los ríos es producto de las actividades humanas, generando que la calidad de las aguas queda comprometida por la presencia de agentes que en su mayoría pueden ser tóxicos desequilibrando todo un ecosistema acuático, haciéndola no apta para el consumo y también dificultando la vida en ella.

**2.3.1. Actividad ganadera:** Esta actividad lleva perjudicando desde hace mucho tiempo Generando una eutrofización provocada por el exceso de nutrientes en el agua los principales son: nitrógeno y fósforo. “Las heces de ganado contienen nutrientes, residuos de medicamentos y patógenos, provocando contaminación directa al recurso hídrico, a través de la escorrentía de los campos agrícolas” (Escandón & Cáceres, 2022). En el año 2022 la actividad ganadera en Latacunga creció un 15 % provocando más generación de residuos sólidos de heces de ganado. Esta problemática es muy grave ya que con lleva a un gran impacto a los recursos hídricos.

**2.3.2. Actividad agrícola:** La agricultura con riego también implica el uso intensivo de herbicidas, fertilizantes y maquinaria. “El uso desmedido e innecesario de agroquímicos son arrastrados por la corriente de agua a los campos de cultivo para depositarse en el río” (Escandón & Cáceres, 2022). En la actividad agrícola hay una demanda creciente de agroquímicos como lo afirman recientes estudios, entre los años 2021 al 2022 creció un 12% produciendo una disminución de la calidad del agua en los ríos como es el caso del río Cutuchi, así como posibles problemas a la salud humana.

**2.3.3. Actividad industrial:** En la carretera principal que atraviesa el río Cutuchi hay la presencia de fábricas como son de lácteos, cultivos de brócoli y empresas metalmecánicas. “Cabe resaltar, que la mayor fuente de contaminación del Río Cutuchi son las descargas del sistema de alcantarillado sanitario que provienen de la ciudad de Latacunga y representan el 80% de la contaminación, mientras las descargas del sector industrial equivalen al 20%” (MAE, 2015). Recientes estudios arrojan que la agricultura y la industria abarcan el 59% de la economía de Cotopaxi, provocando el aumento de desechos contaminantes en el cuerpo de agua sin ningún control por parte de las autoridades.

## **2.4 Calidad del Agua**

La calidad de un recurso puede verse afectada por factores como físicos, químicos y biológicos. “Calidad del agua, es el termino más utilizado, sin embargo, la cuantificación científica es muy importante y esta solución es una estrategia primordial en el desarrollo de los fundamentos para la gestión de los recursos hídricos” (Alvarez et al., 2006).

Al momento de gestionar un recurso hídrico, la calidad del agua es uno de los parámetros más importantes que se deben tomar en cuenta.

## **2.5 Parámetros Utilizados**

Los parámetros que se usaron fueron los siguientes físico-químicos y biológicos

## **2.6 Parámetros Físicos**

Son aquellas sustancias que tienen incidencia en las características estéticas de un cuerpo de agua. Cuaspud y Paredes (2017) “Plantean que lo parámetros físicos son los que definen las características del agua que responden a los sentidos de la vista, del tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura” (p. 7).

### **2.6.1 Turbidez**

Es una medida que permite determinar el grado de transparencia que posee el agua debido a los factores que interactúan como las partículas o materia en suspensión sobre este recurso. “Es producida por materias en suspensión, como arcilla, cieno o materias orgánicas e inorgánicas finamente divididas, compuestos orgánicos solubles coloreados, plancton y otros macroorganismos; tales partículas varían en tamaño desde 0,1 a 1.000 nanómetros (nm) de diámetro” (Huertas, 2014). Esta medida es un indicador importante en la evaluación de calidad de agua sobre efluentes superficiales, ya que nos



permite valorar la presencia de partículas que se encuentran disueltas en los efluentes hídricos producto de la contaminación producida por aguas residuales domésticas e industriales.

### **2.6.2. Temperatura**

Es un parámetro físico que nos permite cuantificar la temperatura que presentan los recursos hídricos, además los cambios en las variaciones de temperatura afectan notoriamente los ciclos naturales del agua. “Este indicador influye en el comportamiento de otros indicadores de la calidad del recurso hídrico, como el potencial de hidrógeno, el déficit de oxígeno, la conductividad eléctrica y otras variables fisicoquímicas “(Huertas, 2014). La temperatura es el indicador más importante dentro de los parámetros físicos y cualquier cambio en las variaciones de la temperatura en un cuerpo de agua pueden causar afectaciones en los procesos fisicoquímicos y biológicos causando impactos en los ecosistemas acuáticos que por lo general se producen de forma antropogénica.

### **2.6.3. Conductividad Eléctrica**

Es la capacidad que posee el agua para conducir una corriente eléctrica a través de iones disueltos, este indicador aumenta cuando la solución presenta sales (electrolitos) las cuales se disocian al disolverse.

Debido a esto es que existe una relación entre la conductividad y la salinidad de una muestra de agua. La relación entre ambos parámetros se establece a través de un factor experimental que puede variar entre 0,6 a 1 dependiendo de la composición de la muestra de agua (Conzonno, 2009).

Este parámetro es importante analizarlo ya que puede determinar la presencia de vertidos en un cuerpo de agua mediante presencia de sales que no son eliminadas completamente de los procesos de depuración naturales.

## **2.7. Parámetros Químicos**

Debido a que el agua es un solvente universal, los parámetros químicos están relacionados con la capacidad para disolver algunos elementos y minerales presentes en un cuerpo de agua. Cuaspu y Paredes (2017) afirman lo siguiente:

El agua es llamada el solvente universal y los parámetros químicos están relacionados con la capacidad del agua para disolver diversas sustancias entre las que podemos mencionar a los sólidos disueltos totales, alcalinidad, dureza, fluoruros, metales, materia orgánica y nutrientes.

### **2.7.1. pH**

El pH es el indicador más importante dentro de los parámetros químicos ya que determina las condiciones básicas o ácidas de una solución que van desde 1 a 14. Huertas (2014) afirma lo siguiente:

Su valor define en parte la capacidad de auto depuración de una corriente y, por ende, su contenido de materia orgánica, además de la presencia de otros contaminantes, como metales pesados. Puede medirse en el campo o en el laboratorio por medio de instrumentos electrónicos pH-metro.

### **2.7.2. Alcalinidad**

Es un indicador que nos permite identificar fácilmente la presencia de ciertos componentes en las aguas superficiales producidos generalmente por factores antropogénicos: Peñafiel (2014) afirma lo siguiente:

La alcalinidad es un parámetro el cual nos permite identificar en las aguas superficiales la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos. Las concentraciones bajas producen un sabor desagradable en el agua en presencia de iones de Ca o Mg forma precipitados que obstaculizan en tratamiento del agua potable.

**Tabla 1.**

*Rangos de alcalinidad*

<b>Rango</b>	<b>Alcalinidad (mg/l CaCO<sub>3</sub>)</b>
Baja	< 75
Media	75 - 150
Alta	> 150

*Nota.* Presentación de los rangos de alcalinidad. Elaborado por los autores con información obtenida de (Díaz, 2014, p.13).

### **2.7.3. Dureza**

Es la concentración de minerales como el magnesio y el calcio que se encuentran disueltas en una determinada cantidad de agua y son clasificadas como blandas y duras.

Se origina cuando el magnesio y el calcio se disuelven en el agua, por lo tanto, refleja la naturaleza de las formaciones geológicas. Las concentraciones mayores superiores a 200 mg/l no representa problemas a la salud de los consumidores, sin embargo, puede afectar a las tuberías (Quispe, 2016).

La manifestación de estos iones como el magnesio y el calcio en análisis de calidad del agua, puede determinar la toxicidad por metales cuando la dureza está en su punto más alto, debido a las precipitaciones de sales insolubles provenientes del jabón por factores antropogénicos.

**Tabla 2.**

*Clasificación de la dureza del agua*

<b>Clasificación</b>	<b>Dureza (mg/l CaCO<sub>3</sub>)</b>
Agua blanda	< 75
Agua moderadamente dura	75 - 150
Agua dura	150 - 300
Agua muy dura	> 300

*Nota.* Presentación de la clasificación de la dureza del agua. Elaborado por los autores con información obtenida de (Díaz, 2014, p.13).

#### **2.7.4. Oxígeno Disuelto**

Es la cantidad del oxígeno gaseoso que se encuentra disuelta en el agua y fundamental para la vida y desarrollo de plantas, peces entre otros.

El oxígeno ingresa al agua mediante fotosíntesis de organismos acuáticos o por transferencia de oxígeno a través de la interfaz aire agua. La cantidad disponible de oxígeno en el agua depende de otros factores físicos, como la presión atmosférica y la temperatura. En sistemas acuáticos donde haya una elevada temperatura habrá menor concentración de oxígeno disponible; por su parte, a mayor presión la disolución del gas aumentará (Fonseca, 2018).

El oxígeno disuelto es un indicador muy importante dentro de los parámetros químicos ya que interactúa en varios procesos como oxidación y respiración tanto de la materia orgánica e inorgánica utilizados por los microorganismos que se desarrollan dentro de los medios acuáticos.

**Tabla 3.**

*Rangos de concentración del oxígeno disuelto*

OD (mg/l)	CONDICION	CONSECUENCIA
0	Anoxia	Muerte masiva de organismos aerobios.
0 - 5	Hipoxia	Desaparición de organismos y especies sensibles
5 - 8	Aceptable	Adecuado para el desarrollo de la mayoría de peces y otros organismos acuáticos.
8 - 12	Bueno	
> 12	Sobresaturada	Sistemas en plena producción fotosintética.

*Nota.* Presentación de la concentración de oxígeno disuelto. Elaborado por los autores con información obtenida de (Quispe, 2016, p. 28).

### **2.7.5. DBO**

Es la cantidad que oxígeno que necesita los microorganismos para oxidar la materia biodegradable mediante un proceso denominado aerobio. Simona et al (2011) opina lo siguiente:

la DBO se usa como medida del contenido de la materia orgánica biodegradable, se mide por la cantidad de oxígeno requerido para su oxidación en la muestra de agua y como resultado de la acción de oxidación bioquímica aerobia. La demanda de oxígeno de las aguas residuales es

resultado de tres tipos de materiales; materiales orgánicos carbónicos, nitrógeno oxidable y compuestos químicos reductores.

La BDO por general es conocida como indicador de contaminación de las aguas superficiales

### **2.7.6. DQO**

Es un parámetro que mide la cantidad de la materia orgánica como inorgánica que se encuentra disuelta o en suspensión las cuales pasaran por un proceso de oxidación por medios químicos y es muy importante ya que nos permite saber el grado de contaminación que poseen los cuerpos de agua. García et al (2008) afirma lo siguiente:

Es un parámetro químico que representa una medida de toda la materia orgánica e inorgánica presente en una disolución y/o suspendida que puede ser químicamente oxidada, por la acción de agentes oxidantes, bajo condiciones acidas y se mide como miligramos de oxígeno equivalentes a la fracción orgánica disuelta y/o suspendida por litro de solución agua residual.

## **2.8 Parámetros Biológicos**

El agua es un ecosistema acuático en el cual se producen varios procesos los cuales son fundamentales para la vida, en este medio habitan especies biológicas y microbiológicas las cuales varían de acuerdo con su tamaño, taxonomía y especie por lo general son seres muy pequeños y unicelulares que no son asimilables por el ojo humano.

Estos sirven como indicadores de las condiciones que presenta los afluentes hídricos de acuerdo con los estudios y análisis se puede llegar a determinar el grado de contaminación que el agua presente, por motivo de su ausencia y presencia en el agua, dentro de este conjunto de organismo están los más conocidos como: algas, bacterias, protozoos y virus. Arellano (2011) establece que el agua es un medio donde literalmente miles de especies biológicas habitan y llevan a cabo su ciclo vital. el rango

de los organismos acuáticos en tamaño y complejidad va desde el muy pequeño o unicelular hasta el pez de mayor tamaño y estos miembros de la comunidad biológica son en algún sentido parámetros de la calidad del agua, dado que su presencia o ausencia pueden indicar la situación en que se encuentra un cuerpo de agua. Ciertos organismos se pueden utilizar como indicadores de la presencia de algún contaminante. Entre estos organismos podemos mencionar las bacterias, virus y protozoarios.

### **2.8.1. Macroinvertebrados Acuáticos**

Son organismos que habitan en el agua y que reciben varios nombres de acuerdo con el tipo de adaptación del entorno en los que se desarrollan, comúnmente se les puede encontrar en el fondo del agua sobre la superficie o nadan libremente.

Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un tamaño superior a 500  $\mu\text{m}$ , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos. Sin embargo, el grupo de invertebrados acuáticos más ampliamente distribuido en las aguas dulces es el de los insectos. En la mayoría de éstos, los estados inmaduros (huevos y larvas) son acuáticos, mientras que los adultos suelen ser terrestres. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros.

Los macroinvertebrados se le puede clasificar de acuerdo con los siguientes grupos: Neuston, Necton y bentos (Ladrera, 2012).

### **2.8.2 Neuston**

Son organismos que se caracterizan por vivir sobre la superficie del agua los cuales flotan, nada y caminan libremente.

Sus uñas, sus patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que, en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hydrometridae y Veliidae del Orden Hemiptera (Álvarez, 2005, p .10).

### **2.8.3 Necton**

Estos organismos se caracterizan por ser nadadores activos que nadan libremente en el agua. “Entre ellos se encuentran las familias Corixidae y Notonectidae del orden Hemiptera (Heteroptera); Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del orden Coleoptera y Baetidae del orden Ephemeroptera” (Álvarez, 2005, p. 11).

### **2.8.4 Bentos**

Estos organismos se caracterizan por permanecer mayor tiempo en el fondo del agua ya que se encuentran adherido a rocas, piedras, troncos y restos de vegetación.

Los principales representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Diptera, Mollusca y algunos Hemiptera (Heteroptera, entre otros. También pueden encontrarse algunos enterrados en el fondo a varios centímetros de profundidad, como la familia Euthyplociidae (Ephemeroptera). Otros, como la familia Blephariceridae (Diptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata (Zygoptera) se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente (Álvarez, 2005, p. 12).



### **2.8.5 Bioindicadores**

Los bioindicadores son aquellos organismos vivos como plantas y animales considerados como indicadores biológicos dentro del entorno que se desarrollan, ya que la existencia de estas especies nos ayuda a diagnosticar en tiempo real las condiciones ambientales que presentan ciertos ambientes.

En la valoración de calidad agua, el bioindicador está definido como: “especies que poseen requerimientos exclusivos con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, cantidad, morfología o de conducta de la especie estudiada, indiquen que las variables físicas o químicas estimadas, se encuentren cerca de sus límites de tolerancia” (Prat et al., 2019).

Investigaciones científicas han permitido determinar, por su tolerancia y sensibilidad a diferentes contaminantes, cuáles especies u organismos son los más apropiados para el monitoreo biológico. La contaminación del agua provoca efectos sobre los bioindicadores de forma directa (ingestión o impregnación) e indirecta (cambios en el medio). A medida que avanza el tiempo la respuesta o los efectos ya no son de un solo individuo, sino que poco a poco nos vamos dando cuenta que afectan a toda la población de esa especie.

Podemos decir de manera general que los bioindicadores se basan en el estudio de especies de macroinvertebrados demostrando que la presencia de ciertas especies evidencia las condiciones en la que se encuentra el ambiente y su ausencia es el efecto de las alteraciones de tales condiciones probando la existencia de agentes contaminantes.

### **2.8.6 Ventajas de la utilización de Bioindicadores**

El uso de bioindicadores nos proporciona ciertas ventajas con respecto a los parámetros físicos-químicos que pueden pasarse de alto en el momento de realizar el muestreo. Álvarez (2005) afirma lo siguiente:

- Los datos biológicos responden a situaciones, no a variables únicas. Es más, una respuesta sintética que analítica.
- Los índices biológicos dan testimonio del impacto contaminante durante un período de tiempo más o menos largo, no sólo del momento de la toma de muestras.
- La toxicidad de los contaminantes se estima por sus efectos biológicos, no por su concentración en el agua.
- Permiten la evaluación detallada de la capacidad de respuesta del medio (magnitud del impacto y recuperación).
- Menores costos del seguimiento biológico en comparación con el fisicoquímico, si el número de contaminantes es elevado.
- Los resultados del análisis biológico son fáciles de expresar y de interpretar, son prácticos y sencillos.

