



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES SITIOS DE  
VISITA DE LA LAGUNA MAGTAYAN-PARQUE NACIONAL  
SANGAY MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación.

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:**

**MARIA TERESA QUIGLA LARA**

Riobamba – Ecuador

2023



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES SITIOS DE  
VISITA DE LA LAGUNA MAGTAYAN-PARQUE NACIONAL  
SANGAY MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.**

**Trabajo de Integración Curricular**

**Tipo:** Proyecto de Investigación.

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERA EN RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

**AUTORA:** MARÍA TERESA QUIGLA LARA

**DIRECTOR:** Ing. PATRICIO XAVIER LOZANO RODRÍGUEZ MSc

Riobamba – Ecuador

2023

© 2023, María Teresa Quigla Lara

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos, por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor.

Yo, María Teresa Quigla Lara, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados de este son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autora asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este Trabajo de Integración Curricular; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 30 de octubre de 2023

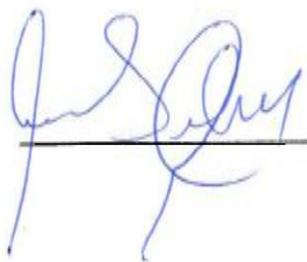


María Teresa Quigla Lara

0605876143

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE RECURSOS NATURALES**  
**CARRERA RECURSOS NATURALES RENOVABLES**

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DE TRES SITIOS DE VISITA DE LA LAGUNA MAGTAYAN-PARQUE NACIONAL SANGAY MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS**, realizado por la señorita: **MARÍA TERESA QUIGLA LARA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

|  | <b>FIRMA</b>   | <b>FECHA</b> |
|--|--|--------------|
| Ing. Rosa del Pilar Castro Gómez PhD<br><b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>                             |  | 2023-10-30   |
| Ing. Patricio Xavier Lozano Rodríguez MSc<br><b>DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b> |  | 2023-10-30   |
| Dr. Edison Marcelo Salas Castelo PhD<br><b>ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR</b>        |  | 2023-10-30   |

## **DEDICATORIA**

A Dios, por darme vida durante toda mi formación estudiantil que permitió que con altos y bajos llegara hasta este punto de mi vida. A mi madre, que siempre estuvo alentándome a ser mejor o no caer y que con perseverancia y esfuerzo se pueden lograr las cosas, que fue capaz de sacarme adelante con mucho esfuerzo y trabajo para lograr terminar mis estudios. A mi padre que desde el cielo siempre estuvo conmigo cuidándome y dándome fuerzas para seguir adelante, y así lograr cumplir el deseo de ser profesional. A mis hermanos que siempre estuvieron apoyándome incondicionalmente en mis estudios, dándome fuerza y alentándome a seguir adelante, con mucha paciencia pero que siempre estuvieron ahí cuando los necesite gracias a todos, por su apoyo en este trabajo y toda mi vida estudiantil.

Teresa

## **AGRADECIMIENTO**

A Dios por guiarme y acompañarme todos los días en mi vida, a mis padres por estar siempre a mi lado, a mis hermanos por su apoyo incondicional al, a mi tutor y asesor de trabajo de integración curricular, que sin ellos este trabajo no sería posible, les agradezco por la paciencia, el tiempo y la dedicación que otorgaron para que este trabajo se realizara, a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo que me abrió las puertas para seguir con mis estudios, y culminar otra de mis fases en mi vida estudiantil y de igual forma a cada uno de mis maestros que me ayudaron a crecer con altas y bajas, pero que aportaron de forma significativa a mi formación académica y personal gracias por todo.

Teresa

## ÍNDICE DE CONTENIDO

|                              |     |
|------------------------------|-----|
| ÍNDICE DE TABLAS.....        | xi  |
| ÍNDICE DE ILUSTRACIONES..... | xiv |
| ÍNDICE DE ANEXOS.....        | xv  |
| RESUMEN .....                | xvi |
| SUMMARY / ABSTRACT.....      | xvi |
| INTRODUCCIÓN .....           | 1   |

### CAPÍTULO I

|  |          |
|--|----------|
| <b>1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN .....</b>      | <b>3</b> |
| <b>1.1 Planteamiento del Problema.....</b>     | <b>3</b> |
| <b>1.2 Objetivos .....</b>                     | <b>4</b> |
| <b>1.2.1 <i>Objetivo General</i>.....</b>      | <b>4</b> |
| <b>1.2.2 <i>Objetivos Específicos</i>.....</b> | <b>4</b> |
| <b>1.3 Justificación .....</b>                 | <b>4</b> |
| <b>1.4 Pregunta de investigación.....</b>      | <b>6</b> |

### CAPÍTULO II

|   |           |
|---|-----------|
| <b>2. MARCO TEÓRICO .....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.1 Biodiversidad .....</b>  | <b>7</b>  |
| <b>2.2 Ecosistemas acuáticos.....</b>   | <b>7</b>  |
| <b>2.2.1. <i>Ecosistemas de Agua Dulce o dulceacuícolas</i> .....</b>             | <b>8</b>  |
| 2.2.1.1. <i>Sistemas de agua lénticos</i> .....                                   | 8         |
| 2.2.1.2. <i>Sistema de agua lóticos</i> .....                                     | 9         |
| <b>2.3 Macroinvertebrados Acuáticos (Bentónicos) .....</b>                        | <b>9</b>  |
| <b>2.3.1 <i>Filo Artrópoda</i> .....</b>  | <b>10</b> |
| 2.3.1.1 <i>Clase Insecta-Orden Ephemeroptera</i> .....                            | 10        |
| 2.3.1.2 <i>Clase Insecta-Orden Odonata</i> .....                                  | 11        |
| 2.3.1.3 <i>Clase Insecta-Orden Plecóptera</i> .....                               | 11        |
| 2.3.1.4 <i>Clase Insecta-Orden Megaloptera o Neuróptera</i> .....                 | 12        |
| 2.3.1.5 <i>Clase Insecta-Orden Trichoptera</i> .....                              | 13        |
| <b>2.4 Áreas protegidas .....</b>   | <b>14</b> |
| <b>2.4.1 <i>Categorías de manejo para áreas protegidas según la UICN</i>.....</b> | <b>15</b> |

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| 2.4.1.1      | <i>Parques Nacionales</i> .....   | 15        |
| 2.4.1.2      | <i>Reserva Marina</i> .....   | 15        |
| 2.4.1.3      | <i>Reservas Ecológicas</i> .....  | 15        |
| 2.4.1.4      | <i>Reserva Biológica</i> .....  | 15        |
| 2.4.1.5      | <i>Reserva de Producción de Flora y Fauna</i> .....   | 16        |
| 2.4.1.6      | <i>Refugio de Vida Silvestre</i> .....  | 16        |
| 2.4.1.7      | <i>Área Natural de Recreación</i> .....   | 16        |
| 2.4.1.8      | <i>Reserva Geobotánica</i> .....  | 16        |
| <b>2.5</b>   | <b><i>Monitoreo Ecológico</i></b> .....   | <b>17</b> |
| <b>2.6</b>   | <b><i>Índices bióticos (Índice de diversidad de Shannon-Weaver, índice de dominancia de Simpson, Índice de riqueza específica de Margalef, Índice de similitud de Sorensen, Índice de similitud de Jaccard, BMWP/Col, ASPT, ABI, EPT)</i></b> ..... | <b>17</b> |
| <b>2.6.1</b> | <b><i>Índice de Diversidad de Shannon-Weaver</i></b> .....  | <b>18</b> |
| <b>2.6.2</b> | <b><i>Índice de dominancia de Simpson (<math>\delta</math>)</i></b> .....   | <b>19</b> |
| <b>2.6.3</b> | <b><i>Índice de riqueza específica de Margalef</i></b> .....  | <b>19</b> |
| <b>2.6.4</b> | <b><i>Índice de similitud de Sorensen</i></b> .....   | <b>20</b> |
| <b>2.6.5</b> | <b><i>Índice de similitud de Jaccard</i></b> .....  | <b>20</b> |
| <b>2.6.6</b> | <b><i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)</i></b> .....   | <b>20</b> |
| <b>2.6.7</b> | <b><i>Índice Average Score Per Taxon o Puntuación Promedio por Taxa (ASPT)</i></b> .....  | <b>21</b> |
| <b>2.6.8</b> | <b><i>Índice Biótico Andino- Andean Biotic Index- (ABI)</i></b> .....   | <b>21</b> |
| <b>2.6.9</b> | <b><i>Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)</i></b> .....  | <b>22</b> |
| <b>2.7</b>   | <b><i>Calidad del agua</i></b> .....  | <b>22</b> |
| <b>2.8</b>   | <b><i>Parámetros físicos, químicos, microbiológicos del agua</i></b> .....  | <b>23</b> |
| <b>2.8.1</b> | <b><i>Físicos</i></b> .....   | <b>23</b> |
| 2.8.1.1      | <i>Potencial hidrogeno (pH)</i> .....   | 23        |
| 2.8.1.2      | <i>Conductividad eléctrica (CE)</i> .....   | 24        |
| 2.8.1.3      | <i>Oxígeno disuelto (OD)</i> .....  | 24        |
| 2.8.1.4      | <i>Oxígeno disuelto saturado (ODS)</i> .....  | 25        |
| 2.8.1.5      | <i>Color</i> .....  | 25        |
| 2.8.1.6      | <i>Turbidez</i> .....   | 25        |
| 2.8.1.7      | <i>Sólidos totales disueltos (STD)</i> .....  | 26        |
| 2.8.1.8      | <i>Salinidad</i> .....  | 26        |
| 2.8.1.9      | <i>Temperatura (T)</i> .....  | 26        |
| <b>2.8.2</b> | <b><i>Químicos</i></b> .....  | <b>27</b> |
| 2.8.2.1      | <i>Demanda bioquímica del oxígeno (DBO5)</i> .....  | 27        |
| 2.8.2.2      | <i>Demanda química del oxígeno (DQO)</i> .....  | 27        |

|              |  |           |
|--------------|--|-----------|
| 2.8.2.3      | <i>Nitritos (NO<sub>2</sub>-) y Nitratos (NO<sub>3</sub>-)</i> .....             | 27        |
| 2.8.2.4      | <i>Nitrógeno amoniacal (NH<sub>3</sub>-N)</i> .....                              | 28        |
| 2.8.2.5      | <i>Fósforo (P)</i> .....   | 28        |
| 2.8.2.6      | <i>Fosfatos (PO<sub>4</sub><sup>3-</sup>)</i> .....                              | 28        |
| <b>2.8.3</b> | <b><i>Microbiológicos</i></b> .....  | <b>29</b> |
| 2.8.3.1      | <i>Coliformes fecales (CF)</i> .....   | 29        |
| 2.8.3.2      | <i>Coliformes totales (CT)</i> .....   | 29        |
| 2.8.3.3      | <i>Aerobios</i> .....  | 29        |
| 2.8.3.4      | <i>Hongos</i> .....  | 29        |
| 2.8.3.5      | <i>Mohos y levaduras</i> .....   | 30        |
| <b>2.9</b>   | <b>Estrategias de manejo para la conservación de ecosistemas acuáticos</b> ..... | <b>30</b> |

### CAPITULO III

|              |   |           |
|--------------|---|-----------|
| <b>3.</b>    | <b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>3.1</b>   | <b>Ubicación geográfica</b> .....   | <b>32</b> |
| <b>3.2</b>   | <b>Metodología</b> .....  | <b>32</b> |
| <b>3.2.1</b> | <b><i>Monitorear la condición ambiental de tres sitios de visita de la laguna Magtayan</i></b> ..                                     | <b>33</b> |
| 3.2.1.1      | <i>Identificación de los sitios de muestreo</i> .....   | 33        |
| 3.2.1.2      | <i>Técnica de colecta de macroinvertebrados en campo</i> .....  | 34        |
| 3.2.1.3      | <i>Técnica de procesamiento de macroinvertebrados en el laboratorio</i> .....   | 35        |
| 3.2.1.4      | <i>Técnica de identificación de macroinvertebrados</i> .....  | 35        |
| 3.2.1.5      | <i>Técnicas de muestreo de agua en campo</i> .....  | 36        |
| 3.2.1.6      | Técnicas de procesamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en el laboratorio.....                           | 37        |
| <b>3.2.2</b> | <b><i>Analizar la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados de tres sitios de visita de la laguna Magtayan</i></b> ..... | <b>41</b> |
| 3.2.2.1      | <i>Técnicas para el análisis de biodiversidad de macroinvertebrados</i> .....   | 41        |
| 3.2.2.2      | Técnicas para la valoración análisis de calidad de agua usando macroinvertebrados (BMWP/Col, ASPT, ABI, EPT).....                     | 45        |
| <b>3.2.3</b> | <b><i>Formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna Magtayan</i></b> .....                               | <b>49</b> |
| 3.2.3.1      | Técnicas para formular medidas de manejo ambiental para la conservación de lagunas altoandinas.....                                   | 49        |

## CAPÍTULO IV

|               |   |     |
|---------------|---|-----|
| <b>4.</b>     | <b>MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS</b> .....   | 52  |
| <b>4.1</b>    | <b>Procesamiento, análisis e interpretación de resultados</b> .....   | 52  |
| <b>4.1.1.</b> | <b><i>Monitorear la condición ambiental de tres sitios de visita de la laguna Magtayan.</i></b>                                       | 52  |
| 4.1.1.1       | <i>Muestreo del sitio de visita 1A1</i> .....   | 52  |
| 4.1.1.2       | <i>Muestreo del sitio de visita 1A2</i> .....   | 56  |
| 4.1.1.3       | <i>Muestreo del sitio de visita 1A3</i> .....   | 60  |
| 4.1.1.4       | <i>Muestreo del sitio de visita 2A1</i> .....   | 64  |
| 4.1.1.5       | <i>Muestreo del sitio de visita 2A2</i> .....   | 68  |
| 4.1.1.6       | <i>Muestreo del sitio de visita 2A3</i> .....   | 72  |
| <b>4.1.2</b>  | <b><i>Analizar la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados de tres sitios de visita de la laguna Magtayan</i></b> ..... | 76  |
| 4.1.2.1       | <i>Muestreo del sitio de visita 1A1-1A2-1A3</i> .....   | 76  |
| 4.1.2.2       | <i>Muestreo de los sitios de visita 2A1-2A2-2A3</i> .....   | 89  |
| <b>4.1.3</b>  | <b><i>Formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna Magtayan</i></b> .....                               | 103 |
| 4.1.3.1       | <i>Identificación del objeto de conservación de la laguna Magtayan</i> .....  | 103 |
| 4.1.3.2       | <i>Identificación de las amenazas directas e indirectas en los puntos de muestreo</i> .....   | 104 |
| 4.1.3.3       | <i>Análisis de amenazas del objeto de conservación</i> .....  | 106 |
| 4.1.3.4       | <i>Objetivos, estrategias y resultados para el objeto de conservación</i> .....   | 107 |
| 4.1.3.5       | <i>Matriz de planificación del programa</i> .....   | 108 |
| 4.1.3.6       | <i>Matriz de planificación de los proyectos</i> .....   | 109 |
| 4.1.3.7       | <i>Perfilamiento de las estrategias propuestas para la conservación y aprovechamiento de la laguna</i> .....                          | 109 |
| <b>4.2</b>    | <b>Pregunta de investigación</b> .....  | 121 |
| <b>4.3</b>    | <b>Discusión</b> .....  | 124 |
|               | <b>CONCLUSIONES</b> .....   | 129 |
|               | <b>RECOMENDACIONES</b> .....  | 131 |

## BIBLIOGRAFÍA

## ANEXOS

## ÍNDICE DE TABLAS

|  |    |
|--|----|
| <b>Tabla 2-1:</b> Rango de conductividad eléctrica para calidad de agua .....                        | 24 |
| <b>Tabla 2-2:</b> Rangos de concentración de oxígeno disuelto y su condición .....                   | 24 |
| <b>Tabla 2-3:</b> Estrategias de manejo para ecosistemas acuáticos .....                             | 31 |
| <b>Tabla 3-4:</b> Descripción de los puntos de muestreo de la laguna Magtayan .....                  | 33 |
| <b>Tabla 3-5:</b> Ecuaciones de los índices de diversidad alfa y beta .....                          | 42 |
| <b>Tabla 3-6:</b> Rangos de diversidad según Shannon-Weaver.....                                     | 42 |
| <b>Tabla 3-7:</b> Esquema de calidad de agua en base a valores de diversidad Shannon-Weaver.....     | 43 |
| <b>Tabla 3-8:</b> Rangos de diversidad según el índice de Simpson (1-D) .....                        | 43 |
| <b>Tabla 3-9:</b> Rangos de riqueza según el índice de Margalef .....                                | 43 |
| <b>Tabla 3-10:</b> Puntaje a familias de macroinvertebrados par aplicación del BMWP/Col.....         | 45 |
| <b>Tabla 3-11:</b> Clasificación de calidad según los valores de BMWP/Col .....                      | 46 |
| <b>Tabla 3-12:</b> Clasificación de calidad de agua según los valores de BMWP/Col y ASPT .....       | 46 |
| <b>Tabla 3-13:</b> Orden y familias de macroinvertebrados establecidos para el ABI.....              | 47 |
| <b>Tabla 3-14:</b> Clasificación en base a rangos de calidad de agua para el ABI.....                | 48 |
| <b>Tabla 3-15:</b> Familias de los órdenes EPT en base a ecosistemas Andinos .....                   | 48 |
| <b>Tabla 3-16:</b> Rangos de calidad de agua establecidos para el índice EPT .....                   | 49 |
| <b>Tabla 4-17:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A1.....             | 53 |
| <b>Tabla 4-18:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A1.....                             | 53 |
| <b>Tabla 4-19-:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A1) .....              | 54 |
| <b>Tabla 4-20:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A1).....      | 55 |
| <b>Tabla 4-21:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A1) ....  | 55 |
| <b>Tabla 4-22:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A2.....             | 57 |
| <b>Tabla 4-23:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2.....                             | 57 |
| <b>Tabla 4-24:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A2).....                | 58 |
| <b>Tabla 4-25:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A2).....      | 59 |
| <b>Tabla 4-26:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A2) ....  | 59 |
| <b>Tabla 4-27:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A3.....             | 61 |
| <b>Tabla 4-28:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2.....                             | 61 |
| <b>Tabla 4-29:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A3).....                | 62 |
| <b>Tabla 4-30:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A3).....      | 63 |
| <b>Tabla 4-31:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en el laboratorio (7A3) 63 |    |
| <b>Tabla 4-32:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A1.....             | 65 |
| <b>Tabla 4-33:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A1.....                             | 65 |
| <b>Tabla 4-34:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A1).....                | 66 |

|   |    |
|---|----|
| <b>Tabla 4-35:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A1).....     | 67 |
| <b>Tabla 4-36:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A1) .... | 68 |
| <b>Tabla 4-37:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A2.....            | 69 |
| <b>Tabla 4-38:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2.....                            | 70 |
| <b>Tabla 4-38:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A2).....               | 70 |
| <b>Tabla 4-39:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A2).....     | 71 |
| <b>Tabla 4-40:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A2) .... | 72 |
| <b>Tabla 4-41:</b> Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A3.....            | 73 |
| <b>Tabla 4-42:</b> Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A3.....                            | 74 |
| <b>Tabla 4-43:</b> Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A3).....               | 74 |
| <b>Tabla 4-44:</b> Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A3).....     | 75 |
| <b>Tabla 4-44:</b> Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A3) .... | 76 |
| <b>Tabla 4-45:</b> Cálculo del índice de Shannon-Weaver por punto (7A1, 7A2, 7A3).....              | 77 |
| <b>Tabla 4-46:</b> Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver por punto (7A1, 7A2, 7A3) 77   | 77 |
| <b>Tabla 4-47:</b> Cálculo del índice de Shannon-Weaver global.....                                 | 78 |
| <b>Tabla 4-48:</b> Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver global .....                   | 78 |
| <b>Tabla 4-49:</b> Cálculo del índice de Simpson por puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).....        | 79 |
| <b>Tabla 4-50:</b> Cálculo del índice de Simpson global .....                                       | 79 |
| <b>Tabla 4-51:</b> Cálculo del índice de Margalef por punto de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).....        | 80 |
| <b>Tabla 4-52:</b> Cálculo del índice de Margalef global.....                                       | 81 |
| <b>Tabla 4-53:</b> Cálculo del índice de Sorensen y Jaccard de los tres puntos de muestreo .....    | 81 |
| <b>Tabla 4-54:</b> Cálculo del índice de BMWP/Col de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3). 83   | 83 |
| <b>Tabla 4-55:</b> Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col (7A1, 7A2, 7A3) .....      | 83 |
| <b>Tabla 4-56:</b> Cálculo del índice de BMWP/Col global .....                                      | 84 |
| <b>Tabla 4-57:</b> Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col global.....                | 84 |
| <b>Tabla 4-59:</b> Calidad de agua según el valor del índice ASPT (7A1, 7A2, 7A3) .....             | 85 |
| <b>Tabla 4-60:</b> Cálculo del índice de ASPT global.....   | 85 |
| <b>Tabla 4-61:</b> Calidad de agua según el valor del índice ASPT global.....                       | 86 |
| <b>Tabla 4-62:</b> Cálculo del índice de ABI de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).....       | 86 |
| <b>Tabla 4-63:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI (7A1, 7A2, 7A3) .....           | 87 |
| <b>Tabla 4-64:</b> Cálculo del índice de ABI global .....   | 87 |
| <b>Tabla 4-65:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI global.....                     | 88 |
| <b>Tabla 4-66:</b> Cálculo del índice de EPT de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3) .....      | 88 |
| <b>Tabla 4-67:</b> Calidad de agua según el valor del índice de EPT (7A1, 7A2, 7A3) .....           | 88 |
| <b>Tabla 4-68:</b> Cálculo del índice de EPT global .....   | 89 |
| <b>Tabla 4-69:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI global.....                     | 89 |

|   |     |
|---|-----|
| <b>Tabla 4-70:</b> Cálculo del índice de Shannon-Weaver (7A1, 7A2, 7A3) .....                       | 90  |
| <b>Tabla 4-71:</b> Calidad de agua según el valor del índice de Shannon-Weaver (7A1, 7A2, 7A3).     | 90  |
| <b>Tabla 4-72:</b> Cálculo del índice de Shannon-Weaver global.....                                 | 91  |
| <b>Tabla 4-73:</b> Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver global.....                    | 91  |
| <b>Tabla 4-74:</b> Cálculo del índice de Simpson por puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).....        | 92  |
| <b>Tabla 4-75:</b> Cálculo del índice de Simpson global .....                                       | 92  |
| <b>Tabla 4-76:</b> Cálculo del índice de Margalef por punto de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).....        | 93  |
| <b>Tabla 4-77:</b> Cálculo del índice de Margalef global.....                                       | 94  |
| <b>Tabla 4-78:</b> Cálculo del índice de Sorensen (7A1, 7A2, 7A3) .....                             | 94  |
| <b>Tabla 4-79:</b> Cálculo del índice de BMWP/Col de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3).      | 96  |
| <b>Tabla 4-80:</b> Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col (7A1, 7A2, 7A3) .....      | 96  |
| <b>Tabla 4-81:</b> Cálculo del índice de BMWP/Col global .....                                      | 97  |
| <b>Tabla 4-82:</b> Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col global.....                | 97  |
| <b>Tabla 4-83:</b> Cálculo del índice de ASPT con familias de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3).....     | 97  |
| <b>Tabla 4-84:</b> Calidad de agua según el valor del índice ASPT (7A1, 7A2, 7A3) .....             | 98  |
| <b>Tabla 4-85:</b> Cálculo del índice de ASPT global.....   | 98  |
| <b>Tabla 4-86:</b> Calidad de agua según el valor del índice ASPT global.....                       | 99  |
| <b>Tabla 4-87:</b> Cálculo del índice de ABI de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3) de muestreo.....       | 99  |
| <b>Tabla 4-88:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI (7A1, 7A2, 7A3) .....           | 100 |
| <b>Tabla 4-89:</b> Cálculo del índice de ABI global .....   | 100 |
| <b>Tabla 4-90:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI global.....                     | 101 |
| <b>Tabla 4-91:</b> Cálculo del índice de EPT de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3) de muestreo .....      | 101 |
| <b>Tabla 4-92:</b> Calidad de agua según el valor del índice de EPT (7A1, 7A2, 7A3) .....           | 102 |
| <b>Tabla 4-93:</b> Cálculo del índice de EPT global .....   | 102 |
| <b>Tabla 4-94:</b> Calidad de agua según el valor del índice de ABI global.....                     | 102 |
| <b>Tabla 4-95:</b> Amenazas directas e indirectas de cada punto de muestreo de la laguna .....      | 104 |
| <b>Tabla 4-96:</b> Matriz de planificación del programa en base al objeto de conservación .....     | 108 |
| <b>Tabla 4-97:</b> Matriz de planificación de los proyectos en base al objeto de conservación ..... | 109 |
| <b>Tabla 4-98:</b> Marco lógico de la estrategia de educación ambiental de la laguna.....           | 111 |
| <b>Tabla 4-99:</b> Cronograma de actividades y presupuesto de la estrategia 1 .....                 | 113 |
| <b>Tabla 4-100:</b> Marco lógico de la estrategia de compensación para la conservación .....        | 115 |
| <b>Tabla 4-101:</b> Cronograma de actividades y presupuesto estrategia 2 .....                      | 117 |
| <b>Tabla 4-102:</b> Matriz del marco lógico de la primer estrategia de la laguna.....               | 119 |
| <b>Tabla 4-103:</b> Cronograma de actividades y presupuesto estrategia 3 .....                      | 120 |

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

|   |     |
|---|-----|
| <b>Ilustración 2-1:</b> Clasificación de los ecosistemas acuáticos .....                              | 8   |
| <b>Ilustración 3-2:</b> Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de la laguna Magtayan.....     | 32  |
| <b>Ilustración 3-3:</b> Identificación de amenazas directas e indirectas del objeto de conservación.. | 50  |
| <b>Ilustración 4-5:</b> Primer sitio del primer muestreo (7A1) de la laguna Magtayan.....             | 52  |
| <b>Ilustración 4-5:</b> Segundo sitio del primer muestreo (7A2) de la laguna Magtayan.....            | 56  |
| <b>Ilustración 4-6:</b> Tercer sitio del primer muestreo (7A3) de la laguna Magtayan .....            | 60  |
| <b>Ilustración 4-7:</b> Primer sitio del segundo muestreo (7A1) de la laguna Magtayan .....           | 64  |
| <b>Ilustración 4-8:</b> Segundo sitio del segundo muestreo (7A2) de la laguna Magtayan .....          | 69  |
| <b>Ilustración 4-9:</b> Tercer sitio del segundo muestreo (7A3) de la laguna Magtayan.....            | 73  |
| <b>Ilustración 4-11:</b> Dendograma de similitud del Bray-Curtis .....                                | 95  |
| <b>Ilustración 4-12:</b> Esquema de identificación del objeto de conservación .....                   | 103 |
| <b>Ilustración 4-13:</b> Identificación de amenazas directas e indirectas.....                        | 106 |
| <b>Ilustración 4-14:</b> Estructuración de lineamientos de conservación .....                         | 107 |
| <b>Ilustración 4-15:</b> ACC familias-parámetros fisicoquímicos microbiológico 1.....                 | 121 |
| <b>Ilustración 4-16:</b> ACC de familias y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos 2.....         | 122 |
| <b>Ilustración 4-17:</b> ACC de familias y desechos sólidos (muestreo 1).....                         | 122 |
| <b>Ilustración 4-18:</b> ACC de familias y desechos sólidos (muestreo 2).....                         | 123 |

## **ÍNDICE DE ANEXOS**

**ANEXO A:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE AESHNIDAE

**ANEXO B:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE CERATOPOGONIDAE

**ANEXO C:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE CHIRONOMIDAE

**ANEXO D:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE HYALELLIDAE

**ANEXO E:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE DUGESIIDAE

**ANEXO F:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE ELMIDAE

**ANEXO G:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE GLOSSIPHONIIDAE

**ANEXO H:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE GRIPOPTERYGIDAE

**ANEXO I:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE LEPTOCERIDAE

**ANEXO J:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE LUMBRICIDAE

**ANEXO K:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE LYMNAEIDAE

**ANEXO L:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE SCIRTIDAE

**ANEXO M:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE SPHAERIIDAE

**ANEXO N:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE TIPULIDAE

**ANEXO Ñ:** FICHA TÉCNICA DE LA FAMILIA DE TUBIFICIDAE

**ANEXO O:** PREPARACIÓN-MULTIPARÁMETRO(A); RECOLECCIÓN MUESTRAS (B);  
MEDICIÓN PARÁMETROS (C)

**ANEXO P:** RECOLECCIÓN DESECHOS(A); BÚSQUEDA MANUAL (B);  
CLASIFICACIÓN MACROS (C)

**ANEXO Q:** RECOLECCIÓN CON RED (A); PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS (B);  
CLASIFICACIÓN MACROINVERTEBRADOS EN EL LABORATORIO (C)

**ANEXO R:** IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS RECOLECTADOS

## RESUMEN

La laguna Magtayan localizada en el sector Ozogoché, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, al ser una zona turística y reservorio de agua dulce, se encontró sometida a problemas de contaminación, quema de pajonal, presencia de fecas de camélidos entre otras, lo cual deterioró y cambió la calidad de agua de la laguna. El objetivo de este trabajo investigativo fue determinar la calidad de agua de la laguna, por medio de macroinvertebrados bentónicos, con la finalidad de establecer su condición y proponer medidas de conservación. Este trabajo se dividió en dos fases, una de campo (colecta de macroinvertebrados de forma manual y de patada y recolección de desechos) y de laboratorio (análisis de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua e identificación de macroinvertebrados), para determinar la calidad de agua se empleó los índices de diversidad de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson, riqueza de Margalef, similitud de Jaccard y Sorensen en base a diversidad de especies, y los índices BMWP/Col, ASPT, ABI, y EPT, para calidad de agua, en los tres puntos de muestreo (7A1-7A2-7A3), por medio de los índices bióticos, se determinó a las familias de Chironomidae, Hyalellidae, Glossiphoniidae y Dugesiidae como las más abundantes en los tres puntos de muestreo en ambos meses, dando como resultado en la mayoría de los índices una calidad de agua “mala”, “dudosa”, “crítica”, y “aceptable”. En base a los desechos encontrados con mayor cantidad de origen orgánico, inorgánico y material flotante fue el punto 7A1 del segundo muestreo con 0.26 lb, 2.36 lb y 1.57 lb correspondientemente. Indicando que la calidad de agua se vio afectado por la presencia de material flotante, y por ende la dominancia de familias con alto grado de tolerancia a la contaminación, para lo cual las medidas de conservación son una alternativa de mejora para la laguna y sus recursos naturales.

**Palabras clave:** <MAGTAYAN >, <CALIDAD DE AGUA >, <BIOINDICADORES>, <MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS>, <DESECHOS>, <PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS>, < PARÁMETROS MICROBIOLÓGICOS >, <SISTEMA LENTICOS >

D.B.R.A.I.  
Ing. Cristóbal...  
1880-DBRA-UPT-2023



## SUMMARY

The Magtayan lagoon located in Ozogoche sector, Alausí canton, province of Chimborazo, being a tourist area and freshwater reservoir, it was found to be subject to pollution problems, grassland burning, presence of camelid feces, among others, which deteriorated and changed the water quality of the lagoon. The objective of this investigative work was to determine the water quality of the lagoon, through benthic macroinvertebrates, in order to establish its condition and propose conservation measures. This work was divided into two phases, one in the field (collection of macroinvertebrates manually and by kick and waste collection) and the next in the laboratory (analysis of physical, chemical and microbiological parameters of the water and identification of macroinvertebrates), to determine the quality of water, the Shannon-Weaver diversity indices, Simpson dominance, Margalef richness, Jaccard and Sorensen similarity were used based on species diversity, and the BMWP/Col, ASPT, ABI, and EPT indices, for water quality, in the three sampling points (7A1-7A2-7A3), through biotic indices, the families of Chironomidae, Hyalellidae, Glossiphoniidae and Dugesiidae were determined as the most abundant in the three sampling points in both months, resulting in most indices indicating water quality as “bad”, “doubtful”, “critical”, and “acceptable”. Based on the waste found with the greatest amount of organic, inorganic and floating material origin, it was point 7A1 of the second sampling with 0.26 lb, 2.36 lb and 1.57 lb correspondingly. Indicating that the quality of the water was affected by the presence of floating material, and therefore the dominance of families with a high degree of tolerance to pollution, for which conservation measures are an alternative to improve the lagoon and its natural resources.

**Keywords:** <MAGTAYAN>, <WATER QUALITY>, <BIOINDICATORS>, <BENTHONIC MACROINVERTEBRATES>, <WASTE>, <PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS>, <MICROBIOLOGICAL PARAMETERS>, <LENTIC SYSTEM>



Lic. Lorena Hernández A. Mcs.

180373788-9

## INTRODUCCIÓN

Los lagos y lagunas están entre las principales fuentes de provisión de agua dulce, capaces de otorgar servicios ambientales, tales como los de abastecimiento, por medio del suministro de agua, por energía hidroeléctrica entre otros; de regulación capaces de capturar CO<sub>2</sub>, controlar la erosión e inundaciones; de soporte tales como ser hábitat de un sinnúmero de especies, reciclaje de nutrientes, regular la temperatura, (Bonifaz, 2022, pp. 1-2); y culturales como fuente de inspiración estética, espiritual, por medio de actividades recreativas y de turismo para diversas comunidades, (Avendaño, et al., 2020 pp. 69-70). Y que con la acción antropogénica desmedida estos servicios se van perdiendo, generando así un desequilibrio en los ecosistemas.

Los sistemas lacustres se ven afectados principalmente por la acción antropogénica con las diferentes actividades, las cuales generan degradación de estos, como es el caso de la agricultura que al ser una actividad mundial dominante usa el 70% de todos los suministros de agua dulce. Las sociedades humanas buscan la expansión agrícola, a través de la implementación de un mayor número de canales de riego y el uso cada vez mayor de pesticidas y fertilizantes, cuyas consecuencias son la contaminación, deterioro y reducción del recurso agua, (FAO, 2003.) .

En el caso de algunos sistemas lacustres, como es el caso de la laguna de Tayguayguay en Venezuela, las concentraciones de fósforo y nitrógeno superan ampliamente los valores considerados para aguas no contaminadas, esto a consecuencia de la descarga de fertilizantes en el agua con alto contenido de nitrógeno y fósforo, generando así un alto proceso de eutrofización, (Bejumea, et al., 2019, p. 636). El agua es un recurso indispensable para el bienestar humano, la calidad del ambiente y para la preservación de la biota, según lo establecido por Espinal et al., (2013 p. 148), por esto el creciente interés por manejar y conservar el recurso hídrico es más notable (Sánchez, 2019 p. 108).

En el Ecuador, el deterioro de las lagunas, lagos y ríos se ha incrementado por la intervención del hombre ya que en el país el problema más grande, en cuanto a deterioro de calidad del agua es la eutrofización, proceso natural lento e independiente, pero por medio de acciones como la urbanización, agricultura, desarrollo energético y turismo, este proceso se ha acelerado acortando la vida útil de los cuerpos de agua, (Bonifaz, 2022, págs. 1-2).

La calidad de agua desde un punto de vista funcional se puede definir como la capacidad que tiene el recurso para responder a diversos usos en los cuales puede ser aplicada, desde el punto de vista ambiental se define como condición es que debe cumplirse para mantener en equilibrio y buen estado un ecosistema, cumpliendo con parámetros establecidos dentro de sus características físicas, químicas y microbiológicas, (Bosch, 1999, p.196).

Dentro de los parámetros físicos para la evaluación de la calidad de agua se encuentran el potencial hidrógeno (pH), temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, color, turbidez, salinidad; para los parámetros químicos se determina la Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO), Demanda Química de Oxígeno (DQO), nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, fósforo, fosfatos; y en caso de los parámetros microbiológicos se encuentran coliformes fecales, coliformes totales, aerobios, hongos, mohos, levaduras (Vásquez, 2019, pp. 20-21).

En este contexto, el presente trabajo se enfoca en la evaluación de la calidad de agua de la laguna Magtayan, que se encuentra localizada en la zona alta del Parque Nacional Sangay en el sector de Ozogoché parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, por medio de macroinvertebrados bentónicos, los cuales son organismos biológicos presentes en el fondo del cuerpo de agua, en la mayoría de ecosistemas acuático de agua dulce, con alta susceptibilidad a cambios en el agua principalmente cuando sus variables fisicoquímicas y biológicas cambian (Gamboa, et al., 2008: pp. 109-110).

Para su obtención se utilizó la técnica manual que consiste en buscar los insectos en restos de hojas, ramas, lodo, piedras de forma minuciosa y exhaustiva para obtener un mayor número de individuos, siendo estos algunos de los lugares más frecuentes para su ubicación, y la técnica de patada que consiste en remover por medio de patadas el sedimento del fondo del cuerpo de agua, para así atrapar macroinvertebrados dentro de una red (Carrera y Fierro, 2001: p.36).

Estos organismos pueden ser utilizados como bioindicadores debido a que presentan diversos rangos de tolerancia a contaminantes, (Figuroa et al., 2003: pp.276-279). A través del análisis de los 20 parámetros establecidos y de los macroinvertebrados bentónicos encontrados, identificados y clasificados con el método Biological Monitoring Working Party (BMWP) se obtendrá el resultado de la calidad de agua, de acuerdo con Roldán y Ramírez, (2022: pp. 569-571), para así formular las medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna de Magtayan.

## CAPÍTULO I

### 1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

#### 1.1 Planteamiento del Problema

La laguna Magtayan se encuentra localizada en la zona alta del Parque Nacional Sangay, en el sector Ozogoche, parroquia Achupallas, cantón Alausí, provincia de Chimborazo, al ser un atractivo de gran valor turístico y ambiental es considerado como un gran reservorio de agua dulce, hábitat de especies de flora y fauna, y de gran valor cultural. Esta laguna se ve afectada por el desarrollo de actividades turísticas o uso recreativo como caminatas, cabalgatas, o camping lo que conlleva a generar desechos orgánicos como por ejemplo cascara de limón, hueso encontrados en la laguna e inorgánicos como fundas plásticas de snacks, botellas plásticas estos materiales a ser agentes externos generan un desequilibrio dentro de la laguna y en sus alrededores, en donde, por medio de los fuertes vientos los elementos más ligeros son dispersados hacia la laguna o a sus alrededores y en algunos casos se descomponen en el agua generando así cambios y pérdidas de microfauna en el ecosistema acuático.

En base a las actividades generadas por los pobladores se destaca las actividades agropecuarias debido a la quema de pajonales, cuyo objetivo de realizar esta acción, es tener rebrotes más tiernos y verdes para alimentar al ganado, otra de las actividades es la expansión de terreno para la agricultura, y la creencia de atraer lluvias para los cultivos, lo cual no ha sido comprobada científicamente, esto conlleva a la contaminación de las lagunas y acuíferos considerados reservas importantes de agua, de igual manera esto genera una contaminación paisajística y deterioro del suelo.

La presencia de macrófitos en la laguna genera un proceso de eutrofización, que altera los parámetros del agua y a su vez la presencia de macroinvertebrados indicadores de calidad. Siendo estos los principales problemas identificados dentro de la zona de estudio, es necesario e importante reconocer que las lagunas y lagos son sistemas acuáticos de suma importancia para preservar la vida en el planeta y su conservación es primordial debido a que, por malas prácticas, y uso desmedido e inconsciente del recurso agua, este llega a deteriorarse y disminuir de forma significativa, generando escases, acceso limitado y disminuyendo su calidad.

A través del monitoreo de la condición ambiental de los tres sitios de la laguna, se pretende establecer el estado en el que se encuentra la laguna, por medio del análisis de parámetros físicos levantados en campo, químicos y microbiológicos analizados en el laboratorio, además de la recolección e identificación de macroinvertebrados bentónicos al ser empleados como bioindicadores para evaluar el estado de la calidad de agua, utilizando el método Biological Monitoring Working Party (BMWP), ASPT, ABI, y EPT que establece la tolerancia máxima de contaminación, según Roldán y Ramírez (2022: pp. 569-571), y poder así proponer medidas de manejo ambiental para la conservación y aprovechamiento de la laguna Magtayan en el Parque Nacional Sangay.

## **1.2 Objetivos**

### ***1.2.1 Objetivo General***

- Evaluar la calidad de agua de tres sitios de visita de la laguna Magtayan-Parque Nacional Sangay en el sector Ozogoché, mediante macroinvertebrados bentónicos.

### ***1.2.2 Objetivos Específicos***

- Monitorear la condición ambiental de tres sitios de visita de la laguna Magtayan
- Analizar la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados de tres sitios de visita de la laguna Magtayan.
- Formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna Magtayan.

## **1.3 Justificación**

Para aportar con la solución a la problemática anteriormente descrita, basada en el deterioro de la laguna Magtayan y sus consecuencias provocadas de forma directa e indirecta por la acción antrópica como la agricultura, ganadería y turismo, además de la eutrofización proceso natural que se va acelerando por la intervención humana, se ve la necesidad de evaluar el estado de conservación de tres sitios de la laguna a través del uso de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad, con el objetivo de formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar dicho recurso.

A continuación, el presente proyecto aportará al cumplimiento de la línea de investigación denominado “Gestión y Manejo Sustentable de los Recursos Naturales” de la ESPOCH, el cual tiene como finalidad contribuir al manejo y conservación de la biodiversidad y servicios ecosistémicos.

Como hemos mencionado anteriormente la afectación de los cuerpos de agua son más notables, y en caso de las áreas protegidas su deterioro no es menor, por ende los gobiernos locales y organizaciones indígenas buscan mitigar o reducir los daños que la acción antrópica generan sobre los recursos, de modo que a través de la evaluación de calidad de agua de la laguna Magtayan que se encuentra dentro del área Protegida del Parque Nacional Sangay permitirá aportar con un control, monitoreo y vigilancia del estado del agua con el fin de aportar al cumplimiento del Art.405 que se enfoca en la conservación y mantenimiento de las funciones ecológicas en base a la protección del recurso hídrico.

Además, el presente proyecto se enmarca en el Macroproyecto para la conservación de los recursos naturales e implementación de planes de manejo del Plan de Ordenamiento Territorial de Chimborazo (GADP Chimborazo, 2019 p. 138). Cabe recalcar que la evaluación de la calidad de agua de la laguna Magtayan va a beneficiar de forma directa a las comunidades que se encuentran dentro del área de estudio debido a que conocer su estado les otorgará un conocimiento de cuáles serán las actividades que se puedan llevar a cabo de forma segura y respetuosa del agua debido a su calidad, disminuyendo así posibles problemas que se puedan presentar ya sea en su salud, o actividades agropecuarias que se realicen con ella.

Los turistas son beneficiarios directos debido a que tendrán acceso a un recurso hídrico seguro por medio de la correcta gestión que las autoridades establezcan para conservar, aprovechar y potencializar el recurso. Dentro de los beneficiarios indirectos se encuentran las autoridades parroquiales, cantónales e incluso provinciales que por medio del resultado de análisis de calidad de agua de la laguna minimicen los costos y tiempo de estudio, para poder establecer las mejores medidas de gestión para la conservación del recurso agua dentro del área de estudio.

Finalmente, este estudio se articula al Plan Nacional de Desarrollo (en el objetivo 3: Garantizar los derechos de la naturaleza para las actuales y futuras generaciones); al Programa de conservación y manejo de cuencas hidrográficas del Plan Nacional del Agua; y (a los objetivos estratégicos 2: Reducir las presiones y el uso inadecuado de la biodiversidad a niveles que aseguren su conservación) y (4: Fortalecer la gestión de los conocimientos y las capacidades

nacionales que promuevan la innovación en el aprovechamiento sostenible de la biodiversidad y los servicios ecosistémicos) de la Estrategia Nacional de Biodiversidad.

Los resultados obtenidos contribuirán a la justificación de este trabajo al comprobar que el estado de la calidad de agua se ve afectado por las actividades antrópicas y por ende se debe establecer medidas de manejo, mitigación y remediación en base a la preservación del recurso hídrico.

#### **1.4 Pregunta de investigación**

¿La calidad de agua de la laguna Magtayan es afectada por la presencia de desechos sólidos arrojados por visitantes y la población local?

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO TEÓRICO

#### 2.1 Biodiversidad

La biodiversidad o diversidad biológica se conoce como la variedad de organismos que se encuentran presentes dentro de un área geográfica, dentro de los cuales siempre estarán presente sus tres niveles de organización biológica como: diversidad de especies, variabilidad genética, y procesos ecológicos y evolutivos. La biodiversidad comprende todas las formas de vida que se presentan dentro de un medio desde la más diminuta especie hasta las más grande y compleja, ya sea plantas o animales dentro de un ecosistema (Aguirre, et al., 2017: pp. 524-525).

De acuerdo con (Sarandón, 2020, pp. 14-16), la biodiversidad es la variabilidad de vida que existe en el planeta ya sea por su tamaño, origen, morfología y genes que se encuentran dentro de un ecosistema, cuya identificación y diferenciación se puede apreciar de forma simple a través de la observación en la diversidad entre de especies. La biodiversidad es considerada todas las formas de vida existentes en diferentes escalas temporales-espaciales, agrupadas en reinos de la naturaleza que viven a lo largo de los paisajes, ( Bermúdez y Longhi, 2015; citados en De La Cruz y Pérez, 2020).

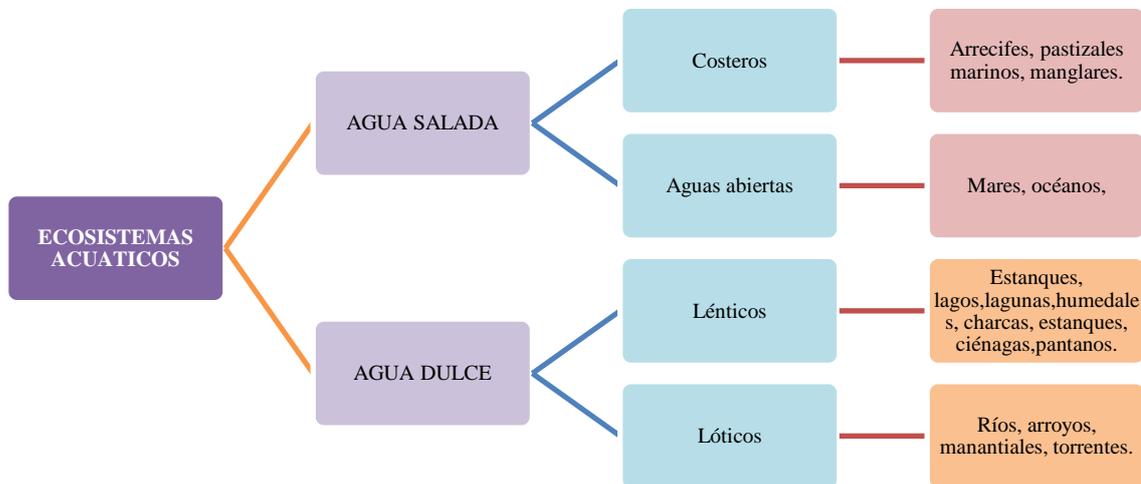
Con base en De la Cruz y Pérez (2020: p. 7), la diversidad es la variedad de todas las formas de vida, su genética, y las relaciones intra e interespecífica que se presentan entre los seres vivos, el ecosistema o su entorno teniendo en cuenta a todos los reinos de la naturaleza sin exclusión alguna.