### **2.8.7 Índice BMWP/COL**

Es uno de los métodos más utilizados para evaluar la calidad del agua con la utilización de macroinvertebrados también conocido como (BMWP) Biological Monitoring Working Party. El enfoque en el cual está basado este método para estos estudios es cualitativo ya que realizar análisis para poder clasificarlos y determinar su taxonomía dependiendo de su ausencia y presencia dentro de un cuerpo de agua.

Posee un puntaje que va enumerado de 1 a 10 de acuerdo con la sensibilidad y tolerancia que los macroinvertebrados presenten, para el 10 es asignando como más sensible y el 1 considerado como más tolerante dentro de estos grupos una vez identificado la familia, cantidad, género e individuos se obtiene un puntaje total BMWP mediante la suma de familias halladas. Roldan (2016) plantea que el Biological Monitoring Working Party (BMWP), es considerado como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados. Foret et al (2014) establece que este método utiliza un enfoque cualitativo (presencia/ ausencia) y un nivel taxonómico de familia. Sánchez y García (2018) exponen que el puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica. Siendo el 10 el más sensible y 1 el más tolerante. El puntaje se asigna una vez familia, independientemente de la cantidad de individuos o géneros encontrados. La suma de los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total de BMWP.

**Tabla 4.**

*Valoración del Índice BMWP con la sensibilidad para cada familia*

<b>Familia</b>	<b>Valor</b>
Atriptectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Euthyplocidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneurridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullaridae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridar, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Saldidae, Simullidae.	8

---

Beatidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Driopidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belastomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Galiplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophiliidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae	1

---

*Nota.* Rango establecido por Índice BMWP/Col. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (GADPO, 2018, p.52)

### **2.8.8 Índice de Ephemeroptera, Plecótepra, Thichoptera (ETP)**

Es un índice que se determina mediante los grupos taxonómicos que encuentran catalogados dentro de este grupo de macroinvertebrados los cuales son : Ephemeroptera, Plecótepra y Thichoptera su presencia es un indicador que establece que el estado del agua es buena, clasificados como indicadores de agua limpia de acuerdo al grado de sensibilidad sobre los contaminantes orgánicos presentes en los cuerpos de agua, además ayuda a controlar los recursos hídricos mediante la presencia y ausencia de estos.

Yong (2014) indica que el índice ETP se deriva de los grupos taxonómicos Ephemeroptera, Plecótepra y Thichoptera, los cuales son catalogados como bioindicadores de buena calidad del agua siendo I (Indicadores de agua limpia), debido al grado de sensibilidad a los contaminantes especialmente contaminantes de tipo orgánico. Simplifica la identificación de bioindicadores de calidad del agua, facilitando un control del recurso hídrico con la sensibilidad y presencia de estos grupos.

**Tabla 5.**

*Ponderación para el Índice ETP*

Rangos	Calidad del agua
75 – 100%	Muy Buena
50 – 74%	Buena
25– 49%	Regular
0– 24%	Mala

*Nota.* Presentación de la valoración del índice ETP. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (Huertas, 2014, p.29)

### **2.8.9 Índice de Shannon**

El índice de Shannon se utiliza para medir la diversidad de especies que se encuentran dentro de un entorno.

Proporciona un sistema coherente para la estimación de la diversidad que proporciona un número igual al número de especies e incluye la medida más simple de riqueza de especies, es decir, el número de especies en la muestra. Bajo este contexto nos dice indican que este índice registra valores de 0 a 5, donde 0 es cuando hay diversidad baja y 5 diversidad alta (Perez et

al.,2021).

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Donde:

H' = índice de Shannon-Wiener

Pi = Abundancia relativa

ln = Logaritmo natural

$$E = H' \ln S$$

Donde:

E = Índice de equitatividad

Ln = Logaritmo natural

S = Número de especies

**Tabla 6.**

*Valoración Índice de Shannon-Wiener*

H'	Condición
>2.7	Diversidad alta
1.5-2.7	Diversidad media
<1.5	Diversidad baja

*Nota.* Presentación de la valoración del índice de Shannon-Wiener con respecto a la diversidad de macroinvertebrados. Elaborado por: Los Autores

### 3. MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1 Materiales

Los materiales que se ocuparon para los análisis físico-químicos y macroinvertebrados son los siguientes.

**Tabla 7.**

*Análisis Físicos-Químicos y Macroinvertebrados*

Análisis	Unidades	Equipos	Materiales
Temperatura	°C	pH-metro	Muestra de agua Agua destilada
Conductividad	μS/cm	pH-metro	Muestra de agua Agua destilada
pH	--	pH-metro	Muestra de agua Agua destilada
Turbidez	NTU	Turbidímetro	Vaso de precipitación Muestra de agua Agua destilada Jeringa de 5 ml
Alcalinidad	mg/l (ppm) CaCO <sub>3</sub>	Fotómetro marca: HANNA	Erlenmeyer de 300 ml Bureta
Dureza	mg/l (ppm) CACO <sub>3</sub>	Fotómetro marca: HANNA	Erlenmeyer de 300 ml Bureta Reactivos (calcio y magnesio)
Oxígeno disuelto	mg/l O <sub>2</sub>	Fotómetro marca: HANNA	Pipeta 10 ml Vaso de precipitación 50 ml

---

			Probeta graduada 10 ml
		Agitador magnético	Sistema de aireación
DBO5	mg/l	pH metro marca: HANNA	Frascos Winkler 300 ml
		Oxímetro de marca: Mettler Toledo	Vasos de precipitación (150ml, 400ml y 1000ml)
			Imán
		Digestor de la marca: HATCH	Viales para la DQO
DQO	mg/l	Espectrofotómetro de la marca: HANNA	Balanza
			Jeringuilla 1 ml
			Gradilla de enfriamiento
			Pipeta 10 ml
POR	mV	Medidor de la marca: Mettler Toledo	Vaso de precipitación 50 ml
			Red Surber
			Pinzas
			Frascos de vidrio
Macroinvertebrados	--	Estereoscopio	Fundas ziplox
			Tubos efendor
			Alcohol
			Agua

---

*Nota.* Presentación de los equipos y materiales que se usaron en este estudio de investigación para la determinación de la calidad del río Cutuchi.

## 3.2 Metodología

### 3.2.1 Diseño Experimental

El área de estudio de esta investigación se considera de carácter descriptivo. En el área de los tres puntos de muestreo en el río Cutuchi se evidenció la presencia de actividades antrópicas, esta investigación también es correlacional ya que se busca los análisis físico-químicos y la identificación



de macroinvertebrados en los puntos de muestreo, dando a conocer el efecto que va causando la presencia de actividades antrópicas en la zona de investigación.

La investigación descriptiva, o más conocida como investigación estadística, se utiliza para describir las características de un lugar, en este caso el río. El objetivo es recopilar mucha información, utilizando métodos cuantitativos. Esta investigación permitió el análisis y también detallar la situación actual que presenta el río.

Con la ayuda del programa Excel se va a filtrar los datos obtenidos, esta herramienta que se utilizan para el análisis estadístico, presentación y la interpretación con los datos que se obtuvieron a lo largo de este trabajo de investigación, se van a ocupar gráficos estadísticos con el fin de mostrar la relación que estos datos poseen entre sí. Determinando en que puntos de muestreo refleja una variación de los parámetros que se están evaluando.

Para el cálculo del índice de Shannon se utilizó el programa de Past, donde me arrojaron los resultados de la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados que existen en los diferentes puntos de muestreo. También con este programa se determinó beta y alpha en los puntos de muestreo.

### 3.2.2 Delimitación del área de estudio

El río Cutuchi abarca una longitud de 11.7 kilómetros que atraviesa dentro de la ciudad de Latacunga. Se presenta la siguiente tabla de las coordenadas y su altitud de los tres puntos de muestreo del río: inicio, medio y final.

**Tabla 8.**

*Coordenadas y altitud del río Cutuchi*

<b>Puntos</b>	<b>X</b>	<b>Y</b>	<b>Altitud (m.s.n.m)</b>
P1 (inicio)	-78.614169	-0.951833	2733

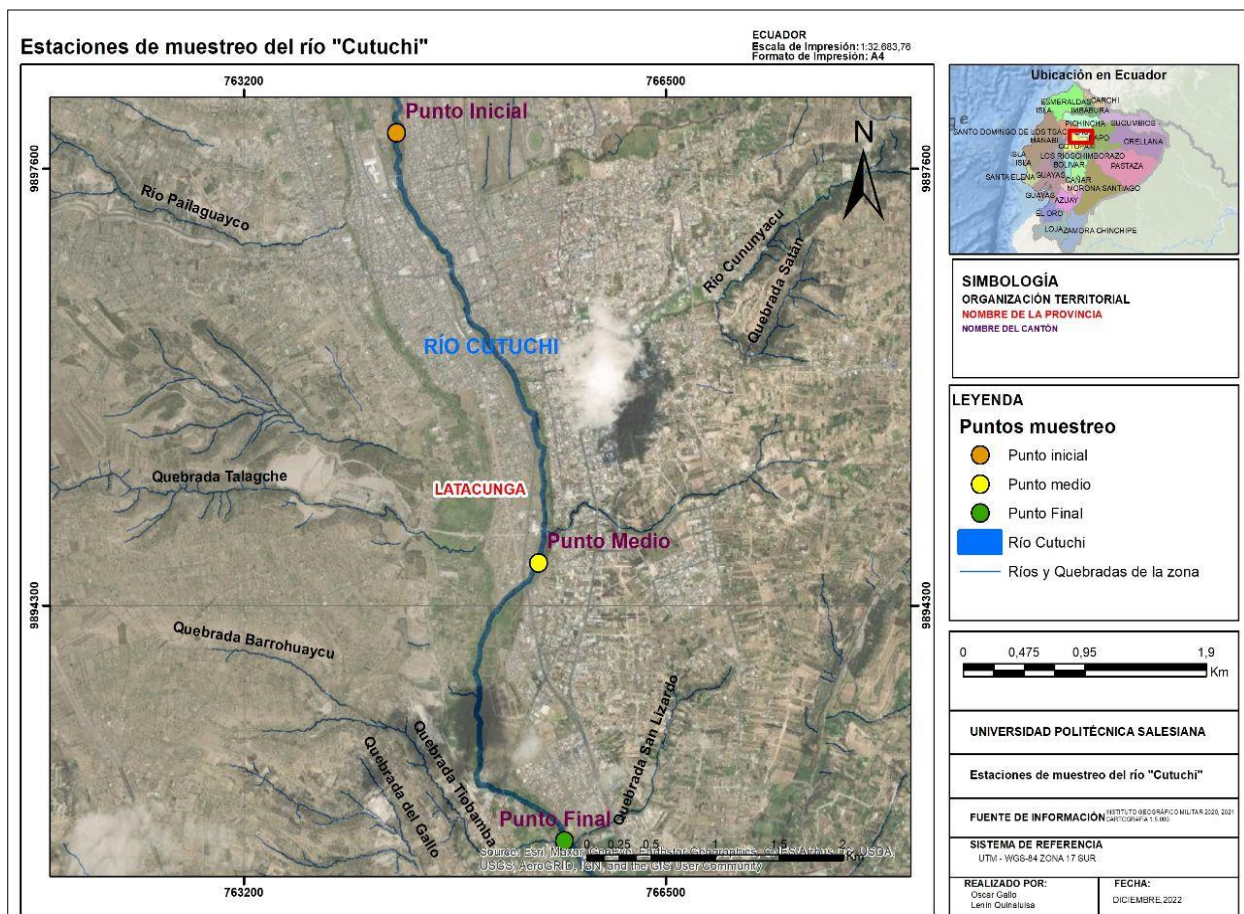
P2 (medio)	-78.613223	-0.960325	2741
P3 (final)	-78.612584	-0.971532	2707

Elaborado por: Los Autores.

A continuación, se presenta la figura 2 donde se demuestra las estaciones de muestreo, que se establecieron al inicio de este trabajo experimental.

**Figura 2.**

*Delimitación del río Cutuchi y los estaciones de muestreo*



*Nota.* Mapa delimitado del río "Cutuchi" y sus estaciones de muestreo. Elaborado por: Los Autores

### 3.2.3 Descripción del punto 1 (inicio del río)

Presencia arboles de eucalipto y pinos, es una zona de cultivo y de actividad ganadera, en sus alrededores no se encuentra mucha población y viviendas cercanas, pero se observó vertimientos de agua residuales al cuerpo de agua.

#### **Figura 3.**

*Estación de muestreo punto 1.*



*Nota. Presentación de la descarga de aguas residuales en el punto 1.* Elaborado por: Los Autores

### 3.2.4 Descripción del punto 2 (medio del río)

Existe varios vertimientos de agua residuales, industriales y domiciliarios de la población cercana ya que es una zona de mucha densidad poblacional, se observó presencia de ganado no posee mucha vegetación en sus alrededores, la presencia de basura es muy notoria en el lugar, se observó empresas principalmente de productos cárnicos y concesionarias de autos que colidan con el cuerpo de agua, el nivel de contaminación es muy evidente también es un lugar en el cual habitan roedores.

**Figura 4.**

*Estación de muestreo punto 2.*



*Nota. Presentación de las descargas de aguas residuales industriales y domiciliarias en el punto 2.*

Elaborado por: Los Autores

**3.2.5 Descripción del punto 3 (final del río)**

Es un área en la que se desarrolla gran actividad agrícola y ganadera por parte de los moradores, también es una zona de pastizales abiertos no se observó vertimientos de agua residuales al cuerpo de agua, es un lugar que no tiene árboles o arbustos a sus alrededores.

**Figura 5.**

*Estación de muestreo punto 3.*



*Nota. Presentación de actividad agrícola en el punto 3. Elaborado por: Los Autores*

### **3.2.6 Determinación de caudal en los puntos de muestreo**

En el siguiente estudio se realizó el cálculo de caudales por el método del flotador que consiste en calcular el ancho del río, área, profundidad y la velocidad, todo esto fueron aplicados en los tres puntos de muestreo inicial, medio y final.

**Tabla 9.**

*Coordenadas y altitud del río Cutuchi*

<b>Punto de muestreo</b>	<b>Profundidad (m)</b>	<b>Tiempo (s)</b>	<b>Ancho del río (m)</b>	<b>Velocidad (m/s)</b>	<b>Área (m<sup>2</sup>)</b>	<b>Caudal Q (m<sup>3</sup>/S)</b>
Punto inicial	0,87 m	16,33	6,32	1,22	5,49	6,69
Punto medio	0,64 m	16,66	5,14	1,20	3,28	3,93
Punto final	0,67 m	15,33	7,23	1,30	4,84	6,29

*Nota.* Datos obtenidos en campo. Elaborado por: Los Autores

### **3.2.7 Toma de muestras para parámetros físicos-químicos**

Para determinar la calidad del agua del río se va a realizar lo que nos indica la norma técnica INEN 2169:2013 para el manejo y la conservación adecuada que deben tener los recipientes que va a contener las muestras.

Las precauciones son necesarias, en cualquier caso, para prevenir que los recipientes que anteriormente hayan estado en contacto con muestras de alta concentración de algún elemento contaminen posteriormente muestras de baja concentración. Los recipientes desechables son adecuados, si son económicos para prevenir este tipo de contaminación, pero no se recomiendan para determinaciones de parámetros especiales como los de pesticidas organoclorados (INEN 2169, 2013).

Con esta normativa técnica nos establece las técnicas y preocupaciones generales que se deben tomar en cuenta para conservar y transportar todo tipo de muestras de agua sin correr el riesgo de que pueda contaminarse dichas muestras.

### **3.2.8 Conservación de muestras**

Para un buen manejo y conservación de muestras se debe tener en cuenta varias consideraciones como: el tipo de recipiente, técnicas de preservación, técnicas de envasado y el tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis, para todo este procedimiento de como conservar correctamente las muestras se obtuvo como guía la norma NTE INEN 2169:2013, brindando de gran ayuda para que al momento de llevarlos al laboratorio no existe un problema con las muestras, ya que al momento de medir los parámetros nos pueden arrojar resultados no válidos.

Se va a presentar la tabla de “técnicas generales para la conservación de muestras – análisis físico-químico”. Lo que la norma NTE INEN 2169:2013 nos recomienda como el tipo de recipiente, volumen típico, técnicas de preservación y el tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis.

**Figura 6.**

*Descripción para la conservación de muestras en los diferentes parámetros que se van a analizar.*

Parámetro	Tipo de recipiente V, vidrio; P, plástico; VB, vidrio borosilicatado	Volumen típico (ml) y técnica de envasado	Técnica de preservación	Tiempo máximo recomendado de preservación antes del análisis después de la conservación	Comentarios	Método de ensayo NTE INEN
pH	P o V Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	6 h	La prueba debe llevarse a cabo tan pronto como sea posible y, preferentemente, inmediatamente en el lugar después del muestreo.	973
Turbiedad	P o V	100	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C. Mantener las muestras almacenadas en la oscuridad.	24 h	Preferiblemente llevar a cabo en el campo.	
Acidez y alcalinidad	P o V	500 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría a entre 1 °C y 5 °C.	24 h	14 días Las muestras preferiblemente deben ser analizadas en el lugar (en particular para las muestras con alto contenido de gases disueltos). Reducción y oxidación durante el almacenamiento puede cambiar la muestra.	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	P o V	1 000 Llenar contenedor completamente para excluir el aire.	Se enfría a 1 °C y 5 °C	24 h	Mantener muestras almacenadas en la oscuridad.	1202
	P	1 000	Congelar a -20 °C	1 mes	En caso de congelación para -20 °C: 6 meses (1 mes si <50 mg/L)	
Demanda química de oxígeno (DQO)	P o V	100	Acidificar a pH 1 a 2 con H <sub>2</sub> SO <sub>4</sub>	1 mes	6 meses	1203
	P	100	Congelar a -20 °C	1 mes	6 meses	
Oxígeno	P o V	300 Recipiente deberá llenarse completamente		4 días	Fijar el oxígeno en el lugar y mantener las muestras almacenadas en la oscuridad. El método electroquímico puede ser utilizado también y se puede llevar a cabo en el sitio.	1106

*Nota.* Presentación de las características para la conservación de muestras físico-químicas. Fuente:  
NTE INEN 2169:2013

### **3.3 Análisis y métodos para la identificación de macroinvertebrados**

#### **3.3.1 Toma de muestras biológicas**

Para la recolección de macroinvertebrados se tomaron tres submuestras en cada uno de los sitios identificados, en el cual se utilizó una red Surber cubriendo un área de 1/3 metro cuadrados durante varios minutos, esta técnica permite estandarizar y optimizar resultados para luego proceder con las comparaciones, tanto del número y de la diversidad de estas especies de macroinvertebrados acuáticos localizados en las áreas de muestreo que serán tomadas en tres estaciones. “En cuanto a los parámetros biológicos, el uso de macroinvertebrados como fauna indicadora de contaminación de aguas, se basa en que esos organismos ocupan un hábitat con condiciones ambientales a los cuales están adaptados” (Yumbo et al., 2018).

Posteriormente el sustrato se estandarizó en una sola por cada sitio para cada submuestra, luego fueron colocadas en recipientes de vidrio almacenadas en alcohol a 70% con sus respectivas etiquetas y transportadas al laboratorio para sus correspondientes análisis y clasificación.

#### **3.3.2 Recolección de macroinvertebrados**

La realización de esta investigación es cualitativa se van a recolectar los macroinvertebrados presentes en cada punto, cubriendo un aproximado de 1 m<sup>2</sup> como se muestra en la figura 7.



## **Figura 7.**

*Muestreo con la red surber.*



*Nota.* Recolección de macroinvertebrados. Elaborado por: Los autores

### **3.3.3 Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio**

La identificación se lo realizó en los laboratorios de la Universidad Politécnica Salesiana, con la ayuda de un estereoscopio, una caja Petri para la colocación de los macroinvertebrados para poder identificar y clasificarlos según su familia. Se utilizaron los siguientes manuales: “Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana” y “Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua”

Para determinar las características de cada individuo se utilizó el estereoscopio que nos proporcionó la Universidad, realizando un buen enfoque para observar su cuerpo, color, patas, antenas, cabeza, abdomen, etc. Con estas observaciones se pueden identificar las familias que existen en los puntos de muestreo estudiados.

## **Figura 8.**

*Estereoscópico utilizado para la identificación de familias.*



*Nota.* Presentación del estereoscópico para la identificación de macroinvertebrados. Elaborado por:  
Los autores.

### **3.3.4 Cálculo de Índice BMWP/COL**

Para el cálculo de BMWP/COL primero se tiene que identificar las familias que se recolectaron en los diferentes puntos de muestreo. Este índice se lo considera como un método simple y muy rápido para evaluar la calidad del agua.

El puntaje va del 1 al 10 esto va variando depende de los diferentes grupos de macroinvertebrados, siendo 1 el más tolerante y 10 más sensibles. A continuación, se presenta una tabla donde cada familia tiene su punto de sensibilidad.

**Tabla 10.***Puntajes de las familias con el índice BMWP/COL*

<b>Familia</b>	<b>Valor</b>
Atriptectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Euthyplocidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Ampullaridae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridar, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Saldidae, Simullidae.	8
Beatidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Driopidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belastomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Galiplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophiliidae, Physidae, Tipulidae.	3

Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.	2
Tubificidae	1

*Nota.* Rango establecido por Índice BMWP/Col. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (GADPO, 2018, p.52)

### 3.3.5 Cálculo de Índice de Ephmeroptera, Plecótepra, Thichoptera (ETP)

El cálculo de este índice se usa principalmente para evidenciar la buena calidad del agua se calcula tomando en consideración a la abundancia de 3 órdenes de insectos cada uno con niveles de tolerancia a la contaminación como son: Ephmeroptera (mayor tolerancia), Thichoptera (tolerancia media) Plecótepra (no tolera a la contaminación), por lo cual esta orden de insecto sólo se encuentra en aguas limpias.

Se calculan dividiendo el número de individuos de los órdenes Ephmeroptera, Plecótepra y Thichoptera por el número total de individuos que fueron recolectados, los valores que son más altos significan aguas limpias y oxigenadas.

## 3.4 Análisis y métodos para los parámetros físicos-químicos

### 3.4.1 Temperatura

Para determinar la temperatura en las muestras de agua, se utilizó el pH-metro portátil de marca Hanna, antes de utilizarlo fue calibrado y desinfectado con agua destilada, esto nos ayuda a obtener valores reales. Para la medición con este aparato debe estar introducido por un par de minutos hasta que se vea que se estabilice la temperatura en el pH-metro.

### **3.4.2 pH**

Para la medición de este parámetro nuevamente se utilizó el pH-metro, se realizó el mismo procedimiento de calibrar y desinfectar. Con las muestras recolectadas en un recipiente de 500 ml se procede a introducir el pH-metro para obtener la lectura.

### **3.4.2 Conductividad Eléctrica**

Para este parámetro igualmente se utilizó el pH-metro, este aparato nos ayuda a medir varios parámetros, gracias a la evolución de sus electrodos. Asimismo, la muestra de agua se recolectó en el recipiente para introducir este aparato y brindarnos los resultados que se realizaron en los 3 puntos de muestreo, obteniendo valores diferentes en cada punto.

### **3.4.2 Turbidez**

Para este parámetro se utilizó el turbidímetro para obtener los resultados primero se debe tener las muestras en este caso para un punto tres submuestras, con la ayuda de una jeringa de 5 ml se recogen dos veces en estas submuestras, poniendo en un vaso de precipitación de 50 ml, una vez que se homogenice las muestras se traslada al recipiente de 10 ml donde va en la celda del turbidímetro, antes de introducir la muestra en el equipo debe estar calibrado, para finalmente conseguir los resultados arrojados en UTN (Unidades Nefelométricas de Turbidez).

### **3.4.3 Oxígeno disuelto**

Para determinar el oxígeno disuelto en las muestras se va a utilizar el fotómetro de marca Hanna, con la ayuda de la pipeta de 10 ml se va a tomar las muestras y luego introducir al vaso de precipitación de 10 ml, con el fin de llevar esta muestra al fotómetro para así obtener el resultado de la medición.

#### **3.4.4 Dureza**

Se va a usar el método por colorimetría para esto se va a ocupar reactivos calcio y magnesio, para formar un complejo EDTA, esto causa la reacción para que pase de color rojo a azul. Con estos reactivos ya listo se va a ocupar 50 ml de muestra recolectados en un punto de muestreo, siguiente se va a añadir el reactivo de gota a gota hasta que cambie de color rosa o azul, mientras se va realizando este proceso se deberá contar las gotas que se están poniendo en la muestra, que se utilizaron hasta que se vea un cambio de color. Para sacar los resultados se va a multiplicar el número de gotas que se usó por 20 para que me salga el valor de la dureza de la muestra utilizada y así se repite para las demás muestras de los diferentes puntos.

#### **3.4.5 Alcalinidad**

En el análisis de este parámetro igualmente se va a usar el método por colorimetría, se va a ocupar 10 ml de muestra donde se va a retener en un frasco de vidrio que tiene el fotómetro, primero se va a calibrar el equipo, para luego seleccionar en este equipo el parámetro de alcalinidad, siguiente se va a añadir 1 ml del reactivo de alcalinidad que en este reactivo ya viene titulado en el frasco, el siguiente paso se va agitando para luego medir y obtener el valor de la alcalinidad.

#### **3.4.6 DBO5**

En este parámetro se va a usar el método de Winkler, para ello se va a usar los reactivos como: sulfato de magnesio, carbonato de calcio y cloruro férrico, añadiendo 1 ml de cada uno de estos reactivos por cada litro del agua de dilución que se va hacer, esta agua de dilución se prepara con agua destilada, que se va a utilizar un vaso de precipitación de 1000 ml y se añade para que llegue a la cantidad de 1 litro a este litro de agua destilada, se va a poner 1 ml de (carbonato de calcio, carbonato de magnesio y cloruro férrico), todo eso se va a poner en el agitador magnético alrededor de una media

hora, con una velocidad aproximada de 6 – 8 rpm con la temperatura del agitador magnético apagada. Luego de realizar todo este proceso se lo va a dejar en el aireador de burbuja fina, reposado de al menos un día (preguntar cuanta cantidad de muestra), luego se va rellenando con el agua de disolución en los frascos winkler de 300 ml hasta casi llegar al tope, luego se introduce el oxímetro y se mide la cantidad de oxígeno disuelto, luego se tapa y se manda a la incubadora por 5 días a 20° C, y se vuelve a medir el oxígeno disuelto una vez realizado todo este procedimiento, se va a utilizar los resultados de cada etapa que se obtuvieron a lo largo de este método winkler, se va a ocupar en la siguiente ecuación para medir la DBO5.

$$DBO5 = \frac{\text{oxígeno disuelto (final)} - \text{oxígeno disuelto (inicial)}}{\text{factor de dilución}}$$

### **3.4.7 DQO**

Para la demanda química del oxígeno se va a ocupar los siguientes equipos: Digestor de la marca Hatch y espectrofotómetro de la marca Hanna también se utilizó viales de rango alto, se preparó 0.2 ml de agua destilada en un vial y en otro vial se va a poner 0.2 ml de la muestra de agua del río Cutuchi, esto se le va a poner a 45° C, después se deberá agitar para llevarlo al digestor que estará a una temperatura de 150° C, que estará en un tiempo aproximado de 2 horas una vez que transcurre el tiempo se saca y se dejará en reposo aproximadamente de media hora para que se enfríe, para analizar en el fotómetro para medir la cantidad de la DQO.

### 3.5 Variables Independientes y dependientes

#### 3.5.1 Variables Dependientes

Los parámetros por estudiar de la cuenca del Río Cutuchi fueron los siguientes: pH, conductividad eléctrica, turbidez, temperatura, alcalinidad, dureza, oxígeno disuelto, demanda bioquímica de oxígeno (DBO), demanda química de oxígeno (DQO) y índices biológicos como BMWP/COL, ETP, Shannon todas ellas designadas como variables dependientes.

#### 3.5.2 Variables Independientes

Nuestra variable independiente será el tratamiento Zona inicial, media y final del río Cutuchi.

**Tabla 11.**

*Descripción del tratamiento estudiados.*

TRATAMIENTO	DESCRIPCIÓN
T1	Zona inicial del efluente
T2	Zona media del efluente
T3	Zona final del efluente

*Nota.* Se presenta los tratamientos que fueron estudiados. Elaborado por: Los Autores

Se ha determinado que por cada tratamiento haya 3 repeticiones que corresponde a los puntos de muestreo donde se recolectará un total de 3 muestras por cada repetición dando un total de 9 muestras.



## 4. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

### 4.1 Resultados

Presentación de los parámetros in situ, con los resultados obtenidos en comparación con el Libro VI Anexo I del TULSMA donde se detalla los criterios máximos y mínimos permisibles, para criterios de calidad agua.

#### 4.1.1 pH (Potencial de Hidrógeno)

Resultados obtenidos de los análisis in situ para el pH del río Cutuchi.

**Tabla 12.**

*Resultados de pH del río Cutuchi*

PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		Norma PH	
Muestra	pH	Muestra	pH	Muestra	pH	Min.	Max.
MTR1P1R1	7,8	MTR1P2R1	7,66	MTR1P3R1	7,91	6,5	8,4
MTR1P1R2	7,87	MTR1P2R2	7,67	MTR1P3R2	7,92	.....	.....
MTR1P1R3	7,87	MTR1P2R3	7,5	MTR1P3R3	7,94	.....	.....
MTR2P1R1	7,7	MTR2P2R1	7,98	MTR2P3R1	7,89	.....	.....
MTR2P1R2	7,82	MTR2P2R2	8,12	MTR2P3R2	7,97	.....	.....
MTR2P1R3	7,79	MTR2P2R3	8,17	MTR2P3R3	8,1	.....	.....
MTR3P1R1	7,69	MTR3P2R1	7,91	MTR3P3R1	7,89	.....	.....
MTR3P1R2	7,79	MTR3P2R2	8,05	MTR3P3R2	7,92	.....	.....
MTR3P1R3	7,75	MTR3P2R3	8,14	MTR3P3R3	8,02	.....	.....
<b>Promedio</b>	7,78	<b>Promedio</b>	7,91	<b>Promedio</b>	7,95	.....	.....

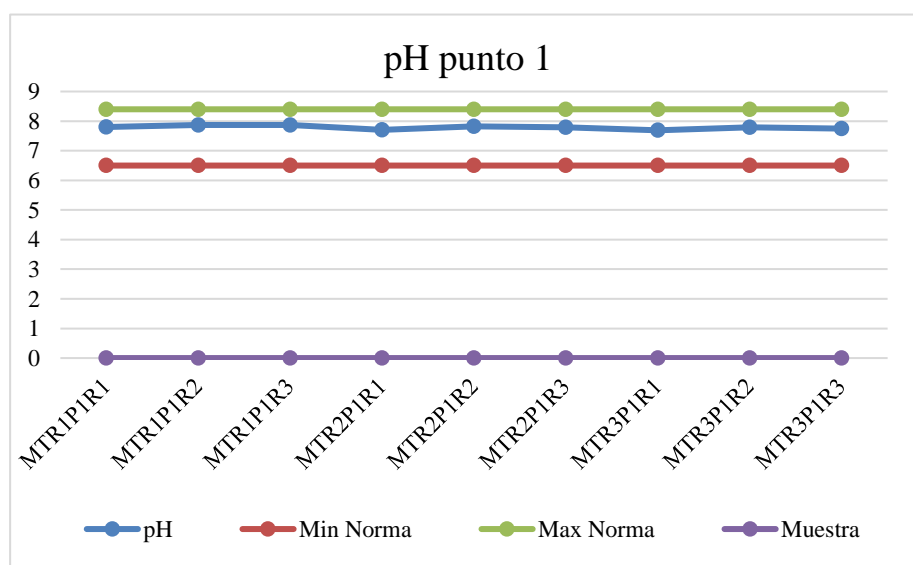
*Nota.* Resultados obtenidos de los análisis in situ de pH del río Cutuchi, Norma (6.5 – 8.4)

para pH. Elaborado por: Los autores

En la tabla 12 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis in situ, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA, el cual detalla los criterios máximos permisibles para pH 6.5 a 8.4 que son condiciones neutras. Los promedios obtenidos de pH presentan valores de 7.78 para el punto 1, 7.91 para el punto 2 y 7.95 para el punto 3. Lo que evidencia que el río Cutuchi se encuentra dentro de los límites máximos permisible establecidos por la norma.