La importancia de la biodiversidad es el funcionamiento que esta posee sobre los ecosistemas al ayudar a proveer los servicios ecosistémicos esenciales para el desarrollo de la vida en el planeta tales como la seguridad alimentaria, salud, suministro de agua, aire, y hábitat, (Convention on Biological Diversity, 2020).

#### 2.2 Ecosistemas acuáticos

Según Smith, T y Smith, R (2007: pp. 546-566), denomina a los ecosistemas acuáticos como medios de vida basados en las características físicas ambientales, caracterizado por la adaptabilidad de los organismos al medio acuático como la salinidad, al cual varios organismos han logrado

adaptarse. Los ecosistemas acuáticos se clasifican en dos grandes categorías que son los de agua dulce y salada, estos a su vez se subdividen de acuerdo con las características físicas como profundidad, corriente de agua, sustrato, y tipo de organismos que prevalecen dentro del agua. Dentro de la clasificación de los ecosistemas acuáticos se detallan a continuación.



**Ilustración 2-1:** Clasificación de los ecosistemas acuáticos

Fuente: Smith T., 2007

### 2.1.1. Ecosistemas de Agua Dulce o dulceacuícolas

Se denominan de agua dulce a las zonas en donde la presencia de salinidad es mínima, siendo la representación de un total de 0,01% de agua dulce en el planeta su importancia radica en el interés que el ser humano tiene sobre ella al ser fuente de provisión de varios servicios ecosistémicos y de vital importancia para la supervivencia de todos los seres vivos, al ser una superficie muy pequeña en comparación con el total de ecosistemas de agua salada, alberga más del 50% de especies de peces de interés, plantas, reptiles, anfibios, mamíferos y aves, (Instituto Alexander von Humboldt, 2019, p. 23).

#### 2.1.1.1. Sistemas de agua lénticos

Son aquellas áreas en donde el caudal del agua es mínimo o escaso es decir son aguas quietas sin mucho movimiento o sin ningún tipo de corriente, cuya estructura en la mayoría de los casos es cerrada y su agua permanece estancada al no existir un punto de escurrimiento, (Roldán y Ramírez, 2022: p.544), los principales cuerpos de agua son los estanques, lagos, lagunas, humedales, ciénagas, pantanos entre otros, según Smith y Smith (2007: pp. 546-560).

### 2.1.1.2. Sistema de agua lóticos

De acuerdo con Aguilar y Martín (2021, pp. 4-5), define a los sistemas lóticos áreas ribereñas en donde el agua que contiene se encuentra en constante movimiento, con mayor fluctuación en épocas de lluvia por el creciente de su caudal, y de menor movimiento en épocas secas en las cuales se puede presentar incluso sequías extremas que puedan llegar a desaparecer, dentro de este sistema se encuentran los ríos, arroyos, manantiales y torrentes.

## 2.3 Macroinvertebrados Acuáticos (Bentónicos)

Son organismos invertebrados de tamaños visibles al ojo humano con medidas superiores a los 0,5 mm, su distribución es amplia debido a su capacidad y rápida reproducción, son considerados como indicadores de calidad de agua debido a la susceptibilidad que estos organismos presentan ante los cambios, por la presencia de factores ajenos que ocasionan un cambio negativo en el hábitat. Estos organismos se caracterizan por desarrollar la mitad de su ciclo de vida en el agua (Vilca, 2022, p. 2), se encuentran adheridos a rocas, en el sustrato, troncos, arena o cualquier material que se encuentra en el agua tanto en ecosistemas lóticos como lénticos.

Según Bravo y Restrepo (2021: p. 59), la morfología en la mayoría de estos organismos va a depender de los factores fisicoquímicos y biológicos que se presentan dentro del área, las acciones como descarga de aguas servidas, residuos de actividades agropecuarias, desequilibrio o variación del caudal intervienen en la riqueza, abundancia y diversidad de las especies. Al ser considerado buenos indicadores estos han sido empleados en estudios relacionados con la contaminación en cuerpos de agua debido a una serie de características:

- Son sedentarios: por su reducida capacidad de movimiento estos son capaces de reaccionar de forma efectiva a sustancias ajenas vertidas en el agua que pueda generar un cambio positivo o negativo en su entorno.
- Ciclo de vida largo: Su ciclo de vida al ser más largo que otras especies permite estudiar cuales han sido sus cambios morfológicos durante largos periodos a los cuales han estado expuestos, (Ambientum, 2022).
- Cambios de parámetros fisicoquímicos: Los organismos son sensibles a cambios en la temperatura, pH, oxígeno disuelto, iones disueltos, coliformes entre otros, que comúnmente se presentan en aguas residuales de tipo doméstico e industrial, los cuales son vertidos a los cuerpos de agua.

- Responden rápidamente a tensores ambientales.
- Proporcionan información suficiente para determinar los efectos acumulativos.
- Efectos de las variaciones ambientales a corto plazo, (González , 2012, p. 205).

Los macroinvertebrados acuáticos más representativos se encuentran dentro de los filos Artrópoda, Mollusca, Annelida, Platyhelminthes, Nematoda y Nematomorpha, aclarando que dentro de estas existen especies microscópicas que forman parte de la meiofauna, (Hanson, et al., 2010: p. 3).

### **2.3.1 Filo Artrópoda**

Son los macroinvertebrados más representativos y abundantes con un total de 95% de especies terrestres y 5% son considerados acuáticos, los órdenes Collembola, Hemíptera y Coleóptera en la totalidad de sus estados son desarrollados en el agua y los órdenes Ephemeroptera, Odonata, Plecóptera, Megaloptera y Trichoptera al menos uno de sus estados es considerado acuático, siendo estos los más representativos dentro de los macroinvertebrados acuáticos, (Hanson, et al., 2010: p. 5)

#### **2.3.1.1 Clase Insecta-Orden Ephemeroptera**

De acuerdo con Flowers y De la Rosa (2010: p. 63), son especies realmente frágiles, acuáticas, primitivas de gran importancia para la cadena alimenticia en ríos, lagos y arroyos, son organismo cuya función biológica es la de procesar la materia orgánica. Su abundancia y diversidad sobresalen en ríos y arroyos de fondos rocosas.

- Ciclo de vida: Poseen una metamorfosis incompleta, su etapa empieza con la deposición de huevos en el agua, el estado inmaduro (ninfas) pueden tardar de semanas hasta años en cumplir su desarrollo en dicha etapa, la cantidad de mudas que realiza varía de especies, pero se han registrado un intervalo de 12 hasta 45 en la etapa ninfal, es la única etapa en la que la efímera se alimenta. La etapa de ninfa madura pasa a subimago (etapa en donde posee alas y es capaz de volar, pero aún no es maduro) esta etapa tarda dos días, a partir de ahí empieza o muda a su estado adulto o imago aquí desarrollo sus órganos sexuales y alas cristalinas y transparentes.
- Las etapas inmaduras son acuáticas, se caracterizan por tener de dos a tres filamentos terminales y branquias abdominales, se encuentran en la mayoría de los ambientes acuáticos de agua dulce, de acuerdo con lo establecido por Hanson et al., (2010: p. 14). Según Flowers y De la Rosa (2010: pp. 68-69), las principales familias dentro del orden se encuentran: Baetidae,

Caenidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Heptageniidae, Isonychiidae, Leptohephidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Polymitarcyidae.

#### 2.3.1.2 Clase *Insecta*-Orden *Odonata*

Especies que se caracterizan por poseer una mandíbula fuerte y altamente modificada cuyo labio lo usa para captura su alimento, ojos compuestos grandes de coloración llamativa en su etapa adulta, su abdomen es alargado y delgado, en su mayoría se los reconoce en estado adulto por ser fáciles de observar. Son conocidos como libélulas, caballitos del diablo, helicópteros entre otros, (Ramírez, 2010, p. 97). Estos organismos son de gran importancia en los ecosistemas acuáticos de agua dulce principalmente porque son capaces de biorregular la creciente presencia de dípteros en sus estados inmaduros al ser propagadores de enfermedades como el dengue, (Huamán, 2022, p. 10).

Ciclo de vida: Poseen tres etapas en su ciclo, su periodo empieza en el agua por medio de la deposición de huevos sobre material vegetal flotante o agua, este periodo dura de una semana a dos meses, posterior a la deposición de huevos pasa al estado ninfal siendo este el de mayor duración aproximadamente de un año para así transformarse en adulto que será el encargado de la dispersión y reproducción en la superficie terrestre, (Huamán, 2022, p. 10).

Son considerados buenos bioindicadores la calidad de agua en su estado de ninfa y adulto, son capaces de subsistir desde agua limpia a ligeramente eutrofizada, debido a su sensibilidad a cambios fisicoquímicos, (Jiménez, 2020, p.73). Las principales familias dentro de este orden se encuentran: Zygoptera, Calopterygidae, Coenagrionidae, Lestidae, Megapodagrionidae, Perilestidae, Platystictidae, Polythoridae, Protoneuridae, Pseudostigmatidae, Anisoptera, Aeshnidae, Cordulegastridae, Gomphidae, (Ramírez, 2010, pp. 102-106).

#### 2.3.1.3 Clase *Insecta*-Orden *Plecóptera*

Son un grupo de pequeño de insectos, conocidos como moscas de piedra, son fácilmente identificadas debido a que posee dos cercos terminales, branquias torácicas y un par de uñas en cada pata, (Gutiérrez, 2010 p. 139). Estos insectos juegan un papel importante dentro de los ecosistemas acuáticos debido al flujo de energía y reciclaje de nutrientes, de igual forma son reconocidos como bioindicadores de buena calidad de agua debido a la sensibilidad que las larvas presentan ante la contaminación, (Romero, 2017, pp. 42-43).

➤ Ciclo de vida: Insectos hemimetábolos (metamorfosis incompleta), sus etapas constan de tres estadios como son: huevo, ninfa y adulto. Su proceso inicia cuando la hembra deposita o dejan caer los huevos sobre cualquier sustrato que se encuentre en el agua como ramas, hojas, piedras entre otros, estas especies de insectos pueden depositar de entre 25 a 300 huevos, su desarrollo va a depender de la temperatura del agua, este proceso de huevo dura de tres a cuatro semanas o más, posee un número de mudas de entre 12 a 23 dependiendo de algunos factores climáticos; en su etapa ninfal estas escalan varios metros para adherirse a las rocas y así dar paso a su estado adulto que ocurre en la mañana, los ejemplares adultos llegan a vivir de algunos días a semanas en condición es naturales y en ex-situ hasta 8 días, (Gutiérrez, 2010 p. 139), dentro de las principales familias de este orden se encuentra: Perlidae, (Gutiérrez, 2010 p. 145).

#### 2.3.1.4 Clase Insecta-Orden Megaloptera o Neuróptera

Son un grupo de insectos poco diversificados y considerados los más primitivos, se caracterizan físicamente por tener dos pares de alas membranosas, una mandíbula larval hueca en forma de colmillo, que usan para succionar fluidos de sus presas, su cabeza es aplanada con una espina postocular, ojos grandes compuestos que carecen de ocelos, patas largas, abdomen estrecho y largo (Contreras y Rosas, 2014: p.257). Las especies de este orden viven en corrientes limpias o poco contaminadas, en vegetación sumergida, piedras, troncos entre otros, de acuerdo con lo establecido por Roldán y Ramírez, (2022: p. 558).

➤ Ciclo de vida: Las parejas se cortejan por medio de vibraciones, cercanas a vegetaciones bajas de la orilla, posterior al apareamiento, la puesta de huevos se lo realiza entre el atardecer entre piedras y vegetación en cuerpos de agua, el número de sus huevos son miles, de forma subcilíndrica su eclosión se lo realiza entre la primera y cuarta semana, su desarrollo es holometabólica, cuando las larvas están en su estado proninfa, estas no se alimentan, su estructura es alargada con apéndices abdominales y patas rudimentarias, la etapa larval puede durar años viviendo así hasta cinco años en dicho estado, (Grustán, 2015, p. 3).

Dentro de esta etapa estas especies entran en un estado de diapausa es decir que se envuelven en una especie de cámara en donde realizan un proceso similar al de la hibernación suspendiendo sus actividades, se mantiene así en la época seca y reanudan sus actividades en épocas lluviosas, las larvas llegan a pasar por al menos 10 mudas en esta etapa, posterior a esta etapa las larvas llegan a su estado adulto en donde dejan el agua y buscan establecerse en una especie de cámara a base de detritos principalmente dentro de materiales como rocas, palos, material vegetal para

su nuevo proceso de apareamiento y posterior eclosión, (Grustán, 2015, p. 3). Dentro de las familias pertenecientes a este orden se encuentran Corydalidae y Sialidae, (Roldán y Ramírez, 2022: p.558).

#### 2.3.1.5 Clase Insecta-Orden Trichoptera

Según Rueda y Sganga (2021: p. 14), el orden de insectos que poseen gran importancia ecológica debido a sus características biológicas, son considerados como los organismos más eficaces para evaluar la calidad de agua. Estas especies habitan en todo tipo de sistemas lóticos y lénticos y su mayor diversidad se encuentra en los loticos fríos, (Roldán y Ramírez, 2022: p.559). Según sus adaptaciones evolutivas las especies del orden trichoptera presentan un límite de tolerancia a variaciones en la calidad de agua, es decir cuando los parámetros presentes en el agua son críticos estas especies mueren y dan paso a otros organismos tolerantes como los Chironomidae y Oligoquetos, (Giacometti y Bersosa, 2006: p.18).

Además de ser considerados buenos indicadores son importantes en la cadena trófica al ser alimento en todos sus estadios para peces, anfibios y otros insectos, (Duarte y Reinoso, 2020: p.472). La presencia y distribución de estos organismos se caracterizan por sustratos y condición ecológicas específicas y particulares como los de las cuencas andinas, al igual que en lugares de gran cobertura boscosa en donde abundan las materias primas para la construcción de sus capullos, obtención de su alimento y protección ante los peligros que las especies de trichoptera presentan, (Duarte y Reinoso, 2020: p.478).

➤ Ciclo de vida: El desarrollo de estas especies es de tipo holometábolos (metamorfosis completa huevo, larva, pupa, y adulto), para llevar a cabo cada una de sus etapas es indispensable un medio acuático, su desarrollo empieza con la deposición de huevos en el agua, pasa a su estado larval este atraviesa por cinco estadios esto va a depender de las especies y condición ambiental, su morfología se caracteriza por tener un cuerpo alargado, cabeza con antenas cortas, tórax y abdomen, (Zamora, et al., 2015: p. 2). Se establecen en el fondo o laderas de los cuerpos de agua adheridos a la vegetación que se encuentra en la superficie o en las que se encuentran enraizadas en el fondo, aunque en la mayoría de los casos estos se encuentran en las rocas y troncos sumergidos (Springer, 2010, p.154).

Posterior a la etapa de larva estos organismos al ser holometábolos pasan por una fase denominada pupa que requiere de una serie de cambios para llevar a cabo la siguiente etapa que es la de una especie adulta, para esta etapa pupal sus cambios lo realizan dentro de un estuche o capullo que es elaborado con la seda que estas especies desprenden desde su labium, dentro de esta cavidad los organismos adoptan una postura estática cuyas antenas, patas y alas se

desarrollan fuera del cuerpo conocido como pupa libre o de tipo exarata, poseen una mandíbula larga que ayuda a la pupa a salir del estuche, (Zamora, et al., 2015: p. 6).

El estadio de las pupas dura alrededor de dos semanas y su desarrollo es completamente acuático después del tiempo establecido para su completo desarrollo pupal este pasa a su último estado que es el adulto el cual se lleva a cabo en el momento cuando la pupa con su mandíbula fuerte rompe el capullo y emerge a la superficie en las horas del crepúsculo o al anochecer, al salir de su capullo este material queda libre flotando en la superficie del cuerpo de agua, en el estado adulto estos se transforman en especies terrestres cuyo rango de vida es corto, para lo cual buscan su reproducción en el menor tiempo a través de la emisión de feromonas y vibraciones que atraen a su pareja para su posterior fecundación, (Springer, 2010, pp. 151-152).

Dentro de las familias del orden trichoptera se encuentran Anomalopsychidae, Ecnomidae, Hydroptilidae, Lepidostomatidae, Limnephilidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, (Springer, 2010, pp.165-180), Calamoceratidae, Glossosomatidae, Helicopsychidae, Hydropsychidae, Leptoceridae, Triplectides, Hydrobiosidae, y Odontoceridae, (Roldán y Ramírez, 2022: pp.559-560).

Macroinvertebrados dulceacuícolas son un grupo de organismo que se han sido capaces de adaptarse a condición es del medio diferentes a las de agua salada. Muy pocas especies son capaces de adaptarse y sobrevivir a ambientes acuáticos en todas sus etapas de vida, (Hanson, et al., 2010: p. 3), por ende, en su mayoría las especies dulceacuícolas poseen una división en sus etapas, es decir que la etapa juvenil las vive en el agua y su etapa adulta fuera de esta, como es el caso del orden plecópfera en la que las ninfas son acuáticas y en su etapa adulta son voladoras, (Gamboa, et al., 2008: p. 110).

## **2.4 Áreas protegidas**

Según la Ferrero (2018, p. 100), lo define como una superficie geográfica de tierra o agua que se designa para la protección, conservación y mantenimiento, al tener una singularidad de valores sean culturales, ambientales, científico y sociales que buscan mantener los procesos ecológicos básicos y sistemas de soporte que permitan el desarrollo de la vida, al igual que el resguardo de la diversidad genética y el uso sustentable de todos los recursos naturales que se encuentran en el área a través de instrumentos efectivos como los legales con la finalidad de cumplir los objetivos a corto y largo plazo.

Según la World Wildlife Fund (2016.), indica que la importancia de estas áreas contribuye a la conservación del patrimonio cultural y servicios ecosistémicos al igual que para ayudar a las comunidades y naturaleza a adaptarse a cambios ambientales y reducir las presiones antrópicas.

#### ***2.4.1 Categorías de manejo para áreas protegidas según la UICN***

##### ***2.4.1.1 Parques Nacionales***

De acuerdo con Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza (UICN) (2019, pp. 8-9), son áreas extensas de más de 10.000 hectáreas no modificadas en estado casi natural que son protegidas debido a sus procesos ecológicos de gran magnitud, paisajes, ecosistemas complejos y diversidad en especies. Dentro de las actividades para las cuales es designado son para la investigación, educativo, recreativo y de visita.

##### ***2.4.1.2 Reserva Marina***

Son áreas de tamaño variado que buscan la protección de organismo acuáticos y sus ecosistemas, que en su mayoría se ven afectado por la acción antrópica como la pesca, el objetivo es salvaguardar la integridad de todas las especies a través de la interacción entre la gente y su entorno marino. (MAATE, 2015, p. s.p)

##### ***2.4.1.3 Reservas Ecológicas***

Son áreas de mayor interés biológico debido a la singularidad geomorfológica y su diversidad, estas áreas se caracterizan por tener altos niveles de protección en las cuales para llevar a cabo algunas actividades como pesca o escalada el permiso emitido debe ser cauteloso debido a que existen temporadas en las cuales las crías de buitres no deben ser importunadas, en otros casos las actividades se encuentran totalmente restringidas por las consecuencias o daños que estas generan en el medio, cabe recalcar que los ententes que gestionan estas áreas pueden establecer el nivel de protección en cada una de las reservas (Novillo, 2019.).

##### ***2.4.1.4 Reserva Biológica***

Se caracterizan por tener un enfoque de conservación completo en base a las especies de flora y fauna con poca o nula intervención antrópica, su extensión se estima entre las 10.000 hectáreas estas a diferencias de las reservas ecológicas su nivel de restricción es muy alto debido a que

buscan que los procesos ecológicos se lleven a cabo de forma correcta sin ningún tipo de intervención que pueda afectar el proceso natural de dichos procesos. Las actividades para las cuales estas áreas son designadas se encuentran las de investigación en ámbitos de ecología y biología, y de educación ambiental que fomenten el desarrollo (MAATE, 2015.).

#### *2.4.1.5 Reserva de Producción de Flora y Fauna*

Según el SNAP (2015), es un área de extensión medio con hectáreas entre los 5.000 y 10.000 ha, es un lugar cuyo objetivo busca la conservación y protección de vida silvestre y de los ecosistemas con todos sus componentes, esta se diferencia de las otras áreas debido a que posee un grado de alteración leve (poco restringido) debido a la presencia del ser humano, por ende la restauración de estos ecosistemas es primordial para la provisión de servicios ecosistémicos.

#### *2.4.1.6 Refugio de Vida Silvestre*

Comprende un área pequeña menor a 5.000 ha, busca la protección para especies amenazadas por intervención humana, aunque su presencia es poco notable sus acciones como caza ilegal a llevado a poner en peligro a una serie de especies como es el caso de cóndor, zorro, puma que por medio de la protección a estas áreas su preservación ya no está en riesgo (SNAP, 2015).

#### *2.4.1.7 Área Natural de Recreación*

Son áreas que comprende los 5.000 y 10.000 hectáreas que son designadas para las actividades recreativas o de turismo como el esparcimiento (excursiones, camping), visitas culturales (museos, monumentos artísticos, iglesias, zonas arqueológicas), siendo estas al de mayor relevancia, (Cedeño, 2019, pp. 10-11), esta área se diferencia principalmente por permitir la presencia humana como eje fundamental para su preservación ya que sus principales actividades se relacionan con la de recreación, turismo como ingresos económicos para la conservación de espacios, y especies e investigación y monitoreo cuidar y fomentar su desarrollo sostenible (SNAP, 2015).

#### *2.4.1.8 Reserva Geobotánica*

De acuerdo con el SNAP (2015) las reservas geobotánicas son superficies de gran extensión que se enfoca principalmente en la conservación de los recursos florísticos y geológicos poco casuales y sobresalientes, su misión es la de mantener las especies y sus alrededores en su estado más natural posible, evitando cualquier mala intervención para así asegurar sus procesos

evolutivos ya que es considerado un banco de germoplasma de especies vegetales en estado de peligro de extinción, buscando al igual que la conservación la recuperación de estos espacio de interés turístico, científico y cultural.

## **2.5 Monitoreo Ecológico**

Según Hernández et al., (2019: pp. 2-3), se denomina monitoreo al análisis, revisión, o vigilancia del estado en el que se encuentra un entorno de interés para dar como resultado un diagnóstico de la situación ambiental.

El monitoreo es denominado un instrumento que permite la determinación del estado, tamaño, incidencia, dirección y cambios importantes que ocurren en el medio, pasan a formar parte de los indicadores clave que ayudan a determinar el manejo de un recurso, dentro de este los indicadores relevantes se relacionan con el medio para poder manejarlos de forma correcta, con el fin de establecer mejoras o ayudar a controlar las amenazas para la toma de decisiones acorde a lo que el estudio amerite, (World Wilde Foundation, 2004, p.4).

Según Cuadros et al., (2020, pp. 118-119), para que un monitoreo se realice de forma efectiva es necesario emplear los siguientes componentes:

- Instaurar objetivos, preguntas claras de investigación.
- Esquemas conceptuales que determinen la relación entre componentes del entorno.
- Seleccionar parámetros de respuesta que midan la causa de las amenazas.
- Establecer un esquema muestral que determine el número de repeticiones y esfuerzos que sirvan para determinar los cambios en base a la recolección de datos.
- Seleccionar las instrumentos y técnicas que ayuden de forma eficaz a medir parámetros con alta precisión.
- Evaluación y divulgación de la obtención de los resultados para así evitar replicas y sus resultados sean comparados con los establecidos con el fin de corregir problemas encontrados en el monitoreo.

## **2.6 Índices bióticos (Índice de diversidad de Shannon-Weaver, índice de dominancia de Simpson, Índice de riqueza específica de Margalef, Índice de similitud de Sorensen, Índice de similitud de Jaccard, BMWP/Col, ASPT, ABI, EPT)**

Los índices bióticos son herramientas basadas en escalas numéricas de valoración que permiten determinar la calidad o estado de un ambiente por medio del uso de organismos que se

encuentran en el área de estudio de forma complementaria con análisis fisicoquímicos, a través de la identificación de tipos y abundancia de organismos y su reacción de sensibilidad o tolerancia ante agentes ajenos que alteran o modifican su hábitat (Asueta, et al., 2019: p. 110).

### 2.6.1 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver

De acuerdo con Samo et al., (2008: p. 191), define como el indicador capaz de medir la biodiversidad específica en una muestra, para lo cual requiere que todos los organismos sean muestreados de forma aleatoria y que representen cada una de las especies que se encuentran dentro de la muestra. Este índice se deriva de la teoría de la información que busca estimar la mayor información que puede tener un mensaje.

$$H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i \quad \longrightarrow \quad H = - \sum_{i=1}^s \frac{n_i}{N} \ln \frac{n_i}{N}$$

Pi va a representar, la proporción o abundancia de cada una de las especies, dentro de la muestra o población de estudio, es decir es el número de especie dividido para el número total de individuos de todas las especies de la comunidad (N), ln es logaritmo natural y la  $\sum$  es la sumatoria de la proporción de cada especie de la comunidad o muestra de estudio (ni), (Somarriba, 1999; citado en Morales et al., 2019).

Su cálculo es partir de la suma de la proporción de cada especie multiplicada por el logaritmo natural de cada una de las proporciones, en donde al dar el resultado de Pi\*ln (Pi) negativo, este debe ir así para al momento de realizar la sumatoria total, este generó un valor positivo entre ambos, (Samo, et al., 2008: pp. 191-192). Para determinar el grado de diversidad Yáñez (2014, p. 149), establece rangos que van desde 0,0 a 5,0, divididos en tres secciones con baja, media y alta diversidad, (ver tabla 3-6).

En base al índice de Shannon-Weaver, Wilhm y Dorris (1968) y Staub et al. (1970), establecieron esquemas de clasificación de contaminación de agua, de acuerdo con la presencia, ausencia o sensibilidad de individuos a factores de perturbación, (ver tabla 3-7). Lo cual permite emplear este índice como una técnica cualitativa a la condición de agua en los diversos sistemas acuáticos (Wilhm y Dorris, 1968 y Staub et al., 1970; citado en Segnini, 2003, pp.48-49).

### 2.6.2 *Índice de dominancia de Simpson ( $\delta$ )*

Según López et al., (2017: p.458), es el índice que determina la probabilidad, que al escoger dos individuos de forma aleatoria, estas pertenezcan a la misma familia. Es considerado el índice más usado, para obtener la estimación de diversidad y de especies dominantes, en muestras considerablemente pequeñas, (Saavedra et al., 2019: p.29). Su rango de medición va desde 0 a 1, indicando que existe mayor diversidad, cuando el valor se acerca al 1 y menor diversidad en la muestra, cuando el valor se encuentra más cerca al cero, teniendo en cuenta que el índice aumenta a medida que la diversidad disminuye (Bo-Ra et al., 2017: p.12).

$$S = 1 / \sum (n_i(n_i - 1) / N(N - 1))$$

La fórmula del cálculo indica a  $n_i$  como el número total de individuos de una especie contenida en la muestra,  $N$  determina el número total de individuos presentes en toda la muestra (Bo-Ra et al., 2017: p.12). El grado de diversidad (1-D), se establecen rangos desde 0.0 a 1, divididos en baja, media, y alta diversidad, (Yáñez, 2014, pp. 146-147), (ver tabla 3-8).

### 2.6.3 *Índice de riqueza específica de Margalef*

Es considerado el indicador que pretende estimar o cuantificar el número de especies presentes en la muestra, por medio de la riqueza específica (Canizales et al. 2020). Según Sánchez de Céspedes, (2021, p.249), el índice está diseñado para medir la riqueza a partir del número de especies y el número de individuos dentro de ecosistema. La puntuación del índice que determina, una baja riqueza de especies son los valores <2 y los valores cercanos o superiores a 5 indican una mayor riqueza de especies dentro de un ecosistema, (Mora et al., 2016: p: 71), (ver tabla 3-9).

$$DMg = \frac{S - 1}{\log n N}$$

La fórmula del cálculo indica,  $s$  es el número de especies presentes dentro de la muestra,  $\log n$  indica el logaritmo natural,  $N$  indica el número total de individuos identificados en la muestra sin importar a que especies pertenezcan (Canizales et al., 2020, p:116).

#### **2.6.4 Índice de similitud de Sorensen**

Dentro de los índices que analizan el grado de comunidades semejantes, por medio de las especies se encuentra el índice de Sorensen que es uno de los más usados debido a su facilidad y precisión, se define como un estadístico muestral que compara la semejanza entre dos muestras (Álvarez et al., 2004: p:192). Según Moreno, (2001, p. 48), señala que el índice calcula las especies que tienen en común y su número total en dos ecosistemas diferentes, por medio del número de especies en común con la media aritmética de las especies en los dos sitios.

$$IS = \left( \frac{2c}{a + b} \right) \times 100$$

La fórmula señala *IS* como el índice de similitud de Sorensen, *a* denomina al número total de especies de la primera muestra, *b* el número de especies totales de la muestra dos y *c* el número de especies en común (Aguirre, 2013, p. 41).

#### **2.6.5 Índice de similitud de Jaccard**

Según Álvarez, (2004, p.192), determina que el índice de Jaccard, relaciona de forma directa al número de especies compartidas de dos ecosistemas, con el número total de especies exclusivas, expresando así, el grado de similitud entre dos muestras, cuyos valores determina la presencia o ausencia de especies compartidas entre ambos ecosistemas, cuando el valor es 0 determina que no existe similitud de especies compartidas en ambos sitios, 1 cuando la similitud de especies es la misma en los dos ecosistemas (Moreno, 2001, p.48).

$$IJ = \left( \frac{c}{a+b-c} \right) \times 100$$

El índice de similitud de Jaccard (*Ij*), esta expresada a través del número de especie presentes en el primer sitio que se denota con la letra *a*; el número de especies presentes en el segundo sitio con la letra *b* y el número de especies en común de ambos ecosistemas denotado con la letra *c* (Aguirre, 2013, p. 41).

#### **2.6.6 Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)**

Es un método empleado para la evaluación de la calidad de agua por medio de macroinvertebrados, este método fue establecido desde el año 1970 en Inglaterra y es usada por su sencillez y rapidez, el método requiere la caracterización hasta el nivel de familia siendo este

relativamente fácil de identificar, sus datos son de tipo cualitativo en donde se determina si existe presencia o ausencia de la familia en ese cuerpo de agua, según Roldán y Ramírez, (2022: p. 569).

De acuerdo con Asueta (2019: pp. 110-111), el BMWP es un índice biótico que relaciona la taxa con el valor de tolerancia o intolerancia que posee cada uno de los organismos a nivel de familia, a partir de los valores designados que van desde 0 a 10, en donde los valores más bajos indican mayor tolerancia a agentes contaminantes y los valores más altos indican la susceptibilidad o intolerancia a dichos agentes (ver tabla 3-10), una vez que se establecen los valores a los organismos se suman y su valor final es comparado con los rangos de clases de calidad que establece el BMWP para determinar su resultado en base a los organismos encontrados.

De acuerdo con Roldán y Ramírez (2022: p. 571), para la clasificación de calidad de agua según los valores de BMWP/Col, lo clasifican de la siguiente manera, (ver tabla 3-11).

#### ***2.6.7 Índice Average Score Per Taxon o Puntuación Promedio por Taxa (ASPT)***

De acuerdo con Rueda 1998; citados en Mora y Tamay, (2022: p. 25), lo define como un indicador valioso de la calidad de agua que es empleado cuando la diversidad de organismos acuáticos es alta, este indicador va de forma complementaria con el índice de BMWP ya que ayuda a determinar de forma más real el estado de calidad.

Su cálculo se basa principalmente en la división entre la puntuación total del BMWP por el número de taxones calificados dentro de la muestra obtenida, (López, et al., 2019: p. 271), su respuesta indica el promedio que las familias poseen, un promedio bajo en el ASPT y en el BMWP se relaciona con un estado de contaminación grave, teniendo en cuenta que sus valores tienen un rango de 0-10, y se correlacionan con cinco niveles de contaminación y cinco colores que representan la calidad desde buena hasta muy crítica, (Arango, et al., 2008: pp. 124-127) (Ver tabla 3-12).

#### ***2.6.8 Índice Biótico Andino- Andean Biotic Index- (ABI)***

El Índice Biótico Andino (ABI), es considerado uno de los métodos más eficientes y adecuados al momento de monitorear calidad de agua en ecosistemas andinos, por medio de macroinvertebrados acuáticos, debido principalmente a que es un método adaptado a partir del

BMWP/Col, que evalúa la calidad de los cuerpos de agua de montañas altoandinas, encima de los 2000 msnm (Ríos-Touma et al., 2014: p.250).

Según Meneses (2019: p. 300), permite aplicar a ríos altoandinos, debido a que en estos ecosistemas la presencia de familias establecidas con el BMWP/Col no existen, principalmente por la condición ambiental, altitudes y disturbios a las que fueron establecidas en Colombia. Su metodología está basada en la de Roldan (2003), en la que por medio de puntajes asignados a las familias (ver tabla 3-13), se determina la calidad del cuerpo de agua (ver tabla 3-11), recalando que su puntaje fue modificado por Ríos-Touma et al.,(2014:) la cual adopto dichos puntajes para los ecosistemas altoandinos (ver tabla 3-14).

### **2.6.9 Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)**

El índice de EPT, es uno de las herramientas más usadas por su sencillez, y efectividad al momento de evidenciar la calidad de agua, debido a que se basa en la identificación de familias del orden Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, (ver tabla 3-15), a las cuales el número total de estas especies es dividido y multiplicado por 100, para determinar el valor y su significado en base a la calidad de agua (ver tabla 3-16), debido a la concentración alta de oxígeno, (López et al., 2019: p.271).

## **2.7 Calidad del agua**

Según Lupi, et al., (2020: p. 4), denomina a la calidad del agua como la descripción de forma general de la composición física, química y biológica, es decir al presentarse una alteración dentro de los parámetros esta llega a generar un cambio sea positivo o negativo, existen un sinnúmero de razones por las cuales la calidad de agua se ve afectado ya sean de origen natural o antrópico, tales como escorrentía agrícola, estiércol, fertilizantes, pesticidas, entre otras.

De acuerdo con Sierra, (2011, p. 47), la calidad de agua es un término algo complejo de definir debido a que ha surgido un cambio o evolución acorde a los parámetros, características y métodos que determinan su calidad, para lo cual el define como calidad de agua, a la concentración específica de factores químicos, físicos y biológicos presentes en el cuerpo que determina su estado sea buena o mala, recalando que estas concentraciones pueden cambiar por la variación del espacio y el tiempo o por la presencia frecuente del ser humano con acciones contaminantes.

Según Sierra (2011, pp. 161-163) para establecer su calidad, se aplica el índice de calidad que no es más que una expresión matemática que se calcula teniendo en cuenta tres aspectos fisicoquímicos, biológicos y no acuáticos lo cual determina un valor y de esta forma se establece su calidad. Para la descripción de su calidad se puede realizar de dos formas:

- Medición de variables físicas (turbidez, salinidad, color, oxígeno disuelto, oxígeno disuelto saturado, conductividad eléctrica, temperatura, pH, sólidos totales disueltos), químicas (demanda bioquímica del oxígeno, demanda química de oxígeno, nitritos, nitratos, nitrógeno amoniacal, fosforo, fosfatos,) biológicas (coliformes fecales, coliformes totales, aerobios, hongos, levaduras entre otros).
- Utilizando índices biológicos de calidad de agua (el indicador ideal y macroinvertebrados acuáticos indicadores de contaminación).

Según Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente, (2017, p. 268), para determinar la calidad se deben seguir los criterios de clasificación por usos como son:

- Criterios de calidad para el consumo humano y uso doméstico.
- Criterios de calidad designados para preservación de la vida acuática y silvestre.
- Criterios de calidad para aguas con fines recreativos.
- Criterios de calidad para aguas de uso estético.

## **2.8 Parámetros físicos, químicos, microbiológicos del agua**

### ***Físicos***

Se denominan parámetros físicos a las sustancias que se relacionan de forma directa con el aspecto estético, que se puede observar a simple vista sobre el recurso agua. Dentro de los principales parámetros se encuentra:

#### ***2.8.1.1 Potencial hidrogeno (pH)***

Es el parámetro que mide la intensidad de condición es ácidas y básicas que se encuentran presentes en el agua, sus valores son determinados por medio de una regleta la cual se encuentra dividida en tres secciones, en donde los rangos van desde 0 a 14, teniendo la primera división con valores de 0-6 un medio ácido, 7 medio básico y de 8-14 medio alcalino, su medición se puede realizar en campo y laboratorio por medio del pHímetro o multiparámetro, (Sierra, 2011, pp. 59-60).

### 2.8.1.2 Conductividad eléctrica (CE)

Según Sierra, 2011; citado en Turpo, (2018, p. 18), es la medida que indica la presencia de sales ionizadas tales como los cloruros o iones de sodio, carbonatos, magnesio, sodio entre otros, esta medida permite identificar las relaciones de los resultados con los sólidos disueltos sobre los cuerpos de agua. Su unidad de medida es el micromhos/cm o Siemens/cm, su concentración en valores altos determina que el agua es muy corrosiva, (ver tabla 2-1).

**Tabla 2-1:** Rango de conductividad eléctrica para calidad de agua

| Conductividad Eléctrica (us/cm) | Denominación-clasificación |
|---------------------------------|----------------------------|
| <250                            | Excelente                  |
| 250-750                         | Buena                      |
| 750-2000                        | Permisible                 |
| 2000-3000                       | Uso dudoso                 |
| >3000                           | Inapropiado                |

**Fuente:** Casilla, 2014; citado en Escandón G y Cáceres M., (2022: p. 25)

### 2.8.1.3 Oxígeno disuelto (OD)

Es uno de los parámetros más importantes para determinar la calidad de agua, debido a que su concentración determina la existencia y crecimiento de macro y microorganismo acuáticos, (Turpo, 2018, pp. 18-19). Según Escandón y Cáceres, (2022: pp. 26-27) el oxígeno es un elemento indispensable para la respiración celular de todo organismo acuático, su concentración va a determinar la calidad, cuyo rango de concentración se encuentra en 0 a 15 mg/l, lo cual un valor alto dentro del rango establecido determina una buena calidad, mientras que valores bajos indican mala calidad lo cual interfiere en el desarrollo de organismos generadores de oxígeno. Los rangos establecidos para determinar su calidad, con respecto a la concentración de OD en el agua se indica a continuación.

**Tabla 2-2:** Rangos de concentración de oxígeno disuelto y su condición

| Oxígeno disuelto (OD) mg/l | Condición     | Descripción                                  |
|----------------------------|---------------|--|
| 0                          | Anoxia        | Muere de organismos aerobios.                |
| 0-5                        | Hipoxia       | Desaparición de especies sensibles.          |
| 5-8                        | Aceptable     | Buen desarrollo de peces.                    |
| 8-12                       | Buena         | Adecuado desarrollo de organismos acuáticos. |
| >12                        | Sobresaturada | Plena de producción fotosintética            |

**Fuente:** Escandón G., y Cáceres E., 2022

#### *2.8.1.4 Oxígeno disuelto saturado (ODS)*

Es definido como la cantidad de oxígeno gaseoso que se encuentra en el agua, este elemento es indispensable para la vida acuática, de los principales elementos del ecosistema como peces, algas, plantas, entre otros. La concentración de este elemento en el agua parte desde la absorción directa de la atmosfera es considerado en parámetro más importante en el diagnóstico del agua debido a la contaminación por descarga desechos orgánicos e inorgánicos, (Sierra, 2011, p. 259).

#### *2.8.1.5 Color*

Se define al color como una característica visible e independiente, que es generado por la presencia de sustancias disueltas sobre esta, como son las descargas industriales o los coloides, a su vez determina que el color en los cuerpos más frecuentemente es producido por la descomposición de material vegetal o disolución de minerales. El color se puede identificar por medio de las formas como es la de color verdadero y color aparente, se considera verdadero cuando al retirar algún material suspendido este tiene el mismo color que cuando tenía turbidez, y aparente cuando su color es dado por el material suspendido. Su medida se expresa en unidades de color (UC), la cual se obtiene al añadir 1 mg de cloroplatinato de potasio en un litro de agua destila a través de los colorímetros, (Sierra, 2011, pp. 56-57).

#### *2.8.1.6 Turbidez*

De acuerdo con Sierra (2011, pp. 55-56), define a este parámetro como la capacidad que tiene un material para obstaculizar el paso de la luz, este parámetro se produce principalmente por la erosión natural sobre las cuencas que produce gran cantidad de sedimentos a los cauces de ríos y por la contaminación generada por la industria y los desechos.

La turbidez en el agua se conoce como, la medida de claridad del agua, que se encuentra estrechamente relacionada con el material suspendido, el cual va a interferir en el paso de luz, entre los materiales más comunes que producen turbidez se encuentran, la arcilla, el limo, la arena, las algas, los microbios, el plancton entre otros.

Para medir la turbidez del agua se emplea el turbidímetro que tiene como objetivo medir los niveles bajos de intensidad lumínica, su unidad de medida se expresa en unidades nefelométricas de turbidez (NTU), la Organización Mundial de la Salud, establece el rango de presencia de turbidez en un cuerpo de agua para su consumo de menos de 0,1 UNT, esto debido

a que al ser un valor superior este interfiere en el paso de luz, reduciendo así el proceso de fotosíntesis para los organismos foto heterótrofos, lo cual conlleva una disminución en la producción de oxígeno, al igual que un valor alto incrementa la temperatura ya que los materiales suspendidos absorben el calor, de acuerdo a Marín y Arrojas, (2020: p. 101).

#### *2.8.1.7 Sólidos totales disueltos (STD)*

Según lo definido por Caicedo y Coello (2010: p. 31) determina que es la presencia de sales inorgánicas de tamaño inferior a 2 micras, estas pueden ser sales, minerales, metales en forma de moléculas, átomos y cationes. Las principales sales presentes son Ca, Mg, K, y Na, a su vez puede existir presencia de materia orgánica en pequeñas cantidades disueltas en el agua. Según Sierra (2011, pp. 68-69), las concentraciones de STD en muestras de agua son igual a la suma de cationes y aniones, cuya unidad de medida se establece por medio de los mg/L.

#### *2.8.1.8 Salinidad*

De acuerdo con Roldán (2022: pp. 649-650) denomina a la salinidad como la concentración de sales minerales en el agua, cuya función es la de ayudar a la conducción de la corriente eléctrica dentro del cuerpo de agua. La medición para este parámetro se encuentra relacionado de forma directa con la conductividad eléctrica debido a que este mide la cantidad de sales inorgánicas disueltas en el agua, su unidad es  $\text{dS m}^{-1}$  y se lo realiza por medio de un amperímetro o multímetro, (Santos, et al., 2017: pp. 649-650).

#### *2.8.1.9 Temperatura (T)*

Se define como la medición del grado de frío o calor sobre un cuerpo de agua, este parámetro va relacionado de forma estrecha con los parámetros de alcalinidad, conductividad eléctrica y oxígeno disuelto ya que por medio de este parámetro se obtienen sus valores, su unidad de medida son los grados centígrados ( $^{\circ}\text{C}$ ), a través del uso del termómetro, de acuerdo con lo establecido por Mora y Tamay, (2022: pp. 20-21).

Según Roldán y Ramírez, (2022: p. 646), el cambio o modificación en la temperatura puede acarrear una serie de procesos biológicos perjudiciales como es el caso de la disminución del crecimiento y desarrollo de especies en donde por cada  $10^{\circ}\text{C}$  que incremente, la pérdida de especies serán el doble, debido a la disminución significativa del oxígeno, a su vez el desequilibrio de este parámetro genera un estrés en la mayoría de las especies acuáticas.

## 2.8.2 Químicos

### 2.8.2.1 Demanda bioquímica del oxígeno (DBO<sub>5</sub>)

De acuerdo con Roldán y Ramírez, (2022: pp. 271-272), el DBO<sub>5</sub> es la concentración de oxígeno existente dentro de un cuerpo de agua, que es usada por microorganismos para desintegrar la materia orgánica en condición es aerobias, con temperatura 20°C.

Uno de los procesos que mayor influencia tiene sobre la disminución del DBO<sub>5</sub> es la nitrificación, ya que las altas poblaciones bacterianas demandan una cantidad adicional de oxígeno por ende su reducción. Para su medición se emplea el método empírico de laboratorio, que consta de colocar la muestra de agua en una botella especial para DBO<sub>5</sub> totalmente llena, durante 5 días a temperatura de 20°C en completa oscuridad para su posterior medición, (MERUS, 2023).

### 2.8.2.2 Demanda química del oxígeno (DQO)

De acuerdo con Roldán y Ramírez (2022: pp. 272-273), es uno de los parámetros más representativos para determinar la calidad de agua, al ser capaz de medir el contenido de materia orgánica presente en una muestra a través de la oxidación química, esta oxidación se lleva a cabo con la aplicación de dicromato de potasio en una solución ácida, por lo general los valores de DQO son mayores a los DBO<sub>5</sub> y si estos a su vez son altos su resultado es más significativo, permitiendo determinar las condición es de biodegradación y presencia de sustancias toxicas en las muestras de agua.

### 2.8.2.3 Nitritos (NO<sub>2</sub><sup>-</sup>) y Nitratos (NO<sub>3</sub><sup>-</sup>)

Compuestos formados por nitrógeno y oxígeno, en donde por medio de reacciones químicas este nitrógeno presente en la atmosfera se convierte en nitritos y nitratos, la importancia de estos compuestos radica en el ámbito agrícola ya que incrementa y acelera el crecimiento de las plantas, por lo cual estos son empleados en fertilizantes, lo que en el proceso de escurrimiento este llega a cuerpos de agua generando contaminación y deterioro en el medio. (Bolaños, et al., 2017: p. 17).

Escandón y Cáceres (2022: p. 28), establece que el alta concentración de este tipo de compuestos se denomina nitrificación la cual va a depender de la temperatura, oxígeno disuelto y pH, la presencia de nitritos al sobrepasar el 1mg/L en aguas residuales y 0,1mg/l en aguas superficiales genera un alto grado de toxicidad al superar estos rangos; en caso de los nitratos

con concentraciones mayores de 10mg/L en aguas superficiales, producen enfermedades en los niños y en caso de aguas residuales sus concentraciones pueden ser de 0 y 20 mg/L, (Sierra, 2011, p. 72).

#### 2.8.2.4 Nitrógeno amoniacal ( $NH_3-N$ )

Es considerado como una de las formas en las que se encuentra el nitrógeno, cuya característica es que su comportamiento va a depender del pH, en donde el pH ácido, disuelto en el agua este se comporta como ion amonio y en con un pH alcalino este amoniaco se convierte en gas, el cual tiene la susceptibilidad de volatizarse de forma fácil en el ambiente, y en los sistemas acuáticos la concentración de este es letal, (Microlab Industrial, 2017.).

#### 2.8.2.5 Fósforo (P)

De acuerdo con Roldan y Sierra, (2022: p. 350), es el elemento clave en el procesos de metabolismo biológico de los organismos, al formar parte de las moléculas esenciales como el adenosín trifosfato (ATP) fuente de energía y portador de genes, es una elemento poco frecuente que se encuentra en rocas de diversas formas como ortofosfatos y polifosfatos, los ortofosfatos son más comunes e importantes en la limnología, debido a que las plantas acuáticas y el fitoplancton pueden absorberlo para su desarrollo, la concentración de estos varían en pH básicos dando un valor alto y con pH ácidos disminuyendo su concentración, determinado así porque en los lagos tropicales su presencia es baja.

#### 2.8.2.6 Fosfatos ( $PO_4^{3-}$ )

Según Quiroa, 2016; citado en Escandón y Cáceres, (2022:), los define como nutrientes compuestos principalmente de fósforo, presentes en rocas ígneas, que intervienen en el crecimiento de algas en cuerpos de agua, dando paso al proceso de eutrofización. La presencia de este elemento en aguas residuales es en forma de fosfatos orgánicos y polifosfatos, su medición se lo realiza por medio de un espectrofotómetro, (Vásquez, 2019, p. 7). Estos fosfatos provienen de las descargas de aguas con detergentes, lo cual genera una reducción en la concentración de oxígeno por acumulación de materia orgánica lo que conlleva a un deterioro en el cuerpo de agua, (Bolaños, et al., 2017: pp. 17-18).

### 2.8.3 *Microbiológicos*

#### 2.8.3.1 *Coliformes fecales (CF)*

Mora y Tamay, (2022: pp. 23-24), define a los coliformes fecales o termo tolerantes, como bacterias en forma de bacilos gram negativos, que son capaces de soportar altas temperaturas, se caracterizan por ser buenos indicadores de una mala calidad, cuya fuente de contaminación es la descarga directa de aguas servidas o material en descomposición sobre cuerpos de agua, su presencia se enfoca en indicar la cantidad de material fecal de origen humano o animal en el agua, por medio de una de las bacterias más representativas de las heces fecales como es el *Escherichia coli*, su unidad de medida es número más probable NMP/100 ml, que se pueden encontrar en la muestra.

#### 2.8.3.2 *Coliformes totales (CT)*

Son denominados coliformes totales a la concentración general de coliformes fecales presentes en una muestra de agua, son bacterias de tipo gram negativos en forma de bacilos de tipo aerobios o anaerobios capaces de indicar el grado de contaminación del agua, de acuerdo con Mora y Tamay, (2022: p. 23).

#### 2.8.3.3 *Aerobios*

De acuerdo con Reynoso et al., (2015: pp. 45-46), son organismos que dependen de la respiración aeróbica, es decir la presencia de oxígeno para cubrir todas sus necesidades a través de la transformación de este elemento en energía, son capaces de crecer y desarrollar sus funciones dentro de diversos ecosistemas desde los terrestres hasta los acuáticos.

#### 2.8.3.4 *Hongos*

Son considerados seres unicelulares o pluricelulares que poseen una morfología variada se caracterizan por poseer cuerpos con filamentos en forma de ramas, son fotosintéticos y saprofitos, su forma de reproducción es asexual, sexual o en algunos casos ambas, su manera de propagarse es a través de esporas, cuya distribución es amplia llegando incluso a lugares con condición es extremas. Los hongos pueden presentarse de diversas formas como es el caso de los mohos y levaduras, la presencia de estos organismos patógenos puede causar enfermedades

en la mayoría de los casos de origen infeccioso estando presentes desde superficies terrestres hasta acuática, según Harvey y Champe (2008: pp. 7-8).

Los hongos son organismos contaminantes que pueden tener efectos negativos en la salud humana, animal y vegetal, debido a que son capaces de producir micotoxinas causantes de infecciones, de acuerdo con lo establecido por Environmental Protection Agency, 2002; citado en Rowlands (2019, pp. 19-20).

#### 2.8.3.5 *Mohos y levaduras*

Según Rowlands (2019, pp. 19-20), son microorganismos que se encuentran dentro del reino fungí, son llamados hongos, pero la diferencia radica en que el moho es un tipo de hongo que se caracteriza por la presencia de filamentos ramificados, que son capaces de proliferarse en zonas secas; y en caso de levaduras estas se caracterizan por ser capaces de reproducirse por gemación (proceso por el cual se da origen a un nuevo individuo a través de una sección del organismo progenitor) y la necesita de grandes cantidades de agua para su desarrollo, al ser microorganismos presentes en el agua su valor como indicador no posee mayor relevancia debido a la escases de estudios que determinen un nivel máximo y seguro de calidad en cuerpos de agua.

## 2.9 **Estrategias de manejo para la conservación de ecosistemas acuáticos**

Debido al creciente deterioro de la estructura y equilibrio biológico de los ecosistemas, es necesario la formulación y aplicación de acciones o estrategias que minimicen y erradiquen la degradación de los recursos naturales, principalmente en el suelo y agua debido a que son los recursos más relevantes en otorgar la mayor parte de servicios ecosistémicos para el desarrollo oportuno de la calidad de vida en el planeta, de acuerdo con Hernández (2020, pp. 12-13). Para la aplicación de estrategias de manejo dentro de los ecosistemas se establece tres niveles de estrategias jerarquizadas de la siguiente manera:

- Primer nivel: Abarca la gestión del sitio, es decir una recopilación de información en base a diseño del sitio, delimitaciones, formación del personal y control con la incidencia de la población local.
- Segundo nivel: Determina las acciones y estrategias en base a la proliferación y control de especies vegetales que actúan de forma directa al proceso de eutrofización, y

establece técnicas de participación con la población local y visitantes para reducir la contaminación.

- Tercer nivel: Establece los métodos de restauración del hábitat con el fin de recuperar y conservar el área, (Hernández, 2020, pp. 12-13). Las propuestas establecidas para la conservación de ecosistemas acuáticos se detallan a continuación.

**Tabla 2-3:** Estrategias de manejo para ecosistemas acuáticos

| <b>Problema</b>  | <b>Estrategias</b>   | <b>Descripción</b>  |
|--|--|---|
| Pérdida de hábitats acuáticos a causa de contaminación (Andrade, 2017, p. 94).   | Implementar acciones de conservación de flora y fauna en lugares de visita turística (Andrade, 2017, p. 97). | Valoración e importancia al manejo de especies de interés con el fin de conservar y aprovechar de forma sustentable cada uno de los recursos.   |
| Pérdida de biodiversidad en el cuerpo de agua (Andrade, 2017, pp. 94-95).  |  |   |
| Disminución de volumen de agua debido a cambio de suelo para el desarrollo turístico-urbano (Andrade, 2017, pp. 94-95).                                    |  |   |
| Perdida de servicios ambientales.  | Convenios institucionales  | Apoyar a las instituciones (gobierno central, GADs, organizaciones comunitarias) al desarrollo de estudios sobre el potencial que los servicios ecosistémicos dentro de los sistemas acuáticos generan para su conservación (ENCA, 2016-2030, p. 79). |
| Perdida de la calidad visual, de recursos naturales y calidad de agua por cambios de uso del suelo sin una previa planificación (Andrade, 2017, pp. 84-85) | Cultura del agua   | Busca establecer una coordinación e involucramiento de la población local y entidades que busquen sensibilizar acerca del cuidado y uso responsable d recurso agua (ENCA, 2016-2030, pp. 78-79).  |
| Contaminación de aguas por vertimientos o procesos de eutrofización.   | Conservación y protección de la calidad de agua.   | Busca establecer, delimitar y asignar zonas de protección de las fuentes hídricas para así resguardar la calidad y cantidad de agua en los diversos cuerpos (Andrade, 2017, p. 92)  |

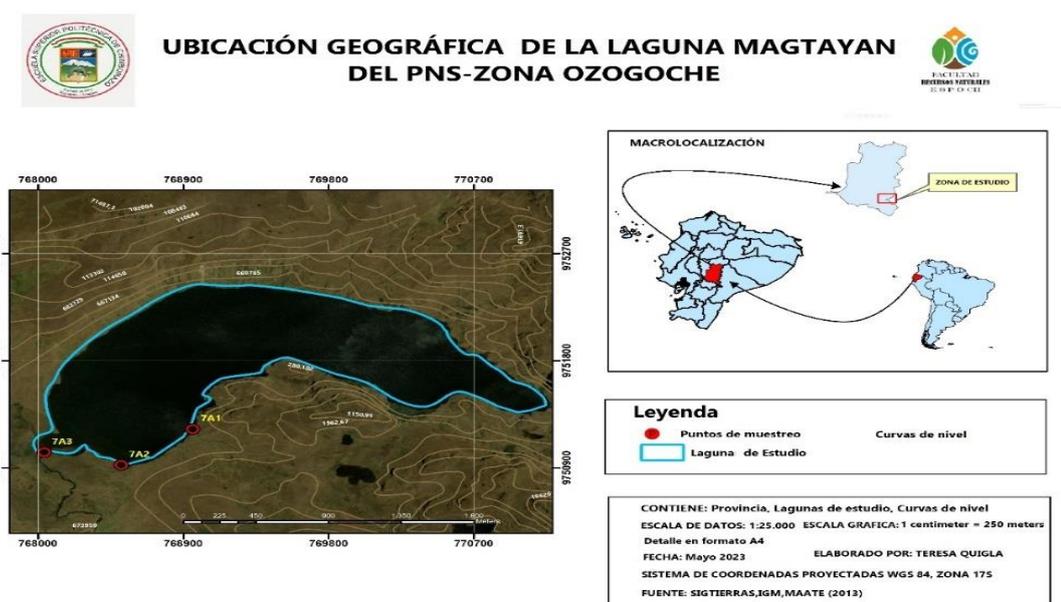
**Fuente:** Andrade L., 2017

## CAPITULO III

### 3. MARCO METODOLÓGICO

#### 3.1 Ubicación geográfica

La laguna Magtayan se localiza en Ecuador, en la provincia de Chimborazo, cantón Alausí, parroquia Achupallas, sector Ozogoche en la zona alta del Parque Nacional Sangay. La Laguna se encuentra ubicada a una altitud de 3860 msnm, entre las coordenadas: latitud 9751.366 (UTM), y longitud 768.268 (UTM), posee un área de 226.6 ha y un perímetro de 8431.14 m; presenta un afluente que alimenta a la laguna y un efluente por el cual escurre el agua, la laguna tiene una temperatura promedio de 15°C y una precipitación de 1000 mm al año con una humedad relativa de 80%.



**Ilustración 3-2:** Ubicación geográfica de los puntos de muestreo de la laguna Magtayan

Fuente: SIG Tierras, MAE, IGM 2013

Realizado por: Quigla T., 2023

#### 3.2 Metodología

Este estudio es de tipo observacional y analítico, el cual tiene por objetivo observar y registrar los acontecimientos, ocurridos en el agua de la laguna, sin necesidad de interferir en su curso natural (Manterola y Otzen, 2014). Para el cumplimiento de los objetivos específicos se utilizó las siguientes técnicas.

### 3.2.1 *Monitorear la condición ambiental de tres sitios de visita de la laguna Magtayan*

#### 3.2.1.1 *Identificación de los sitios de muestreo*

Se identificó tres sitios de muestreo, a través de un esquema de muestreo estratificado con independencia de la muestra, y se utilizó los siguientes criterios de identificación: accesibilidad, frecuencia de visitas por turistas, y diferentes hábitats. Para la denominación de los puntos se utilizó códigos formado por tres caracteres. El primer carácter designa el número de laguna (7), el segundo carácter determina que la laguna se encuentra en un área protegida (A) y el tercer carácter indica el punto de muestreo (1,2,3). La ubicación de los tres puntos de muestreo se visualiza en la ilustración 3-2 y la descripción de estos en la tabla 3-4.

**Tabla 3-4:** Descripción de los puntos de muestreo de la laguna Magtayan

| Puntos de muestreo de la Laguna Magtayan- sector Ozogoche- cantón Alausí |        |             |            |   |
|--|--------|-------------|------------|---|
| Punto de muestreo  | Código | Coordenadas |            | Descripción   |
|  |        | X           | Y          |   |
| Punto 1  | 7A1    | 768810,24   | 9751228,88 | Entrada de agua que se encuentra rodeada por vegetación propia del lugar, cuya forma es cóncava con una pendiente <10°.           |
| Punto 2  | 7A2    | 768509,49   | 9751109,77 | Rodeado de gran cantidad de vegetación arbustiva, con sedimento de 5 a 20 cm, su forma es convexa con pendiente <10°.             |
| Punto 3  | 7A3    | 768268,49   | 9751231,33 | Efluente rodeado de vegetación nativa con sedimento de mayor a 20 cm, su forma es cóncava con pendiente moderada entre 30° a 60°. |

**Realizado por:** Quiгла T., 2023

El muestreo se realizó dos veces, entre los meses de marzo a julio del año 2023, el primer muestreo fue en el mes de marzo y el segundo en el mes de julio, el tiempo transcurrido de un muestreo al otro, fueron de dos meses, debido a que es el tiempo estimado de recuperación de los ecosistemas acuáticos, ante la alteración o perturbación generada por la intervención humana.

### 3.2.1.2 Técnica de colecta de macroinvertebrados en campo

El muestreo en campo se llevó a cabo por medio de dos técnicas de colecta de macroinvertebrados, consideradas las más efectivas de acuerdo con Abarca, 2007; citado en Machado et al., (2018 p. 156), las cuales se describen a continuación:

#### ➤ Técnica manual

La técnica manual consiste principalmente en la recolección de especímenes de macroinvertebrados, adherido a algunos objetos dentro o sobre la superficie del agua, estos pueden ser rocas, plantas, sustrato, hojas entre otras, (MINAM-Perú, 2014, p. 39). La recolección manual de macroinvertebrados en la laguna de Magtayan se inició delimitando la distancia de recolección, estableciendo una longitud de 5 m a 10 m por 5 minutos, por cada sitio de muestreo a lo ancho de la laguna, según lo establecido por López et al., (2019: p. 273), esta distancia se dividió en cinco metros a la derecha y cinco metros a la izquierda del punto establecido y se procedió con la recolección, lo cual para ser una búsqueda exhaustiva y efectiva fue necesario introducirse de 2-3 metros de la orilla con ayuda de un vadeador y guantes, para obtener mayor diversidad y abundancia de muestras de macroinvertebrados.

Posterior a su búsqueda, se dio paso a la recolección de estos organismos, haciendo uso de pinzas entomológicas, las cuales fueron usadas para desprender al macroinvertebrado del material al cual se encontraba adherido, con el objetivo de no dañar la morfología o estructura externa, (MINAM-Perú, 2014, p. 39).

Después de su desprendimiento se procedió a colocar a los individuos de morfología similar o misma familia en bandejas blancas (con separadores en su interior), con agua de la laguna para una mejor conservación, posterior a su recolección y ubicación sobre la bandeja de todos individuos recolectados, estos individuos fueron trasvasados a tubos de polipropileno de 10 ml debidamente rotulados, con el código del punto de muestreo, agua de la laguna y hielo hasta el laboratorio de la UNACH, para su trasvasado en etanol al 96% para su identificación y conservación, evitando así su descomposición, (Instituto de Conservación Forestal , 2021, p. 19)

#### ➤ Técnica de patada

La técnica de patada se llevó a cabo en las orillas de la laguna, cuya longitud se determinó de acuerdo con López et al., (2019: p. 273) de 10 a 20 metros, posterior a ello se estableció 4 puntos

de recolección a lo largo de los 10-20 metros con el fin de cubrir la mayor área posible, la técnica consistió en ir removiendo el sedimento por medio de patadas a contracorriente, durante 5 minutos en cada punto, con ayuda del vadeador, en donde una vez levantado el sedimento y transcurrido el tiempo establecido, se procedió atrapar con la red-surfer tipo D con malla de 500  $\mu\text{m}$ , un asa de 1.9 m, y con un marco metálico de 0,15 m por 0,15 m, de acuerdo a lo propuesto por Carrera y Fierro (2001: p. 36), las muestras que contenían a los macroinvertebrados.

Una vez obtenidas las muestras en la red, estas fueron colocadas en baldes de 4 litros con su respectivo código, las cuales fueron cerrados y colocados con hielo a sus alrededores, para preservar la muestra y así fueron transportados hacia el laboratorio.

### *3.2.1.3 Técnica de procesamiento de macroinvertebrados en el laboratorio*

El procesamiento de macroinvertebrados en el laboratorio se realizó a través de la clasificación de los individuos colectados de las muestras en campo, por medio de la técnica de patada.

De acuerdo con Gonzales et al., (2019: p. 15), como primer paso, se procedió a lavar las muestras de agua obtenidas en los puntos de muestreo de forma cuidadosa sobre un tamiz de 500  $\mu\text{m}$  con el grifo abierto, evitando el contacto directo con la muestra, para no dañar a los organismos, esto se realizó con el objetivo de eliminar en lo posible el sustrato o material ajeno de la muestra, facilitando así la observación, identificación y clasificación de organismos.

Como segundo paso, las muestras fueron colocadas sobre bandejas de plástico para picar macroinvertebrados, cuyas dimensiones son de 45 x 35 cm y estas estuvieron debidamente etiquetadas con el sitio de muestreo de la laguna (7A1), a las cuales se les agregó agua para ir dispersando y visibilizando a los individuos de la muestra, con ayuda de lupas y lámparas, los individuos encontrados fueron clasificados y colocados, de acuerdo a su morfología, familia u orden en hieleras con agua debidamente etiquetadas acorde al punto de muestreo. Los macroinvertebrados encontrados y clasificados fueron trasvasados a tubos de plástico de polipropileno de 10ml con su respectiva etiqueta, en etanol al 96% para su preservación.

### *3.2.1.4 Técnica de identificación de macroinvertebrados*

La identificación de macroinvertebrados se llevó a cabo por medio de la caracterización taxonómica a nivel de orden y familia, de los individuos trasvasados, este proceso se dio lugar en el laboratorio de entomología de la ESPOCH, con el uso de un estereoscopio con cámara

digital integrada, que ayudo a tener una mayor visibilidad en cuanto a su morfología y así obtener imágenes de alta resolución con detalles bien definidos de cada espécimen analizado, (Gutiérrez, et al., 2019: p. 12). Para su identificación taxonómico se empleó los siguientes documentos; Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca, (González, et al., 2019: pp. 16-153); Fundamentos de la Limnología Neotropical de Roldán y Ramírez (2022: pp. 543-571); Los macroinvertebrados de los ríos del Parque Nacional Cajas, (Rincon et al., 2017: pp.17-83), y Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo de (Andino, et al., 2017: pp. 7-41), que permitieron establecer su clave taxonómica a nivel de orden y familia.

### *3.2.1.5 Técnicas de muestreo de agua en campo*

El muestreo de agua se llevó a cabo en los tres sitios (7A1, 7A2, 7A3) escogidos, en donde se inició con la obtención de los parámetros físicos, para ello se usó un multiparámetro HACH (HQ40D), para lo cual se empleó las 3 sondas del multiparámetro, estas fueron sumergidas de forma directa dentro del agua, para obtener los parámetros (pH, CE, temperatura, OD, ODS, STD).

pH: Para la obtención del valor, se sumergió la sonda por un minuto en el punto de muestreo y se registró el dato plasmado en la pantalla del multiparámetro, una vez estabilizada la información se procedió a registrar el dato, posterior a esto, se lavó y seco el electrodo con agua destilada y se lo guardo.

Temperatura: para la obtención este parámetro, se sumergió la sonda en el cuerpo de agua por un minuto y una vez estabilizado el dato se registró y lavo la sonda.

Conductividad eléctrica: su medición se llevó a cabo por medio del multiparámetro, en el cual se sumergió la sonda sobre el cuerpo de agua, durante un minuto y se registró el dato, una vez estabilizado, finalmente se lavó y guardo la sonda.

Oxígeno disuelto y oxígeno disuelto saturado: para la determinación de este parámetro se inició insertando la sonda en el cuerpo de agua por un minuto, y una vez estabilizado el valor de densidad óptica (DO), se registró el valor, se limpió la sonda y se guardó.

Solidos totales disueltos: Para la obtención del valor, se sumergió la sonda por un minuto en el punto de muestreo y se registró el dato plasmado en la pantalla del multiparámetro, una vez

estabilizada la información se procedió a registrar el dato, posterior a esto, se lavó la sonda con agua destilada, se secó y guardó.

Finalmente, los datos obtenidos fueron registrados en fichas técnicas con características del sitio (nombre, hora, fecha, código) fotos, morfología, uso de tierra entre otros.

Para la obtención de los valores de parámetros químicos y microbiológicos, se inició etiquetando los envases, el etiquetado constaba de código, provincia, cantón, sector, nombre de la laguna, fecha de muestreo, responsable, y cantidad de la muestra.

Primero, se inició lavando 3 veces las botellas de 2L designadas para parámetros químicos, con agua de la laguna, después de ello se procedió a sumergir la botella dentro del agua del punto designado, sin interferir con el estado natural del agua, una vez llenó y libre de aire se cerró con la tapa de la botella dentro del agua, evitando el contacto con agentes externos.

Segundo, para la obtención de muestras de parámetros microbiológicos, se procedió a tomar el agua en frascos de 150 ml, previamente esterilizados, una vez con la muestra, estos fueron cerrados dentro del agua de forma segura para su posterior transporte. Finalmente, las muestras fueron transportadas dentro de un cooler con hielos hasta el laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH.

### *3.2.1.6 Técnicas de procesamiento de parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua en el laboratorio*

Después de que las muestras llegaran al laboratorio de Servicios Ambientales de la UNACH, se procedió a medir los parámetros físicos, químicos, y microbiológicos, por medio de diferentes métodos para cada parámetro.

#### ➤ Parámetros físicos

Turbidez: Para la obtención de este parámetro se empleó el método nefelométrico 2130B, se inició con la agitación de la muestra durante un minuto, cuyo objetivo fue de homogeneizar el agua, posterior a ello se colocó 25 ml de la muestra en cada celda, las cuales fueron introducidas en el equipo y se obtuvo el valor una vez estabilizado.

Color: Este parámetro fue obtenido por medio del espectrofotómetro HACH DR 5000, en el cual se colocó en una de las celdas agua destilada el cual equivale al blanco, posterior a ello se ubicó el código 120 en el espectrofotómetro, y se colocó la muestra de agua destilada dentro del equipo para que su valor se estabilice en cero y de esta forma una vez ingresada la muestra de agua el equipo determine el valor exacto del color en la muestra de agua.

Salinidad: para determinar el valor de este parámetro se utilizó el conductímetro, con el método 2520B, este proceso inició, sumergiendo la sonda sobre el cuerpo de agua del punto de muestreo, se dio clic en la tecla medición y se esperó a que el valor se estabilizara y se registró el valor, después de haber registrado el valor se procedió a lavar con agua destilada, secar y guardar la sonda con cuidado para su próxima medición.

#### ➤ Parámetros químicos

DBO<sub>5</sub>: Para la obtención de este parámetro, se utilizó frascos de Winkler dos probetas de un litro, y una bomba al vacío, primero se inició con la preparación de dos litros de agua de difusión a base de agua destilada, se añadió con ayuda de una pipeta de 1 ml y una pera, 1 ml de CaCl<sub>2</sub>, Mg SO<sub>4</sub>; FeCl<sub>3</sub> y 2 ml de tampón (Buffer) por cada litro de agua destilada, una vez añadida las sustancias se procedió a colocarlo en la bomba de vacío durante una hora, con el fin de saturar el oxígeno, una vez transcurrido el tiempo se sacó la muestra de la bomba y se agitó durante un minuto.

Posterior a la agitación, se añadió 50% de la muestra y 50% de agua de difusión en una probeta de 1 litro, se mezcló la muestra y se repartió en dos frascos de winkler, posterior a ello se midió el oxígeno con el uso del multiparámetro HACH (HQ40D), para lo cual se sumergió la sonda en la muestra y se obtuvo el valor una vez estabilizado y esta a su vez se dejó incubar por 5 días y se procedió con la nueva medida, para observar si existió variación.

DQO: Para la obtención de este parámetro se usó el espectrofotómetro HACH DR5000, con el método 5220D, reflujo cerrado y método colorimétrico, como primer paso se procedió preparar el blanco (agua desionizada) para la comparación de este, con la muestra de agua en el espectrofotómetro, una vez generado el blanco se procedió a agitar la muestra obtenida en cada punto durante 1 minuto, pasado este tiempo con ayuda de una pipeta y una pera se tomó 2 ml de la muestra y se colocó en el vial previamente preparado y se agitó.

Como segundo paso se procedió a ubicar las muestras sobre un vaso de precipitación y se colocó en una estufa a 150 °C por 2 horas, después de haber transcurrido el tiempo, con ayuda de una pinza se extrajo las muestras y se dejó reposar durante 1 hora, hasta que estas se encuentren a temperatura ambiente.

Finalmente, después de haber transcurrido el tiempo establecido, se procedió a ubicar las muestras y el blanco dentro del espectrofotómetro con el código 430 (clic en cero) y se registró el valor dado, cuyas unidades fueron en mg/L de DQO.

$\text{NO}_2^-$  : La obtención de este parámetro se lo realizó con el uso del espectrofotómetro HACH DR5000, método 4500  $\text{NO}_2\text{-B}$  cuyo rango de medida es de 0 a 0,30 mg/L, como primer paso se elaboró la sustancia denominado blanco ( agua sin reactivo), posterior a ello se agito la muestra de agua obtenida en el punto de muestro y se colocó 10 ml en la celda, y a esta se le agrego el reactivo Nitriver 3, se tapó y agito por 1 minuto hasta que el reactivo se disolvió por completo y se esperó 20 minutos para su reacción.

Como segundo paso, se limpió la superficie de la celda para eliminar huellas o impurezas que puedan alterar el resultado, en el espectrofotómetro se procedió a ubicar el código 371 (clic en cero) una vez seleccionado el código, se introdujo el blanco (clic en cero) y la muestra y se obtuvo el valor, que fue registrado en mg/L  $\text{NO}_2$ .

$\text{NO}_3^-$  : La medición de este parámetro se lo realizó con el espectrofotómetro HACH DR 5000, en donde se procedió a usar celdas de 10 ml para la muestra y el reactivo Nitriver 5. Se inicio con la elaboración de una muestra denominado blanco, que consto de 25 ml de la muestra de agua sin reactivo, a partir la muestra establecida se agito por un minuto y una vez homogeneizada la muestra, se procedió a obtener 10 ml de la muestra y se colocó sobre la celda, a estos 10 ml se les agrego el reactivo Nitriver 5, una vez agregado el reactivo se tapó y agito por 1 minuto, se dejó reposar por 5 minutos para que generara la reacción y se agregó al espectrofotómetro con el código 355 y se registró el valor en mg/L  $\text{NO}_3$ .

$\text{NH}_3\text{-N}$  : La obtención de este parámetro se lo realizo con el uso del espectrofotómetro HACH DR5000, método Nessler ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ), se inició con la elaboración del blanco (agua destilada con alcohol de polivinilo, 3 gotas de estabilizador mineral y 1 ml del reactivo de Nessler), posterior a la elaboración del blanco, se obtuvo 25 ml de muestra a las cuales se agregó 3 gotas de alcohol de polivinilo, 3 gotas de estabilizador mineral y 1 ml de reactivo de Nessler, se agito por 1 minuto y se esperó 1 minuto para su reacción.

Después de haber transcurrido el tiempo se limpió la superficie de la celda para eliminar huellas que alteren el valor, una vez limpia la celda, se procedió a ubicar en el espectrofotómetro el código 380 (clic cero), se ubicó el blanco (clic en cero) y la muestra.

Finalmente se registró el dato otorgado en mg/L de amoníaco, este estuvo expresado como nitrógeno ( $\text{NH}_3\text{-N}$ ).

Fosfatos y fósforo: Para obtener el valor de este parámetro se usó el método 4500-P-E, en donde la medición iba de 0.02 a .50 mg/L- $\text{PO}_4$ , el equipo usado fue el espectrofotómetro HACH DR 5000, celdas de muestra de 10ml y el reactivo PhosVer 3, se inició con la elaboración del blanco, para la cual se empleó 25 ml de muestra sin reactivo, esta fue agitada durante 1 minuto en donde transcurrido el tiempo se procedió a obtener 10 ml de muestra, esta fue colocada en la celda de 10 ml, y se le añadió el reactivo, se lo tapó y agitó por 1 minuto, posterior a ellos se esperó 2 minutos para que la reacción se lleve a cabo.

Finalmente se limpió la celda dejándolo libre de impurezas o huellas y se lo colocó en el espectrofotómetro, allí se escogió el código 490- $\text{PO}_4^{3-}$  para obtener los fosfatos y el código 490-P para el fósforo, se obtuvo y registró el dato.

#### ➤ Parámetros microbiológicos

Coliformes fecales y totales: Para la obtención de estos parámetros se empleó la técnica de membrana 9222, se usó como materiales placas Petrifilm, se inició agitando la muestra de forma lenta y cuidadosa por 1 minuto, para la colocación de la muestra se levantó la lámina de protección con la que la placa se encuentra recubierta, y con ayuda de una pipeta se tomó 1ml de la muestra y esta se colocó sobre la placa Petrifilm, una vez colocada la muestra se procedió a bajar la lámina de protección de la placa, y se dispersó la muestra, evitando la formación de burbujas, realizado estos pasos se etiquetó la placa y se procedió a colocar la muestra en una incubadora MEMMERT BE500 a 30°C por 24 horas y 48 horas, transcurrido este tiempo se observó y contabilizó la presencia de coliformes fecales y se registró el dato obtenido.

Aerobios: Para la medición de este parámetro se empleó la incubadora MEMMERT modelo INB 400, y placas Petrifilm, el proceso inició con la limpieza y desinfección del área de manipulación para evitar contaminación, luego de esto con ayuda de una pipeta destilada, se colocó 1 ml de muestra sobre la placa Petrifilm.

Una vez colocada la muestra se procedió a rotular la placa con el código y enviar a la estufa por 120 horas (5 días) a 30°C. Su primer registro este se lo realizo después de 24 horas, el cual constaba en identificar y contabilizar las bacterias, cuya presencia se caracteriza por ser puntos de color rojizo, este primer conteo fue de tipo presuntivo.

El segundo conteo se realizó después de los 4 días con el objetivo de determinar el nmero total de bacterias presentes, lo cual determinó el conteo confirmativo de este parámetro, para el conteo de la existencia de muchas bacterias dentro de la placa, se procedió a contar los individuos de una sola celda y multiplicar por 20 y así se obtuvo el valor total de bacterias de la muestra, que se registró en UFC/100 ml. Finalmente, las placas ya contabilizadas se procedieron a colocar dentro de bolsas ziploc y guardarlas en el congelador a 5°C.

Hongos, mohos y levaduras: La obtención de estos parámetros se llevó a cabo con ayuda de la incubadora MEMMERT modelo INB 400 y placas Petrifilm, se inició con la limpieza y desinfección del lugar donde se manipulará las muestras, se procedió a ubicar 1 ml de la muestra con ayuda de una pipeta destilada, sobre las placas Petrifilm, una vez ubicada la muestra se rotulo y se envió a las estufas por 120 horas a 30°C.

El primer conteo presuntivo se lo realizo después de las 24 horas, donde se sacó de la estufa las placas y se contabilizo los hongos (color celeste oscuro), mohos (color café a negro) y levaduras (color turquesa) que se encontraban dentro de las celdas de las placas.

El segundo conteo confirmativo se lo realizo después de los 4 días, se registró el número de hongos, mohos y levaduras, para los casos en los cuales se presentó gran cantidad de microorganismos, se contó los ubicados en una sola celda y se procedió a multiplicar por 20 lo cual determino el número total de microorganismos en la muestra.

Finalmente se registró el valor en UFC/100 ml, y se procedió a guardar las placas Petrifilm en bolsas ziploc a 5°C en el congelador.

### ***3.2.2 Analizar la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados de tres sitios de visita de la laguna Magtayan***

#### ***3.2.2.1 Técnicas para el análisis de biodiversidad de macroinvertebrados***

Para el análisis de diversidad se empleó una base de datos elaborada en Excel, con el número de individuos de cada punto registrado, el orden y familia debidamente identificados, en base a

esos datos para su cálculo se aplicaron las fórmulas de índices de diversidad alfa que incluyen la diversidad de Shannon-Weaver (H'), la diversidad de Simpson (1-D), la riqueza de Margalef (d) y diversidad beta que incluye los índices de Sorensen, y Jaccard (Moreno, 2001, pp.24-47-48), para analizar la biodiversidad y similitud de invertebrados de la laguna Magtayan (ver tabla 3-5). Además, se construyó un dendograma de similitud de Bray Curtis, en el programa Past3.

**Tabla 3-5:** Ecuaciones de los índices de diversidad alfa y beta

| Índice               | Ecuación   |
|----------------------|--|
| Shannon- Weaver (H') | $H = - \sum_{i=1}^s P_i \ln P_i$                   |
| Simpson              | $S = 1 / \sum (n_i(n_i - 1) / N(N - 1))$           |
| Margalef             | $I = \frac{S - 1}{\log n N}$                       |
| Sorensen             | $I_s = \left( \frac{2c}{a + b} \right) \times 100$ |
| Jaccard              | $I_j = \left( \frac{c}{a+b+c} \right) \times 100$  |

Fuente: Bo-Ra et al., 2017

➤ Shannon-Weaver (H'): Para la obtención del valor de la diversidad, se inició con la elaboración de una base de datos elaborada en Excel, como segundo paso se obtuvo el valor total de individuos de todas las familias encontradas en cada punto de muestreo, tercero se procedió a obtener el valor de Pi que indica la proporción de cada una de las familias, cuarto se aplicó la formula, que se basa principalmente en multiplicar el valor de Pi por el logaritmo natural de la proporción (Pi), esto se aplicó a cada una de las familias y se obtuvo el índice de diversidad, cuyo valor determinó el rango de diversidad de acuerdo a lo establecido por Yáñez (2014, p. 149), (ver tabla 3-6), y a partir de eso se determinó la condición de calidad de agua según los establecido por Wilhm y Dorris (1968) y Staub et al., (1970), en donde presenta un esquema (ver tabla 3-7), de clasificación de aguas en base a los valores de diversidad de Shannon.-Weaver, (Segnini, 2014, p.48).

**Tabla 3-6:** Rangos de diversidad según Shannon-Weaver

| Rango   | Significado      |
|---------|------------------|
| 0.1-1.5 | Diversidad Baja  |
| 1.6-3.0 | Diversidad Media |
| >3.1    | Diversidad Alta  |

Fuente: Yáñez, P., 2014

**Tabla 3-7:** Esquema de calidad de agua en base a valores de diversidad Shannon-Weaver

| Wilhm y Dorris-1968 |                        | Staub et al., 1970     |         |
|---------------------|------------------------|------------------------|---------|
| H'                  | Condición              | Condición              | H'      |
| >3                  | Agua limpia            | Contaminación débil    | 3.0-4.5 |
| 1-3                 | Contaminación moderada | Contaminación ligera   | 2.0-3.0 |
| <1                  | Contaminación severa   | Contaminación moderada | 1.0-2.0 |
|                     |                        | Contaminación severa   | 0.0-1.0 |

Fuente: Segnini S., 2014

➤ Diversidad de Simpson ( $1-\lambda'$ ): Para obtener el valor de diversidad, se inició con el sumatorio total del número de individuos encontrados en cada punto, con el total se procedió a obtener el valor de la proporción (Pi), a partir de este valor se aplicó la fórmula, la cual consta en elevar el valor de Pi al cuadrado, de cada uno de los valores de la proporción de familias, una vez obtenido los valores se realizó una sumatoria general y este fue resultado del índice de diversidad en base a los rangos establecidos según, Yáñez (2014, pp. 146-147), como se muestran a continuación.

**Tabla 3-8:** Rangos de diversidad según el índice de Simpson (1-D)

| Rango     | Significado      |
|-----------|------------------|
| 0,1-0.33  | Diversidad Baja  |
| 0.34-0.66 | Diversidad Media |
| >0.66     | Diversidad Alta  |

Fuente: Yáñez, P., 2014

➤ Riqueza de Margalef ( $D_{Mg}$ ): Para la obtención de este parámetro se procedió a contabilizar el número de familias presentes, a partir de ello se aplicó la fórmula, la cual consiste en restar al número total de familias menos 1, y dividir para el logaritmo natural del número total de individuos obteniendo así el resultado, y el grado de riqueza, como se muestra en la siguiente tabla.

**Tabla 3-9:** Rangos de riqueza según el índice de Margalef

| Rango   | Significado   |
|---------|---------------|
| 0,1-1,9 | Riqueza baja  |
| 2-4,9   | Riqueza media |
| >5      | Riqueza alta  |

Fuente: Valdés, V., 2015

➤ Índice de Sorensen ( $I_s$ ): Para el cálculo de este índice, se inició con la elaboración de una base de datos que contenían las familias encontradas en los 3 puntos de muestreo, a partir de ello se estableció la codificación de colocarles 1 en los puntos donde las especies se encontraron presentes y 0 en especies ausentes, posterior a ello se estableció la relación entre los 3 puntos de muestreo, es decir el punto 7A1 con 7A2, 7A1 con 7A3, 7A2 con 7A3, para proceder a ubicar el código (1-0), en los casilleros de relación, según las familias encontradas en los puntos.

Una vez ubicado los códigos (1-0) para determinar la presencia de familias entre puntos, se contó cada uno de los códigos (1-0), y se aplicó la formula, que se basa en la multiplicación de 2 por el número total de especies comunes (c), dividido para el valor obtenido de la suma del número de especies de la muestra más el número de las especies del punto 2, cuyo valor de la división se multiplico para 100 y se obtuvo el índice de Sorensen, esto se replicó para cada uno de los puntos de relación.

➤ Índice de Jaccard ( $I_j$ ) : Para la obtención de este índice, se inició con la elaboración de una base de datos, que contenían las familias encontradas en los 3 puntos de muestreo, a partir de ello se estableció la codificación de colocarles 1, en los puntos donde las especies se encontraron presentes y 0 en especies ausentes, posterior a ello se estableció la relación entre los 3 puntos de muestreo, es decir el punto 7A1 con 7A2, 7A1 con 7A3, 7A2 con 7A3, para proceder a ubicar el código (1-0), en los casilleros de relación, según las familias encontradas en los puntos.

Una vez ubicado los códigos (1-0) para determinar la presencia de familias entre puntos, se contó cada uno de los códigos (1-0), y se aplicó la formula, que se basa en la división entre el valor del número de especies en común (c) con el resultado de la suma del número de especies de la muestra A (a) , número de especies de la muestra B (b) y el número de especies en común (c), el valor obtenido de la división se multiplico por 100 y se obtuvo el valor de índice de Jaccard, este procedió se replicó para cada uno de los puntos de relación.

➤ Dendograma de similitud de Bray Curtis

Para la elaboración de un dendograma de similitud de Bray Curtis, se procedió a obtener los datos de las familias y número de individuos por sitio, para a partir de esta información copiar y pegar de forma horizontal los valores sobre las celdas del programa Past3. Una vez ubicados los datos en las celdas, seleccionamos los valores y se procedió a dar clic en la opción

multivariate=>clustering=>classic y así se generó los gráficos de similitud de Bray Curtis, Sorensen y Jaccard.

### 3.2.2.2 Técnicas para la valoración análisis de calidad de agua usando macroinvertebrados (BMWP/Col, ASPT, ABI, EPT)

#### ➤ Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)

Para la determinación de calidad a través del BMWP/Col se inició por la clasificación de los macroinvertebrados anteriormente identificados a nivel de familia, en base a la tabla que Roldan propone como una primera aproximación para evaluar la calidad de agua, en donde otorga puntajes de tolerancia a contaminantes a familias de macroinvertebrados (ver tabla 3-10), en un rango de 1-10 (Herrera, et al., 2022: p. 115), por medio de esta se comparó si las familias identificadas, en los puntos de muestreo de la laguna, se encontraban dentro de los grupos que Roldan estableció y así se procedió a otorgar el valor de tolerancia de todas las familia identificadas.

Posterior a ello se realizó la suma total del puntaje de cada una de las familias, cuyo valor determinaba el nivel de calidad biológica del agua, en base a lo establecido por Roldán y Ramírez, (2022: p. 571), (ver tabla 3-11).

**Tabla 3-10:** Puntaje a familias de macroinvertebrados par aplicación del BMWP/Col

| Familias  | Puntajes |
|---|----------|
| Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae.                                    | 10       |
| Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeriidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae,  | 9        |
| Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae,   | 8        |
| Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae, | 7        |
| Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae,   | 6        |
| Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae,   | 5        |
| Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeriidae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae,   | 4        |
| Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae,   | 3        |
| Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.   | 2        |
| Tubificidae. (Roldán-Pérez 2016)  | 1        |

Fuente: Roldan G., 2022

**Tabla 3-11:** Clasificación de calidad según los valores de BMWP/Col

| Clase | Calidad     | BMWP/Col       | Significado               | Color   |
|-------|-------------|----------------|---------------------------|---|
| I     | Buena       | >150 (101-120) | Limpias a limpias         |  |
| II    | Aceptable   | 61-100         | Poco contaminada          |  |
| III   | Dudosa      | 36-60          | Moderadamente contaminada |  |
| IV    | Critica     | 16-35          | Muy contaminada           |  |
| V     | Muy critica | < 15           | Fuertemente contaminada   |  |

Fuente: Roldan G., 2022

➤ *Índice de Average Score per-Taxon / Puntaje Promedio por Taxón (ASPT)*

Según Bawa y Hafiz (2018: p. 212) Para la aplicación del ASPT, se procedió a dividir el puntaje obtenido en el índice de BMWP, por el número total de familias encontradas en cada punto de muestreo (P1, P2, P3), su rango de puntuación se encuentra entre 0 y 10, que indican el promedio de calidad de agua, este índice se encuentra correlacionado con el BMWP de forma directa, por lo cual su categorización se lo realizó en base a los cinco grados de contaminación establecidos por Roldan (2003), como se muestran en la siguiente tabla.

**Tabla 3-12:** Clasificación de calidad de agua según los valores de BMWP/Col y ASPT

| Clase | Calidad     | BMWP/Col          | Valor del ASPT | Significado                              | Color   |
|-------|-------------|-------------------|----------------|--|---|
| I     | Buena       | >150<br>(101-120) | >9-10<br>>8-9  | Muy limpias<br>No contaminadas           |  |
| II    | Aceptable   | 61-100            | >6,5-8         | Ligeramente, se evidencia contaminación. |  |
| III   | Dudosa      | 36-60             | >4,5-6,5       | Moderadamente contaminadas.              |  |
| IV    | Critica     | 16-35             | >3-4,5         | Muy contaminadas                         |  |
| V     | Muy critica | < 15              | 1-3            | Fuertemente contaminadas-critica         |  |

Fuente: Roldan G., 2003, citado en Cadena J., 2014

➤ *Índice Biológico Andino- Andean Biological Index (ABI)*

La técnica para la aplicación del ABI fue similar a la de Roldan, debido a que se basa en la misma metodología, la diferencia radica principalmente en que el ABI, esta designado para ecosistemas de montaña alta o sobre los 2000 msnm, cuya existencia de familias difiere de los establecidos por Roldan para ecosistemas de Colombia.

Para la obtención del índice de ABI de los puntos de muestreo de la alguna Magtayan, se procedió con la elaboración de una base de datos en Excel, con todos los individuos

identificados a nivel de familia, una vez obtenida la base de datos, con ayuda de una base bibliográfica denominada “The Andean Biotic Index (ABI): Revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation” de Ríos-Touma et al., (2014: pp.6-7), (ver tabla 3-13).

Posterior a ello se identificó si las familias obtenidas en los puntos de muestreos, se encontraban dentro de las familias propuestas para el ABI, una vez identificadas y calificadas, se procedió a realizar una suma total del puntaje asignado y en base al resultado obtenido se determinó la calidad de agua, de acuerdo a los rangos establecidos por Ríos-Touma et al., (2014: pp.6-7), para Índice Biótico Andino (ver tabla 3-14).

**Tabla 3-13:** Orden y familias de macroinvertebrados establecidos para el ABI

| Macroinvertebrados identificados para el ABI |                       |             |                    |                  |             |
|--|-----------------------|-------------|--------------------|------------------|-------------|
| Orden  | Familia               | Puntaje ABI | Orden              | Familia          | Puntaje ABI |
| <b>Turbellaria</b>                           |                       | 5           | <b>Trichoptera</b> | Helicopsychidae  | 10          |
| <b>Hirudinea</b>                             |                       | 3           |                    | Calamoceratidae  | 10          |
| <b>Oligochaeta</b>                           |                       | 1           |                    | Odontoceridae    | 10          |
| <b>Gasteropoda</b>                           | Ancylidae             | 6           |                    | Leptoceridae     | 8           |
|  | Hydrobiidae           | 3           |                    | Hydroptilidae    | 6           |
|  | Limnaeidae            | 3           |                    | Xiphocentronidae | 8           |
|  | Planorbidae           | 3           |                    | Hydrobiosidae    | 8           |
| <b>Bivalvia</b>                              | Sphaeriidae           | 3           |                    | Glossosomatidae  | 7           |
| <b>Amphipoda</b>                             | Hyaellidae            | 6           |                    | Hydropsychidae   | 5           |
| <b>Ephemeroptera</b>                         | Baetidae              | 4           |                    | Limnephilidae    | 7           |
|  | Leptophlebiidae       | 10          | <b>Diptera</b>     | Blepharoceridae  | 10          |
|  | Leptohyphidae         | 7           |                    | Simuliidae       | 5           |
|  | Oligoneuridae         | 10          |                    | Tabanidae        | 4           |
| <b>Odonata</b>                               | Aeshnidae             | 6           |                    | Tipulidae        | 5           |
|  | Calopterygidae        | 8           |                    | Psychodidae      | 3           |
|  | Polythoridae          | 10          |                    | Dolichopodidae   | 4           |
| <b>Plecoptera</b>                            | Perlidae              | 10          |                    | Stratiomyidae    | 4           |
|  | Gripopterygidae       | 10          |                    | Empididae        | 4           |
| <b>Lepidoptera</b>                           | Pyralidae             | 4           |                    | Chironomidae     | 2           |
| <b>Coleoptera</b>                            | Ptilodactylidae       | 5           |                    | Culicidae        | 2           |
|  | Scirtidae (Helodidae) | 5           | Athericidae        | 10               |             |
|  | Staphylinidae         | 3           | Syrphidae          | 1                |             |
|  | Elmidae               | 5           | <b>Heteroptera</b> | Veliidae         | 5           |
|  | Dryopidae             | 5           |                    | Gerridae         | 5           |
|  | Gyrinidae             | 3           |                    | Corixidae        | 5           |
|  | Dytiscidae            | 3           |                    | Notonectidae     | 5           |
|  | Hydraenidae           | 5           |                    | Naucoridae       | 5           |

Fuente: Rios-Touma et al., 2014

**Tabla 3-14:** Clasificación en base a rangos de calidad de agua para el ABI

| Andean Biotic Index (ABI) |           |                    |   |
|---------------------------|-----------|--------------------|---|
| Clase                     | Calidad   | Valoración del ABI | Color   |
| I                         | Muy bueno | >98                |  |
| II                        | Bueno     | 61-97              |  |
| III                       | Moderado  | 36-60              |  |
| IV                        | Malo      | 16-35              |  |
| V                         | Pésimo    | <15                |  |

Fuente: Ríos-Touma et al., 2014

➤ *Índice Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera (EPT)*

La aplicación del índice de EPT, se llevó a cabo por medio de la elaboración de una base de datos en Excel, realizada a partir de los individuos recolectados e identificados a nivel de orden y familia, por medio de la tabla elaborada se procedió a identificar las familias dentro de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, (Mena et al., 2017: p.10), en base a la clasificación de Ríos-Touma et al., (2014: pp.6-7), que establece las principales familias de estos ordenes encontradas en los ecosistemas de alta montaña, (ver tabla 3-15).