**Figura 9.**

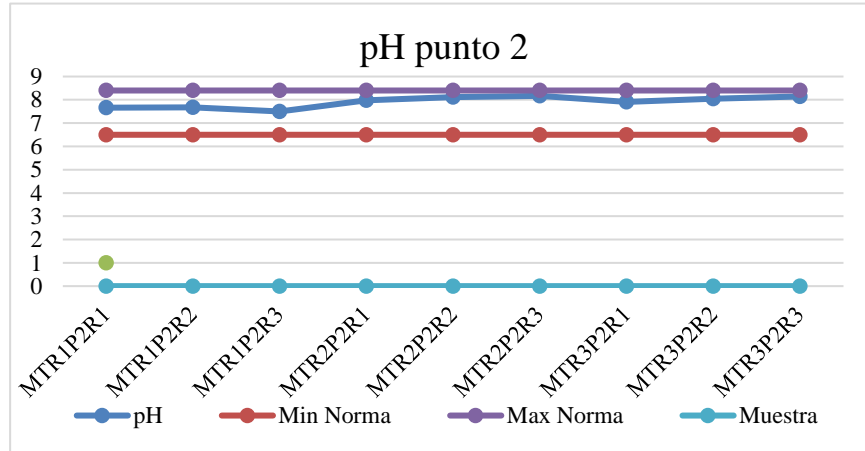
*Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de pH del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 10.**

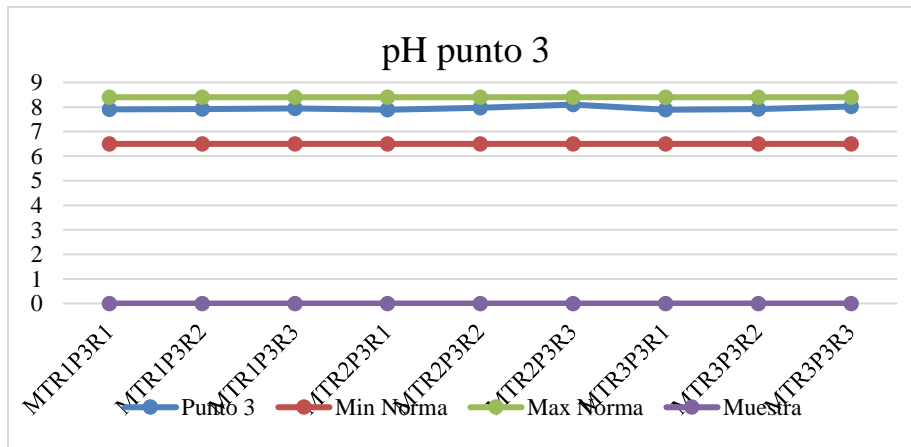
*Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de pH del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 11.**

*Comparación de los resultados obtenidos del pH del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de pH del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo no sobrepasan los límites máximos y mínimos permisibles descritos en la norma. Esto evidencia que en el parámetro de pH se encuentran dentro de los límites establecidos por el Libro VI Anexo I del TULSMA. Pero si se puede evidenciar la diferencia la variación de ciertos valores de pH en cada punto de muestreo. Se observa en la figura 10 posee variaciones un poco elevadas a comparación de la figura 9 y 11 que tienen valores moderados.

#### 4.1.2 Temperatura

Resultados obtenidos de los análisis de temperatura del río Cutuchi.

**Tabla 13.**

*Resultados de temperatura del río Cutuchi*

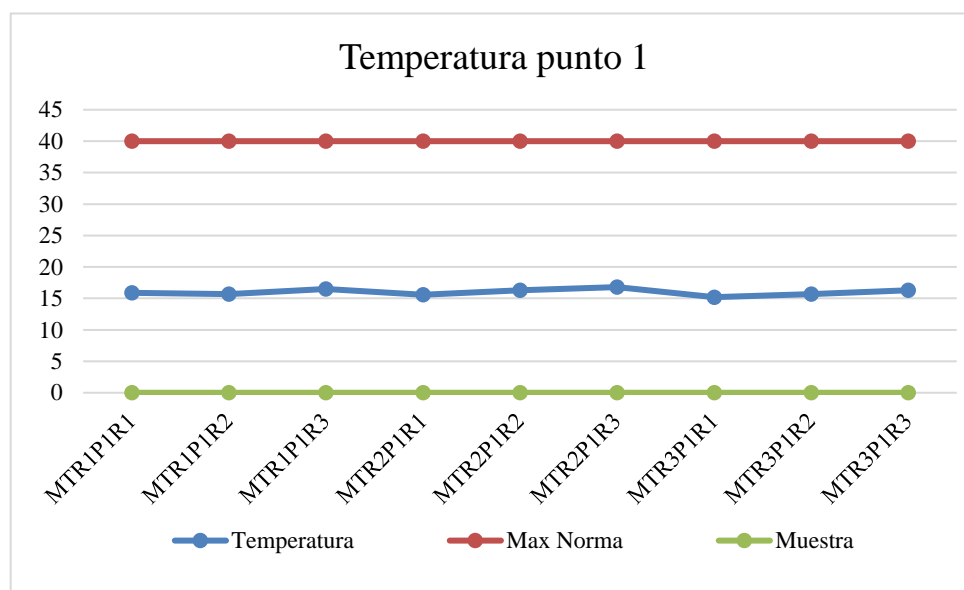
PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	Temperatura (°C)	Muestra	Temperatura (°C)	Muestra	Temperatura (°C)	< 40 °C
MTR1P1R1	15,9	MTR1P2R1	16,9	MTR1P3R1	21,1	< 40°
MTR1P1R2	15,7	MTR1P2R2	17,7	MTR1P3R2	21,4	.....
MTR1P1R3	16,5	MTR1P2R3	19,7	MTR1P3R3	21	.....
MTR2P1R1	15,6	MTR2P2R1	17,3	MTR2P3R1	21,6	.....
MTR2P1R2	16,3	MTR2P2R2	17,11	MTR2P3R2	21,3	.....
MTR2P1R3	16,8	MTR2P2R3	18,4	MTR2P3R3	19,3	.....
MTR3P1R1	15,2	MTR3P2R1	17,1	MTR3P3R1	21,2	.....
MTR3P1R2	15,7	MTR3P2R2	17,5	MTR3P3R2	21,5	.....
MTR3P1R3	16,3	MTR3P2R3	18,7	MTR3P3R3	20,9	.....
<b>Promedio</b>	16	<b>Promedio</b>	17,82	<b>Promedio</b>	21,03	

*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de los análisis in situ de la temperatura del río Cutuchi, Norma (< 40 °C). Elaborado por: Los autores

En la tabla 13 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis in situ, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA, el cual detalla los criterios máximos permisibles para temperatura de < 40 °C. Los promedios obtenidos de temperatura presentan valores de 16 para el punto 1, 7.82 para el punto 2 y 21.03 para el punto 3. Lo que evidencia que el río Cutuchi se encuentra dentro de los límites máximos permisible establecidos por la norma.

**Figura 12.**

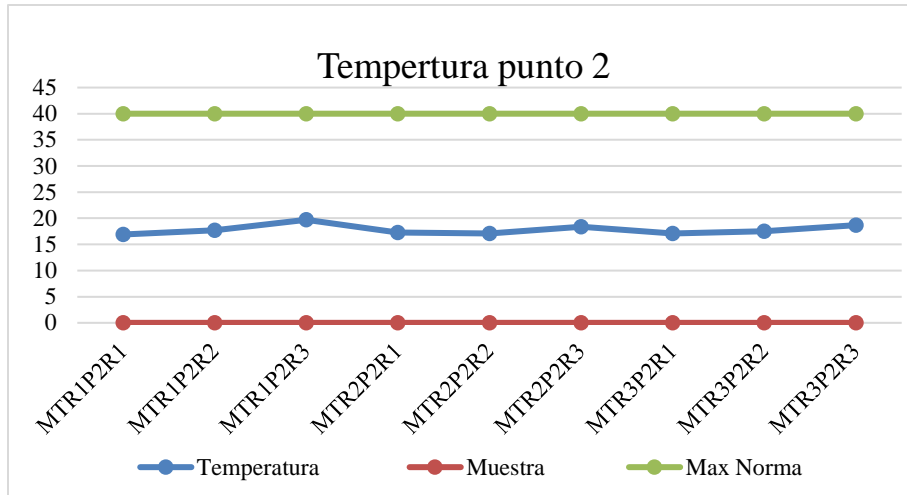
*Comparación de temperatura del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de temperatura del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 13.**

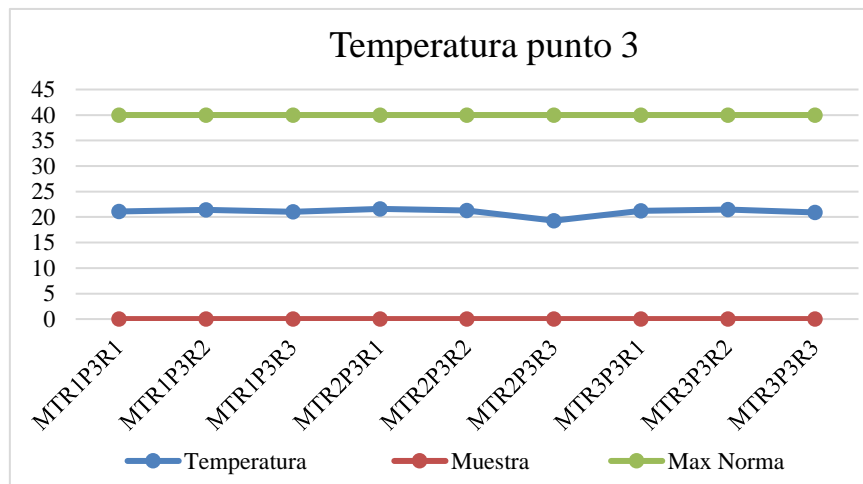
*Comparación de temperatura del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de temperatura del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 14.**

*Comparación de temperatura del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de temperatura del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los valores de temperatura en los tres puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible descrito en la norma, pero si se evidencia una variación de temperaturas debido que la toma de valores de la temperatura fue realizada en distintas horas del día, en el punto 1 se tomó desde las 7 a 9 am, en el punto 2 desde las 10 a 12 am y finalmente en el último punto de 2 a 4 pm, es por eso por lo que presenta una variación de resultados en este parámetro.

#### 4.1.3 Conductividad eléctrica

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de los análisis de conductividad eléctrica in situ del río Cutuchi.

**Tabla 14.**

*Resultados de conductividad eléctrica del río Cutuchi*

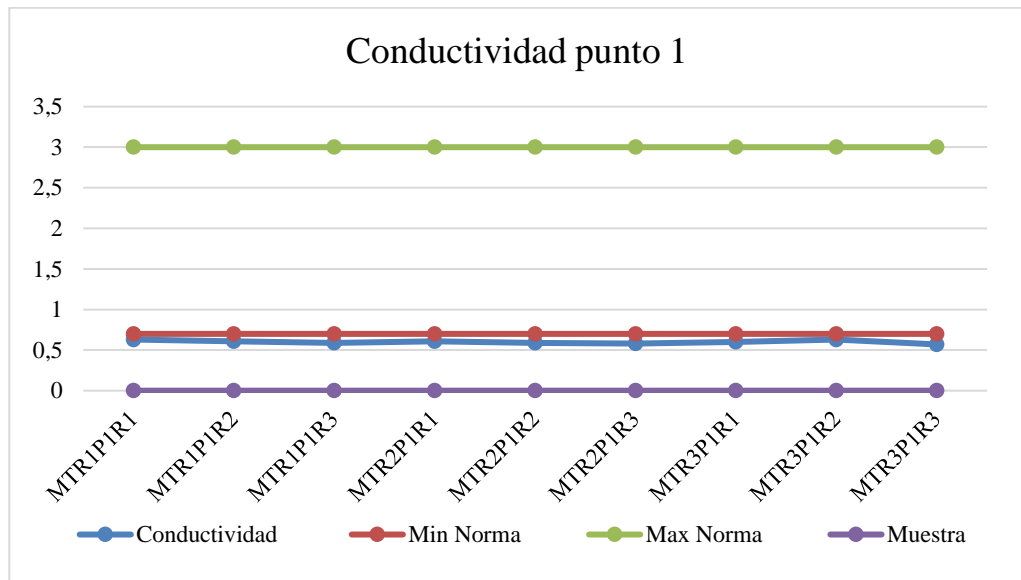
PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	Conduc-tividad	Muestra	Conduc-tividad	Muestra	Condu-tividad	(milimhos /cm)
MTR1P1R1	0,63	MTR1P2R1	0,72	MTR1P3R1	0,99	0.7 - 3
MTR1P1R2	0,61	MTR1P2R2	0,63	MTR1P3R2	1,01	.....
MTR1P1R3	0,59	MTR1P2R3	0,71	MTR1P3R3	1,03	.....
MTR2P1R1	0,61	MTR2P2R1	0,68	MTR2P3R1	0,95	.....
MTR2P1R2	0,59	MTR2P2R2	0,65	MTR2P3R2	0,97	.....
MTR2P1R3	0,58	MTR2P2R3	0,7	MTR2P3R3	0,99	.....
MTR3P1R1	0,6	MTR3P2R1	0,7	MTR3P3R1	0,91	.....
MTR3P1R2	0,63	MTR3P2R2	0,69	MTR3P3R2	0,99	.....
MTR3P1R3	0,57	MTR3P2R3	0,73	MTR3P3R3	1,01	.....
<b>Promedio</b>	0,60	<b>Promedio</b>	0,69	<b>Promedio</b>	0,98	.....

*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de los análisis in situ de conductividad del río Cutuchi, Norma (0.7 - 3) milimhos/cm. Elaborado por: Los autores

Los resultados obtenidos de los análisis in situ, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA el cual detalla los criterios máximos permisibles para conductividad eléctrica de 0.7 a 3 ligero-moderado y > 0.3 severo. Los promedios obtenidos de conductividad eléctrica con valores de 0.60 para el punto 1, 0.69 para el punto 2 y 0.98 para el punto 3. Lo que evidencia que el río Cutuchi se encuentra dentro de los límites máximos permisible establecidos por la norma.

**Figura 15.**

*Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*

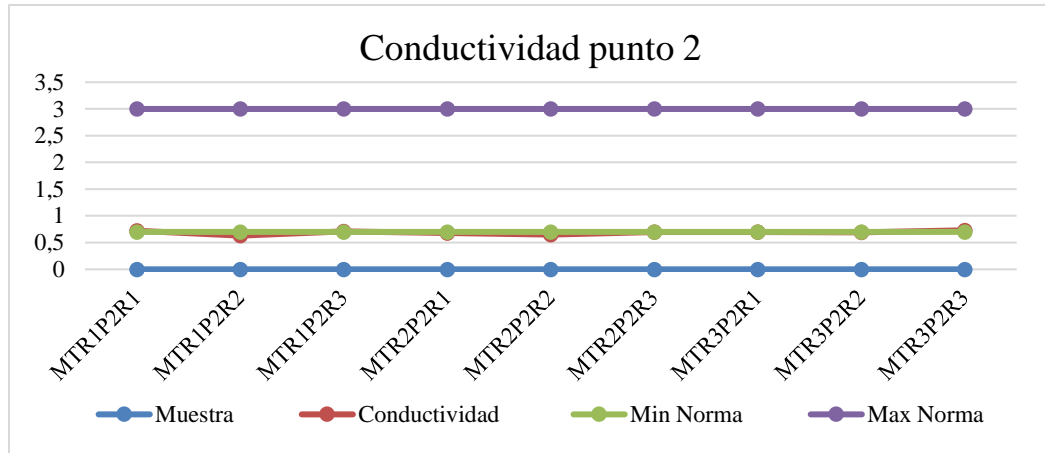


*Nota.* Presentación de los resultados in situ de conductividad del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.



**Figura 16.**

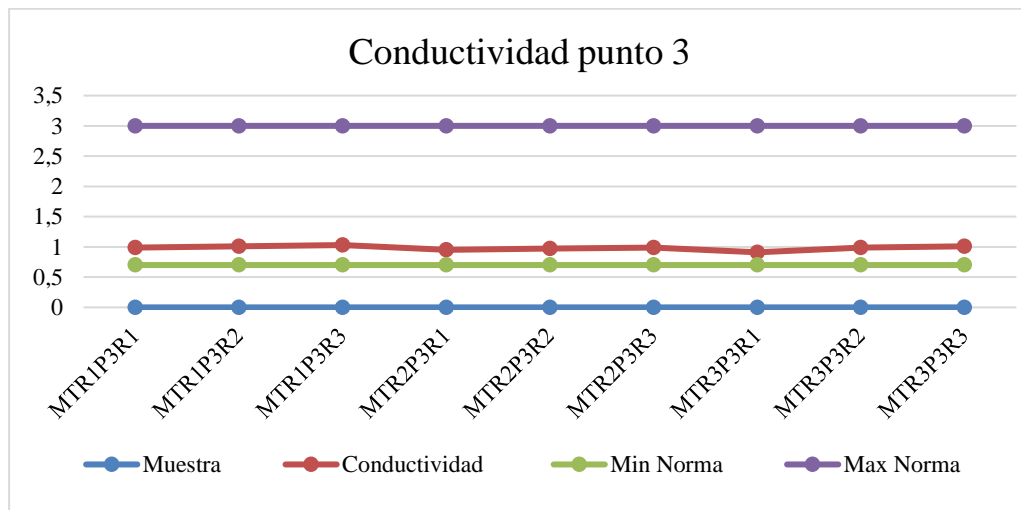
*Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de conductividad del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 17.**

*Comparación de los resultados obtenidos de conductividad eléctrica del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados in situ de conductividad del punto 3 del río Cutuchi con | los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo no sobrepasan los límites máximos permisibles descritos en la norma. Esto evidencia que en el parámetro de conductividad se encuentran dentro de los límites establecidos por el Libro VI Anexo I del TULSMA. Pero si se puede evidenciar la diferencia la variación de ciertos valores de conductividad en cada punto de muestreo.

#### 4.1.4 Turbidez

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de los análisis de turbidez del río Cutuchi.

**Tabla 15.**

*Resultados de turbidez del río Cutuchi*

PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	turbidez (NTU)	Muestra	turbidez (NTU)	Muestra	turbidez (NTU)	(NTU)
MTR1P1R1	10.02	MTR1P2R1	5.17	MTR1P3R1	3.21	10
MTR1P1R2	10.97	MTR1P2R2	5.91	MTR1P3R2	3.71	.....
MTR1P1R3	11.74	MTR1P2R3	7.43	MTR1P3R3	3.85	.....
MTR2P1R1	10.47	MTR1P2R1	5.99	MTR2P3R1	3.67	.....
MTR2P1R2	11.15	MTR2P2R2	6.04	MTR2P3R2	3.76	.....
MTR2P1R3	12.23	MTR2P2R3	8	MTR2P3R3	3.79	.....
MTR3P1R1	10.33	MTR3P2R1	5.09	MTR3P3R1	2.78	.....
MTR3P1R2	10.82	MTR3P2R2	6.76	MTR3P3R2	3.39	.....
MTR3P1R3	11.52	MTR3P2R3	7.91	MTR3P3R3	3.64	.....

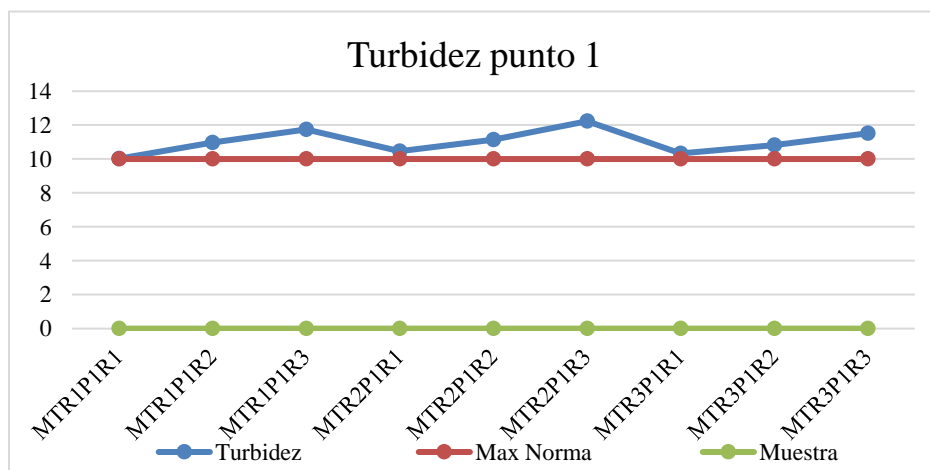
<b>Promedio</b>	11.02	<b>Promedio</b>	6.47	<b>Promedio</b>	3.53
-----------------	-------	-----------------	------	-----------------	------

*Nota.* Presentación de los resultados de turbidez de los análisis de laboratorio del río Cutuchi, Norma (10 NTU). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 15 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA el cual detalla los criterios máximos permisibles para turbidez de 10 NTU. Los promedios obtenidos de turbidez presentan valores de 11.02 para el punto 1, 6.67 para el punto 2 y 3.53 para el punto 3. Lo que evidencia que en el punto 1 sobrepasa el límite permisible y en los puntos 2 y 3 se encuentra dentro de los límites permisibles descrito en la norma.

**Figura 18.**

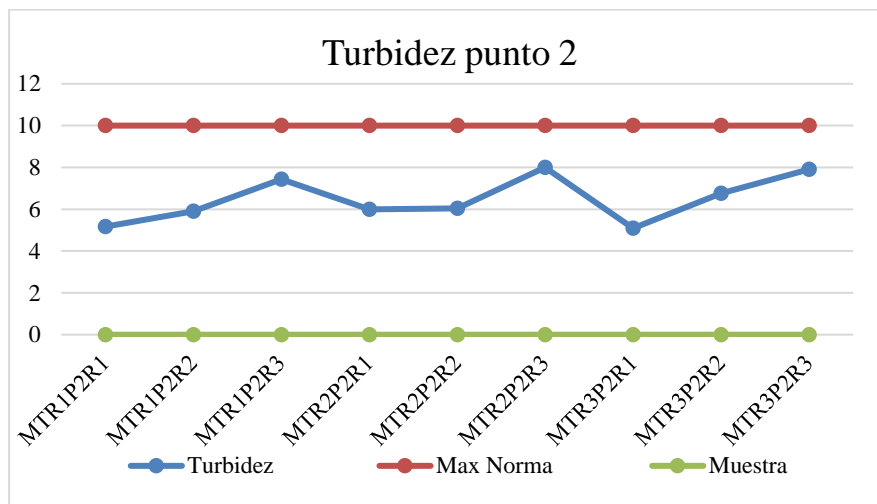
*Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de turbidez del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 19.**

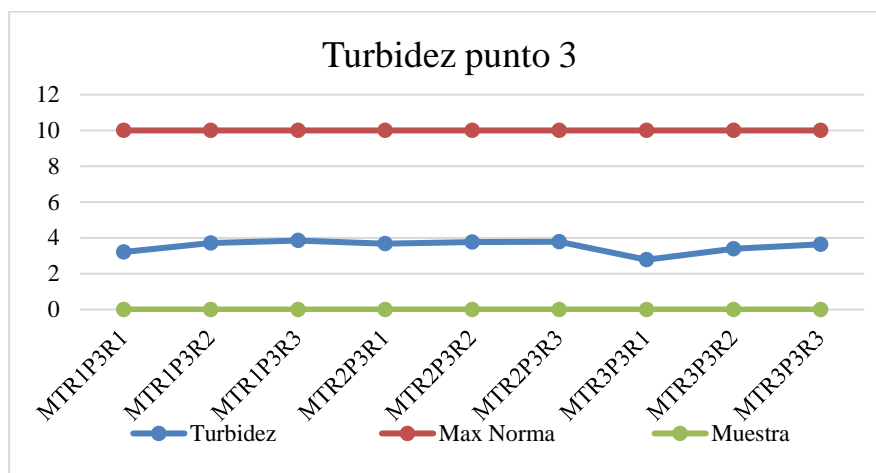
*Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de turbidez del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores

**Figura 20.**

*Comparación de los resultados obtenidos de turbidez del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de turbidez del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 18 si sobrepasa los límites máximos permisibles descrito en la norma, mientras que en la figura 19 y 20 los valores están moderadamente acordes a los límites permisibles. Esto demuestra que en el parámetro de turbidez de la figura 18 no se encuentra dentro de los límites establecidos por el Libro VI Anexo I del TULSMA, estas variaciones en el aumento de los valores con respecto al punto 1 de turbidez puede deberse a que las tomas de muestra se realizaron en época lluviosa puesto que en estas temporadas hay mayores precipitaciones de lluvias que conlleva al arrastre de material por efectos de escorrentía.

#### 4.1.5 Alcalinidad

Resultados obtenidos de los análisis de alcalinidad del río Cutuchi.

**Tabla 16.**

*Resultados de alcalinidad del río Cutuchi*

PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	Alcalinidad (mg/l)	Muestra	Alcalinidad (mg/l)	Muestra	Alcalinidad (mg/l)	(mg/l)
MTR1P1R1	145	MTR1P2R1	152	MTR1P3R1	178	.....
MTR1P1R2	160	MTR1P2R2	245	MTR1P3R2	154	.....
MTR1P1R3	142	MTR1P2R3	198	MTR1P3R3	248	.....
MTR2P1R1	140	MTR2P2R1	150	MTR2P3R1	150	.....
MTR2P1R2	108	MTR2P2R2	148	MTR2P3R2	148	.....
MTR2P1R3	123	MTR2P2R3	198	MTR2P3R3	135	.....
MTR3P1R1	110	MTR3P2R1	90	MTR3P3R1	65	.....
MTR3P1R2	110	MTR3P2R2	115	MTR3P3R2	95	.....
MTR3P1R3	125	MTR3P2R3	105	MTR3P3R3	65	.....
<b>Promedio</b>	129,2	<b>Promedio</b>	155,6	<b>Promedio</b>	137,5	

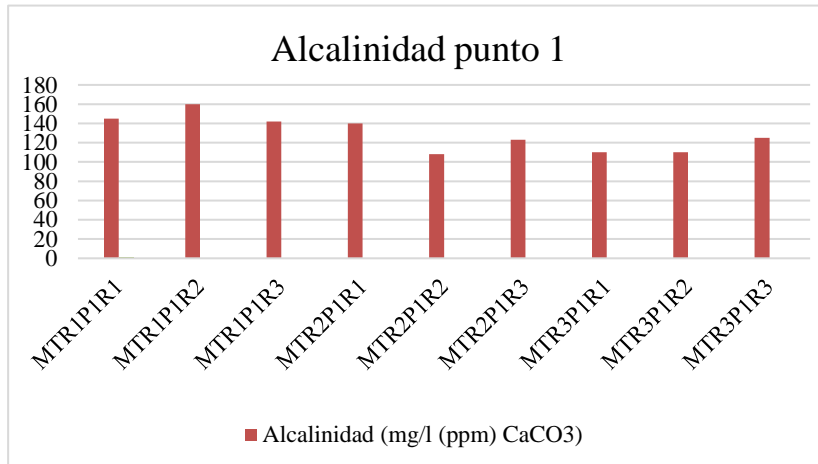
*Nota.* Presentación de los resultados de alcalinidad de los análisis de laboratorio del río

Cutuchi, concentración de rangos para Alcalinidad (Tabla 1). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 16 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, mediante el uso de rangos de concentración de alcalinidad detallados en la (tabla 1). Los promedios obtenidos de alcalinidad presentan valores de 129.2 para el punto 1, 155.6 para el punto 2 y 137.6 para el punto 3. Los puntos 1 y 3 presenta rangos medios que van desde 75 a 150 para alcalinidad y el punto 2 presenta un rango de concentración alta que es mayor a >150 esto se debe que en este punto se localiza mayores concentraciones de carbonatos, bicarbonatos e hidróxidos.

**Figura 21.**

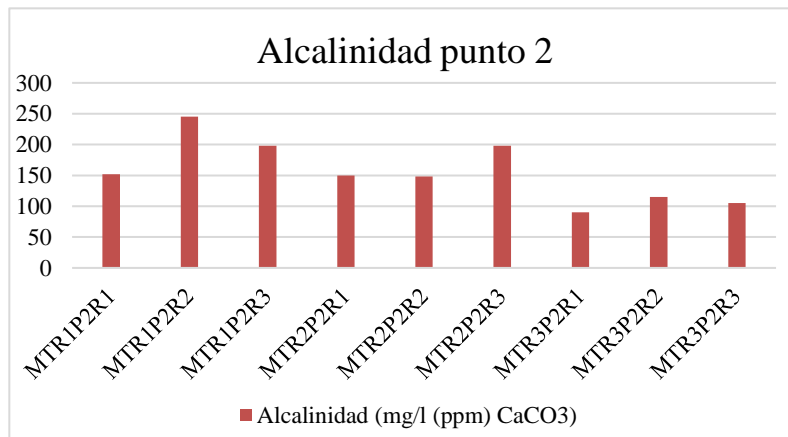
*Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de alcalinidad del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 22.**

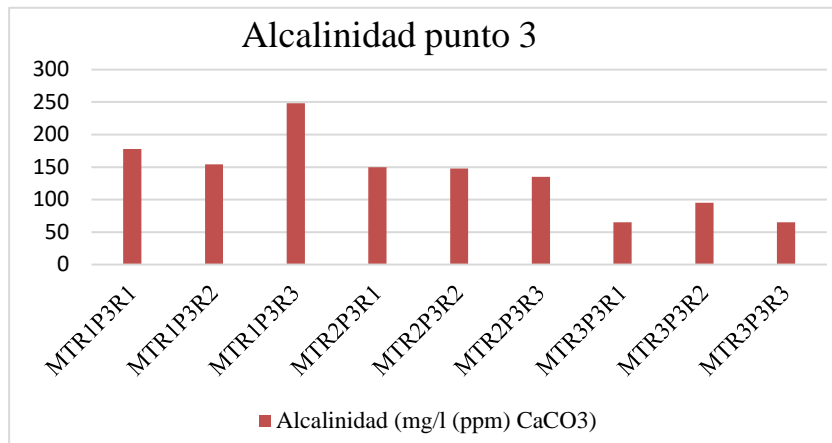
*Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de alcalinidad del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 23.**

*Comparación de los resultados obtenidos de alcalinidad del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de alcalinidad del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 21 las concentraciones de alcalinidad alcanzan un rango medio, mientras que en la figura 22 y 23 las concentraciones de alcalinidad están sobre un rango medio y alto. Esto demuestra que en estos puntos existe mayores concentraciones de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos que son producto de las actividades antrópicas que se desarrollan en estas zonas específicamente.

**4.1.6 Dureza**

Los resultados obtenidos de los análisis de Dureza del río Cutuchi.