**Tabla 3-15:** Familias de los órdenes EPT en base a ecosistemas Andinos

| Familias de los órdenes EPT |   |
|-----------------------------|---|
| Orden                       | Familia   |
| Ephemeroptera               | Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohiphidae, Oligoneuridae   |
| Plecóptera                  | Perlidae, Gripopterygidae   |
| Trichoptera                 | Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Hydroptilidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Glossosomatidae, Hydropsychidae, Anomalopsychidae, Philopotamidae, Limnephilidae, (Ríos-Touma et al., 2014: p.256). |

Fuente: Ríos-Touma B., 2014

Una vez identificado cada una de las familias de los órdenes mencionados, se procedió a asignarles el mismo valor en base a los individuos identificados por puntos, posterior a ello se realizó una división del número total de individuos de los órdenes identificados de Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera para el número total de individuos obtenidos en cada punto de muestreo (abundancia) y cuyo resultado se procedió a transformarlo a porcentaje, con ello se obtuvo el porcentaje total, que fue comparado con los índices de calidad de agua (ver tabla 3-16), según lo establecido por Carrera y Fierro (2001: p.43) en el manual denominado, “los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua”.

**Tabla 3-16:** Rangos de calidad de agua establecidos para el índice EPT

| Calidad de agua |           |
|-----------------|-----------|
| 75%-100%        | Muy buena |
| 50%-74%         | Buena     |
| 25%-49%         | Regular   |
| 0%-24%          | Mala      |

Fuente: Carrera C y Fierro K., 2001

### 3.2.3 *Formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna Magtayan*

#### 3.2.3.1 *Técnicas para formular medidas de manejo ambiental para la conservación de lagunas altoandinas*

➤ *Identificación del objeto de conservación de la laguna Magtayan*

Como primer paso, se escogió el objeto de conservación, por medio del enfoque “filtro grueso-filtro fino” que ayudó, a la identificación en escala general del objeto de conservación (filtro grueso) a uno más específico o particular (filtro fino).

Como segundo punto se justificó la razón de su selección, la cual debe estar respaldado por información relevante y pertinente del objeto de conservación, se debe responder a la interrogante del ¿Por qué lo elegimos?, además de la descripción de todos los elementos de la biodiversidad que se encuentran asociados a este objeto, (Granizo et al., 2006: pp.15-16).

➤ *Identificación de las amenazas generadas dentro de la laguna*

#### Amenazas directas o presiones

Para la identificación de las presiones, se inició con un listado de los principales daños, afectaciones o degradaciones, que se generaron dentro de cada punto de muestreo, cuyas presiones fueron caracterizadas por ser reales, visibles, parciales o totales, en donde a partir de la lista generada por punto, se procedió a consolidar todas las presiones, las cuales fueron establecidas al objeto de conservación,(Granizo et al., 2006: pp. 57-58).

#### Amenazas indirectas o fuentes de presión

Como primer paso, se procedió a generar una lista de las causas o motivos que generaron las presiones establecidas en cada punto de muestreo, para lo cual se partió de la lista generada en base a la amenazas directas sobre cada punto de muestreo, después que se obtuvo las lista de presiones, se procedió a analizar la causa directa, que generó dicha presión, teniendo en cuenta que las fuente de presión casi siempre es una actividad humana, las cuales no fueron realizadas de forma sostenible, e incluso sin planificación, las cuales generaron una presión notable sobre el objeto de conservación.

Después de haber establecido las principales fuentes de presión para cada una de las amenazas directas, se procedió a consolidar todas las fuentes de presión obtenidas, descartando las que se repitieron o su fuente de presión fue la misma, una vez clasificadas y determinadas las fuentes de presión se procedió a establecerlas sobre el objeto de conservación.

➤ *Identificación de las oportunidades y estrategias para conservar la laguna*

A partir de la información obtenida en base al objeto de conservación, presiones y fuentes de presión, se estableció una lista de oportunidades que se encontraron relacionados de forma directa con el manejo, conservación y protección de los páramos y fuentes de agua dentro del territorio, cuyas acciones aportaron de forma directa con la preservación del objeto de conservación. A partir de ello se estableció estrategias potenciales para cada una de las fuentes de presión, en donde al eliminar dicha fuente, se esperó que la presión disminuyera de forma notable con el fin de mejorar la funcionalidad del objeto de conservación.

➤ *Representación gráfica del análisis de amenazas del objeto de conservación*

Después de haber determinado y establecido la lista de presiones y fuentes de presión sobre el objeto de conservación de forma global, se procedió a plasmar cada uno de los elementos a analizar para determinar las medidas de manejo y conservación de la laguna, por medio de un flujograma que contenía el objeto de conservación, las amenazas directas e indirectas y oportunidades, (Romero, 2020, p. 24).

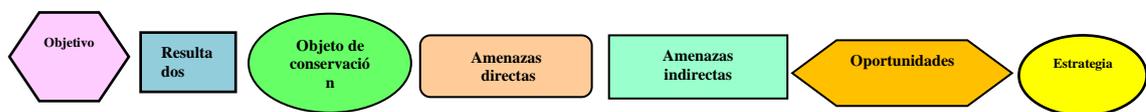


**Ilustración 3-3:** Identificación de amenazas directas e indirectas del objeto de conservación

Fuente: Romero S, 2020

➤ *Representación gráfica de los objetivos, resultados, y estrategias del objeto de conservación*

Como primer paso se procedió a establecer los objetivos de manejo, es decir la condición deseada del objeto de conservación a largo plazo (5 años), después se establecieron los las metas, situaciones o condición es que se busca conseguir en un corto, mediano o largo plazo dependiendo de la estrategia empleada. Como siguiente paso se estableció las estrategias que se enfocaron en la eliminación de fuentes de presión, para así minimizar las presiones generadas sobre el objeto de conservación y lograr en un lapso de tiempo el cambio o la condición deseada sobre dicho objeto, (Romero, 2020, p. 24). A partir de la información generada se procedió a plasmar sobre el flujograma de amenazas, el objetivo, resultados y las estrategias.



**Ilustración 3-4:** Estructuración de lineamientos de conservación del objeto de conservación

Fuente: Romero S, 2020

Finalmente, después de haber consolidado toda la matriz de planificación de manejo ambiental, se procedió establecer la matriz de planificación del programa (nombre del programa, el objetivo general, los objetivos específicos) y la matriz de planificación de los proyectos (nombre del programa, nombre de los proyectos y componentes del proyecto).

Por último se generó un perfilamiento de cada uno de los proyectos con la siguiente información, nombre del proyecto, justificación, localización geográfica, objetivos generales y específicos, metas, duración del proyecto, beneficiarios, matriz de marco lógico (nombre del proyecto, duración, objetivos, fin, propósito y el componente; de forma vertical y horizontal a los indicadores de verificables objetivamente, fuentes y medios de verificación), cronograma y presupuesto de cada proyecto, (Romero, 2020, p. 25).

## CAPÍTULO IV

### 4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

#### 4.1 Procesamiento, análisis e interpretación de resultados

##### 4.1.1. Monitorear la condición ambiental de tres sitios de visita de la laguna Magtayan

###### 4.1.1.1 Muestreo del sitio de visita 1A1

Muestreo 1: 24 de marzo del 2023

###### ➤ Descripción física del sitio de muestreo

El sitio de muestreo 7A1, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9751228 y latitud (X): 0768954, con una altitud de 3778 msnm, fue el lugar designado para el primer punto de muestreo, su temperatura ambiental fue de 14,7 °C con una humedad relativa de 46%, y precipitación de 939 mm. A lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo de tipo molisol, por la presencia de arena, roca y grava lo cual confiere este orden, e indica una baja compactación del suelo en este punto, no hubo presencia de curva de erosión, su pendiente es menor a 10° y posee una capa de lodo de entre 5-20 cm en base a su morfología. En cuanto al tipo de vegetación, este se caracterizó por la presencia de especies nativas herbáceas, como la paja blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas (*Azorella pendunculata*), no hubo presencia de fauna nativa, la característica principal o de interés en este punto fue la presencia de un afluyente de agua que alimenta a la laguna, proveniente de los páramos Andinos y la incidencia de turistas y población local. En cuanto a afectaciones, se pudo evidenciar de origen antrópico la presencia de desechos de tipo orgánico, inorgánico, material flotante y quema de pajonal; y de tipo natural la presencia de fecas de camélidos.



**Ilustración 4-5:** Primer sitio del primer muestreo (7A1) de la laguna Magtayan

Realizado por: Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-17:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A1

| Clase        | Orden            | Familia         | # Ind.     | % Familia   | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|------------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Odonata          | Aeshnidae       | 1          | 0%          | 1                 | 9%          |
|              | Díptera          | Ceratopogonidae | 4          | 1%          |                   |             |
|              | Díptera          | Chironomidae    | 97         | 36%         | 3                 | 27%         |
|              | Díptera          | Tipulidae       | 2          | 1%          |                   |             |
|              | Trichoptera      | Leptoceridae    | 1          | 0%          | 1                 | 9%          |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida  | Glossiphoniidae | 40         | 15%         | 1                 | 9%          |
| Oligochaeta  | Crassiclitellata | Lumbricidae     | 5          | 2%          | 1                 | 9%          |
|              | Haplotaxida      | Tubificidae     | 38         | 14%         | 1                 | 9%          |
| Turbellaria  | Tricladida       | Dugesiiidae     | 23         | 8%          | 1                 | 9%          |
| Bivalvia     | Sphaeriida       | Sphaeriidae     | 3          | 1%          | 1                 | 9%          |
| Malacostraca | Amphipoda        | Hyaellidae      | 57         | 21%         | 1                 | 9%          |
| <b>Total</b> |                  |                 | <b>271</b> | <b>100%</b> | <b>11</b>         | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A1, se registró un total de 271 individuos de macroinvertebrados, los cuales forman parte de los órdenes Odonata, Díptera, Trichoptera, Rhynchobdellida, Crassiclitellata, Tubificida, Tricladida, Sphaeriida, y Anfípoda. El orden con mayor número de especies fue Díptera con un 27%, y la familia con mayor número de individuos fue Chironomidae con un 36%, seguido de la familia Hyaellidae con un 21% y Glossiphoniidae con 15%.

➤ Desechos solidos

**Tabla 4-18:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A1

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0.06           | 1.43             | 0.93                   |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio de las visitas a campo, se evidenció que la cantidad de desechos encontrados en este punto son de origen orgánico, inorgánico y material flotante, en donde la mayor cantidad de desechos fue de origen inorgánico con 1.43 lb, compuesto principalmente de fundas plásticas, botellas, envolturas de snacks y caramelos, debido a la presencia de turistas y población local,

en base al material orgánico se evidenció cascaras de limón y huevo con 0.06 lb, y en material flótate fundas plásticas y botellas con 0.93 lb.

➤ Parámetros del agua

• Parámetros físicos

**Tabla 4-19-:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A1)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH-probe                  | pH       | 7.68     |
| Temperatura               | °C       | 14.20    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 42.30    |
| Solidos totales disueltos | mg/L     | 19.93    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.38     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 6.65     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 102.10   |
| Color                     |          | 12       |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los 8 parámetros físicos, se determinó que el sitio de visita 7A1, tuvo características propias de agua de montaña, oxigenadas, visibilidad cristalina y limpias determinadas así por los parámetros de CE y OD.

Dentro de los rangos establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico del agua, el valor de pH, turbidez y color, se encontraron dentro de los límites permisibles; en el caso del agua para preservación de la vida acuática-silvestre y uso recreativo de contacto primario y secundario, el pH y ODS cumplió con los criterios asignados; y para uso estético el ODS y turbidez se encontró dentro de los rangos permisibles, sin embargo el parámetro de color para este uso, no cumplió con lo señalado en el criterio de calidad de agua de la norma.

Con respecto, a los criterios para consumo humano y uso doméstico establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana-Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020, pp.2-5), el pH, turbidez y color cumplieron con los límites establecidos. En base a los parámetros establecidos en la norma Organización Mundial de la Salud de calidad de agua para consumo humano y uso

doméstico, (OMS, 2011, p.263), el color no cumplió lo establecido, ya que la norma indica la ausencia de color.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-20:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A1)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 3.00     |
| DBQ5                | mg/L     | 1.46     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.11     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.03     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0.02     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.01     |
| Nitratos            | mg/L     | 2.90     |
| Salinidad           |          | 0.02     |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el punto 7A1, demostraron que el agua tuvo características de agua limpia, sin contaminación y altamente oxigenada. Dentro de los rangos establecidos en el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano-uso doméstico y para la preservación de la vida acuática y silvestre, los valores de DQO, DBO<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se encontraron dentro de los límites permisibles. En base al uso recreativo de contacto primario y secundario y uso estético los parámetros de NH<sub>3</sub>-N y P total, se encontraron por debajo de los límites establecidos indicando así su cumplimiento.

Por otra parte, los valores de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cumplieron los límites permisibles para consumo humano y uso doméstico según la norma NTE INEN (2020, pp.2-5) y la norma de calidad de agua para consumo humano de la OMS (2011, p.467).

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-21:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A1)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 0        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |

|           |     |    |
|-----------|-----|----|
| Aerobios  | UFC | 67 |
| Hongos    | UFC | 0  |
| Mohos     | UFC | 0  |
| Levaduras | UFC | 0  |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

A través del análisis de los parámetros microbiológicos del punto 7A1, se pudo evidenciar las características del agua como limpia, y sin contaminación por la ausencia de CF y CT, mohos, levaduras. En relación con los límites establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano- uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, los valores de CF y CT cumplieron con el rango establecido, al igual que en las normas NTE-INEN (2020,pp.2-5), y OMS (2011, pp.342-343), para consumo humano. Y en base al uso recreativo establecido por la OMS (2021, pp.14-17), el valor de CF cumplió con lo determinado.

#### 4.1.1.2 Muestreo del sitio de visita 1A2

##### ➤ Muestreo 1: 24 de marzo del 2023

El sitio de muestreo 7A2, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9750924 y latitud (X): 0768515, con una altitud de 3769 msnm, su temperatura fue de 10.2°C con una humedad relativa de 88%, y precipitación de 939 mm. A lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo con presencia de arena y roca, lo que generó una compactación moderada de suelo en este punto, no presentó curva de erosión, tuvo una pendiente menor a 10° y una capa de lodo con piedras de entre 5-20 cm, en cuanto al tipo de vegetación, este punto se caracteriza por la presencia de especies nativas herbáceas dominantes como la paja de blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas (*Azorella pendunculata*). En base a la fauna, se localizó a la gaviota andina (*Larus serranus*). Su característica principal fue la variabilidad del ecosistema. En cuanto a afectaciones se pudo evidenciar la presencia de desechos orgánicos, inorgánicos y material flotante, fogatas y quema de pajonal; de tipo natural, fecas de camélidos.



**Ilustración 4-5:** Segundo sitio del primer muestreo (7A2) de la laguna Magtayan

**Realizado por:** Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-22:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A2

| Clase        | Orden            | Familia         | # Ind.     | % Familia   | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|------------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Díptera          | Ceratopogonidae | 10         | 2%          | 2                 | 18%         |
|              | Díptera          | Chironomidae    | 309        | 51%         |                   |             |
|              | Odonata          | Aeshnidae       | 1          | 0%          |                   |             |
|              | Coleóptera       | Scirtidae       | 1          | 0%          |                   |             |
| Turbellaria  | Tricladida       | Dugesiiidae     | 7          | 1%          | 1                 | 9%          |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida  | Glossiphoniidae | 101        | 17%         | 1                 | 9%          |
| Oligochaeta  | Crassiclitellata | Lumbricidae     | 13         | 2%          | 1                 | 9%          |
|              | Tubificida       | Tubificidae     | 73         | 12%         | 1                 | 9%          |
| Malacostraca | Amphipoda        | Hyaellidae      | 77         | 13%         | 1                 | 9%          |
| Bivalvia     | Sphaeriida       | Sphaeriidae     | 8          | 1%          | 1                 | 9%          |
| Gastropoda   | Basommatophora   | Lymnaeidae      | 2          | 0%          | 1                 | 9%          |
| <b>Total</b> |                  |                 | <b>602</b> | <b>100%</b> | <b>11</b>         | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A2, se registró un total de 602 individuos de macroinvertebrados, de los órdenes Díptera, Coleóptera, Tricladida, Rhynchobdellida, Crassiclitellata, Tubificida, Anfípoda, Sphaeriida y Pulmonata. El orden con mayor número de especies identificadas fue Díptera con un 20%, y la familia con mayor número de individuos fue Chironomidae con 51%, seguida de Glossiphoniidae con un 17% e Hyaellidae con un 13%.

➤ Desechos solidos

**Tabla 4-23:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0.23           | 0.61             | 0.08                   |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio de las visitas a campo, se evidenció que la cantidad de desechos encontrados en este punto son de origen orgánico, inorgánico y material flotante, en donde la mayor cantidad fue de origen inorgánico con 0.61 lb en donde se encontró principalmente, fundas plásticas,

botellas, envolturas de snacks y caramelos, debido a la presencia de turistas y población local, en base al material orgánico se evidenció espinas de pescado, huesos de pollo y cascaras de naranja con 0.23 lb, en base al material flótate fundas plásticas y botellas con 0.08 lb.

➤ Parámetros del agua

• Parámetros físicos

**Tabla 4-24:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A2)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH-probe                  | pH       | 7.34     |
| Temperatura               | °C       | 13.90    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 44.70    |
| Solidos totales disueltos | mg/L     | 21.00    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.11     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 7.05     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 107.40   |
| Color                     |          | 23       |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los parámetros físicos del agua en este punto, se determinó características de agua propias de montaña, con una alta concentración de oxígeno debido a la presencia de algas. Dentro de los rangos que establece el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico, los parámetros de pH, turbidez, y color cumplieron con lo establecido. Por otro lado, el uso del agua en base a la preservación de la vida acuática- silvestre y de uso recreativo de contacto primario y secundario cumplieron con los rangos establecidos para pH y ODS y para uso recreativo los valores de ODS, color y turbiedad cumplieron los limites permisibles.

Para la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5), en lo referente al consumo humano y uso doméstico del agua, lo parámetros de pH y turbiedad cumplieron con los rangos establecidos, sin embargo, el color no cumplió con el rango de permisibilidad, siendo este valor, superior a lo indicado en la norma, al igual que en la norma OMS (2011, p.263), para consumo humano, este parámetro no cumplió su rango, debido a que la norma indica la ausencia de este.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-25:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A2)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 1.00     |
| DBQ5                | mg/L     | 1.27     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.08     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.03     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0.04     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.01     |
| Nitratos            | mg/L     | 3.30     |
| Salinidad           |          | 0.02     |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el sitio 7A2, determinó características de agua limpia, dulce, oxigenada. Dentro de los parámetros establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano, uso doméstico y preservación de la vida acuática y silvestre, los parámetros de DQO, DBO<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub> cumplieron con los rangos establecidos; en base al agua de uso recreativo de contacto primario y secundario y de uso estético las concentraciones de NH<sub>3</sub>-N y P total, cumplieron con los rangos establecidos dentro de la norma.

De acuerdo con los criterios de consumo humano y uso doméstico establecidos en la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5) y OMS (2011, p.467), los parámetros de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se encontraron dentro de los límites máximos permisibles.

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-26:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A2)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 1        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |
| Aerobios           | UFC         | 260      |
| Hongos             | UFC         | 0        |
| Mohos              | UFC         | 0        |
| Levaduras          | UFC         | 0        |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los parámetros microbiológicos del punto 7A2, en base a los rangos establecidos por la norma TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), determinaron para consumo humano-uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, que los valores de CT y CF se encontraron por debajo del valor establecido.

Con respecto a los rangos establecidos por la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5), para consumo humano y uso doméstico, los CF cumplieron con lo propuesto, sin embargo, en base a los CT este no cumplió con lo requerido, ya que según lo establecido en la norma, el agua debe estar libre de estos agentes patógenos, al igual que lo establecido en la norma OMS (2011, pp.342-343), para calidad de agua de consumo humano. Por otro lado, según las directrices de calidad de agua para uso recreativo de la OMS (2021, pp.14-17), el valor de CF si cumplió con los límites permisibles.

#### 4.1.1.3 Muestreo del sitio de visita 1A3

##### ➤ Muestreo 1: 24 de marzo del 2023

El sitio de muestreo 7A3, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9751030 y latitud (X): 0768038, con una altitud de 3774 msnm, es el punto designado para el tercer punto de muestreo, su temperatura fue de 8 °C con una humedad relativa de 94 %, y precipitación de 939 mm. a lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo con presencia de arena, lo que contribuye que la compactación del suelo sea baja en este punto, no presentó curva de erosión, tuvo una pendiente moderada entre 30 a 60°, una capa de lodo mayor a 20 cm esto en base a su morfología. En cuanto al tipo de vegetación, este se caracteriza por la presencia de especies nativas herbáceas dominantes como la paja blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas de Páramo (*Azorella pedunculata*), totora (*Schoenoplectus californicus*), no hubo presencia de fauna. Su principal característica o de interés en este punto es ser un efluente, y ser accesible para los turistas que llevan a cabo la pesca deportiva. En cuanto a afectaciones solo se pudo evidenciar de origen antrópico la quema de pajonal.



**Ilustración 4-6:** Tercer sitio del primer muestreo (7A3) de la laguna Magtayan

Realizado por: Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-27:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A3

| Clase        | Orden           | Familia         | # Ind      | % Familias  | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Odonata         | Aeshnidae       | 2          | 0%          | 1                 | 11%         |
|              | Díptera         | Chironomidae    | 176        | 30%         | 1                 | 11%         |
| Malacostraca | Amphipoda       | Hyaellidae      | 243        | 41%         | 1                 | 11%         |
| Turbellaria  | Tricladida      | Dugesidae       | 65         | 11%         | 1                 | 11%         |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida | Glossiphoniidae | 24         | 4%          | 1                 | 11%         |
| Oligochaeta  | Crassicitellata | Lumbricidae     | 45         | 8%          | 1                 | 11%         |
|              | Haplotaxida     | Tubificidae     | 4          | 1%          | 1                 | 11%         |
| Gastropoda   | Basommatophora  | Lymnaeidae      | 22         | 4%          | 1                 | 11%         |
| Bivalvia     | Sphaeriida      | Sphaeriidae     | 14         | 2%          | 1                 | 11%         |
| <b>Total</b> |                 |                 | <b>595</b> | <b>100%</b> | <b>9</b>          | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A3, se registró un total de 595 individuos de macroinvertebrados, los cuales forman parte de los órdenes Odonata, Díptera, Anfípoda, Tricladida, Rhynchobdellida, Crassicitellata, Tubificida, Pulmonata y Sphaeriida. En este punto no existió prevalencia de ninguno de los órdenes y la familia con mayor número de individuos fue Hyaellidae con un 42%, seguida de Chironomidae con un 30% y Dugesidae con un 11%.

➤ Desechos solidos

**Tabla 4-28:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0              | 0                | 0                      |

Realizado por: Quigla T., 2023

En este punto no hubo presencia de desechos de ningún tipo, ni en suelo ni en agua, la ausencia de esto podría deberse a que no hubo presencia de turistas o población local, en esta fecha.

- Parámetros del agua
- Parámetros físicos

**Tabla 4-29:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A3)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH                        | pH       | 7.70     |
| Temperatura               | °C       | 12.70    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 43.10    |
| Sólidos totales disueltos | mg/L     | 20.18    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.07     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 7.02     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 104.00   |
| Color                     |          | 20       |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los 8 parámetros físicos, se determinó que el sitio de visita 7A3, tuvo características propias de agua de montaña, oxigenadas, visibilidad cristalina y limpias determinadas así por los parámetros de CE y OD.

Dentro de los rangos establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico del agua, el valor de pH, turbidez y color, se encontraron dentro de los límites permisibles; en el caso del agua para preservación de la vida acuática-silvestre y uso recreativo de contacto primario y secundario, el pH y ODS cumplió con los criterios asignados; y para uso estético el ODS y turbidez se encontró dentro de los rangos permisibles, sin embargo el parámetro de color para este uso, no cumplió con lo señalado en el criterio de calidad de agua de la norma, debido a que la norma establece que el agua debe ser incoloro.

Con respecto, a los criterios para consumo humano y uso doméstico establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana-Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020, pp.2-5), el pH, y turbidez cumplieron con los límites establecidos, sin embargo el parámetro color no cumplió el criterio al sobrepasar el rango establecido. En base a los parámetros establecidos en la norma de la Organización Mundial de la Salud de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, (OMS, 2011, p.263), el parámetro color no cumplió lo establecido, ya que la norma indica que no debe existir la presencia de este parámetro.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-30:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A3)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 1.00     |
| DBQ5                | mg/L     | 1.70     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.05     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.01     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0.07     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.01     |
| Nitratos            | mg/L     | 2.00     |
| Salinidad           |          | 0.03     |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el punto 7A3, demostraron que el agua tuvo características de agua limpia, sin contaminación y altamente oxigenada. Dentro de los rangos establecidos en el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano-uso doméstico y para la preservación de la vida acuática y silvestre, los valores de DQO, DBO<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub> y NO<sub>3</sub> se encontraron dentro de los límites permisibles. En base al uso recreativo de contacto primario y secundario y uso estético los parámetros de NH<sub>3</sub>-N y P total, se encontraron por debajo de los límites establecidos indicando así su cumplimiento. Por otra parte, los valores de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cumplieron los límites permisibles para consumo humano y uso doméstico según la norma NTE INEN (2020, pp.2-5) y la norma de calidad de agua para consumo humano de la OMS (2011, p.467).

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-31:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en el laboratorio (7A3)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 0        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |
| Aerobios           | UFC         | 280      |
| Hongos             | UFC         | 0        |
| Mohos              | UFC         | 0        |
| Levaduras          | UFC         | 1        |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

A través del análisis de los parámetros microbiológicos del punto 7A3, se pudo evidenciar las características del agua como limpia, y sin contaminación por la ausencia de CF y CT, mohos, levaduras. En relación con los límites establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano- uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, los valores de CF y CT cumplieron con el rango establecido, al igual que en las normas NTE-INEN (2020,pp.2-5), y OMS (2011, pp.342-343), para consumo humano. Y en base al uso recreativo establecido por la OMS (2021, pp.14-17), el valor de CF cumplió con lo determinado

#### 4.1.1.4 Muestreo del sitio de visita 2A1

Muestreo 2: 07 de julio del 2023

##### ➤ Descripción física del sitio de muestreo

El sitio de muestreo 7A1, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9751228 y latitud (X): 0768954, con una altitud de 3778 msnm, fue el lugar designado para el primer punto de muestreo, su temperatura ambiental fue de 9.40°C con una humedad relativa de 54%, y precipitación de 939 mm. A lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo de tipo molisol, por la presencia de arena, roca y grava lo cual confiere este orden, e indica una baja compactación del suelo en este punto, no hubo presencia de curva de erosión, su pendiente es menor a 10° y posee una capa de lodo de entre 5-20 cm en base a su morfología.

En cuanto al tipo de vegetación, este se caracterizó por la presencia de especies nativas herbáceas como la paja blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas (*Azorella penduculata*), no hubo presencia de fauna nativa. La característica principal o de interés en este punto fue la presencia de un afluyente de agua que alimenta a la laguna, y la incidencia de turistas y población local. En cuanto a afectaciones, se pudo evidenciar la de origen antrópico la presencia de desechos plásticos orgánicos, inorgánicos y material flotante y fogatas en sitios no permitidos; de tipo natural la presencia de fecas de caballos.



**Ilustración 4-7:** Primer sitio del segundo muestreo (7A1) de la laguna Magtayan

Realizado por: Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-32:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A1

| Clase        | Orden            | Familia         | # Ind.     | % Familias  | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|------------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Odonata          | Aeshnidae       | 1          | 0%          | 1                 | 7%          |
|              | Díptera          | Ceratopogonidae | 4          | 2%          |                   |             |
|              | Díptera          | Chironomidae    | 68         | 31%         | 3                 | 21%         |
|              | Díptera          | Tipulidae       | 1          | 0%          |                   |             |
|              | Plecóptera       | Gripopterygidae | 1          | 0%          | 1                 | 7%          |
|              | Coleóptera       | Elmidae         | 1          | 0%          |                   |             |
|              | Coleóptera       | Scirtidae       | 1          | 0%          | 2                 | 14%         |
| Malacostraca | Amphipoda        | Hyaellidae      | 44         | 20%         | 1                 | 7%          |
| Turbellaria  | Tricladida       | Dugesiidae      | 7          | 3%          | 1                 | 7%          |
| Bivalvia     | Sphaeriida       | Sphaeriidae     | 4          | 2%          | 1                 | 7%          |
| Gastropoda   | Basommatophora   | Lymnaeidae      | 1          | 0%          | 1                 | 7%          |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida  | Glossiphoniidae | 69         | 31%         | 1                 | 7%          |
| Oligochaeta  | Crassiclitellata | Lumbricidae     | 4          | 2%          | 1                 | 7%          |
|              | Haplotaxida      | Tubificidae     | 15         | 7%          | 1                 | 7%          |
| <b>Total</b> |                  |                 | <b>221</b> | <b>100%</b> | <b>14</b>         | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A1, se registró un total de 221 individuos de macroinvertebrados, los cuales forman parte de los órdenes Odonata, Díptera, Plecóptera, Coleóptera, Anfípoda, Tricladida, Sphaeriida, Pulmonata, Rhynchobdellida, Crassiclitellata y Tubificida. En donde el orden con mayor número de especies fue Díptera con un 21% y la familia con mayor número de individuos fue Chironomidae y Glossiphoniidae con un 31%, seguido de la familia Hyaellidae con un 20%.

➤ Desechos solidos

**Tabla 4-33:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A1

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0.26           | 2.36             | 1.57                   |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio de las visitas a campo, se evidenció que la cantidad de desechos encontrados en este punto son de origen orgánico, inorgánico y material flotante, en donde la mayor cantidad fue de origen inorgánico con 2.36 lb en donde se encontró fundas plásticas, botellas, envolturas de snacks, caramelos, y gas de camping, debido a la presencia de turistas y población local, en base al material orgánico se evidenció cascaras de banano con 0.26 lb, y en material flótate fundas plásticas, botellas, latas y guantes con 1.57 lb.

➤ Parámetros del agua

• Parámetros físicos

**Tabla 4-34:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A1)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH-probe                  | pH       | 7.42     |
| Temperatura               | °C       | 11.96    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 44.00    |
| Solidos totales disueltos | mg/L     | 22.00    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.69     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 5.00     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 66.70    |
| Color                     |          | 16       |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los 8 parámetros físicos, se determinó que el sitio de visita 7A1, tuvo características propias de agua de montaña, oxigenadas y visibilidades turbias determinadas así por los parámetros de CE, OD, y turbidez.

Dentro de los rangos establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico del agua, el valor de pH, turbidez y color, se encontraron dentro de los límites permisibles; en el caso del agua para preservación de la vida acuática-silvestre y uso recreativo de contacto primario y secundario, el pH cumplió con el rango establecido, sin embargo el ODS no cumplió con el criterio asignado ya que este debe ser mayor al 80%, finalmente para uso estético el ODS y turbidez se encontraron dentro de los rangos permisibles, sin embargo el parámetro de color para este uso, no cumplió con lo señalado en el criterio de calidad de agua debido a que este debe ser 0.

Con respecto, a los criterios para consumo humano y uso doméstico establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana-Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020, pp.2-5), el pH, y turbidez cumplieron con los límites establecidos, sin embargo el parámetro color no cumplió se rango ya que esté sobrepaso su límite (15). En base a los parámetros establecidos en la norma Organización Mundial de la Salud de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, (OMS, 2011, p.263), el color no cumplió lo establecido, ya que la norma indica la ausencia de color.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-35:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A1)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 17.00    |
| DBQ5                | mg/L     | 1.42     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.16     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.08     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0.04     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.007    |
| Nitratos            | mg/L     | 2.30     |
| Salinidad           |          | 0.02     |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el punto 7A1, demostraron que el agua tuvo características de agua limpia, sin contaminación y altamente oxigenada. Dentro de los rangos establecidos en el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano-uso doméstico y para la preservación de la vida acuática y silvestre, los valores de DBO<sub>5</sub>, NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> se si cumplieron su rango al encontraron dentro de los limites permisibles, sin embargo el DQO no cumplió el rango establecido, ya que la norma establece que debe ser menor a 2 mg/L. En base al uso recreativo de contacto primario y secundario y uso estético los parámetros de NH<sub>3</sub>-N y P total, se encontraron por debajo de los límites establecidos indicando así su cumplimiento.

Por otra parte, los valores de NO<sub>2</sub><sup>-</sup> y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> cumplieron los limites permisibles para consumo humano y uso doméstico tanto para la norma NTE INEN (2020, pp.2-5), como para la norma de calidad de agua para consumo humano de la OMS (2011, p.467).

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-36:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A1)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 0        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |
| Aerobios           | UFC         | 300      |
| Hongos             | UFC         | 0        |
| Mohos              | UFC         | 0        |
| Levaduras          | UFC         | 0        |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

A través del análisis de los parámetros microbiológicos del punto 7A1, se pudo evidenciar las características del agua como limpia, y sin contaminación por la ausencia de CF, CT, mohos, levaduras y hongos. En relación con los límites establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano- uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, los valores de CF y CT cumplieron con el rango establecido debido a la ausencia de estos, al igual que en las normas NTE-INEN (2020,pp.2-5), y OMS (2011, pp.342-343), para consumo humano. Y en base al uso recreativo establecido por la OMS (2021, pp.14-17), el valor de CF cumplió con lo determinado.

#### 4.1.1.5 Muestreo del sitio de visita 2A2

##### ➤ Muestreo 2: 07 de julio del 2023

El sitio de muestreo 7A2, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9750924 y latitud (X): 0768515, con una altitud de 3769 msnm, fue el lugar designado para el segundo punto de muestreo, su temperatura fue de 19 °C con una humedad relativa de 44%, y precipitación de 939 mm. a lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo con presencia de arena y roca, lo que generó una compactación moderada de suelo en este punto, no presentó curva de erosión, tuvo una pendiente menor a 10° y una capa de lodo con piedras de entre 5-20 cm en base a su morfología, en cuanto al tipo de vegetación, este punto se caracteriza por la presencia de especies nativas herbáceas dominantes como la paja de blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas (*Azorella pendunculata*).

En base a la fauna, se localizó a la gaviota andina (*Larus serranus*). Su característica principal o de interés en este punto, fue la incidencia de basura y quema de pajonales en los sectores aledaños. En cuanto a afectaciones se pudo evidenciar las de origen antrópico, la presencia de desechos orgánicos e inorgánicos y fogatas en sitios no permitidos; de tipo natural, la presencia de fecas de camélidos.



**Ilustración 4-8:** Segundo sitio del segundo muestreo (7A2) de la laguna Magtayan

Realizado por: Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-37:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A2

| Clase        | Orden            | Familia         | # Ind.     | % Familias  | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|------------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Díptera          | Ceratopogonidae | 33         | 6%          | 2                 | 22%         |
|              | Díptera          | Chironomidae    | 185        | 33%         |                   |             |
| Malacostraca | Amphipoda        | Hyalellidae     | 177        | 32%         | 1                 | 11%         |
| Turbellaria  | Tricladida       | Dugesiiidae     | 9          | 2%          | 1                 | 11%         |
| Bivalvia     | Sphaeriida       | Sphaeriidae     | 4          | 1%          | 1                 | 11%         |
| Gastropoda   | Basommatophora   | Lymnaeidae      | 5          | 1%          | 1                 | 11%         |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida  | Glossiphoniidae | 91         | 16%         | 1                 | 11%         |
| Oligochaeta  | Crassiclitellata | Lumbricidae     | 45         | 8%          | 1                 | 11%         |
|              | Haplotaxida      | Tubificidae     | 11         | 2%          | 1                 |             |
| <b>Total</b> |                  |                 | <b>560</b> | <b>100%</b> | <b>9</b>          | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A2, se registró un total de 560 individuos de macroinvertebrados, de los órdenes Díptera, Anfípoda, Tricladida, Sphaeriida, Pulmonata, Rhynchobdellida, Crassiclitellata y Tubificida. El orden con mayor número de individuos fue Díptera con un 22%, y las familias que mayor presencia tuvieron en este sitio fueron Chironomidae con 33%, seguida de Hyalellidae con un 32% y Glossiphoniidae con 16%.

➤ Desechos sólidos

**Tabla 4-38:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A2

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0              | 0.18             | 0.16                   |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Se evidenció que la cantidad de desechos encontrados en este punto son de origen inorgánico y material flotante, cuyo valor fue similar, en inorgánica se evidenció envolturas y botellas plásticas con 0.18 lb, y material flotante una funda plástica con 0.16 lb.

➤ Parámetros del agua

• Parámetros físicos

**Tabla 4-38:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A2)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH-probe                  | pH       | 6.94     |
| Temperatura               | °C       | 13.46    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 52.00    |
| Sólidos totales disueltos | mg/L     | 13.26    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.37     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 5.72     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 79.20    |
| Color                     |          | 12       |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los parámetros físicos del agua en este punto, se determinó características de agua propias de montaña, con una alta concentración de oxígeno debido a la presencia de algas, visiblemente turbia. Dentro de los rangos que establece el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico, los parámetros de pH, turbidez, y color cumplieron con lo establecido.

Por otro lado, el uso del agua en base a la preservación de la vida acuática- silvestre y de uso recreativo de contacto primario y secundario el pH cumplió con el rango establecido, por otro

lado, el ODS para estos usos no cumplió su rango ya que la norma establece que este debe ser mayor a 80%, finalmente para uso estético, los valores de ODS, y turbiedad cumplieron los límites permisibles, por otro lado, el color no cumplió su rango, debido a que la norma establece la ausencia de este.

Para la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5), en lo referente al consumo humano y uso doméstico del agua, los parámetros de pH, turbiedad y color cumplieron con los rangos establecidos. En las normas OMS (2011, p.263), para consumo humano y uso recreativo, (World Health Organization, 2021, pp.14-17), el color no cumplió su rango establecido, debido a que las normas indican la ausencia de este.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-39:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A2)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 11.00    |
| DBQ5                | mg/L     | 3.10     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.13     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.07     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0.02     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.009    |
| Nitratos            | mg/L     | 1.80     |
| Salinidad           |          | 0.03     |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el sitio 7A2, determinó características de agua limpia, dulce, oxigenada propia de aguas de montaña.

Dentro de los parámetros establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano, uso doméstico los  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  cumplieron con los rangos establecidos, sin embargo el DQO y  $\text{DBO}_5$ , no cumplieron su rangos al sobrepasar el valor que establece la norma siendo estos menor a 4 para DQO y menor a 2 para  $\text{DBO}_5$ ; para la preservación de la vida acuática y silvestre, los parámetros DQO,  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  cumplieron con los rangos de la norma; en base al agua de uso recreativo de contacto primario y secundario y de uso estético las concentraciones de  $\text{NH}_3\text{-N}$  y P total, cumplieron con los rangos establecidos dentro de la norma.

De acuerdo con los criterios de consumo humano y uso doméstico establecidos en la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5) y OMS (2011, p.467), los parámetros de  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  se encontraron dentro de los límites establecidos.

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-40:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A2)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 0        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |
| Aerobios           | UFC         | 340      |
| Hongos             | UFC         | 0        |
| Mohos              | UFC         | 0        |
| Levaduras          | UFC         | 0        |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los parámetros microbiológicos del punto 7A2, en base a los rangos establecidos por la norma TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), determinaron para consumo humano-uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, que los valores de CT y CF cumplieron con los rangos establecidos, en la norma. Con respecto a los rangos establecidos por la norma NTE-INEN (2020, pp.2-5), para consumo humano y uso doméstico, los CF y CF cumplieron con lo propuesto, al igual que lo establecido en la norma OMS (2011, pp.342-343), para calidad de agua de consumo humano y según las directrices de calidad de agua para uso recreativo de la OMS (2021, pp.14-17), estos cumplieron su rango establecido.

#### 4.1.1.6 Muestreo del sitio de visita 2A3

- Muestreo 2: 07 de julio del 2023

El sitio de muestreo 7A3, ubicado en las coordenadas geográficas, longitud (Y): 9751030 y latitud (X): 0768038, con una altitud de 3774 msnm, es el punto designado para el tercer punto de muestreo, su temperatura fue de 10.20 °C con una humedad relativa de 62 %, y precipitación de 939 mm. a lo largo de la orilla del lago se identificó un suelo con presencia de arena, lo que contribuye que la compactación del suelo sea baja en este punto, no presentó curva de erosión, tuvo una pendiente moderada entre 30 a 60°, una capa de lodo mayor a 20 cm esto en base a su morfología.

En cuanto al tipo de vegetación, este se caracteriza por la presencia de especies nativas herbáceas dominantes como la paja blanca (*Muhlenbergia angustata Kunth*), almohadillas de Páramo (*Azorella pedunculata*), totora (*Schoenoplectus californicus*), no hubo presencia de fauna. Su principal característica o de interés fue que este punto es un efluente y la visita de turistas. En cuanto a afectaciones no se evidenció ninguna.



**Ilustración 4-9:** Tercer sitio del segundo muestreo (7A3) de la laguna Magtayan

Realizado por: Quigla T., 2023

➤ Registro de macroinvertebrados

**Tabla 4-41:** Identificación de macroinvertebrados encontrados en el punto 7A3

| Clase        | Orden           | Familia         | # Ind.     | % Familias  | Orden con mayor # | % Orden     |
|--------------|-----------------|-----------------|------------|-------------|-------------------|-------------|
| Insecta      | Odonata         | Aeshnidae       | 1          | 0%          | 1                 | 11%         |
|              | Díptera         | Ceratopogonidae | 5          | 1%          | 2                 | 22%         |
|              | Díptera         | Chironomidae    | 193        | 30%         |                   |             |
| Malacostraca | Amphipoda       | Hyaellidae      | 378        | 59%         | 1                 | 11%         |
| Turbellaria  | Tricladida      | Dugesidae       | 43         | 7%          | 1                 | 11%         |
| Bivalvia     | Sphaeriida      | Sphaeriidae     | 1          | 0%          | 1                 | 11%         |
| Gastropoda   | Basommatophora  | Lymnaeidae      | 9          | 1%          | 1                 | 11%         |
| Hirudinea    | Rhynchobdellida | Glossiphoniidae | 1          | 0%          | 1                 | 11%         |
| Oligochaeta  | Crassicitellata | Lumbricidae     | 15         | 2%          | 1                 | 11%         |
| <b>Total</b> |                 |                 | <b>646</b> | <b>100%</b> | <b>9</b>          | <b>100%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

En el punto 7A3, se registró un total de 646 individuos de macroinvertebrados, los cuales forman parte de los órdenes Odonata, Díptera, Anfípoda, Tricladida, Sphaeriida, Pulmonata, Rhynchobdellida, y Crassicitellata. El orden con mayor número de especies fue Díptera con un 22%, y las familias con mayor número de individuos fueron Hyaellidae con un 59%, seguida de Chironomidae con un 30% y Dugesidae con un 7%.

- Desechos solidos

**Tabla 4-42:** Cantidad de desechos encontrados en el punto 7A3

| Suelo          |                  | Agua                   |
|----------------|------------------|------------------------|
| Orgánicos (lb) | Inorgánicos (lb) | Material flotante (lb) |
| 0              | 0                | 0                      |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

No se evidenció ningún tipo de desecho en este muestreo.

- Parámetros del agua
- Parámetros físicos

**Tabla 4-43:** Resultados de los parámetros físicos obtenidos en campo (7A3)

| Parámetros                | Unidades | Análisis |
|---------------------------|----------|----------|
| pH                        | pH       | 7.50     |
| Temperatura               | °C       | 12.68    |
| Conductividad eléctrica   | μS/cm    | 42.00    |
| Solidos totales disueltos | mg/L     | 21.00    |
| Turbidez                  | NTU      | 1.40     |
| Oxígeno disuelto          | mg/L     | 5.42     |
| Oxígeno disuelto saturado | %        | 73.70    |
| Color                     |          | 14       |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Por medio del análisis de los 8 parámetros físicos, se determinó que el sitio de visita 7A3, tuvo características propias de agua de montaña, con oxigenación aceptable, visiblemente turbia y limpias determinadas así por los parámetros de CE, OD. Y turbidez.

Dentro de los rangos establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano y uso doméstico del agua, el valor de pH, turbidez y color, se encontraron dentro de los límites permisibles; en el caso del agua para preservación de la vida acuática-silvestre y uso recreativo de contacto primario y secundario, el pH cumplió con los criterios asignados, sin embargo el ODS, no cumplió lo determinado, debido a que este se encuentra debajo del límite permisible (>80%); y para uso estético el ODS y turbidez se encontró dentro de los rangos

permisibles, sin embargo el parámetro de color para este uso, no cumplió con lo señalado en el criterio de calidad de agua de la norma, debido a que la norma establece que el agua debe ser incoloro.

Con respecto, a los criterios para consumo humano y uso doméstico establecidos en la Norma Técnica Ecuatoriana-Instituto Ecuatoriano de Normalización (INEN, 2020, pp.2-5), el pH, color y turbidez cumplieron con los límites establecidos. En base a los parámetros establecidos en la norma de la Organización Mundial de la Salud de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico, (OMS, 2011, p.263), el parámetro color no cumplió lo establecido, ya que la norma indica que no debe existir la presencia de este parámetro.

- Parámetros químicos

**Tabla 4-44:** Resultados de los parámetros químicos obtenidos en el laboratorio (7A3)

| Parámetros          | Unidades | Análisis |
|---------------------|----------|----------|
| DQO                 | mg/L     | 7.00     |
| DBQ5                | mg/L     | 2.50     |
| Fosfatos            | mg/L     | 0.11     |
| Fosforo total       | mg/L     | 0.03     |
| Nitrógeno amoniacal | mg/L     | 0,04     |
| Nitritos            | mg/L     | 0.009    |
| Nitratos            | mg/L     | 2.10     |
| Salinidad           |          | 0.28     |

**Realizado por:** Quijla T., 2023

Los parámetros químicos medidos para el punto 7A3, demostraron que el agua tuvo características de agua limpia, sin contaminación y una oxigenación aceptable. Dentro de los rangos establecidos en el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano, uso doméstico los  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  cumplieron con los rangos establecidos, sin embargo el DQO y  $\text{DBO}_5$ , no cumplieron su rangos, al sobrepasar el valor que establece la norma siendo estos menor a 4 para DQO y menor a 2 para  $\text{DBO}_5$ ; ; para la preservación de la vida acuática y silvestre, los parámetros DQO,  $\text{DBO}_5$ ,  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  cumplieron con los rangos de la norma; en base al agua de uso recreativo de contacto primario y secundario y de uso estético las concentraciones de  $\text{NH}_3\text{-N}$  y P total, cumplieron con los rangos establecidos dentro de la norma.

Por otra parte, los valores de  $\text{NO}_2^-$  y  $\text{NO}_3^-$  cumplieron los límites permisibles para consumo humano y uso doméstico según la norma NTE INEN (2020, pp.2-5) y la norma de calidad de agua para consumo humano de la OMS (2011, p.467).

- Parámetros microbiológicos

**Tabla 4-44:** Resultados de los parámetros microbiológicos obtenidos en laboratorio (7A3)

| Parámetros         | Unidades    | Análisis |
|--------------------|-------------|----------|
| Coliformes totales | Bact/100 ml | 2        |
| Coliformes fecales | Bact/100 ml | 0        |
| Aerobios           | UFC         | 500      |
| Hongos             | UFC         | 0        |
| Mohos              | UFC         | 0        |
| Levaduras          | UFC         | 3        |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

A través del análisis de los parámetros microbiológicos del punto 7A3, se pudo evidenciar las características del agua como limpia, y sin contaminación por la ausencia de CF, mohos, levaduras. En relación con los límites establecidos por el TULSMA (MAATE, 2015, pp.14-18), para consumo humano-uso doméstico y uso recreativo de contacto primario y secundario, los valores de CF y CT cumplieron con los rango establecidos. En base a las normas, NTE-INEN (2020,pp.2-5), y OMS (2011, pp.342-343), para consumo humano y uso doméstico, el parámetro CF cumplió su criterio al encontrarse ausente, por otro lado los CT no cumplieron su criterio ya que dentro de las 2 normas este establece un criterio de ausencia. Y en base al uso recreativo establecido por la OMS (2021, pp.14-17), el valor de CF cumplió con lo determinado.

#### **4.1.2 *Analizar la biodiversidad de las comunidades de macroinvertebrados de tres sitios de visita de la laguna Magtayan***

##### **4.1.2.1 *Muestreo del sitio de visita 1A1-1A2-1A3***

- Muestreo 1: 24 de marzo del 2023

➤ Índice de Diversidad de Shannon-Weaver

**Tabla 4-45:** Cálculo del índice de Shannon-Weaver por punto (7A1, 7A2, 7A3)

| Familias        | 7A1          |          |             | 7A2          |          |             | 7A3          |          |             |
|-----------------|--------------|----------|-------------|--------------|----------|-------------|--------------|----------|-------------|
|                 | # Individuos | Pi       | Pi*ln(pi)   | # Individuos | Pi       | Pi*ln(pi)   | # Individuos | Pi       | Pi*ln(pi)   |
| Aeshnidae       | 1            | 0.00     | -0.02       | 1            | 0.00     | -0.01       | 2            | 0.00     | -0.02       |
| Ceratopogonidae | 4            | 0.01     | -0.06       | 10           | 0.02     | -0.07       |              |          |             |
| Chironomidae    | 97           | 0.36     | -0.37       | 309          | 0.51     | -0.34       | 176          | 0.30     | -0.36       |
| Hyaellidae      | 57           | 0.21     | -0.33       | 77           | 0.13     | -0.26       | 243          | 0.41     | -0.37       |
| Dugesidae       | 23           | 0.08     | -0.21       | 7            | 0.01     | -0.05       | 65           | 0.11     | -0.24       |
| Glossiphoniidae | 40           | 0.15     | -0.28       | 101          | 0.17     | -0.30       | 24           | 0.04     | -0.13       |
| Leptoceridae    | 1            | 0.00     | -0.02       |              |          |             |              |          |             |
| Lumbricidae     | 5            | 0.02     | -0.07       | 13           | 0.02     | -0.08       | 45           | 0.08     | -0.20       |
| Lymnaeidae      |              |          |             | 2            | 0.00     | -0.02       | 22           | 0.04     | -0.12       |
| Scirtidae       |              |          |             | 1            | 0.00     | -0.01       |              |          |             |
| Sphaeriidae     | 3            | 0.01     | -0.05       | 8            | 0.01     | -0.06       | 14           | 0.02     | -0.09       |
| Tipulidae       | 2            | 0.01     | -0.04       |              |          |             |              |          |             |
| Tubificidae     | 38           | 0.14     | -0.28       | 73           | 0.12     | -0.26       | 4            | 0.01     | -0.03       |
| <b>Total</b>    | <b>271</b>   | <b>1</b> | <b>1.73</b> | <b>602</b>   | <b>1</b> | <b>1.21</b> | <b>595</b>   | <b>1</b> | <b>1.52</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos en los 3 puntos de muestreo, determinó que el punto 7A1 y 7A3, con un valor de  $H' = 1.73$  y  $H' = 1.52$  respectivamente, tuvieron una diversidad de macroinvertebrados de nivel “**medio**”, al encontrarse entre los rangos de 1.6-3.0 de acuerdo con Yáñez (2014, p. 149); en base al punto 7A2 su diversidad fue de nivel “**bajo**”, con un valor de  $H' = 1.21$ , el cual se encontró dentro de los rangos de 0.1-1.5 y determinó esta característica.

**Tabla 4-46:** Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver por punto (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Riqueza | Abundancia | D. Shannon | Diversidad | Calidad basada en Wilhm y Dorris (1968) | Calidad basada en Staub et al., (1970) |
|-------|---------|------------|------------|------------|---|--|
| 7A1   | 11      | 271        | 1.7        | Media      | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |
| 7A2   | 11      | 602        | 1.2        | Baja       | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |
| 7A3   | 9       | 595        | 1.5        |            | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |

Realizado por: Quigla T., 2023

En base al resultado obtenido del índice de Shannon-Weaver, se determinó que los 3 puntos de muestreo tuvieron una “contaminación de agua moderada”, establecida así por los índices de

calidad de Wilhm y Dorris (1968) y Staub et al., (1970), debido a la diversidad de macroinvertebrados, encontrados en este punto.

**Tabla 4-47:** Cálculo del índice de Shannon-Weaver global

| Familias        | # Individuos | Pi       | Pi*ln (Pi)  |
|-----------------|--------------|----------|-------------|
| Aeshnidae       | 4            | 0.00     | -0.02       |
| Ceratopogonidae | 14           | 0.01     | -0.04       |
| Chironomidae    | 582          | 0.40     | -0.37       |
| Dugesiiidae     | 95           | 0.06     | -0.18       |
| Glossiphoniidae | 165          | 0.11     | -0.25       |
| Hyalellidae     | 377          | 0.26     | -0.35       |
| Leptoceridae    | 1            | 0.00     | 0.00        |
| Lumbricidae     | 63           | 0.04     | -0.14       |
| Lymnaeidae      | 24           | 0.02     | -0.07       |
| Scirtidae       | 1            | 0.00     | 0.00        |
| Sphaeriidae     | 25           | 0.02     | -0.07       |
| Tipulidae       | 2            | 0.00     | -0.01       |
| Tubificidae     | 115          | 0.08     | -0.20       |
| <b>Total</b>    | <b>1468</b>  | <b>1</b> | <b>1.69</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados del índice de Shannon Weaver a nivel de los tres puntos muestreados, con un valor de  $H' = 1.69$ , determinó una diversidad “**media**”, al encontrarse entre los rangos de 1.6-3.0 según lo establecido por Yáñez (2014, p. 149).

**Tabla 4-48:** Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver global

| Sitio | Riqueza | Abundancia | D. Shannon | Diversidad | Calidad basada en Wilhm y Dorris (1968) | Calidad basada en Staub et al., (1970) |
|-------|---------|------------|------------|------------|---|--|
| 7A    | 13      | 1468       | 1.69       | Media      | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |

Realizado por: Quigla T., 2023

El resultado obtenido determinó que los tres puntos de muestreo de la laguna tenían una calidad de agua “**media**”, lo que significó una contaminación moderada según los dos criterios establecidos por Wilhm y Dorris (1968) y Staub et al., (1970).

➤ **Índice de dominancia de Simpson ( $\delta$ )**

**Tabla 4-49:** Cálculo del índice de Simpson por puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familias         | 7A1          |          |                 | 7A2          |          |                 | 7A3          |          |                 |
|------------------|--------------|----------|-----------------|--------------|----------|-----------------|--------------|----------|-----------------|
|                  | # individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> | # individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> | # individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> |
| Aeshnidae        | 1            | 0.00     | 0.00            | 1            | 0.00     | 0.00            | 2            | 0.00     | 0.00            |
| Ceratopogonidae  | 4            | 0.01     | 0.00            | 10           | 0.02     | 0.00            |              |          |                 |
| Chironomidae     | 97           | 0.36     | 0.13            | 309          | 0.51     | 0.26            | 176          | 0.30     | 0.09            |
| Hyalellidae      | 57           | 0.21     | 0.04            | 77           | 0.13     | 0.02            | 243          | 0.42     | 0.17            |
| Dugesidae        | 23           | 0.08     | 0.01            | 7            | 0.01     | 0.00            | 65           | 0.11     | 0.01            |
| Glossiphoniidae  | 40           | 0.15     | 0.02            | 101          | 0.17     | 0.03            | 24           | 0.02     | 0.00            |
| Leptoceridae     | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          | 0.00            |              |          |                 |
| Lumbricidae      | 5            | 0.02     | 0.00            | 13           | 0.02     | 0.00            | 45           | 0.08     | 0.01            |
| Lymnaeidae       |              |          |                 | 2            | 0.00     | 0.00            | 22           | 0.04     | 0.00            |
| Scirtidae        |              |          |                 | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 |
| Sphaeriidae      | 3            | 0.01     | 0.00            | 8            | 0.01     | 0.00            | 14           | 0.02     | 0.00            |
| Tipulidae        | 2            | 0.01     | 0.00            |              |          | 0.00            |              |          |                 |
| Tubificidae      | 38           | 0.14     | 0.02            | 73           | 0.12     | 0.01            | 4            | 0.01     | 0.00            |
| <b>Total 1-D</b> | <b>271</b>   | <b>1</b> | <b>0.78</b>     | <b>602</b>   | <b>1</b> | <b>0.68</b>     | <b>595</b>   | <b>1</b> | <b>0.72</b>     |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos con Simpson 1-D, determinaron que los puntos 7A1, 7A2 y 7A3 con valores de  $D=0.78$ ,  $D=0.68$  y  $D=0.72$  respectivamente, tuvieron una dominancia de macroinvertebrados “alta” debido a que sus valores fueron mayores a 0.66, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 146).

**Tabla 4-50:** Cálculo del índice de Simpson global

| Familias        | # Individuos | Pi   | Pi <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------|------|-----------------|
| Aeshnidae       | 4            | 0.00 | 0.00            |
| Ceratopogonidae | 14           | 0.01 | 0.00            |
| Chironomidae    | 582          | 0.40 | 0.16            |
| Dugesidae       | 95           | 0.06 | 0.00            |
| Glossiphoniidae | 165          | 0.11 | 0.01            |
| Hyalellidae     | 377          | 0.26 | 0.07            |
| Leptoceridae    | 1            | 0.00 | 0.00            |
| Lumbricidae     | 63           | 0.04 | 0.00            |
| Lymnaeidae      | 24           | 0.02 | 0.00            |
| Scirtidae       | 1            | 0.00 | 0.00            |

|                  |      |      |             |
|------------------|------|------|-------------|
| Sphaeriidae      | 25   | 0.02 | 0.00        |
| Tipulidae        | 2    | 0.00 | 0.00        |
| Tubificidae      | 115  | 0.08 | 0.01        |
| <b>Total 1-D</b> | 1468 | 1    | <b>0.75</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos con Simpson 1-D, determinaron que los 3 puntos muestreados con un valor  $D=0.75$ , tuvieron una diversidad de macroinvertebrados “**alta**”, debido a que sus valores fueron mayores a 0,66, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 146).

➤ ***Índice de riqueza específica de Margalef***

**Tabla 4-51:** Cálculo del índice de Margalef por punto de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familias            | 7A1         | 7A2         | 7A3         |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Aeshnidae           | 1           | 1           | 2           |
| Ceratopogonidae     | 4           | 10          |             |
| Chironomidae        | 97          | 309         | 176         |
| Hyalellidae         | 57          | 77          | 243         |
| Dugesiiidae         | 23          | 7           | 65          |
| Glossiphoniidae     | 40          | 101         | 24          |
| Leptoceridae        | 1           |             |             |
| Lumbricidae         | 5           | 13          | 45          |
| Lymnaeidae          |             | 2           | 22          |
| Scirtidae           |             | 1           |             |
| Sphaeriidae         | 3           | 8           | 14          |
| Tipulidae           | 2           |             |             |
| Tubificidae         | 38          | 73          | 4           |
| S (# familias)      | 11          | 11          | 9           |
| N (# total de ind.) | 271         | 602         | 595         |
| <b>S-1/ln(N)</b>    | <b>1.79</b> | <b>1.56</b> | <b>1.25</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los valores obtenidos en el índice de Margalef determinaron que en los 3 puntos de muestreo 7A1, 7A2, y 7A3, la riqueza de especies de macroinvertebrados es “**baja**”, al encontrarse entre los rangos de 0 a 1.9 lo cual confiere esta característica, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 145).

**Tabla 4-52:** Cálculo del índice de Margalef global

| Familias              | # Individuos |
|-----------------------|--------------|
| Aeshnidae             | 4            |
| Ceratopogonidae       | 14           |
| Chironomidae          | 582          |
| Dugesiidae            | 95           |
| Glossiphoniidae       | 165          |
| Hyalellidae           | 377          |
| Leptoceridae          | 1            |
| Lumbricidae           | 63           |
| Lymnaeidae            | 24           |
| Scirtidae             | 1            |
| Sphaeriidae           | 25           |
| Tipulidae             | 2            |
| Tubificidae           | 115          |
| S (# familias)        | 13           |
| N (# total de ind.)   | 1468         |
| $D_{Mg} = S-1/\ln(N)$ | <b>1.65</b>  |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los valores obtenidos en el índice de Margalef determinaron que los 3 puntos de muestreo, con un valor de  $D_{Mg}=1.65$ , la riqueza de especies de macroinvertebrados es “**baja**”, al encontrarse entre los rangos de 0 a 1.9 lo cual confiere esta característica, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 145).

➤ ***Índice de similitud de Sorensen y Jaccard***

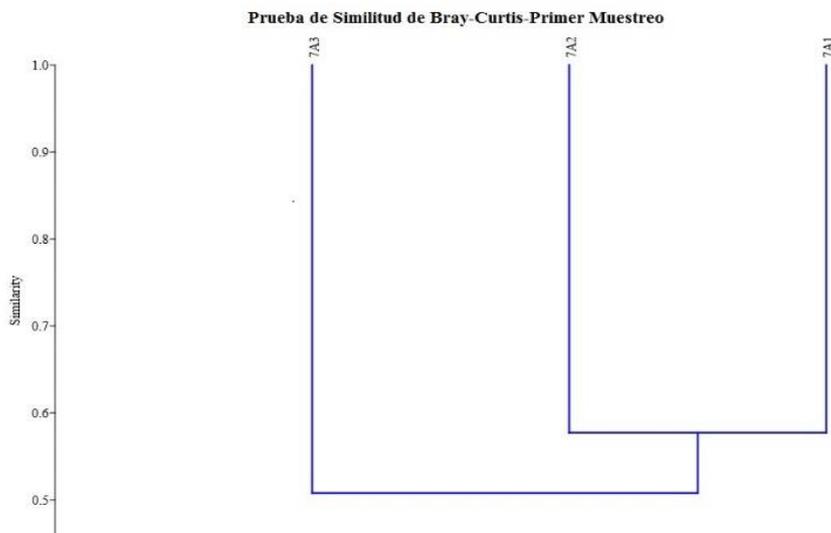
**Tabla 4-53:** Cálculo del índice de Sorensen y Jaccard de los tres puntos de muestreo

| Familia         | 7A1 | 7A2 | 7A3 | Presencia de familias |     |     | Similitud de familias entre puntos |           |           |
|-----------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|------------------------------------|-----------|-----------|
|                 |     |     |     | 7A1                   | 7A2 | 7A3 | 7A1 y 7A2                          | 7A1 y 7A3 | 7A2 y 7A3 |
| Aeshnidae       | 1   | 1   | 2   | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Ceratopogonidae | 4   | 10  | 0   | 1                     | 1   | 0   | 1                                  | 0         | 0         |
| Chironomidae    | 97  | 309 | 176 | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Hyalellidae     | 57  | 77  | 243 | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Dugesiidae      | 23  | 7   | 65  | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Glossiphoniidae | 40  | 101 | 24  | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Leptoceridae    | 1   | 0   | 0   | 1                     | 0   | 0   | 0                                  | 0         | 0         |
| Lumbricidae     | 5   | 13  | 45  | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |
| Lymnaeidae      | 0   | 2   | 22  | 0                     | 1   | 1   | 0                                  | 0         | 1         |

|                                  |    |    |    |    |    |   |              |              |              |
|----------------------------------|----|----|----|----|----|---|--------------|--------------|--------------|
| Scirtidae                        | 0  | 1  | 0  | 0  | 1  | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Sphaeriidae                      | 3  | 8  | 14 | 1  | 1  | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Tipulidae                        | 2  | 0  | 0  | 1  | 0  | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Tubificidae                      | 38 | 73 | 4  | 1  | 1  | 1 | 1            | 1            | 1            |
| N.º familias presentes por punto |    |    |    | 11 | 11 | 9 |              |              |              |
| N.º familias en común            |    |    |    |    |    |   | 9            | 8            | 9            |
| <b>Índice de Sorensen</b>        |    |    |    |    |    |   | <b>81.82</b> | <b>80.00</b> | <b>90.00</b> |
| <b>Índice de Jaccard</b>         |    |    |    |    |    |   | <b>69.23</b> | <b>66.67</b> | <b>81.82</b> |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

El cálculo de los índices de Sorensen y Jaccard, determinaron que los sitios con mayor similitud en cuanto a familias encontradas, fueron los puntos 7A2 y 7A3 con un valor de 90% para Sorensen y 81,82% para Jaccard, estableciendo así la similitud en cuanto a composición de especies de macroinvertebrados, por otro lado los sitios con menor similitud fueron los puntos 7A1 y 7A3 con un 80% para Sorensen y 66% para Jaccard dejando en claro que para este último la presencia de familias difiere en forma significativa a comparación con el de Sorensen.



**Ilustración 4-10:** Dendrograma de similitud del Bray-Curtis

**Realizado por:** Quigla T., 2023

La prueba de similitud Bray-Curtis, determinó que, entre los tres puntos de muestreo, los puntos 7A1 y 7A2 tuvieron una mayor similitud siendo esta 57% de similitud de macroinvertebrados.

➤ **Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)**

**Tabla 4-54:** Cálculo del índice de BMWP/Col de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia         | Puntuación | 7A1        | BMWP/Col  | 7A2        | BMWP/Col  | 7A3        | BMWP/Col  |
|-----------------|------------|------------|-----------|------------|-----------|------------|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 1          | 6         | 1          |           | 2          | 6         |
| Ceratopogonidae | 3          | 4          | 3         | 10         | 3         |            |           |
| Chironomidae    | 2          | 97         | 2         | 309        | 2         | 176        | 2         |
| Hyaellidae      | 7          | 57         | 7         | 77         | 7         | 243        | 7         |
| Dugesiiidae     | 6          | 23         | 6         | 7          | 6         | 65         | 6         |
| Glossiphoniidae | 3          | 40         | 3         | 101        | 3         | 24         | 3         |
| Leptoceridae    | 8          | 1          | 8         |            |           |            |           |
| Lumbricidae     | 0          | 5          | 0         | 13         | 0         | 45         | 0         |
| Lymnaeidae      | 4          |            |           | 2          | 4         | 22         | 4         |
| Scirtidae       | 7          |            |           | 1          | 7         |            |           |
| Sphaeriidae     | 4          | 3          | 4         | 8          | 4         | 14         | 4         |
| Tipulidae       | 3          | 2          | 3         |            |           |            |           |
| Tubificidae     | 1          | 38         | 1         | 73         | 1         | 4          | 1         |
| <b>Total</b>    |            | <b>271</b> | <b>43</b> | <b>602</b> | <b>37</b> | <b>595</b> | <b>33</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-55:** Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de BMWP/Col | Calidad        | Significado                      |
|-------|---------------------|----------------|----------------------------------|
| 7A1   | 43                  | <b>Dudosa</b>  | Aguas moderadamente contaminadas |
| 7A2   | 37                  |                |                                  |
| 7A3   | 33                  | <b>Crítica</b> | Aguas muy contaminadas           |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los valores del índice de BMWP/Col para el punto 7A1 y 7A2 con un valor de 43 y 37 puntos, determinó una calidad de agua “**dudosa**”, lo que significó que el agua se encontró “moderadamente contaminada” debido a la presencia de familias indicadoras de contaminación de tipo orgánica, siendo estas Chironomidae, Hyaellidae y Glossiphoniidae. Para el punto 7A3 con un valor de 33, la calidad de agua fue “**crítica**”, lo que significó “aguas muy contaminadas”, debido a la presencia de macroinvertebrados de la familia Tubificidae, los cuales son muy tolerantes a la contaminación por materia orgánica según Vargas (2018, pp. 9-11).

**Tabla 4-56:** Cálculo del índice de BMWP/Col global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | BMWP/Col  |
|-----------------|------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 4            | 6         |
| Ceratopogonidae | 3          | 14           | 3         |
| Chironomidae    | 2          | 582          | 2         |
| Dugesidae       | 6          | 95           | 6         |
| Glossiphoniidae | 3          | 165          | 3         |
| Hyaellidae      | 7          | 377          | 7         |
| Leptoceridae    | 8          | 1            | 8         |
| Lumbricidae     | 0          | 63           | 0         |
| Lymnaeidae      | 4          | 24           | 4         |
| Scirtidae       | 7          | 1            | 7         |
| Sphaeriidae     | 4          | 25           | 4         |
| Tipulidae       | 3          | 2            | 3         |
| Tubificidae     | 1          | 115          | 1         |
| <b>Total</b>    |            | 1468         | <b>54</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-57:** Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col global

| Sitio | Puntaje de BMWP/Col | Calidad       | Significado                      |
|-------|---------------------|---------------|----------------------------------|
| 7A    | 54                  | <b>Dudosa</b> | Aguas moderadamente contaminadas |

Realizado por: Quigla T., 2023

El valor del índice de BMWP/Col para los tres puntos de la laguna, con un valor d determinó una calidad de agua “**dudosa**”, lo que significó que el agua se encontró “moderadamente contaminada “debido a la presencia de familias indicadoras de contaminación de tipo orgánica, tales como Chironomidae, Glossiphoniidae y Tubificidae según Vargas (2018, pp. 9-11).

➤ **Índice Average Score Per Taxon o Puntuación Promedio por Taxa (ASPT)**

**Tabla 4-58:** Cálculo del índice de ASPT de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia         | Puntuación | 7A1 | BMWP/Col | 7A2 | BMWP/Col | 7A3 | BMWP/Col |
|-----------------|------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| Aeshnidae       | 6          | 1   | 6        | 1   |          | 2   | 6        |
| Ceratopogonidae | 3          | 4   | 3        | 10  | 3        |     |          |
| Chironomidae    | 2          | 97  | 2        | 309 | 2        | 176 | 2        |
| Hyaellidae      | 7          | 57  | 7        | 77  | 7        | 243 | 7        |
| Dugesidae       | 6          | 23  | 6        | 7   | 6        | 65  | 6        |

|                     |   |    |             |     |             |    |             |
|---------------------|---|----|-------------|-----|-------------|----|-------------|
| Glossiphoniidae     | 3 | 40 | 3           | 101 | 3           | 24 | 3           |
| Leptoceridae        | 8 | 1  | 8           |     |             |    |             |
| Lumbricidae         | 0 | 5  | 0           | 13  | 0           | 45 | 0           |
| Lymnaeidae          | 4 |    |             | 2   | 4           | 22 | 4           |
| Scirtidae           | 7 |    |             | 1   | 7           |    |             |
| Sphaeriidae         | 4 | 3  | 4           | 8   | 4           | 14 | 4           |
| Tipulidae           | 3 | 2  | 3           |     |             |    |             |
| Tubificidae         | 1 | 38 | 1           | 73  | 1           | 4  | 1           |
| # Taxon             |   | 11 |             | 11  |             | 9  |             |
| Total               |   |    | 43          |     | 37          |    | 33          |
| <b>Total (ASPT)</b> |   |    | <b>3.91</b> |     | <b>3.36</b> |    | <b>3.67</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-59:** Calidad de agua según el valor del índice ASPT (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de ASPT | Calidad        | Significado            |
|-------|-----------------|----------------|------------------------|
| 7A1   | 3.91            | <b>Crítica</b> | Aguas muy contaminadas |
| 7A2   | 3.36            |                |                        |
| 7A3   | 3.67            |                |                        |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del cálculo de ASPT siendo este complementario al BMWP/Col, determinó que la calidad de agua en los 3 puntos fue “**crítica**” lo que significa “aguas muy contaminadas”, cuyo valor fue representado por la presencia de las familias Chironomidae, Glossiphoniidae y Tubificidae, las cuales poseen los puntajes más bajos, debido a la tolerancia que poseen a la contaminación con materia orgánica, según Roldan et al., (2022: p. 570).

**Tabla 4-60:** Cálculo del índice de ASPT global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | BMWP/Col |
|-----------------|------------|--------------|----------|
| Aeshnidae       | 6          | 4            | 6        |
| Ceratopogonidae | 3          | 14           | 3        |
| Chironomidae    | 2          | 582          | 2        |
| Dugesidae       | 6          | 95           | 6        |
| Glossiphoniidae | 3          | 165          | 3        |
| Hyalellidae     | 7          | 377          | 7        |
| Leptoceridae    | 8          | 1            | 8        |
| Lumbricidae     | 0          | 63           | 0        |
| Lymnaeidae      | 4          | 24           | 4        |
| Scirtidae       | 7          | 1            | 7        |

|                     |   |     |             |
|---------------------|---|-----|-------------|
| Sphaeriidae         | 4 | 25  | 4           |
| Tipulidae           | 3 | 2   | 3           |
| Tubificidae         | 1 | 115 | 1           |
| # Taxon             |   | 13  |             |
| Total               |   |     | 54          |
| <b>Total (ASPT)</b> |   |     | <b>4.15</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-61:** Calidad de agua según el valor del índice ASPT global

| Sitio | Puntaje de ASPT | Calidad        | Significado            |
|-------|-----------------|----------------|------------------------|
| 7A    | 4.15            | <b>Critica</b> | Aguas muy contaminadas |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del cálculo de ASPT siendo este complementario al BMWP/Col, determinó que la calidad de agua de los tres puntos muestreados fue “**critica**” lo que significo “aguas muy contaminadas”, cuyo valor fue representado por la presencia de las familias Chironomidae, Glossiphoniidae y Tubificidae, las cuales poseen los puntajes más bajos, debido a la tolerancia que poseen a la contaminación con materia orgánica, según Roldan et al., (2022: p. 570).

➤ **Índice Andean Biotic Index- Índice Biológico Andino (ABI)**

**Tabla 4-62:** Cálculo del índice de ABI de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia         | Puntuación | 7A1 | ABI       | 7A2 | ABI       | 7A3 | ABI       |
|-----------------|------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 1   | 6         | 1   | 6         | 2   | 6         |
| Ceratopogonidae | 4          | 4   | 4         | 10  | 4         |     |           |
| Chironomidae    | 2          | 97  | 2         | 309 | 2         | 176 | 2         |
| Hyalellidae     | 6          | 57  | 6         | 77  | 6         | 243 | 6         |
| Dugesidae       | 5          | 23  | 5         | 7   | 5         | 65  | 5         |
| Glossiphoniidae | 3          | 40  | 3         | 101 | 3         | 24  | 3         |
| Leptoceridae    | 8          | 1   | 8         |     |           |     |           |
| Lumbricidae     | 1          | 5   | 1         | 13  | 1         | 45  | 1         |
| Lymnaeidae      | 3          |     |           | 2   | 3         | 22  | 3         |
| Scirtidae       | 5          |     |           | 1   | 5         |     |           |
| Sphaeriidae     | 3          | 3   | 3         | 8   | 3         | 14  | 3         |
| Tipulidae       | 5          | 2   | 5         |     |           |     |           |
| Tubificidae     | 1          | 38  | 1         | 73  | 1         | 4   | 1         |
| <b>Total</b>    |            |     | <b>44</b> |     | <b>39</b> |     | <b>30</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-63:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de ABI | Calidad         | Significado                      |
|-------|----------------|-----------------|----------------------------------|
| 7A1   | 44             | <b>Moderado</b> | Aguas contaminadas, dudosas      |
| 7A2   | 39             |                 |                                  |
| 7A3   | 30             | <b>Malo</b>     | Aguas muy contaminadas, críticas |

Realizado por: Quigla T., 2023

La calidad de agua por medio del índice de ABI determinó que los puntos 7A1 y 7A2 con un valor de 44 y 39 puntos respectivamente, tuvieron una calidad de agua “**moderado**” lo que significó “agua contaminada-dudosa”, este valor fue obtenido por la presencia de familias como Chironomidae, Dugesiiidae y Glossiphoniidae, cuya tolerancia ante la contaminación es alta y según lo establecido por Vargas (2018, pp. 9-11). Por otro lado, se evidenció que el punto 7A3 con un valor de 30 puntos, su calidad fue “**malo**” lo que significó “aguas muy contaminadas-críticas”, debido a la presencia de Tubificidae, Lumbricidae, y Lymnaeidae que son familias muy tolerantes a la contaminación por materia orgánica, (Vargas, 2018, pp. 9-11).

**Tabla 4-64:** Cálculo del índice de ABI global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | ABI       |
|-----------------|------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 4            | 6         |
| Ceratopogonidae | 4          | 14           | 4         |
| Chironomidae    | 2          | 582          | 2         |
| Dugesiiidae     | 5          | 95           | 5         |
| Glossiphoniidae | 3          | 165          | 3         |
| Hyaellidae      | 6          | 377          | 6         |
| Leptoceridae    | 8          | 1            | 8         |
| Lumbricidae     | 1          | 63           | 1         |
| Lymnaeidae      | 3          | 24           | 3         |
| Scirtidae       | 5          | 1            | 5         |
| Sphaeriidae     | 3          | 25           | 3         |
| Tipulidae       | 5          | 2            | 5         |
| Tubificidae     | 1          | 115          | 1         |
| <b>Total</b>    |            | 1468         | <b>52</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-65:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI global

| Sitio | Puntaje de ABI | Calidad         | Significado                 |
|-------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| 7A    | 52             | <b>Moderado</b> | Aguas contaminadas, dudosas |

Realizado por: Quigla T., 2023

La calidad de agua por medio del índice de ABI determinó un valor de 52 puntos, tuvieron una calidad de agua “**moderado**” lo que significó “agua contaminada-dudosa”, este valor fue obtenido por la presencia de familias como Chironomidae, Dugesiidae y Glossiphoniidae, cuya tolerancia ante la contaminación es alta según lo establecido por Vargas (2018, pp. 9-11).

➤ **Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)**

**Tabla 4-66:** Cálculo del índice de EPT de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia            | 7A1          |           | 7A2          |           | 7A3          |           |
|--------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
|                    | # Individuos | EPT       | # Individuos | EPT       | # Individuos | EPT       |
| Aeshnidae          | 1            | 0         | 1            |           | 2            | 0         |
| Ceratopogonidae    | 4            | 0         | 10           | 0         |              |           |
| Chironomidae       | 97           | 0         | 309          | 0         | 176          | 0         |
| Hyalellidae        | 57           | 0         | 77           | 0         | 243          | 0         |
| Dugesiidae         | 23           | 0         | 7            | 0         | 65           | 0         |
| Glossiphoniidae    | 40           | 0         | 101          | 0         | 24           | 0         |
| Leptoceridae       | 1            | 1         |              |           |              |           |
| Lumbricidae        | 5            | 0         | 13           | 0         | 45           | 0         |
| Lymnaeidae         |              |           | 2            | 0         | 22           | 0         |
| Scirtidae          |              |           | 1            | 0         |              |           |
| Sphaeriidae        | 3            | 0         | 8            | 0         | 14           | 0         |
| Tipulidae          | 2            | 0         |              |           |              |           |
| Tubificidae        | 38           | 0         | 73           | 0         | 4            | 0         |
| Total              | 271          | 1         | 602          | 0         | 595          | 0         |
| <b>Total (EPT)</b> |              | <b>0%</b> |              | <b>0%</b> |              | <b>0%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-67:** Calidad de agua según el valor del índice de EPT (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de EPT (%) | Calidad     |
|-------|--------------------|-------------|
| 7A1   | 0%                 | <b>Mala</b> |
| 7A2   | 0%                 | <b>Mala</b> |
| 7A3   | 0%                 | <b>Mala</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Según los resultados del índice de EPT, se determinó que en los 3 sitios de muestreo, la calidad de agua fue “**mala**” con un valor de **0%**, debido a la ausencia de los ejemplares en los puntos 7A2 y 7A3, por otro lado, en el punto 7A1, hubo presencia de la familia Leptoceridae del orden Trichoptera, sin embargo, su abundancia no fue significativa para este índice.

**Tabla 4-68:** Cálculo del índice de EPT global

| Familias          | # Individuos | EPT       |
|-------------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae         | 4            | 0         |
| Ceratopogonidae   | 14           | 0         |
| Chironomidae      | 582          | 0         |
| Dugesidae         | 95           | 0         |
| Glossiphoniidae   | 165          | 0         |
| Hyalellidae       | 377          | 0         |
| Leptoceridae      | 1            | 1         |
| Lumbricidae       | 63           | 0         |
| Lymnaeidae        | 24           | 0         |
| Scirtidae         | 1            | 0         |
| Sphaeriidae       | 25           | 0         |
| Tipulidae         | 2            | 0         |
| Tubificidae       | 115          | 0         |
| <b>Total</b>      | 1468         | 1         |
| <b>Total, EPT</b> |              | <b>0%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-69:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI global

| Sitio | Puntaje de EPT (%) | Calidad     |
|-------|--------------------|-------------|
| 7A    | 0%                 | <b>Mala</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Según los resultados del índice de EPT, se determinó en los 3 puntos muestreados la calidad de agua fue “**mala**” con un valor de **0%**, debido a la ausencia de los ejemplares de los órdenes EPT.

#### 4.1.2.2 Muestreo de los sitios de visita 2A1-2A2-2A3

- Muestreo 2: 07 de julio del 2023

➤ Índice de Diversidad de Shannon-Weaver

**Tabla 4-70:** Cálculo del índice de Shannon-Weaver (7A1, 7A2, 7A3)

| Familias        | 7A1          |             |             | 7A2          |             |             | 7A3          |             |             |
|-----------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|--------------|-------------|-------------|
|                 | # Individuos | Pi          | Pi*ln (Pi)  | # Individuos | Pi          | Pi*ln (Pi)  | # Individuos | Pi          | Pi*ln (Pi)  |
| Aeshnidae       | 1            | 0.00        | -0.02       |              |             |             | 1            | 0.00        | -0.01       |
| Ceratopogonidae | 4            | 0.02        | -0.07       | 33           | 0.06        | -0.17       | 5            | 0.01        | -0.04       |
| Chironomidae    | 68           | 0.31        | -0.36       | 185          | 0.33        | -0.37       | 193          | 0.30        | -0.36       |
| Dugesiidae      | 7            | 0.03        | -0.11       | 9            | 0.02        | -0.07       | 43           | 0.07        | -0.18       |
| Elmidae         | 1            | 0.00        | -0.02       |              |             |             |              |             |             |
| Glossiphoniidae | 69           | 0.31        | -0.36       | 91           | 0.16        | -0.30       | 1            | 0.00        | -0.01       |
| Gripopterygidae | 1            | 0.00        | -0.02       |              |             |             |              |             |             |
| Hyaellidae      | 44           | 0.20        | -0.32       | 177          | 0.32        | -0.36       | 378          | 0.59        | -0.31       |
| Lumbricidae     | 4            | 0.02        | -0.07       | 45           | 0.08        | -0.20       | 15           | 0.02        | -0.09       |
| Lymnaeidae      | 1            | 0.00        | -0.02       | 5            | 0.01        | -0.04       | 9            | 0.01        | -0.06       |
| Scirtidae       | 1            | 0.00        | -0.02       |              |             |             |              |             |             |
| Sphaeriidae     | 4            | 0.02        | -0.07       | 4            | 0.01        | -0.04       | 1            | 0.00        | -0.01       |
| Tipulidae       | 1            | 0.00        | -0.02       |              |             |             |              |             |             |
| Tubificidae     | 15           | 0.07        | -0.18       | 11           | 0.02        | -0.08       |              |             |             |
| <b>Total</b>    | <b>221</b>   | <b>1.00</b> | <b>1.70</b> | <b>560</b>   | <b>1.00</b> | <b>1.62</b> | <b>646</b>   | <b>1.00</b> | <b>1.07</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos en los 3 puntos de muestreo, determinó que el punto 7A1 y 7A2, con un valores de  $H' = 1.70$  y  $H' = 1.62$  respectivamente, tuvieron una diversidad de macroinvertebrados de nivel “**medio**”, al encontrarse entre los rangos de 1.6-3.0 de acuerdo con Yáñez (2014, p. 149); en base al punto 7A3, su diversidad fue de nivel “**bajo**”, con un valor de  $H' = 1.07$ , el cual se encontró entre los rangos de 0.1-1.5 lo cual otorgó esta característica.

**Tabla 4-71:** Calidad de agua según el valor del índice de Shannon-Weaver (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Riqueza | Abundancia | D. Shannon | Diversidad | Calidad basada en Wilhm y Dorris (1968) | Calidad basada en Staub et al., (1970) |
|-------|---------|------------|------------|------------|---|--|
| 7A1   | 14      | 221        | 1.7        | Media      | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |
| 7A2   | 9       | 560        | 1.6        |            | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |
| 7A3   | 9       | 646        | 1.1        | Baja       | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |

Realizado por: Quigla T., 2023

En base al resultado obtenido del índice de Shannon-Weaver, se determinó que los 3 puntos de muestreo tuvieron una “contaminación de agua moderada”, establecida así por los índices de calidad de Wilhm y Dorris (1968) y Staub et al., (1970).

**Tabla 4-72:** Cálculo del índice de Shannon-Weaver global

| Familias        | # Individuos | Pi       | Pi*ln (Pi)  |
|-----------------|--------------|----------|-------------|
| Aeshnidae       | 2            | 0.00     | -0.01       |
| Ceratopogonidae | 42           | 0.03     | -0.10       |
| Chironomidae    | 446          | 0.31     | -0.36       |
| Dugesiiidae     | 59           | 0.04     | -0.13       |
| Elmidae         | 1            | 0.00     | -0.01       |
| Glossiphoniidae | 161          | 0.11     | -0.25       |
| Gripopterygidae | 1            | 0.00     | -0.01       |
| Hyalellidae     | 599          | 0.42     | -0.36       |
| Lumbricidae     | 64           | 0.04     | -0.14       |
| Lymnaeidae      | 15           | 0.01     | -0.05       |
| Scirtidae       | 1            | 0.00     | -0.01       |
| Sphaeriidae     | 9            | 0.01     | -0.03       |
| Tipulidae       | 1            | 0.00     | -0.01       |
| Tubificidae     | 26           | 0.02     | -0.07       |
| <b>Total</b>    | <b>1427</b>  | <b>1</b> | <b>1.53</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados del índice de Shannon Weaver a nivel de los tres puntos muestreados, con un valor de  $H' = 1.53$ , determinó una diversidad “baja”, al encontrarse entre los rangos de 0.1-1.5 según lo establecido por Yáñez (2014, p. 149).

**Tabla 4-73:** Calidad de agua según el índice de Shannon-Weaver global

| Sitio | Riqueza | Abundancia | D. Shannon | Diversidad | Calidad basada en Wilhm y Dorris (1968) | Calidad basada en Staub et al., (1970) |
|-------|---------|------------|------------|------------|---|--|
| 7A    | 14      | 1427       | 1.53       | Baja       | Contaminación moderada                  | Contaminación moderada                 |

Realizado por: Quigla T., 2023

El resultado obtenido determinó que los tres puntos de muestreo de la laguna tenían una calidad de agua “baja”, lo que significó una contaminación moderada según los dos criterios establecidos por Wilhm y Dorris (1968) y Staub (1970).

➤ *Índice de dominancia de Simpson ( $\delta$ )*

**Tabla 4-74:** Cálculo del índice de Simpson por puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familias         | 7A1          |          |                 | 7A2          |          |                 | 7A3          |          |                 |
|------------------|--------------|----------|-----------------|--------------|----------|-----------------|--------------|----------|-----------------|
|                  | # Individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> | # Individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> | # Individuos | Pi       | Pi <sup>2</sup> |
| Aeshnidae        | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 | 1            | 0.00     | 0.00            |
| Ceratopogonidae  | 4            | 0.02     | 0.00            | 33           | 0.06     | 0.00            | 5            |          |                 |
| Chironomidae     | 68           | 0.31     | 0.09            | 185          | 0.33     | 0.11            | 193          | 0.30     | 0.09            |
| Hyalellidae      | 44           | 0.20     | 0.04            | 177          | 0.32     | 0.10            | 378          | 0.59     | 0.34            |
| Dugesiiidae      | 7            | 0.03     | 0.00            | 9            | 0.02     | 0.00            | 43           | 0.07     | 0.00            |
| Elmidae          | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 |              | 0.00     | -               |
| Glossiphoniidae  | 69           | 0.31     | 0.10            | 91           | 0.16     | 0.03            | 1            |          |                 |
| Gripopterygidae  | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 |              | 0.00     | -               |
| Lumbricidae      | 4            | 0.02     | 0.00            | 45           | 0.08     | 0.01            | 15           | 0.02     | 0.00            |
| Lymnaeidae       | 1            | 0.00     | 0.00            | 5            | 0.01     | 0.00            | 9            | 0.01     | 0.00            |
| Scirtidae        | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 |              | 0.00     | -               |
| Sphaeriidae      | 4            | 0.02     | 0.00            | 4            | 0.01     | 0.00            | 1            |          |                 |
| Tipulidae        | 1            | 0.00     | 0.00            |              |          |                 |              | 0.00     | -               |
| Tubificidae      | 15           | 0.07     | 0.00            | 11           | 0.02     | 0.00            |              |          |                 |
| <b>Total 1-D</b> | <b>221</b>   | <b>1</b> | <b>0.76</b>     | <b>560</b>   | <b>1</b> | <b>0.75</b>     | <b>646</b>   | <b>1</b> | <b>0.56</b>     |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos con Simpson 1-D, determinaron que los puntos 7A1 y 7A2 con valores de  $D=0.76$  y  $D=0.75$  respectivamente, tuvieron una dominancia de macroinvertebrados “alta” debido a que sus valores fueron mayores a 0.66 y en base al punto 7A3 con un valor de  $D=0.56$  determino una diversidad “media” al encontrarse entre los rangos de 0.34 a 0.66 lo que confiere esta característica según lo establecido por Yáñez (2014, p. 146).

**Tabla 4-75:** Cálculo del índice de Simpson global

| Familias        | # Individuos | Pi   | Pi <sup>2</sup> |
|-----------------|--------------|------|-----------------|
| Aeshnidae       | 2            | 0.00 | 0.00            |
| Ceratopogonidae | 42           | 0.03 | 0.00            |
| Chironomidae    | 446          | 0.31 | 0.10            |
| Dugesiiidae     | 59           | 0.04 | 0.00            |

|                  |             |          |             |
|------------------|-------------|----------|-------------|
| Elmidae          | 1           | 0.00     | 0.00        |
| Glossiphoniidae  | 161         | 0.11     | 0.01        |
| Griopterygidae   | 1           | 0.00     | 0.00        |
| Hyalellidae      | 599         | 0.42     | 0.18        |
| Lumbricidae      | 64          | 0.04     | 0.00        |
| Lymnaeidae       | 15          | 0.01     | 0.00        |
| Scirtidae        | 1           | 0.00     | 0.00        |
| Sphaeriidae      | 9           | 0.01     | 0.00        |
| Tipulidae        | 1           | 0.00     | 0.00        |
| Tubificidae      | 26          | 0.02     | 0.00        |
| <b>Total 1-D</b> | <b>1427</b> | <b>1</b> | <b>0.71</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los resultados obtenidos con Simpson 1-D, determinaron que los 3 puntos muestreados con un valor D=0.71, tuvieron una diversidad de macroinvertebrados “alta”, debido a que sus valores fueron superiores a 0,66, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 146).

➤ *Índice de riqueza específica de Margalef*

**Tabla 4-76:** Cálculo del índice de Margalef por punto de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia             | 7A1         | 7A2         | 7A3         |
|---------------------|-------------|-------------|-------------|
| Aeshnidae           | 1           |             | 1           |
| Ceratopogonidae     | 4           | 33          | 5           |
| Chironomidae        | 68          | 185         | 193         |
| Hyalellidae         | 44          | 177         | 378         |
| Dugesidae           | 7           | 9           | 43          |
| Elmidae             | 1           |             |             |
| Glossiphoniidae     | 69          | 91          | 1           |
| Griopterygidae      | 1           |             |             |
| Lumbricidae         | 4           | 45          | 15          |
| Lymnaeidae          | 1           | 5           | 9           |
| Scirtidae           | 1           |             |             |
| Sphaeriidae         | 4           | 4           | 1           |
| Tipulidae           | 1           |             |             |
| Tubificidae         | 15          | 11          |             |
| S (# familias)      | 14          | 9           | 9           |
| N (# total de ind.) | 221         | 560         | 646         |
| <b>S-1/ln(N)</b>    | <b>2.41</b> | <b>1.26</b> | <b>1.24</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Los valores obtenidos en el índice de Margalef determinaron que en los 3 puntos de muestreo 7A2, y 7A3, la riqueza de especies de macroinvertebrados es “**baja**”, al encontrarse entre los rangos de 0 a 1.9 lo cual confiere esta característica, y riqueza “**media**” al 7A1, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 145).