**Tabla 17.***Resultados de dureza del río Cutuchi*

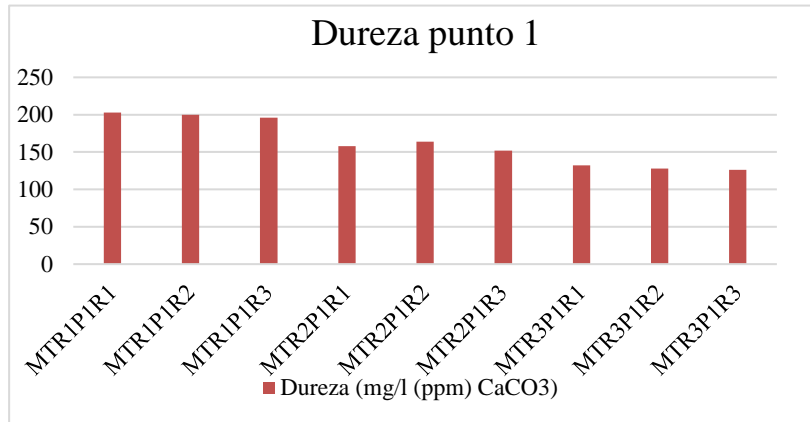
PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	Dureza (mg/l)	Muestra	Dureza (mg/l)	Muestra	Dureza (mg/l)	(mg/l)
MTR1P1R1	203	MTR1P2R1	199	MTR1P3R1	138	.....
MTR1P1R2	200	MTR1P2R2	186	MTR1P3R2	144	.....
MTR1P1R3	196	MTR1P2R3	178	MTR1P3R3	136	.....
MTR2P1R1	158	MTR2P2R1	178	MTR2P3R1	198	.....
MTR2P1R2	164	MTR2P2R2	170	MTR2P3R2	190	.....
MTR2P1R3	152	MTR2P2R3	166	MTR2P3R3	184	.....
MTR3P1R1	132	MTR3P2R1	114	MTR3P3R1	118	.....
MTR3P1R2	128	MTR3P2R2	119	MTR3P3R2	112	.....
MTR3P1R3	126	MTR3P2R3	123	MTR3P3R3	108	.....
<b>Promedio</b>	162,1	<b>Promedio</b>	159,2	<b>Promedio</b>	147,5	

*Nota.* Presentación de los resultados de dureza de los análisis de laboratorio del río Cutuchi clasificación de la dureza (Tabla 2). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 17 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, mediante el uso de rangos de clasificación de dureza detallados en la (tabla 2) Los promedios obtenidos de dureza presentan valores de 162.1 para el punto 1, 159.2 para el punto 2 y 147,5 para el punto 3. Los puntos 1 y 2 se clasifican como agua dura que va desde 150 a 300 para dureza y el punto 3 se encuentra clasificada como agua modernamente dura que vas desde 75 a 150 de acuerdo con las concentraciones de calcio y magnesio que presenta el afluente.

**Figura 24.**

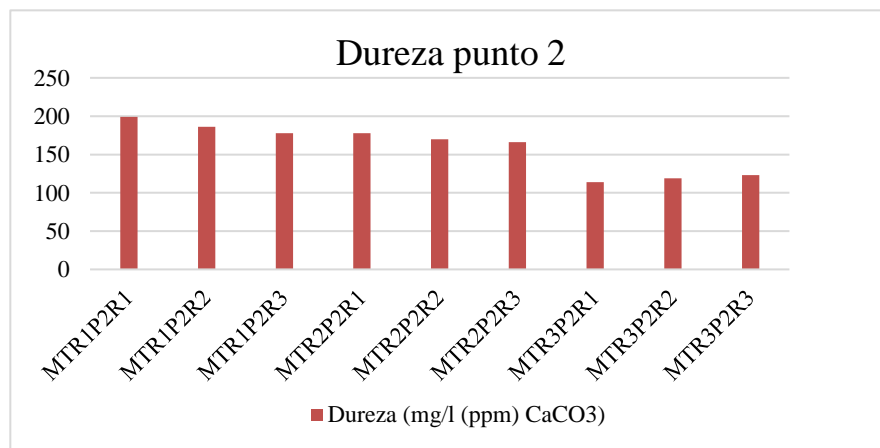
*Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de dureza del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 25.**

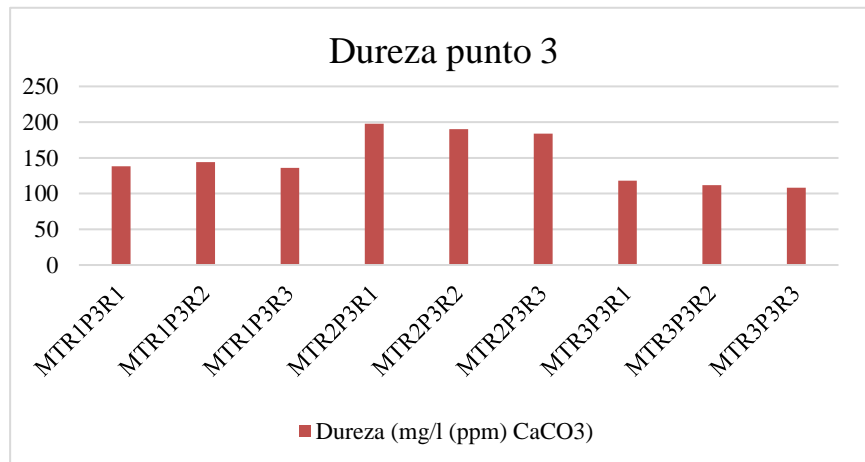
*Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de dureza del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 26.**

*Comparación de los resultados obtenidos de dureza del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de dureza del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 24 y 25 las concentraciones de dureza se clasifican como agua dura, mientras que en la figura 26 las concentraciones de dureza se clasifican como agua moderadamente dura. Esto demuestra que en los puntos 1 y 2 existe mayores concentraciones de magnesio y calcio, en cambio en punto 3 las concentraciones son moderadas.

**4.1.7 Oxígeno Disuelto**

Los resultados obtenidos de los análisis de OD del río Cutuchi.

**Tabla 18.***Resultados de oxígeno disuelto del río Cutuchi*

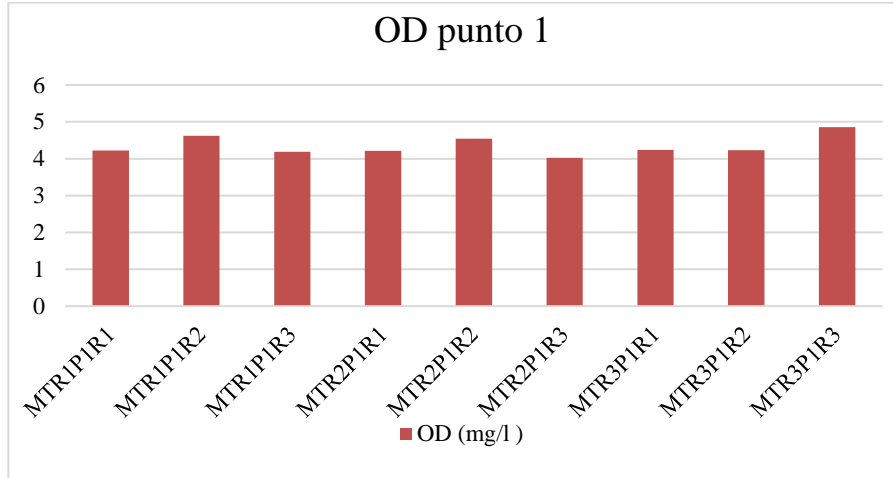
<b>Punto 1</b>		<b>Punto 2</b>		<b>Punto 3</b>		<b>Norma</b>
<b>Muestra</b>	<b>Oxígeno Disuelto (mg/l)</b>	<b>Muestra</b>	<b>Oxígeno Disuelto (mg/l)</b>	<b>Muestra</b>	<b>Oxígeno Disuelto (mg/l)</b>	<b>(mg/l)</b>
MTR1P1R1	4,22	MTR1P2R1	4,29	MTR1P3R1	4,28	.....
MTR1P1R2	4,62	MTR1P2R2	4,15	MTR1P3R2	4,63	.....
MTR1P1R3	4,19	MTR1P2R3	4,24	MTR1P3R3	4,14	.....
MTR2P1R1	4,21	MTR2P2R1	4,23	MTR2P3R1	4,33	.....
MTR2P1R2	4,54	MTR2P2R2	4,38	MTR2P3R2	4,01	.....
MTR2P1R3	4,02	MTR2P2R3	4,14	MTR2P3R3	4,15	.....
MTR3P1R1	4,24	MTR3P2R1	4,69	MTR3P3R1	4,65	.....
MTR3P1R2	4,23	MTR3P2R2	4,61	MTR3P3R2	4,58	.....
MTR3P1R3	4,86	MTR3P2R3	4,53	MTR3P3R3	4,57	.....
<b>Promedio</b>	<b>4,34</b>	<b>Promedio</b>	<b>4,36</b>	<b>Promedio</b>	<b>4,37</b>	.....

*Nota.* Presentación de los resultados de Oxígeno disuelto de los análisis de laboratorio del río Cutuchi, concentración de rangos para oxígeno disuelto (tabla 3). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 18 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis de laboratorio, mediante el uso de rangos de concentración de oxígeno disuelto que especifica las condiciones que presentan los efluentes detallados en la (tabla 3). Los promedios obtenidos de OD presentan valores de 4.34 para el punto 1, 4.36 para el punto 2 y 4.37 para el punto 3. La concentración de OD en los tres puntos de muestreo presenta una condición de Hipoxia donde se produce la desaparición de organismo y especies sensibles (Quispe, 2016, p. 28).

**Figura 27.**

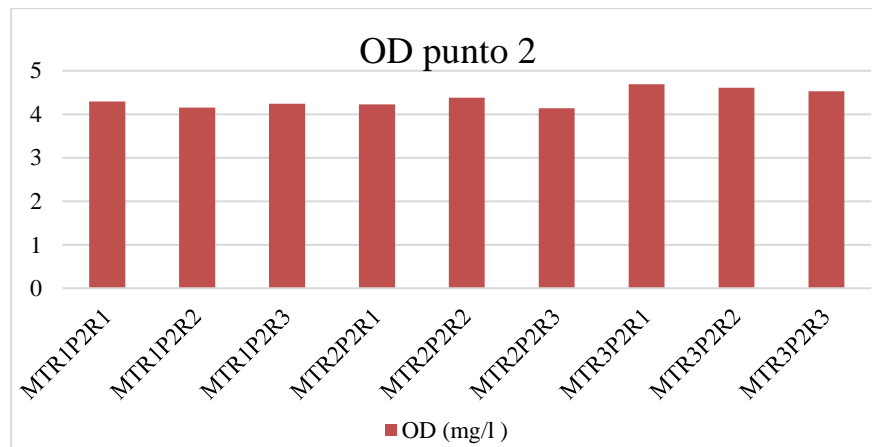
*Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de oxígeno disuelto del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 28.**

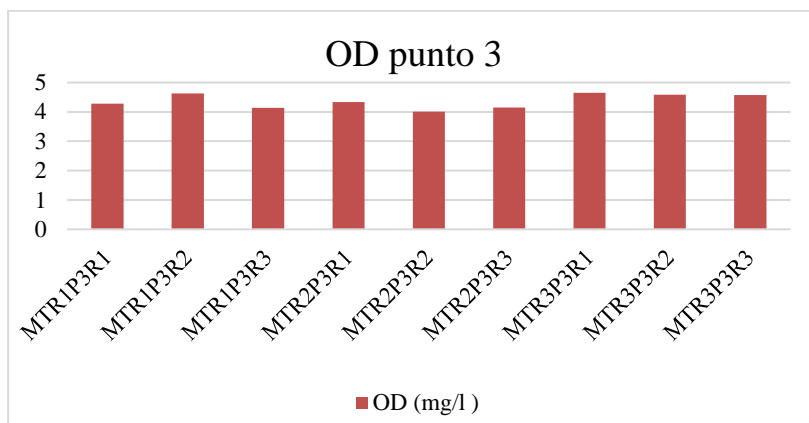
*Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de oxígeno disuelto del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

### **Figura 29.**

*Comparación de los resultados obtenidos de oxígeno disuelto del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de oxígeno disuelto del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 27, 28 y 29 las concentraciones de oxígeno disuelto presentan igual variación en los valores obtenidos, por lo tanto, el afluente no posee las condiciones adecuadas para el desarrollo de especies sensibles y organismo, ya que el afluente presenta Hipoxia que va en el rango de 0 a 5, el cual no es óptimo para el desarrollo de estas especies. Estas bajas concentraciones de OD por lo general se debe a la descomposición de la materia orgánica que se produce en el agua.

#### **4.1.8 DQO**

Resultados obtenidos de la demanda química de oxígeno del río Cutuchi.

**Tabla 19.***Resultados de DQO disuelto del río Cutuchi*

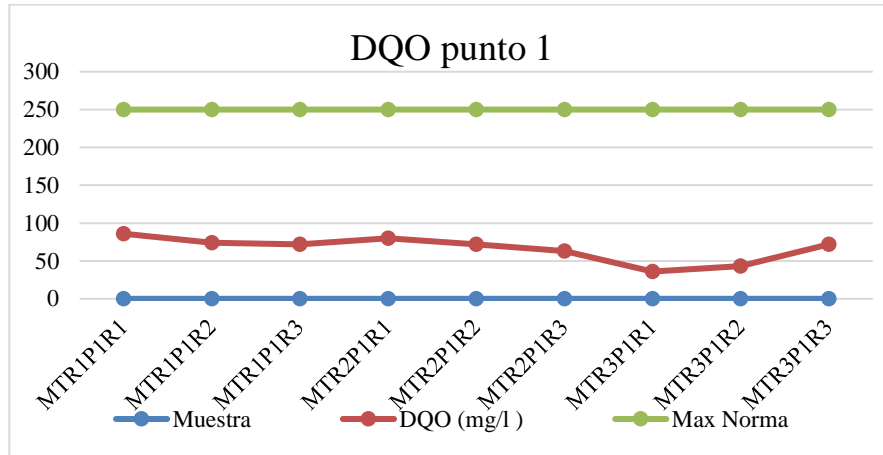
PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		NORMA
Muestra	DQO (mg/l)	Muestra	DQO (mg/l)	Muestra	DQO (mg/l)	(mg/l)
MTR1P1R1	86	MTR1P2R1	68	MTR1P3R1	82	250
MTR1P1R2	74	MTR1P2R2	109	MTR1P3R2	82	.....
MTR1P1R3	72	MTR1P2R3	67	MTR1P3R3	66	.....
MTR2P1R1	80	MTR2P2R1	69	MTR2P3R1	71	.....
MTR2P1R2	72	MTR2P2R2	65	MTR2P3R2	68	.....
MTR2P1R3	63	MTR2P2R3	61	MTR2P3R3	65	.....
MTR3P1R1	36	MTR3P2R1	68	MTR3P3R1	42	.....
MTR3P1R2	43	MTR3P2R2	109	MTR3P3R2	42	.....
MTR3P1R3	72	MTR3P2R3	57	MTR3P3R3	36	.....
<b>Promedio</b>	66,4	<b>Promedio</b>	74,7	<b>Promedio</b>	61,5	

*Nota.* Presentación de los resultados de DQO de los análisis de laboratorio del río Cutuchi, Norma (250 mg/l). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 19 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis realizados en laboratorio, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA límite de descarga para un cuerpo de agua dulce, el cual detalla los criterios máximos permisibles para DQO de 250 (mg/l). Los promedios obtenidos de DQO presentan valores de 66.4 para el punto 1, 74.7 para el punto 2 y 61.5 para el punto 3. Lo que evidencia que el río Cutuchi se encuentra dentro de los límites máximos permisibles establecidos por la norma.