**Tabla 4-77:** Cálculo del índice de Margalef global

| Familias                              | # Individuos |
|---------------------------------------|--------------|
| Aeshnidae                             | 2            |
| Ceratopogonidae                       | 42           |
| Chironomidae                          | 446          |
| Dugesidae                             | 59           |
| Elmidae                               | 1            |
| Glossiphoniidae                       | 161          |
| Gripopterygidae                       | 1            |
| Hyaellidae                            | 599          |
| Lumbricidae                           | 64           |
| Lymnaeidae                            | 15           |
| Scirtidae                             | 1            |
| Sphaeriidae                           | 9            |
| Tipulidae                             | 1            |
| Tubificidae                           | 26           |
| S (# familias)                        | 14           |
| N (# total de ind.)                   | 1427         |
| <b><math>D_{Mg}=S-1/\ln(N)</math></b> | <b>1.79</b>  |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

Los valores obtenidos en el índice de Margalef determinaron que los 3 puntos de muestreo, con un valor de  $D_{Mg}=1.79$ , la riqueza de especies de macroinvertebrados es “**baja**”, al encontrarse entre los rangos de 0 a 1.9 lo cual confiere esta característica, según lo establecido por Yáñez (2014, p. 145).

➤ ***Índice de similitud de Sorensen y Jaccard***

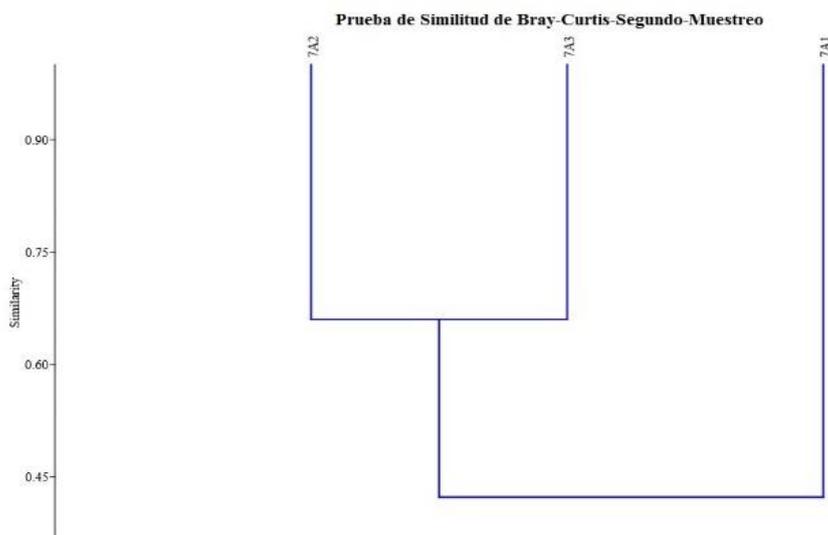
**Tabla 4-78:** Cálculo del índice de Sorensen (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia         | 7A1 | 7A2 | 7A3 | Presencia de familias |     |     | Similitud de familias entre puntos |           |           |
|-----------------|-----|-----|-----|-----------------------|-----|-----|------------------------------------|-----------|-----------|
|                 |     |     |     | 7A1                   | 7A2 | 7A3 | 7A1 y 7A2                          | 7A1 y 7A3 | 7A2 y 7A3 |
| Aeshnidae       | 1   | 0   | 1   | 1                     | 0   | 1   | 0                                  | 1         | 0         |
| Ceratopogonidae | 4   | 33  | 5   | 1                     | 1   | 1   | 1                                  | 1         | 1         |

|                           |    |     |     |    |   |   |              |              |              |
|---------------------------|----|-----|-----|----|---|---|--------------|--------------|--------------|
| Chironomidae              | 68 | 185 | 193 | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Hyalellidae               | 44 | 177 | 378 | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Dugesiiidae               | 7  | 9   | 43  | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Elmidae                   | 1  | 0   | 0   | 1  | 0 | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Glossiphoniidae           | 69 | 91  | 1   | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Gripopterygidae           | 1  | 0   | 0   | 1  | 0 | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Lumbricidae               | 4  | 45  | 15  | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Lymnaeidae                | 1  | 5   | 9   | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Scirtidae                 | 1  | 0   | 0   | 1  | 0 | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Sphaeriidae               | 4  | 4   | 1   | 1  | 1 | 1 | 1            | 1            | 1            |
| Tipulidae                 | 1  | 0   | 0   | 1  | 0 | 0 | 0            | 0            | 0            |
| Tubificidae               | 15 | 11  | 0   | 1  | 1 | 0 | 1            | 0            | 0            |
| N.º de familias por punto |    |     |     | 14 | 9 | 9 |              |              |              |
| N.º de familias en común  |    |     |     |    |   |   | 9            | 9            | 8            |
| <b>I. de Sorensen</b>     |    |     |     |    |   |   | <b>78.26</b> | <b>78.26</b> | <b>88.89</b> |
| <b>I. de Jaccard</b>      |    |     |     |    |   |   | <b>64.29</b> | <b>64.29</b> | <b>80.00</b> |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

El cálculo de los índices de Sorensen y Jaccard, determinaron que los sitios con mayor similitud en cuanto a familias encontradas, fueron los puntos 7A2 y 7A3 con un valor de 88.89% para Sorensen y 80% para Jaccard estableciendo así, la similitud en cuanto a composición de especies de macroinvertebrados; por otro lado los sitios con menor similitud fueron los puntos 7A1 y 7A2; y 7A1 y 7A3; con 78.26% para Sorensen y 64.29% para Jaccard, dejando en claro que para este último la presencia de familias difiere de forma significativa a comparación con el de Sorensen.



**Ilustración 4-11:** Dendrograma de similitud del Bray-Curtis

**Realizado por:** Quigla T., 2023

La prueba de similitud Bray-Curtis, determinó que, entre los tres puntos de muestreo, los puntos 7A2 y 7A3 tuvieron una mayor similitud, siendo esta 66% de similitud de macroinvertebrados.

➤ **Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)**

**Tabla 4-79:** Cálculo del índice de BMWP/Col de los 3 puntos de muestreo (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia         | Puntuación | 7A1 | BMWP/Col  | 7A2 | BMWP/Col  | 7A3 | BMWP/Col  |
|-----------------|------------|-----|-----------|-----|-----------|-----|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 1   | 6         |     |           | 1   | 6         |
| Ceratopogonidae | 3          | 4   | 3         | 33  | 3         | 5   | 3         |
| Chironomidae    | 2          | 68  | 2         | 185 | 2         | 193 | 2         |
| Hyaellidae      | 7          | 44  | 7         | 177 | 7         | 378 | 7         |
| Dugesidae       | 6          | 7   | 6         | 9   | 6         | 43  | 6         |
| Elmidae         | 6          | 1   | 6         |     |           |     |           |
| Glossiphoniidae | 3          | 69  | 3         | 91  | 3         | 1   | 3         |
| Gripopterygidae | 10         | 1   | 10        |     |           |     |           |
| Lumbricidae     | 0          | 4   | 0         | 45  | 0         | 15  | 0         |
| Lymnaeidae      | 4          | 1   | 4         | 5   | 4         | 9   | 4         |
| Scirtidae       | 7          | 1   | 7         |     |           |     |           |
| Sphaeriidae     | 4          | 4   | 4         | 4   | 4         | 1   | 4         |
| Tipulidae       | 3          | 1   | 3         |     |           |     |           |
| Tubificidae     | 1          | 15  | 1         | 11  | 1         |     |           |
| <b>Total</b>    |            | 221 | <b>62</b> | 560 | <b>30</b> | 646 | <b>35</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-80:** Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de BMWP/Col | Calidad          | Significado                    |
|-------|---------------------|------------------|--------------------------------|
| 7A1   | 62                  | <b>Aceptable</b> | Aguas ligeramente contaminadas |
| 7A2   | 30                  | <b>Crítica</b>   | Aguas muy contaminadas         |
| 7A3   | 35                  |                  |                                |

Realizado por: Quigla T., 2023

La calidad de agua por medio del índice de BMWP/Col, determinó que el punto 7A1 con un valor de 62 puntos, tuvo una calidad de agua **“aceptable”** lo que significó “agua ligeramente contaminada”, este valor fue obtenido por la presencia de familias que se encuentran en hábitats de poca contaminación, tales como Gripopterygidae, Hyaellidae y Scirtidae en base a lo establecido por Vargas (2018, pp. 9-11). Por otro lado, se evidenció que en los puntos 7A2 y 7A3 su calidad fue **“crítica”**, lo que significó “aguas muy contaminadas”, debido a la presencia de la

familia Chironomidae, Glossiphoniidae y Tubificidae siendo estas las más abundantes y cuyo valor fue muy bajos, según Roldan et al., (2022: p. 570).

**Tabla 4-81:** Cálculo del índice de BMWP/Col global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | BMWP/Col  |
|-----------------|------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 2            | 6         |
| Ceratopogonidae | 3          | 42           | 3         |
| Chironomidae    | 2          | 446          | 2         |
| Dugesiidae      | 6          | 59           | 6         |
| Elmidae         | 6          | 1            | 6         |
| Glossiphoniidae | 3          | 161          | 3         |
| Griopterygidae  | 10         | 1            | 10        |
| Hyaellidae      | 7          | 599          | 7         |
| Lumbricidae     | 0          | 64           | 0         |
| Lymnaeidae      | 4          | 15           | 4         |
| Scirtidae       | 7          | 1            | 7         |
| Sphaeriidae     | 4          | 9            | 4         |
| Tipulidae       | 3          | 1            | 3         |
| Tubificidae     | 1          | 26           | 1         |
| <b>Total</b>    |            | <b>1427</b>  | <b>62</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-82:** Calidad de agua según el valor del índice de BMWP/Col global

| Sitio | Puntaje de BMWP/Col | Calidad    | Significado                    |
|-------|---------------------|------------|--------------------------------|
| 7A    | 62                  | Acceptable | Aguas ligeramente contaminadas |

Realizado por: Quigla T., 2023

El índice de BMWP/Col, determinó que los tres puntos muestreados de la laguna, con un valor de 62 puntos, tuvo una calidad de agua “**acceptable**” lo que significó “agua ligeramente contaminada”, debido a la presencia de familias que se encuentran en hábitats de poca contaminación, tales como Griopterygidae, Hyaellidae y Scirtidae según Vargas (2018, pp. 9-11).

➤ **Índice Average Score Per Taxon o Puntuación Promedio por Taxa (ASPT)**

**Tabla 4-83:** Cálculo del índice de ASPT con familias de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3)

| Familia   | Puntuación | 7A1 | BMWP/Col | 7A2 | BMWP/Col | 7A3 | BMWP/Col |
|-----------|------------|-----|----------|-----|----------|-----|----------|
| Aeshnidae | 6          | 1   | 6        |     |          | 1   | 6        |

|                     |    |    |             |     |             |     |             |
|---------------------|----|----|-------------|-----|-------------|-----|-------------|
| Ceratopogonidae     | 3  | 4  | 3           | 33  | 3           | 5   | 3           |
| Chironomidae        | 2  | 68 | 2           | 185 | 2           | 193 | 2           |
| Hyalellidae         | 7  | 44 | 7           | 177 | 7           | 378 | 7           |
| Dugesidae           | 6  | 7  | 6           | 9   | 6           | 43  | 6           |
| Elmidae             | 6  | 1  | 6           |     |             |     |             |
| Glossiphoniidae     | 3  | 69 | 3           | 91  | 3           | 1   | 3           |
| Gripopterygidae     | 10 | 1  | 10          |     |             |     |             |
| Lumbricidae         | 0  | 4  | 0           | 45  | 0           | 15  | 0           |
| Lymnaeidae          | 4  | 1  | 4           | 5   | 4           | 9   | 4           |
| Scirtidae           | 7  | 1  | 7           |     |             |     |             |
| Sphaeriidae         | 4  | 4  | 4           | 4   | 4           | 1   | 4           |
| Tipulidae           | 3  | 1  | 3           |     |             |     |             |
| Tubificidae         | 1  | 15 | 1           | 11  | 1           |     |             |
| # Taxon             |    | 14 |             | 9   |             | 9   |             |
| Total               |    |    | 62          |     | 30          |     | 35          |
| <b>Total (ASPT)</b> |    |    | <b>4.43</b> |     | <b>3.33</b> |     | <b>3.89</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-84:** Calidad de agua según el valor del índice ASPT (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de ASPT | Calidad        | Significado            |
|-------|-----------------|----------------|------------------------|
| 7A1   | 4.43            | <b>Critica</b> | Aguas muy contaminadas |
| 7A2   | 3.33            |                |                        |
| 7A3   | 3.89            |                |                        |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del cálculo de ASPT siendo este complementario al BMWP/Col, determinó que la calidad de agua en los 3 puntos fue “**crítica**” lo que significó “aguas muy contaminadas”, cuyo valor fue representado por la presencia de las familias Chironomidae, Glossiphoniidae y Tubificidae, las cuales poseen los puntajes más bajos, debido a la tolerancia que poseen a la contaminación, según Roldan et al., (2022: p. 570).

**Tabla 4-85:** Cálculo del índice de ASPT global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | BMWP/Col |
|-----------------|------------|--------------|----------|
| Aeshnidae       | 6          | 2            | 6        |
| Ceratopogonidae | 3          | 42           | 3        |
| Chironomidae    | 2          | 446          | 2        |
| Dugesidae       | 6          | 59           | 6        |
| Elmidae         | 6          | 1            | 6        |
| Glossiphoniidae | 3          | 161          | 3        |
| Gripopterygidae | 10         | 1            | 10       |

|                     |   |     |             |
|---------------------|---|-----|-------------|
| Hyaellidae          | 7 | 599 | 7           |
| Lumbricidae         | 0 | 64  | 0           |
| Lymnaeidae          | 4 | 15  | 4           |
| Scirtidae           | 7 | 1   | 7           |
| Sphaeriidae         | 4 | 9   | 4           |
| Tipulidae           | 3 | 1   | 3           |
| Tubificidae         | 1 | 26  | 1           |
| # Taxon             |   | 14  |             |
| Total               |   |     | 62          |
| <b>Total (ASPT)</b> |   |     | <b>4.43</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-86:** Calidad de agua según el valor del índice ASPT global

| Sitio | Puntaje de ASPT | Calidad        | Significado            |
|-------|-----------------|----------------|------------------------|
| 7A    | 4.43            | <b>Crítica</b> | Aguas muy contaminadas |

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del cálculo de ASPT siendo este complementario al BMWP/Col, determinó que la calidad de agua de los tres puntos fue “**crítica**” lo que significa “aguas muy contaminadas”, debido a la tolerancia de familias como Tubificidae, Glossiphoniidae y Chironomidae que poseen a la contaminación, según Roldan et al., (2022: p. 570).

➤ **Índice Andean Biotic Index- Índice Biológico Andino (ABI)**

**Tabla 4-87:** Cálculo del índice de ABI de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3) de muestreo

| Familia         | Puntuación | 7A1 | ABI | 7A2 | ABI | 7A3 | ABI |
|-----------------|------------|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Aeshnidae       | 6          | 1   | 6   |     |     | 1   | 6   |
| Ceratopogonidae | 4          | 4   | 4   | 33  | 4   | 5   | 4   |
| Chironomidae    | 2          | 68  | 2   | 185 | 2   | 193 | 2   |
| Hyaellidae      | 6          | 44  | 6   | 177 | 6   | 378 | 6   |
| Dugesidae       | 5          | 7   | 5   | 9   | 5   | 43  | 5   |
| Elmidae         | 5          | 1   | 5   |     |     |     |     |
| Glossiphoniidae | 3          | 69  | 3   | 91  | 3   | 1   | 3   |
| Gripopterygidae | 10         | 1   | 10  |     |     |     |     |
| Lumbricidae     | 1          | 4   | 1   | 45  | 1   | 15  | 1   |
| Lymnaeidae      | 3          | 1   | 3   | 5   | 3   | 9   | 3   |
| Scirtidae       | 5          | 1   | 5   |     |     |     |     |
| Sphaeriidae     | 3          | 4   | 3   | 4   | 3   | 1   | 3   |
| Tipulidae       | 5          | 1   | 5   |     |     |     |     |

|              |   |    |           |    |           |           |
|--------------|---|----|-----------|----|-----------|-----------|
| Tubificidae  | 1 | 15 | 1         | 11 | 1         | 1         |
| <b>Total</b> |   |    | <b>59</b> |    | <b>28</b> | <b>33</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-88:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de ABI | Calidad         | Significado                      |
|-------|----------------|-----------------|----------------------------------|
| 7A1   | 59             | <b>Moderado</b> | Aguas contaminadas, dudosas      |
| 7A2   | 28             | <b>Malo</b>     | Aguas muy contaminadas, críticas |
| 7A3   | 33             |                 |                                  |

Realizado por: Quigla T., 2023

La calidad de agua por medio del índice de ABI determinó que el punto 7A1 con 59 puntos, tuvo una calidad de agua “**moderado**” lo que significó “agua contaminada-dudosa”, este valor fue obtenido por la presencia de familias como Chironomidae, Hyalellidae, y Glossiphoniidae, cuya tolerancia ante la contaminación es alta, según lo establecido por Vargas (2018, pp. 9-11). Por otro lado, se evidenció que en los puntos 7A2 y 7A3 su calidad fue “**malo**”, “aguas muy contaminadas-críticas”, debido a la presencia de Tubificidae, Lumbricidae, y Lymnaeidae que son familias muy tolerantes a la contaminación por materia orgánica, (Vargas, 2018, pp. 9-11).

**Tabla 4-89:** Cálculo del índice de ABI global

| Familias        | Puntuación | # Individuos | ABI       |
|-----------------|------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae       | 6          | 2            | 6         |
| Ceratopogonidae | 4          | 42           | 4         |
| Chironomidae    | 2          | 446          | 2         |
| Dugesiiidae     | 5          | 59           | 5         |
| Elmidae         | 5          | 1            | 5         |
| Glossiphoniidae | 3          | 161          | 3         |
| Gripopterygidae | 10         | 1            | 10        |
| Hyalellidae     | 6          | 599          | 6         |
| Lumbricidae     | 1          | 64           | 1         |
| Lymnaeidae      | 3          | 15           | 3         |
| Scirtidae       | 5          | 1            | 5         |
| Sphaeriidae     | 3          | 9            | 3         |
| Tipulidae       | 5          | 1            | 5         |
| Tubificidae     | 1          | 26           | 1         |
| <b>Total</b>    |            | 1427         | <b>59</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-90:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI global

| Sitio | Puntaje de ABI | Calidad         | Significado                 |
|-------|----------------|-----------------|-----------------------------|
| 7A    | 59             | <b>Moderado</b> | Aguas contaminadas, dudosas |

Realizado por: Quigla T., 2023

La calidad de agua por medio del índice de ABI determinó que los tres puntos de la laguna, con un valor de 59 puntos, tuvieron una calidad de agua “**moderado**” lo que significó “agua contaminada-dudosa”, este valor fue obtenido por la presencia de familias como Chironomidae, Dugesiiidae y Glossiphoniidae, cuya tolerancia ante la contaminación es alta y sus valores designados son bajos, según lo establecido por Vargas (2018, pp. 9-11).

➤ **Índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT)**

**Tabla 4-91:** Cálculo del índice de EPT de los 3 puntos (7A1, 7A2, 7A3) de muestreo

| Familia            | 7A1          |           | 7A2          |           | 7A3          |           |
|--------------------|--------------|-----------|--------------|-----------|--------------|-----------|
|                    | # Individuos | EPT       | # Individuos | EPT       | # Individuos | EPT       |
| Aeshnidae          | 1            | 0         |              |           | 1            | 0         |
| Ceratopogonidae    | 4            | 0         | 33           | 0         | 5            | 0         |
| Chironomidae       | 68           | 0         | 185          | 0         | 193          | 0         |
| Hyaellidae         | 44           | 0         | 177          | 0         | 378          | 0         |
| Dugesiiidae        | 7            | 0         | 9            | 0         | 43           | 0         |
| Elmidae            | 1            | 0         |              |           |              |           |
| Glossiphoniidae    | 69           | 0         | 91           | 0         | 1            | 0         |
| Gripopterygidae    | 1            | 1         |              |           |              |           |
| Lumbricidae        | 4            | 0         | 45           | 0         | 15           | 0         |
| Lymnaeidae         | 1            | 0         | 5            | 0         | 9            | 0         |
| Scirtidae          | 1            | 0         |              |           |              |           |
| Sphaeriidae        | 4            | 0         | 4            | 0         | 1            | 0         |
| Tipulidae          | 1            | 0         |              |           |              |           |
| Tubificidae        | 15           | 0         | 11           | 0         |              |           |
| Total              | 221          | 1         | 560          | 0         | 646          | 0         |
| <b>Total (EPT)</b> |              | <b>0%</b> |              | <b>0%</b> |              | <b>0%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-92:** Calidad de agua según el valor del índice de EPT (7A1, 7A2, 7A3)

| Sitio | Puntaje de EPT (%) | Calidad     |
|-------|--------------------|-------------|
| 7A1   | 0%                 | <b>mala</b> |
| 7A2   | 0%                 | <b>mala</b> |
| 7A3   | 0%                 | <b>mala</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

Según los resultados del índice de EPT, se determinó que en los 3 sitios de muestreo la calidad de agua fue “**mala**” con un valor de **0%**, debido a la ausencia de los ejemplares en los puntos 7A2 y 7A3, por otro lado, en el punto 7A1, hubo presencia de la familia Gripopterygidae del orden Plecóptera, sin embargo, su abundancia no fue significativa para este índice.

**Tabla 4-93:** Cálculo del índice de EPT global

| Familias          | # Individuos | EPT       |
|-------------------|--------------|-----------|
| Aeshnidae         | 2            | 0         |
| Ceratopogonidae   | 42           | 0         |
| Chironomidae      | 446          | 0         |
| Dugesidae         | 59           | 0         |
| Elmidae           | 1            | 0         |
| Glossiphoniidae   | 161          | 0         |
| Gripopterygidae   | 1            | 1         |
| Hyalellidae       | 599          | 0         |
| Lumbricidae       | 64           | 0         |
| Lymnaeidae        | 15           | 0         |
| Scirtidae         | 1            | 0         |
| Sphaeriidae       | 9            | 0         |
| Tipulidae         | 1            | 0         |
| Tubificidae       | 26           | 0         |
| Total             | 1427         | 1         |
| <b>Total, EPT</b> |              | <b>0%</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

**Tabla 4-94:** Calidad de agua según el valor del índice de ABI global

| Sitio | Puntaje de EPT (%) | Calidad     |
|-------|--------------------|-------------|
| 7A    | 0%                 | <b>mala</b> |

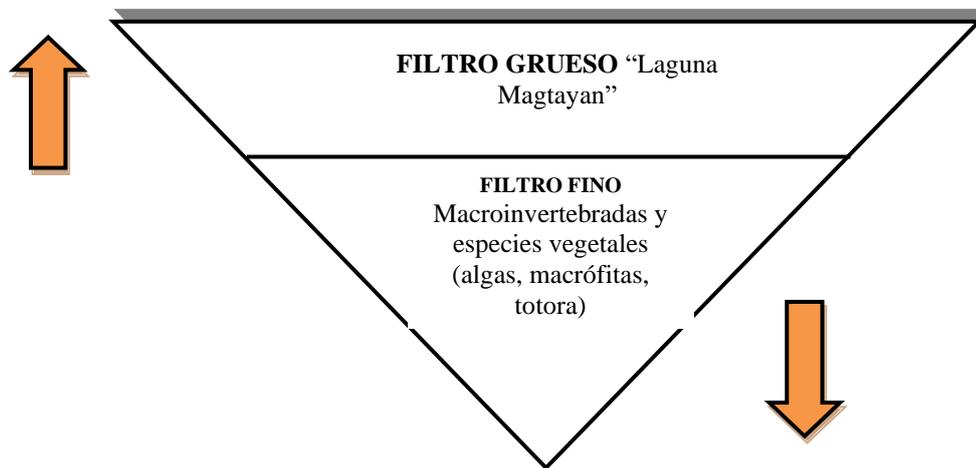
Realizado por: Quigla T., 2023

Según los resultados del índice de EPT, se determinó en los 3 puntos muestreados la calidad de agua fue “**mala**” con un valor de **0%**, debido a la ausencia de los ejemplares de los órdenes EPT.

#### **4.1.3 Formular medidas de manejo ambiental para conservar y aprovechar la laguna Magtayan.**

##### **4.1.3.1 Identificación del objeto de conservación de la laguna Magtayan**

Es considerado el ecosistema macro clave, debido a que abarca un gran número de especies de macroinvertebrados y especies de flora usados como bioindicadores de calidad de agua, además que los cuerpos de agua ayudan a mantener el equilibrio ecológico del ecosistema por ende su importancia.



**Ilustración 4-12:** Esquema de identificación del objeto de conservación

Realizado por: Quigla T., 2023

Los macroinvertebrados y macrófitos son especies vulnerables a cambios ambientales, causados por acciones antrópicas que deterioran su hábitat, disminuyendo así la capacidad de mantener la calidad de agua, por ende, la importancia de preservar y conservar los cuerpos de agua en óptimas condiciones es para su supervivencia.

4.1.3.2 Identificación de las amenazas directas e indirectas en los puntos de muestreo

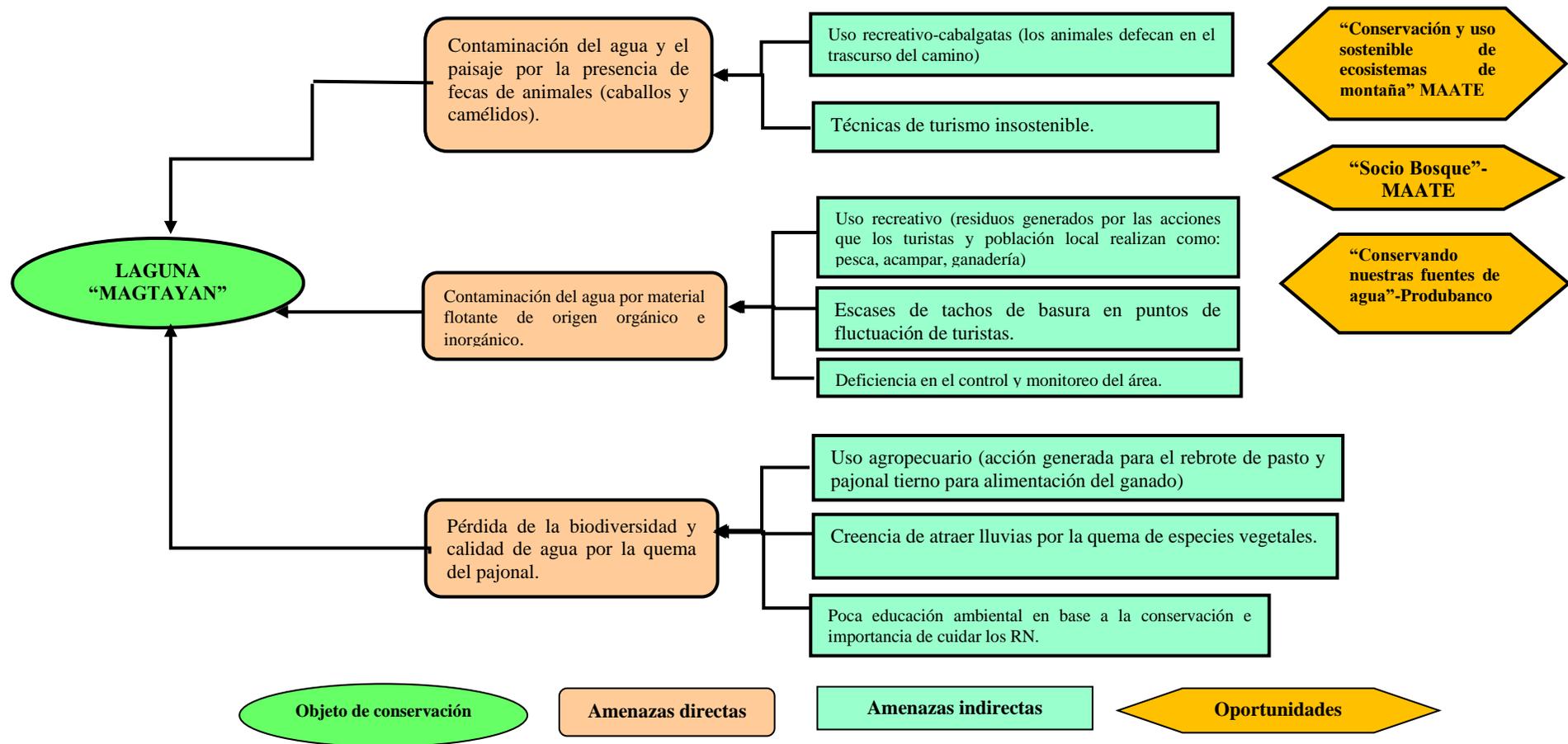
**Tabla 4-95:** Amenazas directas e indirectas de cada punto de muestreo de la laguna

| Sitio | Amenazas directas-presiones   | Amenazas indirectas-fuentes de presión  |
|-------|---|---|
| 7A1   | Contaminación del agua y el paisaje por la presencia de fecas de caballo.                               | Uso recreativo- cabalgatas (realizadas por turistas y población local, en donde los équidos defecan en el transcurso del camino)  |
|       | Contaminación del agua por material flotante de origen orgánico e inorgánico.                           | Aplicación de técnicas de turismo insostenible.   |
|       | Alteración de la condición es del suelo, por la quema pajonal al borde de la laguna.                    | Uso recreativo-acampar-baños espirituales (generados por acciones como la cocción e ingesta de alimentos, pesca y rituales, que los turistas o población local generan al momento de acampar, lo cual lo genera la poca vigilancia. |
|       | Degradación del suelo y escurrimiento de contaminantes al agua, por fogatas en lugares no permitidos.   | Escases de tachos de basura en puntos de fluctuación de turistas.   |
|       | Pérdida de la biodiversidad acuática por el uso de barbasco y productos químicos empleados en la pesca. | Uso agropecuario (generado para producir nuevos rebrotes de pasto o pajonal tierno, para alimentación del ganado.)  |
|       | Poca educación ambiental en base a la conservación e importancia de cuidar los recursos naturales.      | Uso recreativo-acampar (lo realizan con el fin de disminuir el frio, cocción de alimentos, ahuyentar animales)  |
| 7A2   | Contaminación del agua y el paisaje por la presencia de fecas de camélidos.                             | Uso recreativo-pesca deportiva (uso de sustancias ajenas o nocivas como el barbasco, que se emplean para atrapar de forma más rápida y sencilla a los peces)  |
|       | Alteración de la condición es del suelo, por la quema del pajonal al                                    | Deficiencia en el control y monitoreo del área.   |
|       | Alteración de la condición es del suelo, por la quema del pajonal al                                    | Expansión de la frontera agrícola-creencia de que la quema de pajonal u otra especie vegetal atrae  |

|            |  |   |
|------------|--|---|
|            | borde y fuera de la laguna.  | la lluvia.  |
|            | Contaminación de la laguna por material flotante y desechos sólidos.                           | Residuos que son generados por las acciones que los turistas y población local realizan como acampar, pesca, ganadería entre otras. |
| <b>7A3</b> | Pérdida de la biodiversidad y calidad de agua por la quema del pajonal alrededor de la laguna. | Generar nuevos rebrotes de pasto para alimentación de ganado.   |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

4.1.3.3 Análisis de amenazas del objeto de conservación



**Ilustración 4-13:** Identificación de amenazas directas e indirectas

Realizado por: Quigla T., 2023

4.1.3.4 Objetivos, estrategias y resultados para el objeto de conservación

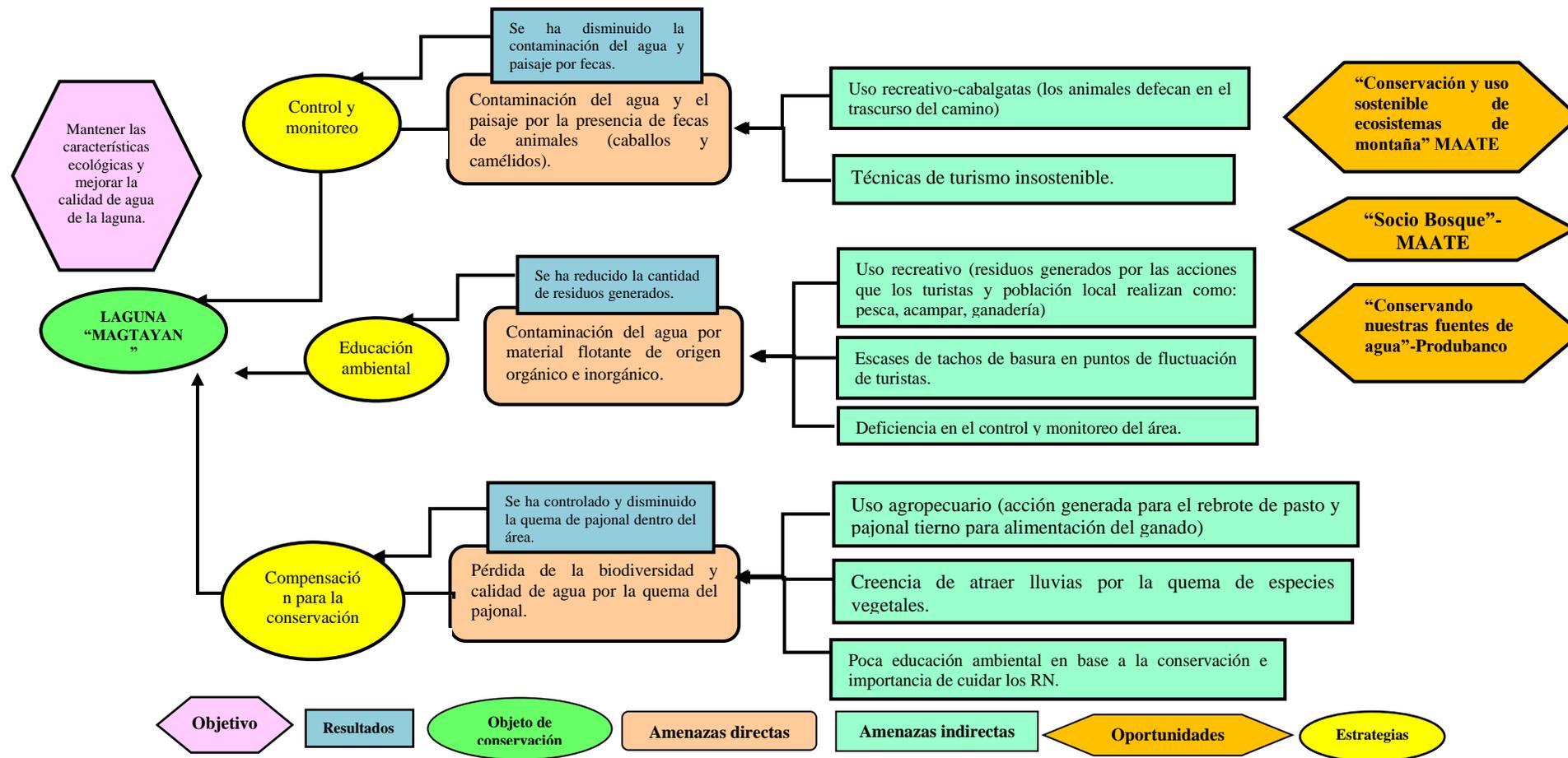


Ilustración 4-14: Estructuración de lineamientos de conservación

Realizado por: Quigla T., 2023

#### 4.1.3.5 Matriz de planificación del programa

**Tabla 4-96:** Matriz de planificación del programa en base al objeto de conservación

| <b>Programa</b> “Manejo ambiental para la conservación y aprovechamiento de la laguna Magtayan”  |   |   |
|--|---|---|
| <b>Objetivo general del programa</b>   | <b>Objetivos específicos del programa</b>   | <b>Proyectos</b>  |
| Mejorar la condición de la laguna, por medio acciones sostenibles y eficientes, para mejorar la funcionalidad del ecosistema y que contribuya al bienestar humano. | <p><b>Objetivo 1</b></p> <p>Mejorar e incrementar la educación y participación ambiental con los turistas y la población local en base a la importancia, cuidado y preservación de los recursos naturales del área.</p> | Educación ambiental para concientizar y enseñar a la población a interactuar con el medio de forma sostenible y responsable, con el fin de preservar nuestros recursos naturales. |
|  | <p><b>Objetivo 2</b></p> <p>Impulsar a la población local a adoptar medidas sustentables y fomentar la conservación de los recursos naturales, con el fin de reducir las presiones generadas sobre la laguna.</p>       | Compensación para la protección y conservación de la laguna, que fomenta a la adopción de prácticas sostenibles por medio de incentivos.  |
|  | <p><b>Objetivo 3</b></p> <p>Evaluar el estado antes, durante y después de la implementación de estrategias, con el fin de verificar si estas están siendo eficientes y si no lo son aplicar mejoras.</p>                | Monitoreo y control mecanismo por el cual se verificará y detectará las inconformidades y daños sobre el ecosistema.  |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

#### 4.1.3.6 Matriz de planificación de los proyectos

**Tabla 4-97:** Matriz de planificación de los proyectos en base al objeto de conservación

| Programa  | Proyectos  | Componentes del proyecto   |
|---|--|--|
| “Manejo ambiental para la conservación y aprovechamiento de la laguna Magtayan” | 1. Educación ambiental para concientizar y enseñar a la población a interactuar con el medio de forma sostenible y responsable, con el fin de preservar nuestros recursos naturales. | 1.1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna.<br>1.2. Diseño de estrategias de educación ambiental<br>1.3. Implementación del proceso de educación ambiental<br>1.4. Monitoreo y evaluación                                |
|   | 2. Compensación para la protección y conservación de la laguna, que fomenta a la adopción de prácticas sostenibles.  | 2.1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna y sus recursos naturales<br>2.2. Diseño de estrategias de compensación para la protección.<br>2.3. Implementación del proceso de compensación.<br>2.4. Monitoreo y evaluación |
|   | 3. Control y vigilancia de la laguna Magtayan y sus alrededores.   | 3.1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna y sus alrededores.<br>3.2. Diseño de estrategias de monitoreo y control.<br>3.3. Implementación del proceso de monitoreo y control<br>3.4. Medidas correctivas                |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

#### 4.1.3.7 Perfilamiento de las estrategias propuestas para la conservación y aprovechamiento de la laguna

- Nombre del proyecto:** Educación ambiental para concientizar y enseñar a la población a interactuar con el medio de forma sostenible y responsable.

**a) Justificación**

Debido al poco conocimiento que la población local y los turistas tienen de la importancia de conservar los cuerpos de agua y los recursos naturales, se establece a la educación ambiental como una posible solución a la disminución o eliminación de las amenazas, que las acciones antrópicas generan, con el fin de hacer frente a los desafíos relacionados con el cambio climático y degradación del medio ambiente.

**b) Localización geográfica**

El presente proyecto de educación ambiental para concientizar y enseñar a la población a interactuar con el medio de forma sostenible y responsable, se lo realizara en la parroquia de Achupallas cantón Alausí.

**c) Objetivos**

**Objetivo General:** Concientizar a la población sobre la conservación e importancia de la laguna y su ecosistema.

**Objetivos Específicos**

- Elaborar un diagnóstico situacional para determinar el estado de la laguna.
- Diseñar estrategias de educación ambiental para los turistas y población local para la conservación y aprovechamiento de la laguna.
- Implementar los procesos de educación ambiental establecidos para la conservación y aprovechamiento sostenible de la laguna.
- Monitorear las actividades ejecutadas con el fin de controlar y verificar el alcance de las estrategias propuestas.

**d) Metas**

- Obtener el diagnóstico situacional total sobre el estado de la laguna hasta primer semestre del año.
- Establecer el diseño total de tres estrategias de educación ambiental para los turistas y población local en base a la conservación hasta el segundo trimestre del año.

- Capacitar un 90% de la población local en base a la conservación e importancia de los recursos naturales, hasta el tercer semestre del año del proyecto.
- Las actividades ejecutadas sean monitoreadas al 100% durante todo el proyecto.

e) **Duración del proyecto:** El proyecto tendrá una duración de 1 año calendario.

f) **Beneficiarios**

Los beneficiarios directos son los pobladores locales, comunidades, turistas, guardaparques, técnicos de la zona. Los beneficiarios indirectos GADs, Ministerios de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

g) **Matriz de marco lógico**

**Tabla 4-98:** Marco lógico de la estrategia de educación ambiental de la laguna

|  |   |  |  |
|--|---|--|--|
| <b>Nombre del proyecto</b>   | Educación ambiental para concientizar y enseñar a la población a interactuar con el medio de forma sostenible y responsable.  |  |  |
| <b>Duración</b>  | 1 año   |  |  |
| <b>Objetivos</b>   | <b>Indicadores verificables objetivamente</b>   | <b>Fuentes y medios de verificación</b>  | <b>Supuestos</b>   |
| <b>Fin</b><br>Contribuir de forma significativa a la conservación, protección y manejo sostenible de la laguna y los recursos naturales.                   | Al año de duración la población local habrá sido capacitada en temas de educación ambiental.<br><br>Al año e duración la generación de desechos habrá reducido en un 80%.                                       | Informe técnico de la condición del área.<br>Informe de resultados de capacitación .<br>Registro fotográfico | El Parque Nacional Sangay contribuirá de forma económica y con recursos humanos para la capacitación en educación ambiental. |
| <b>Propósito</b><br>Concientizar a la población local y turistas sobre la importancia de proteger y conservar la laguna y los recursos naturales del área. | Una vez finalizado el tiempo de duración del proyecto se habrá capacitado al 85% de la población y turistas.<br><br>Al final del cuarto trimestre se habrá monitoreado el 100% de las actividades establecidas. | Registro de asistencia<br>Registro fotográfico<br>Informe técnico consolidado del diagnóstico y capacitación | Todos los pobladores locales participaran de forma conjunta y amena con el equipo técnico                                    |

| <b>Componentes</b>  |  |   |   |
|---|--|---|---|
| 1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna. | Al terminar el primer trimestre se ha desarrollado el diagnóstico total del área.  | Informe técnico en base a los residuos encontrados en el área.<br>Registro fotográfico<br>Salidas a campo | Se cuenta con el apoyo financiero de Socio Bosque, para los diagnósticos trimestrales.<br>Se cuenta con la participación continua y completa de los actores involucrados. |
| 2. Diseño de estrategias de educación ambiental                         | Al finalizar el segundo trimestre se ha diseñado 3 estrategias de educación ambiental (comunicación, sensibilización y concientización)  | Informe técnico de diseño de estrategias.<br>Manual de educación ambiental<br>Informe técnico             | Se trabajará de forma conjunta entre técnicos del Parque Nacional Sangay y los pobladores locales.  |
| 3. Implementación del proceso de educación ambiental                    | El 85% e la población habrá conocido la importancia de la conservación de la laguna y recursos naturales.<br><br>Al finalizar el cuarto trimestre se obtuvo un informe de los talleres impartidos. | Registro de asistencia<br>Registro fotográfico<br>Registro de salidas<br>Informe de los talleres          | El interés y participación de todos los actores involucrados.   |
| 4. Monitoreo y evaluación   | Al concluir el cuarto trimestre se cuenta con un informe técnico del monitoreo del 100% de las actividades.  | Informe técnico del monitoreo<br>Registro de actividades (visitas, encuestas, evaluación)                 | Asistencia participativa al 100% de toda la población   |

**Realizado por:** Quigla T., 2023

**h) Actividades, cronograma y presupuesto de la estrategia**

**Tabla 4-99:** Cronograma de actividades y presupuesto de la estrategia 1

| Actividades   | Cronograma |          |           |          | Presupuesto     |
|---|------------|----------|-----------|----------|-----------------|
|   | Trim. I    | Trim. II | Trim. III | Trim. IV |                 |
| 1. Contratar a un ingeniero en RNR para la capacitación.  | x          |          |           |          | 9600.00         |
| 2. Salidas a campo para monitorear el estado y mapeo del área.  | x          |          |           |          | 200.00          |
| 3. Talleres participativos con la población y turistas para obtener la información.                                     |            | x        |           |          | 200.00          |
| 4. Realizar el diagnóstico del área con la información obtenida.  |            | x        |           |          | 100.00          |
| 5. Estructuración de las estrategias de educación ambiental para la conservación y aprovechamiento de la laguna.        |            | x        |           |          | 200             |
| 6. Capacitación y socialización de las estrategias de educación ambiental para la conservación de la laguna y los RRNN. |            | x        | x         |          | 500.00          |
| 7. Salidas a campo con actores involucrados para el reconocimiento del entorno.   |            | x        | x         |          | 300.00          |
| 8. Adquisición de materiales para el monitoreo de las estrategias.  |            |          | x         | x        | 300.00          |
| 9. Realizar controles en toda el área.  |            |          | x         | x        | 400.00          |
| 10. Elaboración del informe final.  |            |          |           | x        | 150.00          |
| 11. Difusión de resultados  |            |          |           | x        | 500.00          |
| <b>Total</b>  |            |          |           |          | <b>12450.00</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

2. **Nombre del proyecto:** Compensación para la protección y conservación de la laguna

**a) Justificación**

La medida de compensación se aplica con el fin sustituir practicas poco sostenibles que causan daño al ecosistema, e incentivar a la población local a cuidar y proteger los recursos naturales por medio de beneficios ya sean económicos o materiales, que son otorgados por una entidad que busca preservarlos.

**b) Localización geográfica:**

El proyecto de Compensación para la protección y conservación se aplicará a los sectores y comunidades aledaños a la laguna, en la parroquia de Achupallas cantón Alausí.

**c) Objetivos**

**Objetivo General:** Incentivar a la población local a adoptar prácticas sostenibles, por medio de incentivos en beneficio del ambiente, para disminuir las presiones que alteran el estado de la laguna.

**Objetivos Específicos**

- Elaborar un diagnóstico situacional de la laguna y sus recursos naturales.
- Diseñar un modelo de compensación para la protección y conservación de la laguna.
- Implementar el proceso de compensación para la conservación de la laguna y los RN.
- Monitorear y evaluar las acciones establecidas para determinar la eficiencia y cumplimiento del modelo.

**d) Metas**

- La elaboración del diagnóstico situacional de la condición actual de la laguna y los RN debe estar elaborado hasta el segundo trimestre del primer año.
- Diseño del modelo de compensación debe estar elaborada hasta el tercer trimestre del primer año.
- El 80% de quemas hayan reducido, y la se haya regenerado el 80% del ecosistema a su estado inicial por la compensación hasta el cuarto trimestre del tercer año.

- Las acciones del modelo de compensación sean monitoreadas al 100% desde el tercer trimestre del segundo año hasta el cuarto trimestre del tercer año.
- e) **Duración del proyecto:** El proyecto tendrá una duración de 3 años calendario.
- f) **Beneficiarios:** Los beneficiarios son los pobladores locales, comunidades, de los sectores aledaños a la laguna.
- g) **Matriz de marco lógico**

**Tabla 4-100:** Marco lógico de la estrategia de compensación para la conservación

|  |   |   |  |
|--|---|---|--|
| <b>Nombre del proyecto</b>   | Compensación para la protección y conservación de la laguna.  |   |  |
| <b>Duración</b>  | 3 años  |   |  |
| <b>Objetivos</b>   | <b>Indicadores verificables objetivamente</b>   | <b>Fuentes y medios de verificación</b>   | <b>Supuestos</b>   |
| <b>Fin</b><br>Contribuir al manejo, conservación y protección de la laguna y los RRNN por medio de la adopción de prácticas sostenibles a través de un modelo de compensación. | Finalizado el proyecto la población local tendrá un modelo de compensación 100% viable y eficiente, para la conservación de la laguna y sus recursos. | Disminución de basura en la laguna.<br>Informe técnico de la mejora<br>Registro fotográfico | El 100% de la comunidad local se encuentra interesada en la protección de la laguna y los RRNN.  |
| <b>Propósito</b><br>Elaborar un modelo de compensación apto para la protección y conservación de la laguna   | Modelo de compensación para la conservación y protección finalizado.  | Laguna protegida<br>Informe técnico<br>Modelo de compensación                               | Los equipos técnicos y la comunidad local trabajan de forma conjunta al 100% por la conservación |
| <b>Componentes</b><br>1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna y sus recursos naturales  | Diagnóstico situacional terminado hasta el cuarto trimestre   | Informe técnico del estado actual   | Involucramiento al 100% de todos los actores (población local y técnicos).                       |

|   |  |  |   |
|---|--|--|---|
| <p>2. Diseño de estrategias de compensación para la protección.</p> | <p>Modelo de compensación culminado en un 100% en el tercer trimestre del primer año</p>   | <p>Fotografías Documento del modelo de compensación Registro de asistencia</p> | <p>Los pobladores locales acepten y contribuyan a la mejora del plan de compensación y trabajen de forma conjunta con los técnicos</p>                              |
| <p>3. Implementación del proceso de compensación</p>                | <p>Socialización al 100% de la población y su implementación a partir del primer trimestre hasta el cuarto trimestre del segundo año.<br/>Recuperación del ecosistema degradado en un 80%.</p>                                 | <p>Informe técnico del progreso Fotografías</p>                                | <p>Exista un trabajo ameno y eficiente entre los técnicos y la población para obtener beneficios significativos en la implementación del modelo de compensación</p> |
| <p>4. Monitoreo y evaluación</p>                                    | <p>Al finalizar el proyecto se ha recuperado y mejorado las funciones ecológicas del ecosistema en un 80%.<br/>Ha disminuido la quema y presencias de fecas en un 90% y se ha incrementado el cuidado del medio en un 80%.</p> | <p>Informe técnico de monitoreo. Documento de seguimiento de actividades.</p>  | <p>Disponibilidad presupuestaria al 100% por parte de entidades involucradas para el monitoreo y seguimiento.</p>   |

Realizado por: Quigla T., 2023

**h) Actividades, cronograma y presupuesto de la estrategia**

**Tabla 4-101:** Cronograma de actividades y presupuesto estrategia 2

| Actividades   | Cronograma |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | Presupuesto      |
|---|------------|----|-----|----|-------------|----|-----|----|------------|----|-----|----|------------------|
|   | Primer año |    |     |    | Segundo año |    |     |    | Tercer año |    |     |    |                  |
|   | I          | II | III | IV | I           | II | III | IV | I          | II | III | IV |                  |
| 1. Contratar a un ingeniero en RNR y equipo técnico capacitado  | x          |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | 32400.00         |
| 2. Elaboración del diagnóstico situacional por medio de salidas a campo.                                    | x          | x  |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | 300.00           |
| 3. Realizar el informe técnico del estado de la laguna y los RN.  | x          | x  |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | 200.00           |
| 4. Elaborar el modelo de gestión de compensación  |            | x  | x   |    |             |    |     |    |            |    |     |    | 75,500.00        |
| 5. Socializar el modelo de compensación realizado con la población local                                    |            |    |     | x  |             |    |     |    |            |    |     |    | 200.00           |
| 6. Salidas a campo para complementar la socialización impartida   |            |    |     | x  |             |    |     |    |            |    |     |    | 300.00           |
| 7. Implementar el modelo de compensación  |            |    |     |    | x           | x  | x   | x  | x          | x  | x   | x  | 500.00           |
| 8. Monitorear las acciones para determinar su cumplimiento  |            |    |     |    |             |    | x   | x  |            |    | x   | x  | 2000.00          |
| 9. Informe final de la eficiencia determinada en la estrategia de compensación                              |            |    |     |    |             |    |     |    |            |    | x   | x  | 300.00           |
| 10. Socialización final con los actores involucrados en base a los resultados obtenidos en todo el proyecto |            |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     | x  | 250.00           |
| <b>Total</b>  |            |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | <b>111950.00</b> |

Realizado por: Quigla T., 2023

3. **Nombre del proyecto:** Control y monitoreo de la laguna Magtayan y sus alrededores

a) **Justificación**

El monitoreo y control se aplica con el fin de detectar las inconformidades, daños o alteración que se producen en el área, para por medio de estrategias de monitoreo se disminuya las amenazas generadas sobre el área, de igual forma este programa se aplica con el objetivo de determinar a efectividad de cada programa y establecer mejoras en caso de ser necesario.

b) **Localización geográfica:**

El presente proyecto de control y monitoreo de la laguna Magtayan se lo realizará en la laguna y sus alrededores en la parroquia Achupallas, cantón Alausí.

c) **Objetivos**

**Objetivo General:** Monitorear, controlar y vigilar las acciones que se llevan a cabo dentro del área de estudio, para reducir los impactos y verificar la eficiencia de las estrategias propuestas.

**Objetivos Específicos**

- Elaborar un diagnóstico del estado de conservación de la laguna y sus alrededores.
- Diseñar las estrategias para el monitoreo de la conservación del objeto de estudio
- Implementar los procesos de monitoreo y vigilancia del objeto de estudio y sus alrededores
- Establecer y aplicar medidas correctivas para mejorar la conservación del ecosistema

d) **Metas**

- Realizar el diagnóstico del estado de la laguna y sus alrededores desde el tercer trimestre hasta el cuarto trimestre del primer año del proyecto.
- Diseñar tres estrategias de monitoreo para la conservación y aprovechamiento de la laguna desde el primer trimestre del segundo año hasta el segundo trimestre del segundo año.
- El impacto generado sobre la laguna y sus alrededores haya reducido en un 90% hasta el tercer trimestre del segundo año.
- El 100% de las actividades ejecutadas hayan sido monitoreadas desde el primer trimestre del segundo año hasta el tercer trimestre del tercer año.

e) **Duración del proyecto:** El proyecto tendrá una duración de 3 años calendario.

f) **Beneficiarios:** Los beneficiarios directos son los pobladores locales, comunidades, turistas, guardaparques, técnicos de la zona. Los beneficiarios indirectos GADs, Ministerios de Ambiente, Agua y Transición Ecológica.

g) **Matriz de marco lógico**

**Tabla 4-102:** Matriz del marco lógico de la primer estrategia de la laguna

| Nombre del proyecto   | Control y monitoreo de la laguna Magtayan   |   |  |
|---|---|---|--|
| Duración  | 3 años  |   |  |
| Objetivos   | Indicadores de verificación   | Fuentes de verificación   | Supuestos  |
| <b>Fin</b><br>Contribuir a la conservación, protección y manejo sostenible de la laguna y los recursos naturales.   | La presencia de desechos orgánicos y quemados en el área de estudio haya reducido en un 90% al primer año de su aplicación. | Visitas al área<br>Informe técnico<br>Registro fotográfico  | La población local y los técnico o guardaparques encargados monitoreen al 100% el área de estudio. |
| <b>Propósito</b><br>Monitorear, vigilar y controlar las acciones antrópicas generadas en el área de estudio, al igual que la efectividad de las estrategias propuestas. | Al segundo año se visibilice en un 90% un cambio positivo en la condición física de los recursos agua y suelo.              | Registro fotográfico<br>Informe del estado y diseño de las estrategias de monitoreo.                      | La participación entre la población local, los guardaparques, y entidades sea 100% activa.         |
| <b>Componentes</b><br>1. Diagnóstico situacional del estado en el que se encuentra la laguna y sus alrededores.   | Al terminar el segundo año se cuenta con un informe del estado del cuerpo de agua.  | Informe técnico en base a los residuos encontrados en el área.<br>Registro fotográfico<br>Salidas a campo | Se cuenta con el apoyo financiero de entidades públicas y privadas para el monitoreo.              |
| 2. Diseño de  | Al terminar el segundo trimestre del primer año   | Informe técnico del   | Las estrategias de   |

|   |  |   |   |
|---|--|---|---|
| estrategias de monitoreo y control.   | se cuenta con 3 estrategias de monitoreo.  | diseño de estrategias de monitoreo<br>Facturas de los insumos, equipos adquiridos para el monitoreo | monitoreo sean aceptadas por el 99% de los involucrados y eficientes al 100%.                             |
| 3.Implementación del proceso de monitoreo y control sobre el área de estudio. | Al finalizar el tercer trimestre del segundo año se reducido en un 90% el impacto negativo sobre el ecosistema.  | Registro fotográfico<br>Informe técnico final<br>Reportes de recorridos y vigilancia.               | La participación local sea activa y que establezcan las medidas propuestas al 100%                        |
| 4. Medidas correctivas  | Al finalizar el tercer trimestre del tercer año se monitoreo el 100% de las actividades.<br>Al finalizar los 3 años de duración se cuenta con el informe técnico de monitoreo. | Informe técnico<br>Análisis de no conformidades y acciones correctivas.<br>Fotos                    | Participación activa y coordinada al 100% entre los actores involucrados técnicos, organizaciones, GAD`s. |

Realizado por: Quijla T., 2023

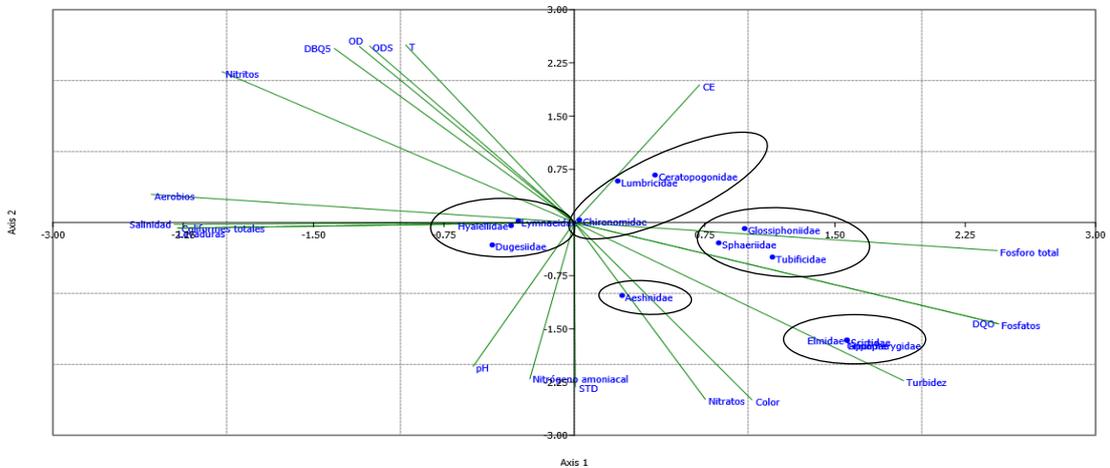
#### h) Actividades, cronograma y presupuesto de la estrategia

**Tabla 4-103:** Cronograma de actividades y presupuesto estrategia 3

| Actividades  | Cronograma |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    | Presupuesto |          |
|--|------------|----|-----|----|-------------|----|-----|----|------------|----|-----|----|-------------|----------|
|  | Primer año |    |     |    | Segundo año |    |     |    | Tercer año |    |     |    |             |          |
|  | I          | II | III | IV | I           | II | III | IV | I          | II | III | IV |             |          |
| 1. Contratar a un equipo de técnico                              | x          |    |     |    |             |    |     |    |            |    |     |    |             | 32400.00 |
| 2. Salidas a campo para levantamiento de información.            | x          | x  | x   |    |             |    |     |    |            |    |     |    |             | 500.00   |
| 3. Elaboración de informe técnico del diagnóstico                |            |    | X   | x  |             |    |     |    |            |    |     |    |             | 200.00   |
| 4. Socialización del estado de la laguna a las comunidades       |            |    |     | X  |             |    |     |    |            |    |     |    |             | 150.00   |
| 5. Diseño de las estrategias de monitoreo para su implementación |            |    |     |    | x           | x  |     |    |            |    |     |    |             | 150.00   |



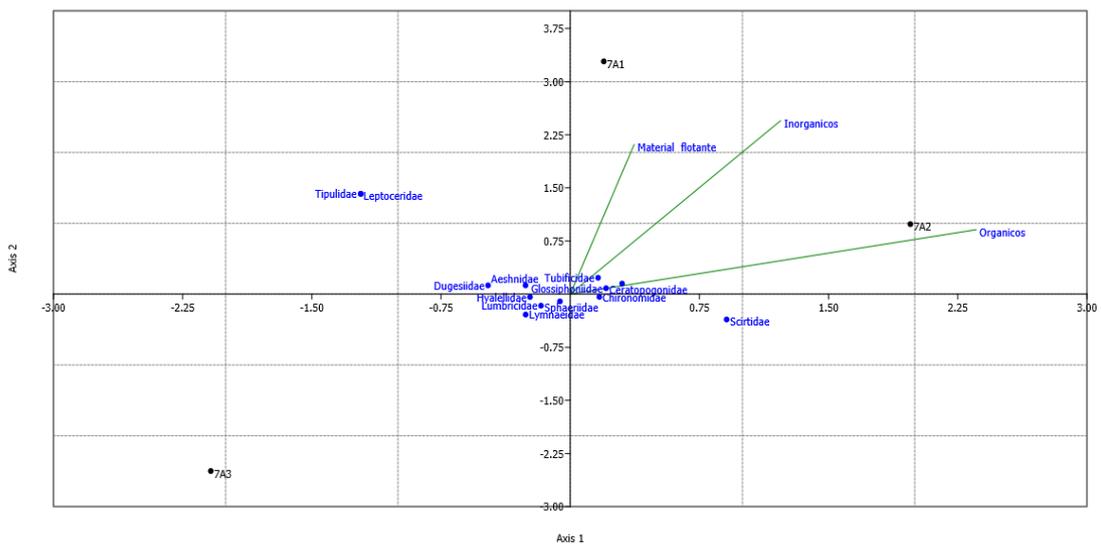
las familias de macroinvertebrados cuya tolerancia a la contaminación por materia orgánica es alta.



**Ilustración 4-16: ACC de familias y parámetros fisicoquímicos y microbiológicos 2**

Realizado por: Quigla T., 2023

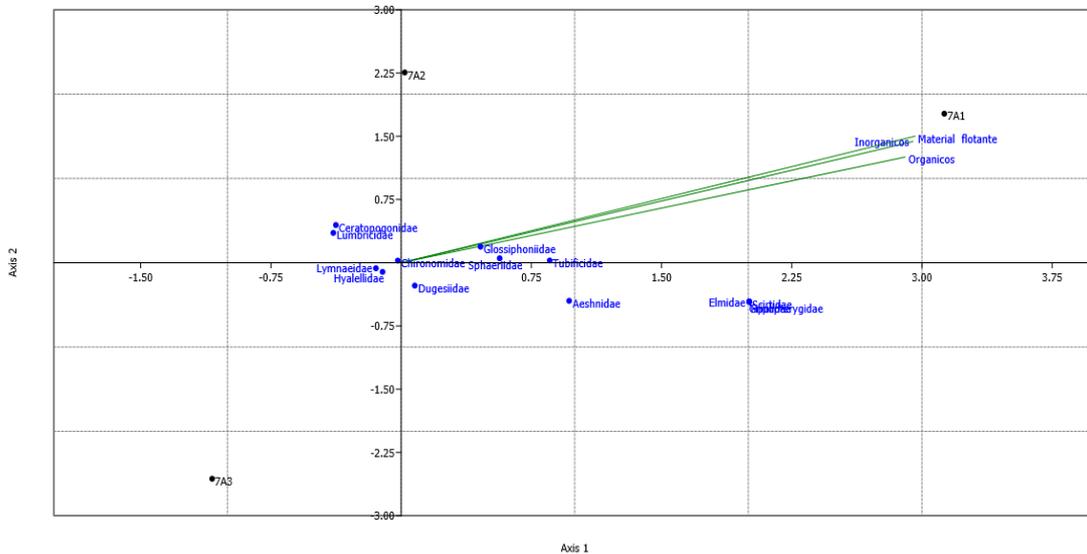
En base al ACC se determinó que la incidencia de familias con alta tolerancia a la contaminación siendo estas Chironomidae, Ceratopogonidae, Tubificidae, y Glossiphoniidae se encuentran relacionadas con el fosforo total y la conductividad eléctrica cuya variable esta relacionada con la presencia de un ecosistema con alto índice de eutrofización y coliformes totales, evidenciando así la tolerancia que estos organismos presentan ante la contaminación por materia orgánica que se presenta en los puntos muestreados.



**Ilustración 4-17: ACC de familias y desechos sólidos (muestreo 1)**

Realizado por: Quigla T., 2023

Se determino a través del ACC que la relación de las familias muestreadas con los desechos (material flotante), no tuvo relación alguna, en este primer muestreo, estableciendo que el material flotante no afecta la calidad de agua en este muestreo.



**Ilustración 4-18: ACC de familias y desechos sólidos (muestreo 2)**

Realizado por: Quigla T., 2023

Por medio del ACC, para el segundo muestreo, determino una relación entre familias (Chironomidae y Glossiphoniidae) y desechos (material flotante), estableciendo la relación que la presencia de estas familias tiene ante los desechos presentes en el agua, indicando que la abundancia de estas familias incremento a comparación con el primer muestreo, en el cual se evidenció menor presencia de desechos.

Lo cual determina que la presencia de desechos sólidos arrojados a la laguna Magtayan, en cierta forma afectan a la calidad de agua y por ende a la abundancia de familias altamente tolerantes a la contaminación y disminución de familias sensibles a la contaminación, tomando en cuenta la cantidad con la que se presentan, como es el caso del segundo muestreo, en el cual la cantidad de materia flotante incrementó a comparación con el primer muestreo, justificando así la abundancia de Chironomidae, Glossiphoniidae y Dugesiidae cuyo incremento se evidenció en este muestreo, disminuyendo así la calidad de agua en base a los bioindicadores.

### 4.3 Discusión

Los macroinvertebrados obtenidos e identificados fueron de 1468 individuos en el primer muestreo y de 1427 en el segundo muestreo, representados por las familias Chironomidae, Hyalellidae y Glossiphoniidae para el sitio 7A1 y 7A2 en ambos muestreos, para el punto 7A3 se evidenció a las familias de Chironomidae, Hyalellidae y Dugesiididae en ambos muestreos, en el caso de Chironomidae las larvas poseen un tipo de hemoglobina que les confiere la habilidad de vivir en lugares anóxicos, (Oviedo y Reinoso, 2018: p. 104), Dugesiididae y Glossiphoniidae son familias cuya presencia determina ecosistemas acuáticos degradados por contaminación orgánica, (Roldán, 2022: pp. 42-556), y en cuanto a Hyalellidae estas familias se encuentran presentes en ambientes con materia orgánica en descomposición (Walteros, 2018, p.109). Su presencia y abundancia se debe a que son organismos adaptables a diversas condiciones ambientales agua dulce, (Hanson et al., 2010: p 8).

Los valores de los parámetros físicos del punto 7A1 del primer muestreo determina que el pH (7.68), CE (42.30  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), turbidez (1.38 NTU), STD (19.93), y el ODS (102,10%) cumplen con los rangos establecidos en el TULSMA, (MAATE, 2015), para preservación de la vida acuática, por otro lado, los datos del segundo muestreo del punto 7A1 el pH (7.42), CE (44  $\mu\text{S}/\text{cm}$ ), STD (22.00), turbidez (1.69 NTU) y ODS (66.70%) , se encuentra que los valores de pH, y CE son similares, sin embargo en los valores de turbidez y STD su valor se ve influenciada por la presencia de material flotante, con un valor de 1.57 lb a diferencia del mismo punto en el primer muestreo con 0,93 lb, el tipo de sustrato (limo, grava, arena), y la presencia de macrófitas, que intervienen en su variación. En base a los puntos 7A2 Y 7A3 de los dos muestreos los valores son similares al punto 7A1 del primer muestreo cuyos resultados se deben en cierto caso a la disminución de material flotante de 0.08 y 0.16 respectivamente.

En base a los parámetros químicos del punto 7A1 se evidenció que el DQO (3.00 mg/L), DBO<sub>5</sub> (1.46 mg/L), NO<sub>2</sub><sup>-</sup> (0.01 mg/L), y NO<sub>3</sub><sup>-</sup> (2.90 mg/L), cumplen con los rangos establecidos en el TULSMA para conservación de la vida acuática, por otro lado, los datos del segundo muestreo difieren en el cumplimiento del DQO (17.00 mg/L) sobrepasando el valor permisible (2 mg/L) en donde se observa la diferencia significativa con el primer muestreo. Los valores obtenidos en los puntos 7A2 y 7A3 tanto en el primer muestreo como segundo, determino que están dentro de los límites permisibles establecidos por la normativa TULSMA, determinando así que la condición en base a parámetros químicos es adecuada para el desarrollo de la vida acuática.

Los valores de parámetros microbiológicos se cumplieron en lo establecido en la norma en los puntos 7A2 y 7A3 en ambos muestreos, sin embargo, se evidencia gran presencia de organismos aerobios en el segundo muestreo con valores que van desde 300 UFC hasta 500 UFC, esto según Obón de Castro (2018, pp.3-20), se debe a que las condiciones del medio son aptas teniendo valores de pH básicas o neutras, la turbiedad presente en el cuerpo de agua inhibe la acción de los rayos UV aportando a su desarrollo, y la presencia de materia orgánica, lo cual al observar este cambio brusco en los valores de un muestreo a otro indica que el cuerpo de agua existe una fuente de contaminación que debe ser investigada.

En el primer muestreo se determina un total de 13 familias cuya abundancia radica en Chironomidae (40%), Hyalellidae (26%) y Glossiphoniidae (11%), contrariamente Lumbricidae (4%), Sphaeriidae (2%) y Leptoceridae (0%) son las familias con menor abundancia, para el segundo muestreo se evidencia el incremento de una familia (14), en donde las familias con mayor dominancia son Hyalellidae (42%), Chironomidae (31%) y Glossiphoniidae (11%), y a Tubificidae (2%), Sphaeriidae (1%), Gripopterygidae (0%), como las de menor presencia, según Roldan y Ramírez (2022: p. 158), la presencia de estas familias en las partes altas de los ecosistemas son indicadores de agua contaminada, que lo determinan así por la dominancia de una o dos familias del orden Díptera o clase Oligochaeta e Hirudineos.

La diversidad de macroinvertebrados en base al índice de Shannon-Weaver determina que el punto 7A1 de ambos muestreos tiene una diversidad “media” (1.75 y 1,70), el punto 7A2 del primer muestreo posee una diversidad “baja” (1.21), y del segundo muestreo “media” (1.62), con el punto 7A3 en ambos poseen una diversidad “baja” ( 1.52 y 1.07), lo que determina que la mayor diversidad se encontró en el segundo muestreo, debido al incremento de familias en este sitio. Por otro lado el resultado de calidad de agua en base a este índice, determina una calidad de agua “moderada” según los criterios de Wilhm y Dorris (1968) y de Staub (1970) al ser valores que se encuentran entre los rangos de 1-3 lo cual confiere esta característica al agua.

Los resultados en base a Simpson determinan que los 3 puntos de los dos muestreos poseen una diversidad “media”, debido a su capacidad discriminatoria moderada, a la cual no le interesa el tamaño muestral sino la dominancia de especies, (Yáñez, 2014, pp. 146-147). Lo cual se ve respaldado por la dominancia en ambos puntos de las mismas familias. Con respecto al índice de Margalef los 3 puntos del muestreo determinan una diversidad “baja”, en base al segundo muestreo presenta en el punto 7A1 una diversidad “media” y los puntos 7A2 y 7A3 una diversidad “baja”, esto según Yáñez (2014, p. 145), este índice posee una capacidad discriminatoria buena y tiene una alta sensibilidad al tamaño de la muestra y la riqueza de

especies, lo cual se ve justificada por el punto 7A1 del segundo muestreo que posee mayor número de familias (14) y su número total de individuos es relativamente pequeño a comparación con los demás puntos.

El índice de Sorensen y Jaccard determinan que la similitud de familias se encuentran entre los puntos 7A2 y 7A3 con un valor de 90% y 88.89% para Sorensen y 81.82% y 80% para Jaccard en ambos muestreos, la similitud de estos según Ruiz et al., (2016: p.447), se debe a que comparten características físicoquímicas, microbiológicas y ambientales similares, que intervienen en la adaptabilidad y desarrollo de los organismos a estos medios.

El índice de BMWP/Col determina una calidad de agua “dudosa” con 43 puntos para el punto 7A1 del primer muestreo y “aceptable” con 62 al mismo punto del segundo muestreo, su resultado se ve influenciado en que se encontró una familia más en comparación con el primer muestreo, siendo esta Gripopterygidae cuyo puntaje es 10, y su presencia determina buena calidad de agua según Medina et al., (2010: p.2). Además de esto se evidencia que el número de especies que predominan en ambientes contaminantes (Tubificidae, Chironomidae, Dugesidae), disminuye su presencia a comparación con el primer muestreo. Con respecto a los puntos 7A2 (37)-(30) y 7A3 (33)-(35), determina una calidad de agua “dudosa” y “crítica”, por la presencia de las familias antes mencionadas.

Con respecto al análisis del índice ASPT complementario al BMWP/Col, determina valores 3 a 4.43 en los tres puntos de los dos muestreos, estableciendo una calidad de agua “crítica”, siendo este según Mora y Tamay, (2022: p. 25), el índice que representa una medida más real del estado de calidad de agua en cada sitio muestreado.

El índice de ABI, determina que la calidad de agua para el punto 7A1, de ambos muestreos es “moderada” con valores de 44 y 59 puntos respectivamente, al estar dentro de la misma calidad el puntaje difiere por la cantidad de familias encontradas. Con respecto a los puntos 7A2 y 7A3 de los dos muestreos, la calidad de agua es “mala” con valores que van desde 28 hasta 39 puntos, esto se debe a que en los dos puntos el número de familias se redujo a 9 en 3 de ellos y a 11 en uno, dejando a familias cuyo puntajes fueron bajos, es decir tolerantes a la contaminación por materia orgánica y cuya presencia es notable en zonas altoandinas como lo establece Ríos et al., (2014: p.255).

Por otro lado, el índice de EPT determina la calidad de agua “mala” para los 3 puntos de los dos muestreos con un valor de 0%, debido a la carencia de individuos de estos órdenes en los puntos

7A2 y 7A3 de ambos muestreos, sin embargo el punto 7A1 en ambos muestreos, tuvo la presencia de la familia Leptoceridae (Trichoptera) con un solo individuo para el primer muestreo y de Gripopterygidae (Plecoptera) con un solo individuos para el segundo muestreo, cuya abundancia no fue significativa para establecer alguna diferencia de calidad. Según Terneus et al.,(2012: pp. 34-38), la ausencia de familias de estos ordenes se debe a las concentraciones de oxígeno bajas, que se caracterizan en estos ecosistemas de alta montaña (5-7 mg/L), dando paso a la prevaencia y abundancia que los quironomidos, oligoquetos, ceratopogonidos e hirudineos tienen a zonas con baja concentración de oxígeno y que presentan grandes alteraciones en el estado ecológico de la zona.

De acuerdo a los resultados obtenidos, las amenazas que afectan de forma directa a la laguna se encuentra, la contaminación por material flotante en los puntos 7A1 y 7A2 en ambos muestreos con valores de 0.93 lb y 1.57 lb en el primer punto del primer muestreo y con 0.08 lb y 0.16 lb del segundo punto en el segundo muestreo, en base al tercer punto de ambos muestreos no se evidencia presencia de material flotante, en cuestión de amenazas indirectas se evidencia la alteración del suelo por la quema de pajonal en los 3 puntos de muestreo, a su vez se suma la contaminación del agua y el paisaje por la presencia de fecas de animales en los puntos 7A1 y 7A2, que a través de la escorrentía estos son arrastrados a los cuerpos de agua lo cual genera cambios en la calidad del agua, al igual que lo estableció Valenzuela et al., (2012: p. 632) en su trabajo denominado “Calidad microbiológica del agua de un área agrícola-ganadera del centro sur de Chile y su posible implicancia en la salud humana”.

Al ser las 3 amenazas identificadas en los tres puntos, se establecen propuestas de conservación que incidan de forma directa en la disminución o erradicación de estas, las cuales son educación ambiental para disminuir la presencia de material flotante en agua y desechos en suelo, lo cual se genera por medio de la relación del ser humano y el entorno natural que lo rodea, generando un desarrollo socio-económico y ambiental, siendo considerado a la EA como un vehículo de transmisión de conocimiento e instrumento político importante para generar un cambio visible y teniendo un nuevo paradigma de la sustentabilidad, (Meneses, 2012, pp: 98-99). Compensación para la conservación que busca otorgar incentivos a los pobladores locales para proteger y adoptar prácticas sostenibles, para erradicar la quema de pajonal, según Camacho (2008, p.64) el programa de compensación tiene limitantes, principalmente en que el servicio por el cual están pagando no sea el deseado, ya sea por la falta de instrumentos, técnicas o infraestructura que carece el “vendedor”, de igual forma la carencia de un monitoreo y control eficiente y continuo disminuye su efectividad, sin embargo determina que al existir una entidad que este fuertemente liderada, la efectividad del programa sea buena y así asegure su autosostenibilidad a mediano y

largo plazo. Control y monitoreo, que se enfoca en dar un seguimiento de las estrategias propuestas para controlar las actividades e impactos generados de forma eficiente, la efectividad de establecer un control apropiado según Hernández et al., (2019: p.7), se basa en que este sea realizado de forma continua, asumiendo la importancia de implementarla como herramienta eficaz para determinar el desempeño ambiental, verificar medidas de mitigación, corrección para conseguir el efecto deseado y de cierta forma establecer los ajustes necesarios en caso de presencia de disfuncionalidad o problemas que se presenten con las estrategias propuestas.

Con respecto a la duración y costo de los programas Educación ambiental ( 1 año con 12450.00); Compensación para la conservación (3 años con un costo de 111950.00); Control y monitoreo (3 años con un costo de 36750.00), el programa que mayor aceptabilidad y beneficios directos tiene con los actores involucrados, es el de compensación al recibir un beneficio mutuo entre el “comprador” y “vendedor” del servicio ecosistémico, lo cual por medio de estas acciones las presiones identificadas en los tres puntos, reducirá de forma significativa, al buscar establecer las mejores condiciones para el cuerpo de agua y sus recursos naturales.

## CONCLUSIONES

La presencia de macroinvertebrados se ve representada por las familias Chironomidae, Hyalellidae, Glossiphoniidae y Dugesiidae como dominantes los cuales se caracterizan por una alta tolerancia a la contaminación de materia orgánica, por otro lado, las familias de Lumbricidae, Sphaeriidae, Tubificidae, Leptoceridae y Gripopterygidae fueron las de menor abundancia, siendo dos estas últimas indicativas de buena calidad de agua, las cuales en estos puntos fueron menor por la baja cantidad de OD. A través de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos analizados en los 3 puntos de muestreo, estos mostraron una variación mínima entre puntos en los dos muestreos, los cuales cumplieron en su mayoría con los rangos establecidos por el TULSMA para la conservación de la vida acuática y silvestre, estableciendo que la condición del agua en base a estos parámetros son los adecuados, por otro lado, se determinó que la presencia de desechos de origen inorgánico en suelo y material flotante en agua, prevaleció en los puntos 7A1 y 7A2 por la presencia de turistas y población local, lo cual causa una alteración a los cuerpos de agua y a toda su composición, por ende es necesario establecer medidas de manejo y conservación para la laguna.

Se concluye que la presencia de macroinvertebrados en los tres puntos de muestreo, determinaron una diversidad de “baja” a “media”, debido a la dominancia de algunas familias (Chironomidae, Glossiphoniidae, Hyalellidae y Glossiphoniidae) que prevalecen en ambientes contaminados por materia orgánica. En términos de calidad de agua por medio de los índices bióticos, la estructura y características de las familias encontradas, establecieron una calidad de agua “mala” ,“dudosa”, “crítica” y “aceptable” para los 3 puntos por separado en ambos muestreos, y de forma global (3 puntos), se estableció una calidad de agua de “crítica”, “moderada” “dudosa” y “aceptable” indicando que la incidencia de actividades turísticas y de la población local interviene en la presencia de macroinvertebrados y sus hábitats, ya sea por ausencia de buenos indicadores o dominancia de macroinvertebrados tolerantes a la contaminación, lo que da paso a generar medidas y monitoreos continuos para disminuir la contaminación y mejorar la calidad de agua de la laguna e incrementar la diversidad de organismos acuáticos.

Se concluye que para minimizar los impactos y mejorar la condición ambiental de la laguna Magtayan, se requiere la implementación de los 3 programas de manejo, conservación y aprovechamiento tales como la educación ambiental cuyo precio se encuentra estimado en \$12450.00, con duración de 1 año, el programa de compensación con un valor estimado en

\$111950.00 cuya duración es de 3 años y el programa de control y monitoreo con \$36750.00 en 3 años, cuya efectividad se debe basar en una integración holística por parte de todos los actores directos e indirectos, con un enfoque de manejo participativo, que busca obtener beneficios en base a los ejes de sostenibilidad (ambiental, económico y social).

## RECOMENDACIONES

Se recomienda que en el momento de la recolección de macroinvertebrados de forma manual, la búsqueda se lo realice de forma exhaustiva entre los diferentes materiales que se encuentran en los cuerpos de agua, ya que debido a la carencia de estos, los resultados no pueden otorgar un valor apropiado con relación a la diversidad, ya que según los índices utilizados, en su mayoría su resultado se rige a la diversidad de especies y no a la abundancia, a excepción del índice EPT, en donde se enfoca en abundancia de las familias.

Se sugiere que los monitoreos en la laguna continúen, para la obtención de resultados más apropiados y veraces, que ayuden a determinar si la presencia de las familias encontradas en este trabajo puede variar en presencia, ausencia, abundancia, riqueza, o diversidad, y si estas pueden tener algún tipo de relación con la época o estación del año.

Se recomienda analizar y escoger el índice más apropiado para sistemas lenticos, o realizar una adaptación del ABI, debido a que los resultados en base a estas interpretaciones puede variar, como es el caso de la familia de quironómidos, en donde en la mayoría de literatura establece a la familia como de mala calidad, sin embargo dentro de esta existen géneros (*Chironomus*) cuya presencia solo encuentran en aguas limpias y no se lo considera porque en la mayoría de los índices solo se establece hasta nivel de familia, lo cual está generando una alteración significativa en el resultado.

## BIBLIOGRAFÍA

**ÁLVAREZ, M. et al.** "Manual de Métodos para el desarrollo de inventarios de Biodiversidad". Alexander von Humboldt [en línea], 2001, (Colombia) 68(12), pp. 48-52. [Consulta: 12 mayo 2023]. ISSN 1845-5423. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/31419/63.pdf?sequen>.

**AGUILAR BOLUARTE, Bryan Daniel, & MARTIN ESPINOZA, Karen Ingrid.** Revisión sistemática: Tipos de bioindicadores para la identificación de la calidad de ecosistemas acuáticos [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad César Vallejo, Lima- Perú, 2021. pp.4-72 [Consulta: 26-04-23]. Disponible en: [https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83655/Aguiar\\_BBD\\_Martin\\_E\\_KI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/83655/Aguiar_BBD_Martin_E_KI-SD.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**AGUIRRE MENDOZA, Zhofre.** Guia de metodos para medir la biodiversidad (Trabajo de titulación) (maestría). [En línea] Unversidad Nacional de Loja. Loja Ecuador. 2013. pp.41-82 [Consulta: 2023-05-18]. Disponible en: [https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41357809/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011-libre.pdf?1453335793=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dmetodos\\_para\\_medir\\_la\\_biodiversidad.pdf&Expires=1685626529&Signature=B5iGulEmft](https://d1wqtxts1xzle7.cloudfront.net/41357809/guia-para-medicic3b3n-de-la-biodiversidad-octubre-7-2011-libre.pdf?1453335793=&response-content-disposition=inline%3B+filename%3Dmetodos_para_medir_la_biodiversidad.pdf&Expires=1685626529&Signature=B5iGulEmft)

**AGUIRRE, Z. et al.** "Biodiversidad de la provincia de Loja-Ecuador". *Scielo* [en línea] 2017, (Ecuador) pp.524-525. [Consulta: 13 abril 2023]. ISSN 1112-7410. Disponible en: <http://www.scielo.org.pe/pdf/arnal/v24n2/a06v24n2.pdf>. 2413-3299.

**AMBIENTUM.** *Macroinvertebrados* [blog]. [Consulta: 24 abril 2023]. Disponible en: [https://www.ambientum.com/enciclopedia\\_medioambiental/aguas/macroinvertebrados.asp](https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/macroinvertebrados.asp).

**ANDINO, P. et al.** "Cartilla de identificacion de macroinvertebrados acuaticos: Guia para el monitoreo participativo". *Researchgate*. [en línea] 2017, (Ecuador) 6(3), pp. 5-23.[Cited: 18 mayo 2023]. ISSN 81447-10x. Disponible en: [https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/4-Cartilla\\_Identificacion\\_Macroinvertebrados\\_2017.pdf](https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/4-Cartilla_Identificacion_Macroinvertebrados_2017.pdf)

**ANDRADE LÓPEZ, Lucia Ana.** Programa de Conservación y Manejo de la laguna Xola-Paramán Humedal de importancia internacional (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Nombre de Universidad Santa Cruz. México. 2017. pp. 12-50. [Consulta:2023-05-04]. Disponible en: [https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/programa\\_de\\_conservacion\\_y\\_manejo\\_1.pdf](https://semadet.jalisco.gob.mx/sites/semadet.jalisco.gob.mx/files/programa_de_conservacion_y_manejo_1.pdf)

**ARANGO, M. et al.** “Calidad de agua de las quebradas La Criticalina y La Risaralda, San Luis, Antioquia”. *Scielo*. [en línea], 2008, (Colombia) 13(9), pp.122-140. [Consulta: 01 abril 2023.] ISSN 1794-1237. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>

**ASUETA, R. et al.** “Uso de Indicadores Bióticos Basados en Macroinvertebrados Bentónicos para la Determinación de Calidad Ambiental en la Cuenca Superior del Río Gallegos, Santa Cruz”. *Dialnet*. [en línea], 2019, (Argentina) 47(19), pp. 2-21. [Consulta: 30 abril 2023]. ISSN 1852-4516. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/7342654.pdf>. 1852-4516.

**AVENDAÑO LEADEM, D. et al.** “Integrando el concepto de servicios ecosistémicos en el ordenamiento territorial”. *Scielo* [en línea], 2020, (Costa Rica) 65(2), pp.69-70. [Consulta: 20 marzo 2023]. ISSN 2215-2563. Disponible en: <http://www.revistas.una.ac.cr/index.php/geografica/>

**BAWA, U. & HAFIZ, I.** “Assessment Of Water Quality using Biological Monitoring Working Party (BMWP) And Average Score Per Taxon (ASPT) Score at Kanye and Magaga Dams, Kano. *Bayero Journal of Pure and Applied Sciences* [en línea], 2018, (Brasil) 11(2), pp.212-221. [Consulta:20 mayo 2023]. ISSN 2006-6996. Disponible en: <https://www.ajol.info/index.php/bajopas/article/view/186241>

**BEJUMEA HOYOS, C. et al.** “Calidad del agua en Colombia”. *Researchgate* [en línea], 2019, (Colombia). p.636. [Consulta: 13 marzo 2023]. ISSN 978-607-8379-33-0. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Benjumea-Hoyos/publication/331940115\\_La\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_Colombia/links/5c93f9e5299bf111693e2ec6/La-calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=634](https://www.researchgate.net/profile/Carlos-Benjumea-Hoyos/publication/331940115_La_calidad_del_agua_en_Colombia/links/5c93f9e5299bf111693e2ec6/La-calidad-del-agua-en-Colombia.pdf#page=634)

**BOLAÑOS, ALFARO D. et al.** “Determinación de nitritos, nitratos, sulfatos y fosfatos en agua potable como indicadores de contaminación ocasionada por el hombre, en dos cantones

de Alajuela (Costa Rica)". *Scielo*. [en línea], 2017, (Costa Rica) 30(4), pp. 16-27. [Consulta: 03 mayo 2023]. ISSN 10.18845. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/tem/v30n4/0379-3982-tem-30-04-15.pdf>

**BONIFAZ DAMIAN, Lenin Alberto.** Determinación del estado ecológico de las lagunas: Quilotoa, Yambo y del Lago San Pablo [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Salesiana del Ecuador, Ecuador. 2022. pp.1-2. [Consulta: 2023-04-23]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/23347/1/UPS%20-%20TTS970.pdf>

**BO-RA, K. et al.** "Deciphering diversity indices for a better understanding of microbial communities". *Journal of Microbiology and Biotechnology* [en línea], 2017, (United State of America) 27(2), pp.12-18. [Consulta: 2 mayo 2023]. ISSN 17388872. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/320452742\\_Deciphering\\_diversity\\_indices\\_for\\_better\\_understanding\\_of\\_the\\_microbial\\_communities](https://www.researchgate.net/publication/320452742_Deciphering_diversity_indices_for_better_understanding_of_the_microbial_communities)

**BRAVO, Lalo & RESTREPO, Gloria.** Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá". *Revista Facultad De Ciencias Básicas* [en línea], 2021, (Colombia) 17(1), pp. 57-71. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 1900-4699. Disponible en: <https://revistas.unimilitar.edu.co/index.php/rfcb/article/view/5432/4877>

**CAICEDO, Juan Carlos & COELLO, Julio Rolando.** Determinación de la calidad de agua de los ríos de la provincia de Chimborazo, parámetros: demanda bioquímica de oxígeno, nitratos, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto y amonio (Trabajo de titulación) (Grado). [[En línea] Universidad Nacional de Chimborazo. Riobamba Ecuador. 2010. pp. 31-59. [Consulta: 2023-04-23]. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/714/1/UNACH-EC-IMB-2010-0001.pdf>

**CAMACHO, J.** "Esquemas de pagos por servicios ambientales para la conservación de cuencas hidrográficas en el Ecuador" *INIA*[en línea], 2008, (Ecuador) 17 (1), pp.5-13 [Consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 1131-7965. Disponible en: <https://www.cbd.int/financiamiento/doc/ecuador-peswater.pdf>

**CANIZALES, P. et al.** "Description of the urban trees of Montemorelos city , Nuevo León". *Revista México* 11(62), 2020, México, pp. 112-249. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN. 10.29298. Disponible en: :

<https://cienciasforestales.inifap.gob.mx/index.php/forestales/article/view/768/2204>

**CARRERA REYES, Carlos; & FIERRO PERALBO, Karol.** *Manual de monitoreo: Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* Quito-Ecuador: Ecociencia, 2001, ISBN 9978-41-964-0, pp. 1-67.

**CEDEÑO MORALES, Mercedes Isabel.** Diseño de un área de recreación turística en la cascada “San Federico” de la parroquia Federico Intriago, cantón Valencia, año 2019. [En línea] (Trabajo de titulación). (Maestría) Universidad Técnica Estatal de Quevedo, Los Ríos Ecuador. 2019. pp. 10. [Consulta: 2023-04-29]. Disponible en: <https://repositorio.uteq.edu.ec/bitstream/43000/3916/1/T-UTEQ-0040.pdf>.

**CONVENTION ON BIOLOGICAL DIVERSITY.** *Plan Estratégico para la Diversidad Biológica 2011-2020 y metas de Aichi* [blog]. Canadá 13 de febrero, 2011. [Consulta: 17 abril 2023]. Disponible en: <https://www.cbd.int/doc/strategic-plan/2011-2020/Aichi-Targets-ES.pdf>.

**CONTRERAS, A. & ROSAS, M.** "Biodiversity of Megaloptera and Raphidoptera in Mexico". *Revista Mexicana de Biodiversidad* [en línea], 2014, (Mexico) 85(3), p. 257. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 18703453. Disponible en: [https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532014000200031&script=sci\\_abstract&tlng=en](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S1870-34532014000200031&script=sci_abstract&tlng=en).

**DE LA CRUZ GONZÁLEZ, L. & PÉREZ VÁSQUEZ, N.** “El saber escolar en biodiversidad en clave para resignificar su enseñanza”. *Redalyc* [en línea], 2020, (Colombia), pp.2-17. [Consulta: 20 marzo 2023]. ISSN 2216-0159 Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=477266235008.%202216-0159>.

**DUARTE, E. & REINOSO, G.** "Composition and structure of larval Trichoptera (Arthropoda: Insecta) assemblages of the Las Perlas stream, Ibagué, Colombia". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea], 2020, (Colombia) 44(171), pp. 471-481. [Consulta: 28 abril 2023]. ISSN 23824980. Disponible en: <https://raccefyn.co/index.php/raccefyn/article/view/964/2800>

**DUTAN MUÑOZ, Brigitte Katerine.** Evaluación del Estado Ecológico de las Cuencas de los Ríos Ambato y Chambo, mediante el uso de Macroinvertebrados Acuáticos (Trabajo de

titulación) (Grado). [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimborazo, Riobamba-Ecuador. 2021.pp. 39-50

[Consulta:30 septiembre 2023]. Disponible en:  
<http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/17014/1/23T00887.pdf>

**ENCA.** *Estrategia nacional de la calidad de agua.* [blog]. Ecuador, 12 septiembre, 2016. [Consulta: 09 mayo 2023]. Disponible en: [https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua\\_2016-2030.pdf](https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf)

**ESCANDÓN GUACHICHULLCA, Gabriela Carla & CÁCERES, VINTIMILLA, Elizabeth María.** Análisis de la calidad del agua mediante parámetros físicos químicos y macroinvertebrados bentónicos, presentes en la microcuenca del río San Francisco-Gualaceo". (Trabajo de titulación) (grado). [En línea]. Universidad Politécnica Salesiana. Quito Ecuador. 2022. pp. 26-27. [Consulta: 2023-05-02]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/21649/1/UPS-CT009509.pdf>

**ESPINAL CARREÓN, T. et al.** "Evaluación de la calidad del agua en la laguna de Yuriria, Guanajuato, México, mediante técnicas multivariadas: un análisis de valoración para dos épocas 2005, 2009-2010" *Scielo* [en línea] 2013, (México) 29 (3), p. 108. [Consulta: 09 febrero 2023]. ISSN 147-163. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/rica/v29n3/v29n3a2.pdf>

**FAO.** *Contaminación agrícola de los recursos hídricos* [blog]. [Consulta: 13 abril 2023]. Disponible en: <https://www.fao.org/3/W2598S/w2598s03.htm>

**FERRERO, B.** "Tras una definición de las áreas protegidas. Apuntes sobre la conservación de la naturaleza en Argentina". *Redalyc.* [en línea], 2018, (Argentina) 27(1), pp.99-110. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN. 0326-8373. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/3832/383257036006/383257036006.pdf>

**FIGUEROA, R. et al.** "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile". *Revista Chilena de Historia Natural* [en línea], 2003, (Chile) 76(2), pp. 276-279. [Consulta: 23 mayo 2023]. ISSN 0716078X. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/rchnat/v76n2/art12.pdf>

**FLOWERS, R & DE LA ROSA, C.** “Ephemeroptera” *Scielo* [en línea], 2010, (Costa Rica) 58(4), pp. 63-93. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a04v58s4.pdf>

**GADP DE CHIMBORAZO.** *Plan de Ordenamiento Territorial* [blog]. [Consulta: 10 marzo 2010]. Disponible en: <http://chimborazo.gob.ec/principal/wp-content/uploads/2022/06/PDOT.pdf>

**GAMBOA, M. et al.** “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental”. *Scielo* [en línea], 2008, (Venezuela) 48(2), pp. 109-110 [Consulta: 09 febrero 2023]. ISSN 1690-4648. Disponible en: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1690-46482008000200001#:~:text=Los%20macroinvertebrados%20bent%C3%B3nicos%20se%20encuentran,Cummnig%20%26%20Klug%2C%201979\)..%201690-4648](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001#:~:text=Los%20macroinvertebrados%20bent%C3%B3nicos%20se%20encuentran,Cummnig%20%26%20Klug%2C%201979)..%201690-4648).