**Figura 30.**

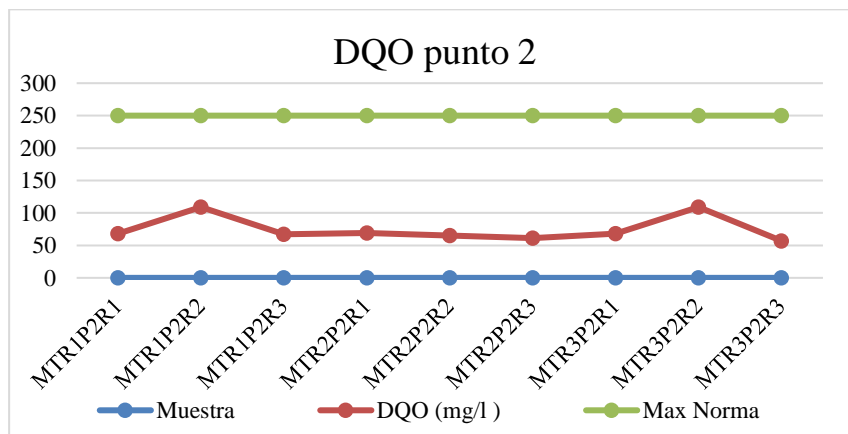
*Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DQO del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 31.**

*Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*

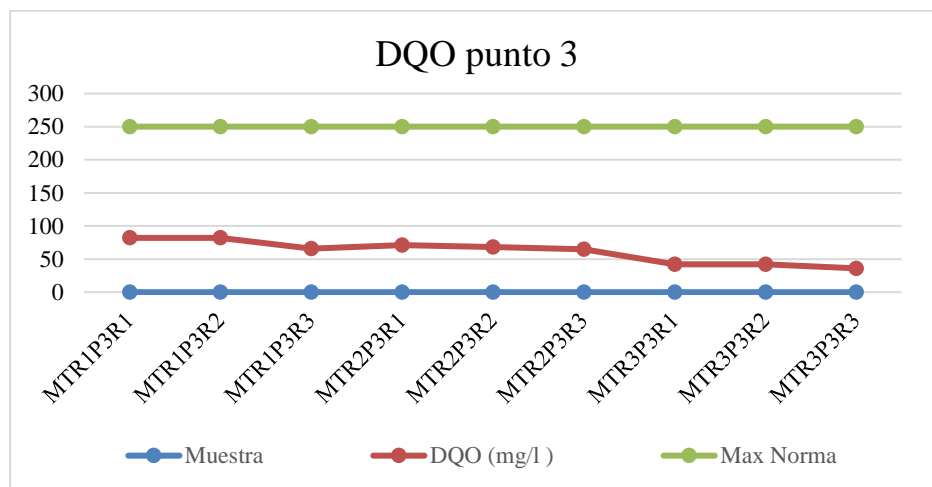




*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DQO del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 32.**

*Comparación de los resultados obtenidos de DQO del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DQO del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 30, 31 y 32 se puede determinar que no presenta una variación significativa los resultados obtenidos del río Cutuchi, por lo tanto, los valores están moderadamente acordes a los límites permisibles descrito en la norma, pero si existe una mínima variación en el punto 2 con respecto al punto 1 y 3.

**4.1.9 DBO 5**

A continuación, se presentarán los resultados obtenidos de la demanda bioquímica de oxígeno del río Cutuchi.

**Tabla 20.***Resultados de DBO5 disuelto del río Cutuchi*

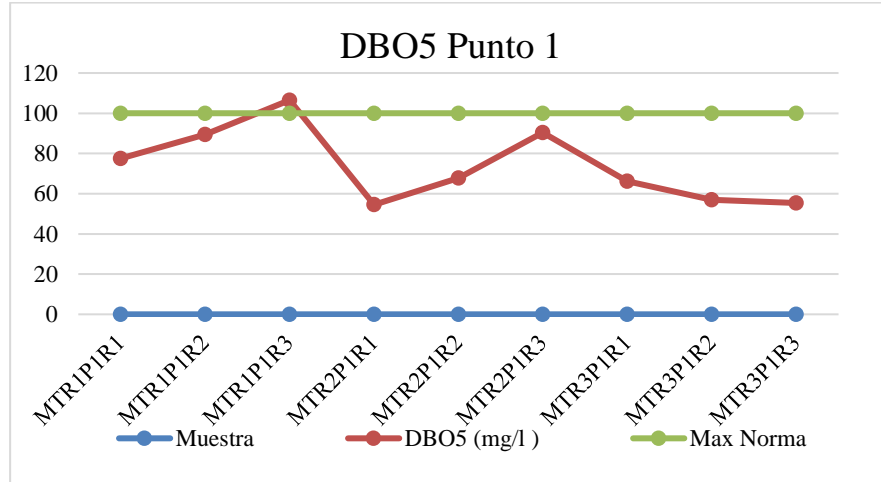
<b>PUNTO 1</b>		<b>PUNTO 2</b>		<b>PUNTO 3</b>		<b>NORMA</b>
<b>Muestra</b>	<b>DBO5 (mg/l)</b>	<b>Muestra</b>	<b>DBO5 (mg/l)</b>	<b>Muestra</b>	<b>DBO5 (mg/l)</b>	<b>(mg/l)</b>
MTR1P1R1	77,5	MTR1P2R1	132	MTR1P3R1	63,5	100
MTR1P1R2	89,5	MTR1P2R2	108,4	MTR1P3R2	74,9	.....
MTR1P1R3	106,5	MTR1P2R3	124,8	MTR1P3R3	90,7	.....
MTR2P1R1	54,5	MTR2P2R1	45	MTR2P3R1	50,5	.....
MTR2P1R2	67,8	MTR2P2R2	48,6	MTR2P3R2	84,2	.....
MTR2P1R3	90,4	MTR2P2R3	82,4	MTR2P3R3	94,1	.....
MTR3P1R1	66,2	MTR3P2R1	52,3	MTR3P3R1	63,1	.....
MTR3P1R2	56,9	MTR3P2R2	83,8	MTR3P3R2	63,1	.....
MTR3P1R3	55,4	MTR3P2R3	51,5	MTR3P3R3	50,8	.....
<b>Promedio</b>	<b>73,85</b>	<b>Promedio</b>	<b>80,97</b>	<b>Promedio</b>	<b>70,54</b>	

*Nota.* Presentación de los resultados de DBO5 de los análisis de laboratorio del río Cutuchi, Norma (100 mg/l). Elaborado por: Los autores.

En la tabla 20 se puede evidenciar la comparación de los resultados obtenidos de los análisis realizados en laboratorio, mediante uso de la normativa del Libro VI Anexo I del TULSMA límite de descarga para un cuerpo de agua dulce, el cual detalla los criterios máximos permisibles para DBO5 de 100 (mg/l). Los promedios obtenidos de DBO5 presentan valores de 73.85 para el punto 1, 80.97 para el punto 2 y 70.54 para el punto 3. Lo que evidencia que el río Cutuchi se encuentra dentro de los límites máximos permisible establecidos por la norma.

**Figura 33.**

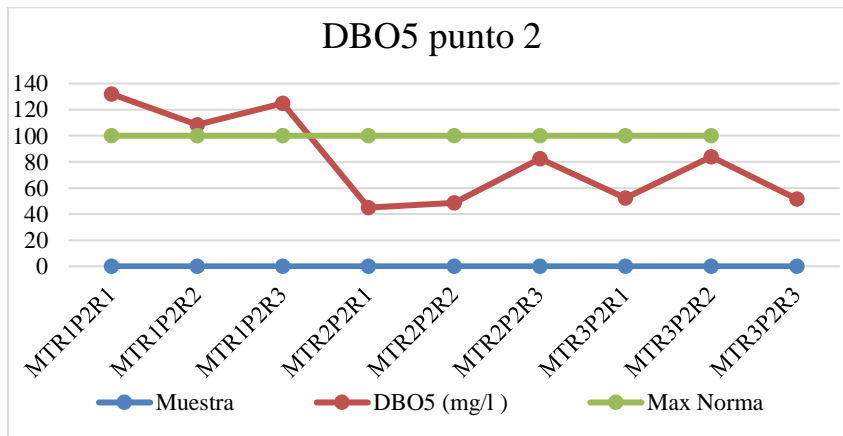
*Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DBO5 del punto 1 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 34.**

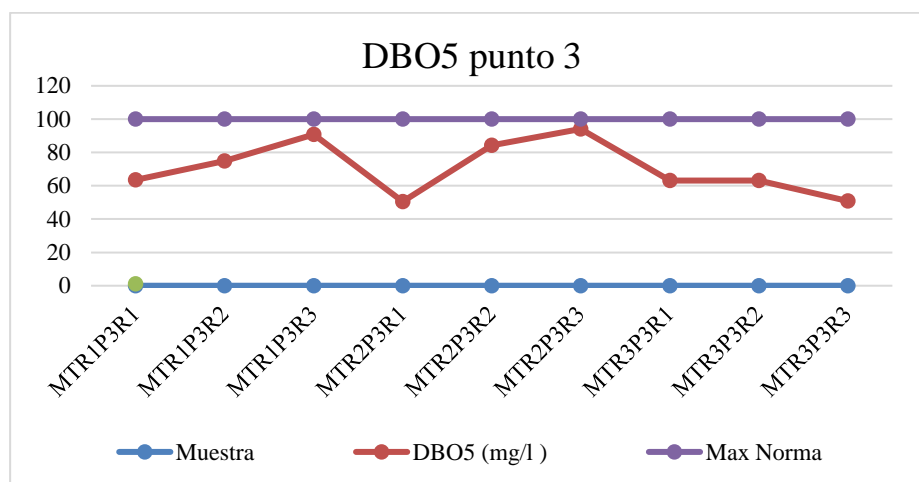
*Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DBO5 del punto 2 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

**Figura 35.**

*Comparación de los resultados obtenidos de DBO5 del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles.*



*Nota.* Presentación de los resultados obtenidos de análisis de laboratorio de DBO5 del punto 3 del río Cutuchi con los límites permisibles. Elaborado por: Los autores.

Los resultados obtenidos en los tres puntos de muestreo se observan que en la figura 33 y 34 se observa una variación significativa de los valores que no se encuentran dentro de los límites permisibles principalmente en el primer muestreo que se realizó en el punto 1 y 2 pero los siguientes muestreos realizados si cumple con los límites descrito en la norma. La grafica 35 que corresponde al punto 3 se encuentra dentro de los límites permisibles sin presentar alguna variación en los 3 muestreos que se realizó, demostrando que si cumple con la Norma.

#### 4.1.10 Índice BMWP/COL

En este índice siguiendo con los valores de estándares de calidad de aguas que son resultados de muchas investigaciones científicas a nivel internacional, el valor que nos arroja nos determina si el río Cutuchi presenta aguas contaminadas o no.

**Tabla 21.**

*Abundancia en cada punto de muestreo*

<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>	<b>N° de individuos por familias</b>
Amphipoda	Hyaellidae	383	135	231	749
Diptera	Chiromidae	38	22	29	89
Mesogastropoda	Hidrobiidae	28	15	8	51
Annelida	Oligochaeta	7	17	10	34
<b>Total General</b>		456	189	278	863

*Nota.* Familias y cantidades en los tres puntos de muestreo. Elaborado por: Los Autores.

En la tabla 21 se representan los individuos encontrados en cada punto del río, se puede determinar una variación en las cantidades obtenidas en estas estaciones de muestreo, esto es que en algunos sectores del río hay una mayor descarga de desechos contaminantes, por esto la variación de los individuos a continuación, en la tabla 22 con estos valores se va a determinar acorde al BMWP/COL

**Tabla 22.**

*Resultados BMWP/COL por localidades.*

<b>Valor</b>	<b>Orden</b>	<b>Familia</b>	<b>Valor de las Familias P1</b>	<b>Valor de las Familias P2</b>	<b>Valor de las Familias P3</b>	<b>BMWP/ COL (Sensibilidad)</b>
	Ephemeroptera	Leptohyphidae Trycorithidae Caenidae				
<b>7</b>	Hemiptera	Nepidae				
	Amphipoda	Hyaletidae	7	7	7	7
	Hemiptera	Veliidae Notonectidae Gerridae Corixidae				
<b>3</b>	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae				
	Mesogastrópoda	Hidrobiidae	3	3	3	3
	Neotaenioglossa	Pleuroceridae				
<b>2</b>	Diptera	Chiromidae	2	2	2	2
<b>1</b>	Annelida	Oligochaeta	1	1	1	1
			.....	.....	.....	<b>Índice Total de BMWP/ COL</b> 13

*Nota.* Presentación de la sensibilidad para cada orden con el Índice BMWP/Col. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (GADPO, 2018, p.53)

En esta tabla 22 se presentaron los valores de sensibilidad en cada familia esto nos ayudó a determinar los estándares de calidad del río. En el índice de BMWP/Col en las tres estaciones del río se obtuvo el valor de 13.

**Tabla 23.**

*Valores de estándares de calidad de agua por el método BMWP/COL*

<b>Calidad</b>	<b>Valor</b>	<b>Significado</b>	<b>Color</b>
Buena	> 150, 101-120	Aguas muy limpias	<b>Azul</b>
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	<b>Verde</b>
Dudosa	36-60	Aguas claramente contaminadas	<b>Amarillo</b>
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	<b>Naranja</b>
Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	<b>Rojo</b>

*Nota.* Presentación del Índice BMWP/Col con los estándares de calidad. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (GADPO, 2018, p.53)

Acorde a los resultados BMWP/Col obtenidos de la tesis realizada por (Huertas,2014), el cual realizó un estudio experimental en el río Cutuchi en el año 2014, donde establecieron que el valor del índice BMWP/Col se obtuvo una ponderación total de 14 por lo tanto el agua se encuentra fuertemente contaminada.” (Huertas,2014, p45). Los resultados de nuestro índice BMWP/COL arrojaron lo mismos valores menores a 15 en la tesis ya mencionada.

#### 4.1.11 Índice ETP

A continuación, se va a realizar el Índice ETP para este método se lo realiza mediante la presencia de tres grupos de macroinvertebrados, estos son indicadores de calidad del agua ya que son más sensibles a los contaminantes presentes en un cuerpo de agua, en la tabla 24 se muestra el porcentaje del índice ETP que determina la calidad del agua.

**Tabla 24.**

*Porcentaje del índice ETP*

<b>Porcentaje</b>	<b>Calidad del agua</b>
75 - 100 %	Muy Buena
50 - 74 %	Buena
25 - 49 %	Regular
0 - 24 %	Mala

*Nota.* Presentación de los porcentajes establecidos por el Índice ETP. Elaborado por: Los Autores con información obtenida de (Carrera & Fierro, 2018, p.43).

La ventaja de este índice es la confianza de sus resultados, brindando una rapidez y una manera sencilla de utilizarlo ahorrando costo y tiempo para la determinación de la calidad del agua en la siguiente tabla se muestra los resultados obtenidos.



**Tabla 25.**

*Identificación del Índice de ETP en los tres puntos de muestreo*

<b>Familia</b>	<b>Número de especies</b>	<b>ETP presentes</b>
Ephmeroptera	0	0
Plecótepra	0	0
Thichoptera	0	0
<b>Total</b>	0	0

*Nota.* Presentación del Índice ETP con número de abundancia. Elaborado por: Los Autores.

En los tres puntos de muestreo no se encontró ninguna familia de Ephmeroptera, Plecótepra y Thichoptera, establecidos por el índice ETP logrando determinar que la calidad del río se encuentra en muy mal estado.

En la investigación realizada en el año 2014 de igual manera obtuvieron los resultados de no encontrar los tres grupos de macroinvertebrados. “Por medio del análisis de especies encontradas y con la ayuda de la Tabla 3 de ponderación para el índice EPT se obtuvo como resultado que esa agua se encuentra en mal estado” (Huertas,2014, p46). Esto quiere decir que el río Cutuchi presentaba estándares de calidad del agua muy contaminadas, desde varios años atrás que con el pasar del tiempo la abundancia de ETP sigue inexistente.

#### 4.1.12 Índice de Shannon

Para el siguiente índice de Shannon se utilizó el programa Past, para lograr determinar en cual punto del río hay mayor diversidad de especies.