**GIACOMETTI, J. & BERSOSA, F.** "Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua en el río Alambi" *Serie Zoológica* [en línea], 2006, (Ecuador) 2(17), pp. 1-90. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 171-5-231. Disponible en: <https://journal.espe.edu.ec/ojs/index.php/revista-serie-zoologica/article/download/1394/985>

**GONZÁLES, G.** *Microbiología del agua: conceptos y aplicaciones*. Bogotá, Colombia: Cañas Escuela Colombiana de Ingeniería, 2012. ISBN 978-958-8726-03-8, pp.205.207.

**GONZÁLEZ, H. et al.** *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca*. [en línea] Cuenca Ecuador: ETAPA, 2019. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf>

**GRANIZO, T. et al.** *Manual de Planificación para la Conservación de Áreas PCA*. [en línea]. Ecuador. PUNTOMAGENTA, 2006. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://koha.unemi.edu.ec/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=15307%2520thumbnail-shelfbrowser>

**GRUSTÁN, D.** “Orden Megaloptera”. *IDEA* [en línea], 2015, (España) 3(57), pp. 3-8. [Consulta: 27 abril 2023]. ISSN 2386-7183. Disponible en: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista\\_57.pdf](http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_57.pdf)

**GUTIÉRREZ, P.** “Plecoptera”. *Scielo*. [en línea], 2010, (Costa Rica) 12(2), p.139. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 0034-774. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a06v58s4.pdf>.

**GUTIÉRREZ, S. et al.** *Caracterización de los macroinvertebrados predadores en estanques de alevinaj en las piscícolas Arizona I y II de la vereda Arizona del municipio de Baraya, Huila*. [en línea]. Bogotá-Colombia: 2019. [Consulta: 13 mayo 2023]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/186988>

**HANSON, P. et al.** "Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos". *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, (Costa Rica) 45(1), pp.3-12. [Consulta: 16 de marzo 2023]. ISSN. 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a01v58s4.pdf>

**HARVEY, Richard & CHAMPE, Pamela.** *Microbiología*. Barcelona España: Lippincott Williams & Wilkins, 2008. ISBN 978-84-96921-15-3. pp. 8-669.

**HERNÁNDEZ SÁNCHEZ, Yaraví.** Estrategias de manejo para la conservación del lago Zempoala en el parque nacional lagunas de Zempoala (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Autónoma del Estado De Morelos. México. 2020. pp.12-63. [Consulta: 2023-05-04]. Disponible en: <http://riaa.uaem.mx/xmlui/bitstream/handle/20.500.12055/1474/HESYNR00T.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**HERNÁNDEZ, Y. et al.** “Monitoreo ambiental como herramienta para el seguimiento continuo previsto en la evaluación de impacto ambiental”. *Revista Espacios*. [en línea], 2019, (Colombia), 40(3), pp.1-8. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN 0798 1015. Disponible en: <https://www.revistaespacios.com/a19v40n03/a19v40n03p17.pdf>. 0798 1015.

**HERRERA MARTÍNEZ, J. et al.** “Determinación de los Índices Bmwp/Col, (QBR), (IHF) e ICO En Valledupar, Colombia”. *Revista Politécnica*. [en línea], 2022, (Colombia) 18(35). [Consulta: 20 mayo 2023]. ISSN 2256-5353. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/6078/607870799009/607870799009.pdf>

**HUAMÁN TUCUMANGO, Jhonatan Kenyo.** Estudio del orden odonata en el caserío nuevo Perú del centro poblado Huambocancha baja-Cajamarca. (Trabajo de titulación). (Maestría). [En línea] Universidad Nacional de Cajamarca. Cajamarca, Perú. 2022. p.10 [Consulta: 27-04-23]. Disponible en: [https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4766/JHONATAN%20HUAM%  
%c3%81N.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://repositorio.unc.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14074/4766/JHONATAN%20HUAM%c3%81N.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**INSTITUTO ALEXANDER VON HUMBOLDT.** *Diseño del sistema de monitoreo de ecosistemas de agua dulce y sus biodiversidad asociada* [en línea] Colombia: [Consulta: 20 abril 2023]. Disponible en: [http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35896/GEFMC\\_P4\\_V2\\_2019\\_05\\_28\\_AB.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://repository.humboldt.org.co/bitstream/handle/20.500.11761/35896/GEFMC_P4_V2_2019_05_28_AB.pdf?sequence=1&isAllowed=y)

**INSTITUTO DE CONSERVACIÓN FORESTAL.** *Guía Técnica para la colecta y preservación de insectos.* [en línea]. Honduras: ICEF, 2021. [Consulta: 18 mayo 2023]. Disponible en: <https://icf.gob.hn/wp-content/uploads/2022/02/GUIA-TECNICA-PARA-COLECTA-Y-PRESERVACION-DE-INSECTOS-V-FINAL.pdf>

**INEN 1108.** *Agua para consumo humano-requisitos-sexta revision 2020-04.*

**JIMÉNEZ, E.** *Familia de Insectos* [en línea]. Managua-Nicaragua, 2020. [Consulta: 25 abril 2023]. Disponible en: <https://repositorio.una.edu.ni/4172/1/nh10j61ed.pdf>

**LÓPEZ A.** "Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental". *Scielo* [en línea], 2017 (Colombia) 38(3), pp. 458-472. [Consulta: 2 de mayo 2023] ISSN 07179200. Disponible en: <https://www.scielo.cl/pdf/bosque/v38n3/art03.pdf>.

**LÓPEZ, S, ET AL.** "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá". *Redalyc* [en línea], 2019, (Colombia) 37(2), pp. 271-285. [Consulta: 30 abril 2023]. ISSN 37.2.6281. Disponible en: <https://www.redalyc.org/journal/852/85263724007/html/>

**LUPI ORESTE, D. et al.** "Estado del arte de los sistemas de monitoreo de calidad de agua". *Reddi.* [en línea], 2020 (Argentina) 5(2), pp.1-8. [Consulta: 05 mayo 2023]. ISSN 2525-1333. Disponible en: <https://repositoriocyt.unlam.edu.ar/bitstream/123456789/1221/1/ReDDi%205->

2-

5.%20Estado%20de%20arte%20de%20los%20sistemas%20de%20monitoreo%20de%20calidad%20de%20agua%20.pdf. 2525-1333

**MACHADO, V. et al.** “Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano”. *Redalyc* [en línea], 2018. (Ecuador) 9(4), pp. 1-14. [Consulta: 16 mayo 2023]. ISSN 1390-9363. Disponible en: <https://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/index.php/revista/article/view/369/256>

**MARÍN VELÁSQUEZ, T. & ARRIOJAS, TOCUYO D.** “Remoción de turbidez de agua mediante filtración utilizando cáscara de coco a nivel de laboratorio”. *ION*. [en línea], 2020, (Perú) 33(2), pp. 99-110. [Consulta: 02 mayo 2023]. Número ISSN. 0120-100X. Disponible en: <https://revistas.uis.edu.co/index.php/revistaion/article/view/10074/11274>

**MEDINA TAFUR, C. et al.** "El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. Perú". *Scielo*, [en línea], 2010, (Colombia) 13(2), pp.2-15. [Consulta: 30 agosto 2023]. ISSN 1681-7230. Disponible en <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/article/download/280/284/667>

**MENA MEJÍA, I. et al.** "Evaluación de la condición ecológica del río Zahuapan". *Revista Internacional de Contaminación Ambiental* [en línea], 2017, (México) 33(1), pp.10-23 [Consulta: 20 mayo 2023]. ISSN 01884999. Disponible en: <https://www.revistascca.unam.mx/rica/index.php/rica/article/view/RICA.2017.33.01.01>

**MENENSES ORTEGÓN, L & HERRERA MARTÍNEZ, Y.** "Bacterial plankton from three high Andean wetlands in Eastern Colombia" *Biota Colombiana* [en línea], 2012, (Colombia) 16(1), pp. 2-9. [Consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 0124-5376. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/491/49142418001.pdf>

**MERUS.** *Demanda Biológica de Oxígeno (DBO)*. [blog]. Ecuador: 24 enero, 2017. [Consulta: 03, mayo 2023]. Disponible en: [https://www.merus.es/dbo\\_demanda-biologica-oxigeno/#](https://www.merus.es/dbo_demanda-biologica-oxigeno/#)

**MICROLAB INDUSTRIAL.** *Las formas múltiples del Nitrógeno (amónio-nitrito-nitrato-nitrificación-desnitrificación)* [blog]. 17 marzo, 2017. [Cited: 03 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/las-formas-multiples-del->



**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Guías para la calidad del agua de consumo humano* [en línea]. United States of America:

ADENDA, 2011. [Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en: <https://apps.who.int/iris/rest/bitstreams/1136016/retrieve>

**ORGANIZACIÓN MUNDIAL DE LA SALUD.** *Guidelines on recreational water quality: Coastal and fresh waters* United States of America: ADENDA 2021. ISBN 9789240031302, pp. 14-164.

**OVIEDO MACHADO, N. & REINOSO FLÓREZ, G.** "Ecological aspects of Chironomidae larvae (Diptera) of the Opia river (Tolima, Colombia)". *Revista Colombiana de Entomología*, [en línea], 2018, (Colombia) 44(1), pp.101-109  
[Consulta: 30 agosto 2023]. ISSN 01200488. Disponible en: 10.25100/socolen.v44i1.6546

**RAMÍREZ, A.** "Odonata". *Scielo* [en línea], 2010, (Costa Rica) 13(2), p.97. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a05v58s4.pdf.0034-7744>.

**REYNOSO, María; et al.** *Manual de microbiología general*. Buenos aires Argentina: UniRío, 2015. ISBN 978-987-688-124-1 pp. 45-97.

**RINCON, J. et al.** "Macroinvertebrados de los Ríos del Parque Nacional Cajas". *Researchgate* [en línea], 2017 3(18), pp.17-83. [Consulta: 23 mayo 2023]. ISBN 9789978325568. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/317416107%0AMacroinvertebrados>

**RIOS TOUMA, B. et al.** "The Andean Biotic Index (ABI ): revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation". *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2014, (España) 62(2), pp. 250-273, [Consulta:14 mayo 2023]. ISSN N 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v62s2/a17v62s2.pdf>

**ROMERO ASQUI, Steven Andrés.** Predicción del rango de distribución de las especies *Pseudalopex Culpaeus* ( *Molina , 1782* ), *Oreotrochilus Chimborazo Chimborazo* ( *Delattre & Bourcier , 1846* ) Y *Odocoileus Ustus* ( *Trouessart , 1910* ) en la Provincia de Chimborazo (Trabajo de titulación) (Grado). [En línea] Escuela Superior Politecnica de Chimboraz,

Riobamba-Ecuador. 2020. pp.24-175.

[Consulta: 30 mayo 2023]. Disponible en:  
<http://dspace.esPOCH.edu.ec/handle/123456789/19571>

**ROLDÁN, G Y RAMÍREZ, J.** *Fundamentos de Limnología Neotropical*. 3ª ed. Antioquia-Colombia: Gente Nueva, 2022. ISBN 9789585296909, p.544-771.

**ROMERO, F.** “Estado del conocimiento del orden Plecoptera en la provincia de Misiones, Argentina”. *Zoológica Lilloana*. [en línea],2017, (Argentina) 61(1), pp.42-43 [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en:

<https://www.lillo.org.ar/revis/zoo/2017/v61n1/v61n1a05.pdf>

**ROWLANDS SIRVAS, Eirian Susana.** Determinación de microorganismo coliformes totales, mesófilos, mohos y levaduras en agua de bebederos de establos vacunos lecheros en el distrito de Lurín (Trabajo de titulación) (Maestría). [En línea] Universidad Científica del Sur. Lima Perú. 2019. pp.19-61 [Consulta: 2023-05-04]. Disponible en:  
<https://repositorio.cientifica.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12805/848/TL-Rowlands%20E.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**RUIZ PICOS, R. et al.** "Ensamblajes de macroinvertebrados acuáticos relacionados con diversos usos del suelo en los ríos Apatlaco y Chalma-Tembembe (cuenca del Río Balsas), México". *Hidrobiológica* [en línea], 2016, (México), 26(3) pp.447-459. [Consulta: 30 agosto 2023]. ISSN 01888897. Disponible en:  
[https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972016000300443](https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000300443)

**RUEDA, M. & SGANGA, J.** “El orden Trichoptera en el parque Nacional Calilegua (Jujuy,Argentina): nuevos registros y lista de especies”. *Scielo*. [en línea], 2021, (Argentina) 80(3), pp. 1-8. [Consulta: 25 abril 2023]. ISSN 1851-7471. Disponible en:  
<http://www.scielo.org.ar/pdf/rsea/v80n3/1851-7471-rsea-80-03-13.pdf>.

**SAAVEDRA ROMERO, L. et al.** "Diversidad, Estructura Arbórea E Índice De Valor De Importancia En Un Bosque Urbano De La Ciudad De México". *Polibotánica* [en línea], 2019, (México) 0(46), pp. 29-32. [Consulta: 02 mayo 2023]. ISSN 10.18387. Disponible en:  
<https://www.scielo.org.mx/pdf/polib/n47/1405-2768-polib-47-25.pdf>

**SAMO, A. et al.** *Introducción práctica a la ecología*. Madrid, España: Pearson Educación, 2008. ISBN 978-84-8322-445-8, pp. 248-260.

**SÁNCHEZ, J.** *Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad* [en línea]. Santiago: CEPAL, 2019. [Consultado: 09 febrero 2023]. Disponible en: [https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/1/S1900378\\_es.pdf](https://repositorio.cepal.org/bitstream/handle/11362/44785/1/S1900378_es.pdf). 978-92-1-047946-2

**SANTOS BATISTA J. et al.** "Crecimiento del girasol (*Helianthus Annuus L.*) en función de la salinidad del agua de riego con fertilización nitrogenada". *Scielo*. [en línea], 2017, (Brasil) 51(6), pp. 649-659. [Consulta: 03 mayo 2023]. ISSN 649-660. Disponible en: <https://www.scielo.org.mx/pdf/agro/v51n6/1405-3195-agro-51-06-00649-en.pdf>

**SARANDÓN, S.** *Biodiversidad, agroecología y agricultura sustentable* [en línea]. Argentina 2020. [Consulta: 04 10, 2023]. Disponible en: [http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/109141/Documento\\_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y](http://sedici.unlp.edu.ar/bitstream/handle/10915/109141/Documento_completo.pdf-PDFA.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

**SÁNCHEZ DE CÉSPEDES, I.** "Aplicación del índice de agrobiodiversidad en el Ecuador". *Researchgate* [en línea], 2018, (Ecuador) 13(1), pp.249-251. [Consulta: 04 mayo 2023]. ISSN. 247-256. Disponible en: [https://www.researchgate.net/profile/Ima-Sanchez-De-Cespedes/publication/332666484\\_Aplicacion\\_del\\_indice\\_de\\_agrobiodiversidad\\_en\\_el\\_Ecuador/links/60b8ec41458515218f89d62d/Aplicacion-del-indice-de-agrobiodiversidad-en-el-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Ima-Sanchez-De-Cespedes/publication/332666484_Aplicacion_del_indice_de_agrobiodiversidad_en_el_Ecuador/links/60b8ec41458515218f89d62d/Aplicacion-del-indice-de-agrobiodiversidad-en-el-Ecuador.pdf)

**SEGNINI, S.** "El uso de macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente". *Ecotropicos* [en línea], 2003, (Venezuela) 16(2), pp.45-63. [Consulta: 02 mayo 2023]. ISSN. 1470160X. Disponible en: <https://www.researchgate.net/publication/237591371>

**SIERRA SUAREZ, Carlos.** *Calidad del agua evaluación y diagnóstico*. Medellín Colombia Ediciones de la U, 2011. ISBN 978-958-8692-06-7, p. 163-250.

**SMITH, T. & SMITH L.** *Ecología*. 6ta. Madrid, España: Pearson, 2007. ISBN 978-84-7829-084-0. P. 776.

**SNAP.** *Categorías de Manejo* [blog]. Ecuador: SNAP, 2015. [Consulta: 29 abril 2023]. Disponible en: <http://áreasprotegidas.ambiente.gob.ec/es/content/categor%C3%ADas-de-manejo>.

**SPRINGER, M.** "Trichoptera". *Biología Tropical* [en línea], 2010, (Ecuador) 58(4), pp. 154-159. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN 0034-7744. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a07v58s4.pdf>

**TERNEUS, E. et al.** "Evaluación Ecológica del Río Lliquino a Través de Macroinvertebrados Acuáticos, Pastaza – Ecuador". *Revista de Ciencias* [en línea], 2012, (Ecuador) 16 (5), pp. 34-45. [Consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 0121-1935. Disponible en: [https://www.researchgate.net/publication/335462623\\_Evaluacion\\_Ecologica\\_del\\_Rio\\_Lliquino\\_a\\_Través\\_de\\_Macroinvertebrados\\_Acuaticos\\_Pastaza\\_-\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/335462623_Evaluacion_Ecologica_del_Rio_Lliquino_a_Través_de_Macroinvertebrados_Acuaticos_Pastaza_-_Ecuador)

**TULSMA.** “ Texto Unificado de Legislacion Secundaria de Medio Ambiente”. [blog]. Ecuador, 31 marzo, 2017. [Consulta: 01 mayo 2023]. Disponible en: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/TULSMA.pdf>

**TURPO CONDORI, Jimmy Antony.** Evaluación de parámetros físico-químicos y microbiológicos del agua potable de la Planta de Tratamiento Aziruni, puno 2017. (Trabajo de titulación) (grado). [En línea], Universidad Privada San Carlos. Peru, 2018. pp.18-96. [Consulta: 2023-05-02]. Disponible en: <http://repositorio.upsc.edu.pe/handle/UPSC%20S.A.C./355>

**UNIÓN INTERNACIONAL PARA LA CONSERVACIÓN DE LA NATURALEZA.** *Gobernanza de Áreas Protegidas*. [blog]. Ecuador: UICN, 2019. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://library.oapen.org/viewer/web/viewer.html?file=/bitstream/handle/20.500.12657/24733/gobernanza.pdf?sequence=1&isAllowed=y.9789587391329>.

**VALENZUELA, E. et al.** "Microbiological quality of water in livestock área of southern Chile and its possible implications on human health". *Revista Chilena de Infectología* [en línea], 2012, (Chiler) 29(6), pp. 34-45. [Consulta: 15 septiembre 2023]. ISSN 07161018. Disponible en: <https://pubmed.ncbi.nlm.nih.gov/23412031/>

**VARGAS LUCERO, Patricia Jhuliana.** Evaluación de la ecología de funcional del ensayo de macroinvertebrados bentónicos y la calidad ecológica del agua en la microcuenca del río Olía, Chachapoyas, Amazonas (Trabajo de titulación) (Grado). [En línea] Universidad Nacional Toribio Rodríguez Mendoza de Amazonas. Chachapoyas-Perú, 2018. pp.9-11. [Consulta: 2023-08-23]. Disponible en: <https://repositorio.untrm.edu.pe/bitstream/handle/20.500.14077/1491/VARGAS%20LUCERO%20PATRICIA%20JHULIANA.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

**VÁSQUEZ, RUIZ, Betty Yane.** Determinación del grado de contaminación del río Chancay por las aguas [En línea] (Trabajo de titulación). (Grado) Universidad Cesar Vallejo, Perú 2019. pp.20-21. [Consulta: 2023-03-09]. Disponible en: <https://repositorio.ucv.edu.pe/handle/20.500.12692/47575>.

**VILCA CARHUAPOMA, E.** “Uso de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad de agua en ecosistemas lóticos en el Perú”. *South Sustainability* [en línea], 2022, (Lima-Perú), 3(2), p.2. [Consulta: 26 abril 2023]. ISSN 10.21142. Disponible en: <https://revistas.cientifica.edu.pe/index.php/southsustainability/article/view/1088/1006>.

**WALTEROS, J.** "Fichas rápidas para la identificación de macroinvertebrados acuáticos". *ResearchGate* [en línea], 2018, (Colombia) 3(11), pp.1-117 [Consulta: 30 mayo 2023]. ISSN 10.13140 Disponible en: < [https://www.researchgate.net/publication/326188106\\_Fichas\\_rapidass\\_para\\_la\\_identificacion\\_de\\_macroinvertebrados\\_acuaticos](https://www.researchgate.net/publication/326188106_Fichas_rapidass_para_la_identificacion_de_macroinvertebrados_acuaticos)

**WORLD WILDLIFE FUND.** *Cinco razones por las que las Áreas Protegidas son claves para afrontar el Cambio Climático.* [blog]. Ecuador: agosto 6, 2016. [Consulta: 27 abril 2023]. Disponible en: <https://www.wwf.org.ec/?275130/Cinco-razones-por-las-que-las-reas-Protegidas-son-claves-para-afrontar-el-Cambio-Climtico>.

**YÁNEZ, P.** *Ecología y Biodiversidad: Un enfoque desde el Neotrópico.* Quito Ecuador: Radical Urbano, 2014. ISBN 978-9942-9924-8-2, p. 172.

**ZAMORA, MUÑOZ C. et al.** “Orden Trichoptera”. *Ibero Diversidad Entomológica.* [en línea], 2015, (España) 64(5), pp.2-21. [Consulta: 29 abril 2023]. ISSN 2386-7183. Disponible en: [http://sea-entomologia.org/IDE@/revista\\_64.pdf](http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_64.pdf)



## ANEXOS

### ANEXO A: Ficha técnica de la familia de Aeshnidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados  |   |   |                                     |
|--|---|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                      |   |   |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas   | <b>Laguna:</b> Magtayan   | <b>Código:</b> 7A1  | <b>N.º Ficha:</b> 01                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta   | <b>Orden:</b><br>Odonata  | <b>Familia:</b><br>Aeshnidae  | <b>BMWP/Col:</b> 6<br><b>ABI:</b> 6 |
| <b>Fotografía</b>  | <b>Características morfológicas</b>   | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>   |                                     |
|  | <p>Su tamaño es mediano a grande, posee antenas cetáceas en forma de pelo, ojos compuestos grandes ocupando la mayoría de la cabeza, posee 4 alas alargadas con venas. Tienen un aparato masticador fuerte, tórax robusto, prototorax pequeño, tarsos divididos en 3 segmentos y cercos crecientes, (Jiménez, 2020,p.72).</p> | <p>Habitan preferentemente en aguas estancadas. Posee 3 ciclos de vida (huevo, ninfa, adulto) sus larvas son acuáticas y los adultos voladores estos vuelan cerca de quebradas, ríos, lagunas y agua dulce o salobre, sus huevos son depositados en la vegetación acuática viva o muerta, en sustratos, o agua. Depredadores muy activos. (Jiménez, 2020,p.72).</p> |                                     |

Realizado por: Quigla T., 2023

### ANEXO B: Ficha técnica de la familia de Ceratopogonidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados           |                                     |   |                                     |
|---|-------------------------------------|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara |                                     |   |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas    | <b>Laguna:</b> Magtayan             | <b>Código:</b> 7A1-7A2                    | <b>N.º Ficha:</b> 02                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta                      | <b>Orden:</b><br>Díptera            | <b>Familia:</b><br>Ceratopogonidae        | <b>BMWP/Col:</b> 3<br><b>ABI:</b> 4 |
| <b>Fotografía</b>                             | <b>Características morfológicas</b> | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b> |                                     |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>Su tamaño es de 12 a 14 mm, cuerpo filiforme alargado y cilíndrico, presenta cabeza esclerotizada provista de mandíbulas dentadas y aparato faríngeo desarrollado, sin presencia de propatas con segmentos más largos que anchos y una capsula cefálica más larga que ancha de color anaranjado, (Dutan, 2021, p.39).</p> | <p>Habitan preferentemente en las orillas de ríos, y en el fondo en aguas quietas, adheridas a troncos, hojarascas sumergidas, se asocian a lugares con alto contenido de materia orgánica en descomposición, su exigencia de oxígeno es baja y son usados como indicadores de mala calidad de agua, (Dutan, 2021, p.39).</p> |
|---|--|---|

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO C: Ficha técnica de la familia de Chironomidae**

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados   |  |   |                                     |
|---|--|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                       |  |   |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas  | <b>Laguna:</b> Magtayan  | <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3  | <b>N.º Ficha:</b> 03                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta  | <b>Orden:</b><br>Díptera   | <b>Familia:</b><br>Chironomidae   | <b>BMWP/Col:</b> 2<br><b>ABI:</b> 2 |
| <b>Fotografía</b>   | <b>Características morfológicas</b>  | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>   |                                     |
|  | <p>Las larvas tienen la cabeza esclerotizada oscura y bien definida. No tienen patas, pero hay una proyección o propata debajo de cabeza que usan para moverse. El cuerpo es liso, con forma</p> | <p>Familias cosmopolitas cuya distribución es amplia, se encuentra en aguas loticas y lenticas, con abundante materia orgánica en descomposición y algunos géneros en aguas limpias. Son recolectores, filtradores e incluso depredadores, se alimentan de algas, bacterias y</p> |                                     |

|   |   |  |
|---|---|--|
|  | <p>curvada. Tienen dos patas anales al final del abdomen. Larvas de tamaño entre 2.0 y 30.mm, (Walteros, 2018, p.85).</p> | <p>materia orgánica, (Walteros, 2018, p.85).</p> |
|---|---|--|

Realizado por: Quigla T., 2023

#### ANEXO D: Ficha técnica de la familia de Hyalellidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados   |   |   |                                     |
|---|---|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                       |   |   |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas  | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3  | <b>N.º Ficha:</b> 04  |                                     |
| <b>Clase:</b><br>Malacostraca   | <b>Orden:</b><br>Amphipoda  | <b>Familia:</b><br>Hyalellidae  | <b>BMWP/Col:</b> 7<br><b>ABI:</b> 6 |
| <b>Fotografía</b>   | <b>Características morfológicas</b>   | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>   |                                     |
|  | <p>Su tamaño es de 2.5 a 20 mm, cuerpo lateralmente comprimido desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson. Los segmentos del tórax se caracterizan por llevar un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos, en machos. Su color es de anaranjado a blanco, (González et al., 2018, p. 152).</p> | <p>Habitan distintos ambientes dulceacuícolas, asociados a materia orgánica en descomposición, donde se forman densas poblaciones, (Walteros, 2018, p.110).</p> |                                     |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO E:** Ficha técnica de la familia de Dugesiidae

| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>   |  |   |                                     |
|--|--|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                      |  |   |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas   |  | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3  | <b>N.º Ficha:</b> 05                |
| <b>Clase:</b><br>Turbellaria   | <b>Orden:</b><br>Tricladida  | <b>Familia:</b><br>Dugesiidae   | <b>BMWP/Col:</b> 6<br><b>ABI:</b> 5 |
| <b>Fotografía</b>  | <b>Características morfológicas</b>  | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>   |                                     |
|  | <p>Su tamaño es de 2.5 a 4 mm, cabeza con forma triangular (lanceolada), su color es oscuro que ayudan a mimetizar en su entorno, poseen dos proyecciones auriculares prominentes, cuerpo aplanado y alargado sin segmentos, presencia de una franja blanquecina que atraviesa todo su cuerpo a lo largo, (Dutan, 2021, p.66).</p> | <p>Habitan preferentemente en aguas poco profundas, sobre rocas, troncos y ramas. Su distribución es amplia lagos, estanques, arroyos y ríos, son resistentes a ciertos niveles de contaminación de materia orgánica, (Dutan, 2021, p.66 ).</p> |                                     |

Realizado por: Quigla T., 2023

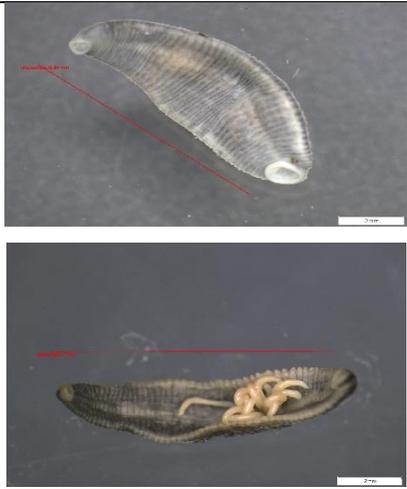
**ANEXO F:** Ficha técnica de la familia de Elmidae

| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>    |                                     |  |                                     |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara |                                     |  |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas    |                                     | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1 | <b>N.º Ficha:</b> 06                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta                      | <b>Orden:</b><br>Coleóptera         | <b>Familia:</b><br>Elmidae                 | <b>BMWP/Col:</b> 6<br><b>ABI:</b> 5 |
| <b>Fotografía</b>                             | <b>Características morfológicas</b> | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>  |                                     |
|   |                                     |  |                                     |

|   |   |   |
|---|---|---|
|  | <p>Son de diversas formas. Sus cuerpos son duros y semicirculares. Poseen un opérculo en el noveno segmento abdominal, donde se ubican las branquias y un par de ganchos. Presentan patas torácicas bien desarrolladas. Los colores varían entre amarillo, ocre y marrón. Son de tamaños variados, (Walteros, 2018, p. 43).</p> | <p>Es un grupo ampliamente distribuido en el trópico. Viven en aguas corrientes bien oxigenadas y en diversos microhábitats. Se alimentan de detritos y algas, por lo que se les reconoce como colectores, (Walteros, 2018, p. 43).</p> |
|---|---|---|

Realizado por: Quigla T., 2023

#### ANEXO G: Ficha técnica de la familia de Glossiphoniidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados   |   |  |                       |
|---|---|--|-----------------------|
| Investigador: María Teresa Quigla Lara  |   |  |                       |
| Lugar: Chimborazo-Alausí-Achupallas   | Laguna: Magtayan Código: 7A1-7A2-7A3  | N.º Ficha: 07  |                       |
| Clase: Hirudinea  | Orden: Rhynchobdellida  | Familia: Glossiphoniidae   | BMWP/Col: 3<br>ABI: 3 |
| Fotografía  | Características morfológicas  | Características Ecológicas-Hábitat   |                       |
|  | <p>Sanguijuelas pequeñas de 5 a 9 mm, cuerpo depresivo, cóncavo, básicamente plano; los primeros metámeros forman la cabeza y los demás metámeros forman el tronco, se caracteriza por presentar ventosas en cada extremo, una de ellas le sirve para alimentarse, (Dutan, 2021, p.61 )</p> | <p>Habitan en ecosistemas de poca corriente o movimiento leve, su presencia en la mayoría del tiempo es sobre hojas, rocas, briofitas en el fondo del cuerpo del agua, tolera pocas concentraciones de oxígeno, por lo cual es un buen indicador de agua contaminada, (Dutan, 2021, p.61 )</p> |                       |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO H:** Ficha técnica de la familia de Gripopterygidae

| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>   |  |  |                                       |
|--|--|--|---------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                      |  |  |                                       |
| <b>Lugar:</b><br>Chimborazo-Alausí-<br>Achupallas                                  | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1   |  | <b>N.º Ficha:</b> 08                  |
| <b>Clase:</b><br>Insecta   | <b>Orden:</b><br>Plecóptera  | <b>Familia:</b><br>Gripopterygidae   | <b>BMWP/Col:</b> 10<br><b>ABI:</b> 10 |
| <b>Fotografía</b>  | <b>Características morfológicas</b>  | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>  |                                       |
|  | <p>Su tamaño es de 15 mm de longitud, su coloración es variada de marrón a café, los segmentos están fusionados por anillos completos, no posee branquias torácicas, solo presentan branquias abdominales. Tienen 3 ojos simples (ocelos), longitud de las antenas son la mitad del tamaño de su cuerpo, poseen palpos maxilares con 4 segmentos, sus patas son fuertes, (González et al., 2018, p. 48).</p> | <p>Habitán en ríos con aguas correntosas y bien oxigenadas y por lo que se consideran individuos sensibles a la contaminación orgánica, (Dutan, 2021, p.51).</p> |                                       |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO I:** Ficha técnica de la familia de Leptoceridae

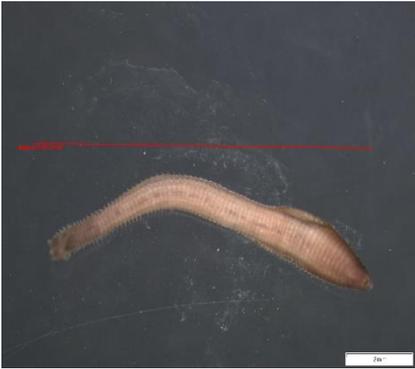
| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>        |  |                                 |                                     |
|---|--|---------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara     |  |                                 |                                     |
| <b>Lugar:</b><br>Chimborazo-Alausí-<br>Achupallas | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1 |                                 | <b>N.º Ficha:</b> 09                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta                          | <b>Orden:</b><br>Trichoptera               | <b>Familia:</b><br>Leptoceridae | <b>BMWP/Col:</b> 8<br><b>ABI:</b> 8 |

| Fotografía   | Características morfológicas   | Características Ecológicas- Hábitat   |
|--|--|---|
|  | <p>Su tamaño es de 10 a 15 mm, cuerpo blando de color blanquecino a crema, las larvas se distinguen de todas las demás familias que forman casitas portátiles, por sus antenas relativamente largas y visibles. además, manchas en la cabeza. Las casas casi siempre son en forma tubular, pueden ser de piedritas, granos de arena o materia orgánica, a veces una combinación de los dos, (Walteros, 2018, p. 27).</p> | <p>Suelen habitar desde ríos y quebradas correntosas, hasta aguas lenticas donde hay acumulación de hojarasca. Se alimentan de materia orgánica, aunque algunas son omnívoras, otras rapadoras e incluso depredadoras, (Walteros, 2018, p. 27).</p> |

Realizado por: Quigla T., 2023

#### ANEXO J: Ficha técnica de la familia de Lumbricidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados           |  |                                     |                                     |
|---|--|-------------------------------------|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara |  |                                     |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas    | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3 |                                     | <b>N.º Ficha:</b> 10                |
| <b>Clase:</b> Oligochaeta                     | <b>Orden:</b> Crassielitellata                     | <b>Familia:</b> Lumbricidae         | <b>BMWP/Col:</b> 0<br><b>ABI:</b> 1 |
| Fotografía                                    | Características morfológicas                       | Características Ecológicas- Hábitat |                                     |

|   |  |  |
|---|--|--|
|  | <p>Son gusanos de cuerpo cilíndrico de simetría bilateral y cuerpo dividido en segmentos, de color café, marrón, sus terminaciones son en punta en los estadios más jóvenes, en los adultos se presenta un ensanchamiento en su clitelo, presentan quetas dorsales y carecen de piezas bucales y patas articuladas, (Dutan, 2021, p.65).</p> | <p>Pueden vivir en zonas con poco oxígeno, son tolerantes sitios contaminados con materia orgánica y aguas negras, (Dutan, 2021, p. 65).</p> |
|---|--|--|

Realizado por: Quigla T., 2023

#### ANEXO K: Ficha técnica de la familia de Lymnaeidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados   |  |  |                                     |
|---|--|--|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                       |  |  |                                     |
| <b>Lugar:</b> Chimborazo-Alausí-Achupallas  | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3   |  | <b>N.º Ficha:</b> 11                |
| <b>Clase:</b> Gastropoda  | <b>Orden:</b> Basommatophora   | <b>Familia:</b> Lymnaeidae   | <b>BMWP/Col:</b> 4<br><b>ABI:</b> 3 |
| Fotografía  | Características morfológicas   | Características Ecológicas-Hábitat   |                                     |
|  | <p>Su tamaño es de 5.0 a 20.0 mm. Se caracterizan por tener conchas delgadas y dextrógiras, con apertura a la derecha.<br/>Sin opérculo, ni ombligo.<br/>Respiran el oxígeno del aire a través de espiráculos, (Walteros, 2018, p. 100).</p> | <p>Se encuentran en sistemas lóticos y lénticos en zonas de remansos consumiendo algas del perifitón sobre la superficie de rocas y raíces sumergidas, (Walteros, 2018, p. 100).</p> |                                     |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO L:** Ficha técnica de la familia de Scirtidae

| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>   |  |   |                                     |
|--|--|---|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                      |  |   |                                     |
| <b>Lugar:</b><br>Chimborazo-Alausí-<br>Achupallas                                  | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1   |   | <b>N.º Ficha:</b> 12                |
| <b>Clase:</b><br>Insecta   | <b>Orden:</b><br>Coleóptera  | <b>Familia:</b><br>Scirtidae  | <b>BMWP/Col:</b> 7<br><b>ABI:</b> 5 |
| <b>Fotografía</b>  | <b>Características morfológicas</b>  | <b>Características Ecológicas- Hábitat</b>  |                                     |
|  | <p>Su tamaño es de 1 cm, en larvas, su cuerpo es ovalado con antenas largas segmentada, tiene de uno a dos ocelos en cada lado de la cabeza , sus espiráculos abdominales son segmentados, su color va desde amarillo hasta marrón, antenas finas y pequeñas, (Walteros, 2018, p. 50).</p> | <p>Su hábitat es diverso, vive en aguas corrientes y en ciertas épocas en algas lenticas, bien oxigenada. Se alimentan de algas, detritos y son considerados colectores. (Walteros, 2018, p. 50).</p> |                                     |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO M:** Ficha técnica de la familia de Sphaeriidae

| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>        |                                     |  |                                     |
|---|-------------------------------------|--|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara     |                                     |  |                                     |
| <b>Lugar:</b><br>Chimborazo-Alausí-<br>Achupallas | <b>Laguna:</b> Magtayan             | <b>Código:</b> 7A1-7A2-<br>7A3             | <b>N.º Ficha:</b> 13                |
| <b>Clase:</b><br>Bivalvia                         | <b>Orden:</b><br>Sphaeriida         | <b>Familia:</b><br>Sphaeriidae             | <b>BMWP/Col:</b> 4<br><b>ABI:</b> 2 |
| <b>Fotografía</b>                                 | <b>Características morfológicas</b> | <b>Características Ecológicas- Hábitat</b> |                                     |
|   |                                     |  |                                     |

|   |  |   |
|---|--|---|
|  | <p>Presentan una concha esbelta y frágil de color blanquecina, convexa con picos e isomiaria, el umbo se ubica dorsalmente, sus valvas poseen dientes cardinales, (Dutan, 2021, p.58).</p> | <p>Su distribución es variada desde loticas a lenticas, se caracteriza por estar presentes en lugares con gran carga de materia orgánica y su reacción ante contaminantes no causa alguna variación, siendo estos capaces de adaptarse a ambientes contaminantes (Dutan, 2021, p.58).</p> |
|---|--|---|

Realizado por: Quigla T., 2023

#### ANEXO N: Ficha técnica de la familia de Tipulidae

| Ficha Técnica de Macroinvertebrados   |   |   |                       |
|---|---|---|-----------------------|
| Investigador: María Teresa Quigla Lara  |   |   |                       |
| Lugar: Chimborazo-Alausí-Achupallas   | Laguna: Magtayan Código: 7A1  | N.º Ficha: 14   |                       |
| Clase: Insecta  | Orden: Díptera  | Familia: Tipulidae  | BMWP/Col: 3<br>ABI: 5 |
| Fotografía  | Características morfológicas  | Características Ecológicas-Hábitat  |                       |
|  | <p>Larvas poseen una capsula cefálica es incompleta de manera parcial y suele retraerse dentro del protórax, su cuerpo es de color amarillento, no presenta patas. Su disco espiracular posee 5 lóbulos terminales cortos, 4 de ellos son de color negro ubicados longitudinalmente, (Dutan, 2021, p.45).</p> | <p>Las larvas pueden encontrarse en una gran variedad de hábitats acuáticos o terrestres y son comunes en los sedimentos, sobre las hojas del fondo o troncos podridos y otra materia vegetal en descomposición, hongos, musgos y suelo del bosque, (Jiménez, 2020, p.288).</p> |                       |

Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO Ñ:** Ficha técnica de la familia de Tubificidae

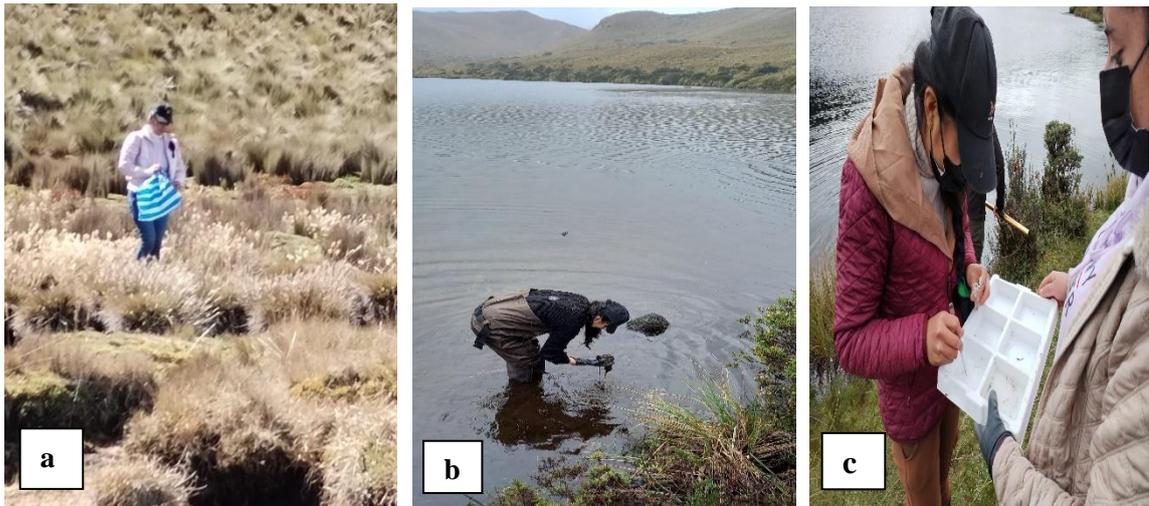
| <b>Ficha Técnica de Macroinvertebrados</b>  |  |  |                                     |
|---|--|--|-------------------------------------|
| <b>Investigador:</b> María Teresa Quigla Lara                                     |  |  |                                     |
| <b>Lugar:</b><br>Chimborazo-Alausí-<br>Achupallas                                 | <b>Laguna:</b> Magtayan <b>Código:</b> 7A1-7A2-7A3   |  | <b>N.º Ficha:</b> 15                |
| <b>Clase:</b><br>Oligochaeta  | <b>Orden:</b><br>Haplotaxidae  | <b>Familia:</b><br>Tubificidae   | <b>BMWP/Col:</b> 1<br><b>ABI:</b> 1 |
| <b>Fotografía</b>   | <b>Características morfológicas</b>  | <b>Características Ecológicas-Hábitat</b>  |                                     |
|  | Su tamaño es de 25 mm, posee setas en forma de patas para movilizarse, de estructura delgada, cilíndrico sus setas se caracterizan por estar agrupadas de 1-20 y en paquetes, su coloración va desde rojo hasta marrón oscuro. | Presentan una amplia distribución de ambientes acuáticos (cosmopolitas) en sustratos enriquecidos principalmente por materia orgánica, tolerando bajos niveles de oxígeno, siendo estos indicadores de mala calidad de agua, debido a su tolerancia, (Dutan, 2021 , p.64). |                                     |

**ANEXO O:** Preparación-multiparámetro(a); recolección muestras (b); medición de parámetros (c)



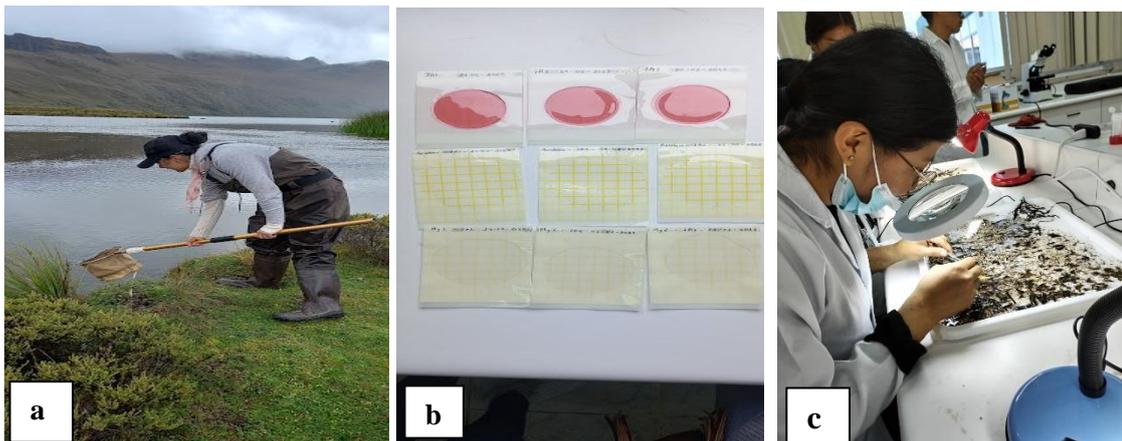
Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO P:** Recolección desechos(a); búsqueda manual (b); clasificación macroinvertebrados (c)



Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO Q:** Recolección con red (a); parámetros microbiológicos (b); clasificación macroinvertebrados en el laboratorio (c)



Realizado por: Quigla T., 2023

**ANEXO R:** Identificación de macroinvertebrados recolectados



Realizado por: Quigla T., 2023



epoch

Dirección de Bibliotecas y  
Recursos del Aprendizaje

UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y  
DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 27 / 11 / 2023

|   |
|---|
| <b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>                                |
| <b>Nombres – Apellidos:</b> María Teresa Quigla Lara              |
| <b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>                                  |
| <b>Facultad:</b> Recursos Naturales                               |
| <b>Carrera:</b> Recursos Naturales Renovables                     |
| <b>Título a optar:</b> Ingeniera en Recursos Naturales Renovables |
| <b>f. responsable:</b> Ing. Cristhian Fernando Castillo Ruiz      |

Ing. C. F. Castillo

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO  
DBRA

1880-DBRA-UIF-2023