**Tabla 26.**

*Resultado del método de Shannon en el punto 1 (inicio del río)*

<b>Familias</b>	<b>N° de Individuos</b>
Hyaellidae	383
Chiromidae	38
Hidrobiidae	28
Oligochaeta	7
<b>Índice de Shannon</b>	<b>0,5891</b>

*Nota.* Presentación de Shannon aplicando su ecuación en el punto 1. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 27.**

*Resultado del método de Shannon en el punto 2 (medio del río)*

<b>Familias</b>	<b>N° de Individuos</b>
Hyaellidae	135
Chiromidae	22
Hidrobiidae	15
Oligochaeta	17
<b>Índice de Shannon</b>	<b>0,9084</b>

*Nota.* Presentación de Shannon aplicando su ecuación en el punto 2. Elaborado por: Los Autores.

**Tabla 28.**

*Resultado del método de Shannon en el punto 3 (final del río)*

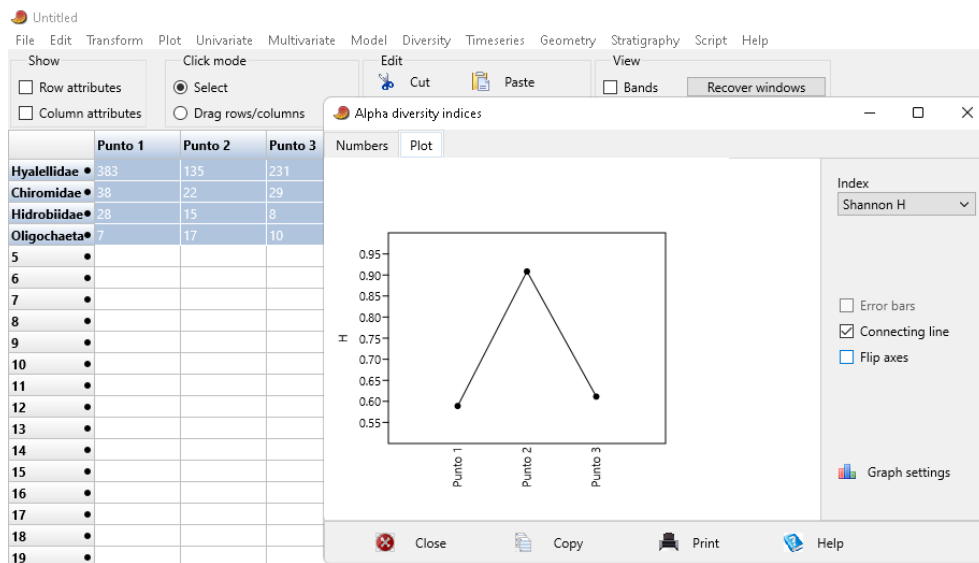
<b>Familias</b>	<b>N° de Individuos</b>
Hyaellidae	231
Chiromidae	29
Hidrobiidae	8
Oligochaeta	10
<b>Índice de Shannon</b>	<b>0,6114</b>

*Nota.* Presentación de Shannon aplicando su ecuación en el punto 3. Elaborado por: Los Autores.

Los resultados obtenidos en las tres estaciones de muestreo del río se observan que la diversidad es muy baja, el índice de Shannon nos menciona que este método registra valores de 0 a 5, siendo 0 donde existe diversidad muy baja y 5 diversidad alta. En la siguiente figura se realizó una gráfica con el programa Past en los tres puntos del río Cutuchi.

**Figura 36.**

*Presentación de los 3 puntos de muestreo con el programa Past.*



*Nota.* Presentación de los puntos de muestreo mediante el índice de Shannon. Elaborado por:  
Los autores.

Con la ayuda del programa Past se pudo determinar la diversidad en cada punto, dando como resultado que en el punto 2 se encuentra con una diversidad de 0,90 siguiéndole el punto 3 con 0,61 y por último el punto 1 con un índice de Shannon de 0,58.

También con el programa Past se logró sacar Alpha y Beta, A continuación los siguientes resultados.

**Tabla 29.**

*Resultados de índices de diversidad en las estaciones de muestreo.*

	<b>Punto 1</b>	<b>Punto 2</b>	<b>Punto 3</b>
Taxa	4	4	4
Individuos	456	189	278

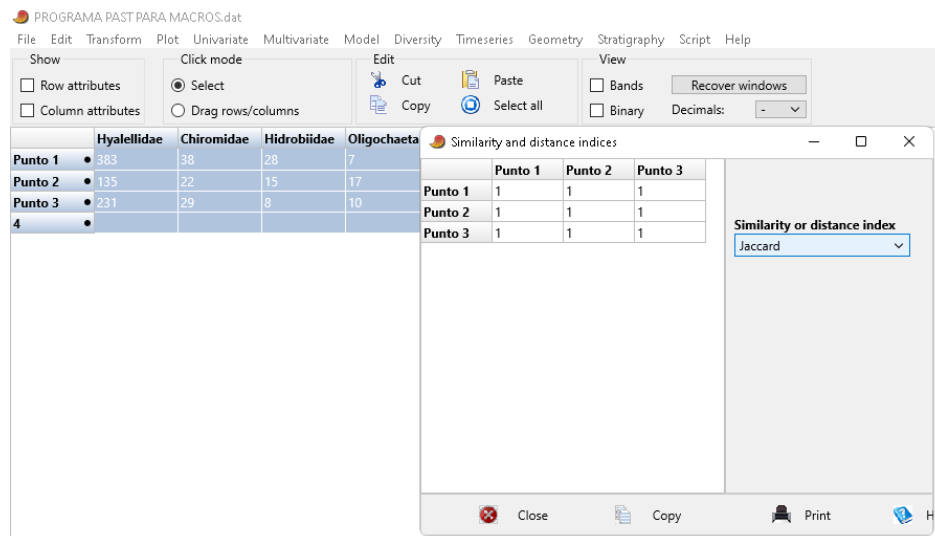
Shannon	0.59	0.91	0.61
Alpha	0.60	0.71	0.66

*Nota.* Presentación de los valores obtenidos mediante el programa Past. Elaborado por: Los autores.

Como se muestra en la tabla 29 hay varios métodos pero en este caso sólo utilizamos Fisher Alpha, dando como resultado que en el punto 1 se encuentra con un valor de 0,60 siguiéndole el punto 2 con 0,71 y por último el punto 3 con un valor de 0,66.

### Figura 37.

*Valores beta en los 3 puntos de muestreo.*



*Nota.* Presentación de los valores beta mediante el programa Past. Elaborado por: Los autores.

Con la ayuda del programa Past se pudo determinar beta esto nos sirve para observar la similitud, dando como resultado que en los tres puntos de muestreo hay similitud, esto es ya que en cada estación de muestreo se encontraron las mismas familias que fueron 4, de las cuales son: Hyalellidae, Chiromidae, Hidrobiidae y Oligochaeta pero con diferentes cantidades de individuos en cada una de estas familias.

## 5. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

### 5.1 Conclusiones

- Para el estudio físico-químico, los parámetros como: pH, temperatura y conductividad se realizaron de manera in situ, los cuales, si cumple con los límites máximos permisibles descrito en la norma, para los análisis ex situ los parámetros analizados fueron: turbidez, alcalinidad, dureza, DBO5, DQO, OD. Se evidencia la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos para dureza y alcalinidad, se demostró que para OD el río no es apto para el desarrollo especies sensibles y organismos, mientras los parámetros de DBO5 y DQO si cumple con los parámetros máximos permisibles.
- En los parámetros físico-químicos en tesis realizadas en 2014 y 2015 en la mayoría de sus parámetros cumplen con los límites permisibles establecidos por el libro VI Anexo I del TULSMA, al igual que muestra tesis realizada en el año 2022. En los macroinvertebrados en el índice BMWP/Col se obtuvo el valor de 13 y para el índice ETP no se encontró ninguna familia y anteriores tesis de investigación obtuvieron una ponderación de 0, estableciendo que el río Cutuchi presentaba estándares de calidad de agua fuertemente contaminadas y hasta en la actualidad la abundancia de ETP sigue siendo inexistente.
- Los factores que influyen para que la calidad del río esté totalmente contaminada, fueron las descargas de aguas residuales e industriales, actividad ganadera y actividad agrícola, con la ayuda de los índices estadísticos aplicados en los resultados de las muestras de agua tanto físico-químicos y biológicos, representaron que las aguas del río están fuertemente contaminadas, estos resultados se mostraron a la comunidad el grado de contaminación que presenta el río Cutuchi.

## 5.2 Recomendaciones

- Llevar a cabo muestreos en los diferentes meses o épocas del año para poder saber la variación de calidad del agua y a la vez constatar la riqueza y abundancia que puede presentar el cauce con el objetivo de valorar las condiciones naturales, climáticas y antropogénicas y determinar los posibles impactos ambientales que pueda estar presentando el afluente.
- Se debe considerar el manejo y la conservación de las muestras tomadas en el río, tal como nos indica la normativa INEN 2169:2013. Para no correr el riesgo de que se contaminen las muestras y la consecuencia sería que obtendremos resultados no válidos.
- Se debería plantear campañas de concientización a la sociedad sobre la contaminación acuática y como esta se ve afectada en la calidad de agua que puede presentar el río ya que en ciertas partes del trayecto del cauce se evidencia que el agua del río es usada para las actividades agrícolas de las personas como agua de riego.



## 6. BIBLIOGRAFÍA

- Alvarez, A., Panta, E. R., Reyes, F. G., José, J., Cabañero, A., Acosta, E. H., Ayala, C.
- Álvarez, L. (2005). Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuático como indicadores de la calidad del agua. *Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt*, 05, 263. <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- R., Saenz, E. M., Salcedo, F. P., Nicolas, E. N., & Sosa, E. S. (2006). Índice de calidad del agua en la cuenca del río Amajac , Hidalgo , México : Diagnóstico y Predicción. *Revista Internacional de Botanica Experimental*, 72–83.
- Armenteras, D., González, T. M., Vergara, L. K., Luque, F. J., Rodríguez, N., & Bonilla, M. A. (2016). Revisión del concepto de ecosistema como “unidad de lanaturaleza” 80 años después de su formulación. *Ecosistemas*, 25(1), 83–89. <https://doi.org/10.7818/ECOS.2016.25-1.12>
- Barrera Gallo, A. A., & Cepeda Guasgua, J. G. (2020). "Evaluación Espacio–Temporal De La Calidad Del Agua Del Río Cutuchi En El Cantón Latacunga, Provincia De Cotopaxi, Período 2019- 2020". *Universidad Técnica De Cotopaxi Facultad*, 73.
- Cuaspud, E., & Paredes, K. (2017). *Determinación del índice de calidad del agua de la quebrada de yaznán, río blanco, río puluví y río guachalá del cantón Cayambe* [ tesis de Universitaria, Universidad Central del Ecuador]. Repositorio Institucional UCE. <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/13428/1/T-UCE-0012-46>
- Escandón, C., & Cáceres, M. (2022). Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo. *Universidad Politécnica Salesiana Sede Cuenca*, 5. <https%3A%2F%2Fdspace.ups.edu.ec%2Fbitstream%2F123456789%2F21649%2F1%2FUPS-CT009509.pdf&clen=4759140>
- GADPO. (2018). *Manual de monitoreo comunitario de la calidad del agua con bioindicadores* (Vol. 4, Issue 1). <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2018/04/BIO.pdf>
- Gómez, A. (2014). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS, Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GARAGOA. 1.* <http://www.springer.com/series/15440%0Apapers://ae99785b-2213-416d-aa7e-3a12880cc9b9/Paper/p18311>
- Gutiérrez, C. (2010). “LA CONTAMINACIÓN DEL RIO CUTUCHI.” *UNIVERSIDAD TÉCNICA PARTICULAR DE LOJA*, 64. [https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis Carlos Gutierrez Al.pdf](https://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/10203/1/Tesis%20Carlos%20Gutierrez%20Al.pdf)

- Huertas, D. A. (2014). *Análisis de la calidad de agua del Río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos*.  
[http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595\\_1.pdf](http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf)
- Ladrera, R. (2012). Los Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores Del Es-4015812. *Revista Ecológica*, 39, 24–29. <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4015812>
- Mora, M., & Tama, A. (2022). “DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCAY, CUENCA - ECUADOR. *UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA*, 154.  
<https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888#:~:>
- INEN 2169. (2013). Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. Instituto Ecuatoriano De Normalización, 26.  
<http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>
- NTE INEN 2176. (2013). Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo. 2013, NTE INEN 2, 1–15.  
[https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos\\_muestreo\\_biologico\\_con\\_portada\\_tcm30-214764.pdf](https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf)
- Quispe, S. (2016). Estudio del comportamiento del oxígeno disuelto y parámetros físicoquímicos y microbiológicos de la Bahía Interior de Puno. 108.  
[http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/532/QUISPE\\_LUJANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repositorio.uwiener.edu.pe/bitstream/handle/123456789/532/QUISPE_LUJANO.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- Suárez, C. R., Cuellar, L. A., Rodríguez, M. H., & Acosta, P. M. (2019). Uso de indicadores biológicos para determinar la calidad del agua río Chontales en el sector Finca San Luis Gambita Santander. *Revista de Tecnología*, 18(1), 44–58.  
<https://revistas.unbosque.edu.co/index.php/RevTec/article/view/3765>
- Vargas, E. (2016). *Universidad Central Del Ecuador Facultad De Arquitectura Y Urbanismo Autor : Calva Alvarado Cristhian Ronald*.
- Vilà Baños, R. (2006). ¿Cómo hacer un análisis cuantitativo de datos de tipo descriptivo con el paquete estadístico SPSS ? *Butlletí La Recerca*, 1–8.  
<http://diposit.ub.edu/dspace/bitstream/2445/43757/1/540754.pdf>
- Yumbo, K., Iler, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R., & Chirinos, D. T. (2018). Determinación de la calidad de aguas mediante indicadores biológicos y físico-químicos en el río Paján, Manabí, Ecuador Determination of water quality

Yupa, M. I., Albarrasín, P., & García, V. M. (2020). Determinación de caudales ecológicos en el río Cutuchi, Ecuador. *Revista Bases de La Ciencia*. e-ISSN 2588-0764, 5(2), 33.  
[https://doi.org/10.33936/rev\\_bas\\_de\\_la\\_ciencia.v5i2.2401](https://doi.org/10.33936/rev_bas_de_la_ciencia.v5i2.2401)

## 7. ANEXOS

### *Anexo 1*

#### *Recolección de las muestras*



*Nota.* Proceso para la recolección de muestras. Elaborado por: Los Autores.

### *Anexo 2*

#### *Etiquetado de botellas*



*Nota.* Se presenta el etiquetado de muestras proveniente del río Cutuchi. Elaborado por: Los Autores.

### **Anexo 3**

#### *Lectura de conductividad eléctrica*



*Nota.* Se presenta el resultado de la conductividad eléctrica. Elaborado por: Los Autores.

### **Anexo 4**

#### *Lectura de pH*



*Nota.* Se presenta el resultado del pH. Elaborado por: Los Autores.

## **Anexo 5**

### *Lectura de turbidez*



*Nota.* Se presenta el resultado de la turbidez. Elaborado por: Los Autores.

## **Anexo 6**

### *Recolección de macroinvertebrados*



*Nota.* Se presenta el proceso de recolección de macroinvertebrados con la red surber. Elaborado por: Los Autores.

## **Anexo 7**

### ***Diversidad de las familias del río Cutuchi***



*Nota.* Presentación de macroinvertebrados presentes en el río Cutuchi. Elaborado por: Los Autores

## **Anexo 8**

### ***Procedimiento para la lectura de turbidez***



*Nota.* Presentación del proceso para la lectura de la turbidez. Elaborado por: Los Autores

## *Anexo 9*

### *Estación de muestreo*



*Nota.* Presentación del primer punto de muestreo del río. Elaborado por: Los Autores

## *Anexo 10*

### *Etiquetado de macroinvertebrados en los 3 puntos del río*



*Nota.* Presentación de los macroinvertebrados en tubos efendor. Elaborado por: Los Autores