



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA E INTEGRIDAD  
ECOLÓGICA DEL HERBAZAL INUNDABLE DE PÁRAMO  
SECTOR DE LA LAGUNA DE ANTEOJOS PERTENECIENTE AL  
PARQUE NACIONAL LLANGANATES**

**Trabajo de Titulación**

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

**INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

**AUTOR:** DAVID NICOLÁS MATAMOROS OJEDA

**DIRECTOR:** Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

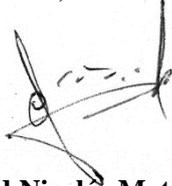
© 2022, David Nicolás Matamoros Ojeda

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

Yo, DAVID NICOLÁS MATAMOROS OJEDA, declaro que el presente trabajo de titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de titulación; el patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 21 de Enero de 2022

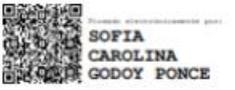


**David Nicolás Matamoros Ojeda**

**115027671-3**

**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**  
**FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS**  
**CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL**

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: El trabajo de titulación; tipo: Proyecto de Investigación “**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA E INTEGRIDAD ECOLÓGICA DEL HERBAZAL INUNDABLE DE PÁRAMO SECTOR DE LA LAGUNA DE ANTEOJOS PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**”, realizado por el señor: **DAVID NICOLÁS MATAMOROS OJEDA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del trabajo de titulación, 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. Sofía Carolina Godoy Ponce, MSc. <b>PRESIDENTE DEL TRIBUNAL</b>	 SOFIA CAROLINA GODOY PONCE	2022-02-17
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo, MSc. <b>DIRECTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN</b>	 CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Firmado digitalmente por CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO Fecha: 2022.01.19 10:50:58 -05'00'	2022-02-17
Ing. Andres Agustin Beltran Davalos, MSc. <b>MIEMBRO DEL TRIBUNAL</b>	 ANDRES AGUSTIN BELTRAN DAVALOS	2022-02-17

## **DEDICATORIA**

Este trabajo les dedico plenamente a mis padres en reciprocidad a su incommensurable amor del cual me han dotado a lo largo de toda mi vida.

*Nicolás*

## **AGRADECIMIENTO**

A mis padres Vicente y Malena por haber sido motivación y apoyo por brindarme la educación como regalo para usarla de herramienta para encaminarme solo.

A la Dra Gina Álvarez por su altruista y desinteresada manera de colaborar con la comunidad estudiantil.

A mis amigos Ricardo, Ardilla, Camilo y Camila por su invaluable amistad y contribuir para llevar a cabo este arduo trabajo, menos a Javier.

*Nicolás*

## TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xi
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xii
RESUMEN .....	xiv
ABSTRACT.....	xv
INTRODUCCIÓN .....	1

### CAPÍTULO I

<b>1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL .....</b>	<b>4</b>
<b>1.1. Antecedentes .....</b>	<b>4</b>
<b>1.2. Marco Conceptual .....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.1. <i>Parque Nacional Llanganates</i>.....</b>	<b>7</b>
<b>1.2.2. <i>Área de estudio</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2.1. <i>Río Yanayacu</i>.....</b>	<b>9</b>
<b>1.2.2.2. <i>Laguna de Antejos</i> .....</b>	<b>10</b>
<b>1.2.3. <i>Los ríos y riachuelos de los andes</i> .....</b>	<b>11</b>
<b>1.2.4. <i>Cuenca hidrográfica</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.1. Clasificación de una Cuenca según su tamaño.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.2. <i>Elementos que forman parte de una Cuenca</i>.....</b>	<b>12</b>
<b>1.2.4.3. <i>Río principal</i>.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4.4. <i>Afluente</i>.....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.4.5. <i>Divortium aquarium</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.5. <i>Monitoreo de ríos</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.6. Elementos a tomar en cuenta en la toma de muestra .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.6.1. <i>Localización del sitio de muestreo</i> .....</b>	<b>13</b>
<b>1.2.6.2. <i>Facilidad de acceso</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.6.3. <i>Seguridad</i>.....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.7. <i>Representatividad de la muestra</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.8. <i>Contaminación del agua</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.9. <i>Servicios ambientales</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.10. <i>Integridad ecológica</i> .....</b>	<b>14</b>
<b>1.2.11. <i>Biogeografía</i>.....</b>	<b>15</b>

1.2.12.	<i>Diversidad biológica</i> .....	15
1.2.13.	<i>Biomonitoreo</i> .....	15
1.2.14.	<i>Macro invertebrados bentónicos</i> .....	15
1.2.15.	<i>Red ecológica</i> .....	16
1.2.16.	<i>Calidad ecológica de los ríos</i> .....	16
1.2.17.	<b>Importancia de la calidad ecológica de los ríos</b> .....	16
1.2.18.	<i>Calidad hidromorfológica</i> .....	16
1.2.19.	<i>Índice hidrobiológico</i> .....	16
1.2.20.	<i>Índice de Shannon-Weaver</i> .....	17
1.2.21.	<i>Índice de calidad ABI</i> .....	18
1.2.22.	<i>Índice de Simpson</i> .....	20
1.2.23.	<i>Índice de Fisher</i> .....	21
1.2.24.	<b>Índice de Jaccard o coeficiente de Jaccard</b> .....	21
1.2.25.	<i>Prueba de TuKey</i> .....	21
1.2.26.	<i>Prueba ANOVA</i> .....	21
1.2.27.	<b>Importancia ecológica de los macro invertebrados como bioindicadores</b> .....	22
1.2.28.	<b>Descripción morfológica de los macro invertebrados</b> .....	22
1.2.29.	<b>Alteraciones de las comunidades de macro invertebrados</b> .....	22
1.2.30.	<b>Métodos de recolección de macro invertebrados</b> .....	22
1.2.30.1.	<i>Red tipo D-net</i> .....	22
1.2.30.2.	<i>Red de mano o patada</i> .....	23
1.2.30.3.	<i>Red Surber</i> .....	23
1.2.31.	<b>Mecanismos de muestreo para macro invertebrados</b> .....	23
1.2.32.	<i>Características Físico-Químicas</i> .....	23
1.2.32.1.	<i>Contenido de sólidos</i> .....	23
1.2.32.2.	<i>Color</i> .....	24
1.2.32.3.	<i>Olor</i> .....	24
1.2.32.4.	<i>Temperatura</i> .....	24
1.2.32.5.	<i>Turbidez</i> .....	24
1.2.32.6.	<i>Sólidos totales disueltos</i> .....	24
1.2.32.7.	<i>Dureza</i> .....	25
1.2.32.8.	<i>Dureza total</i> .....	25
1.2.32.9.	<i>PH</i> .....	25
1.2.32.10.	<i>Potencial redox</i> .....	25
1.2.32.11.	<i>Alcalinidad</i> .....	25
1.2.32.12.	<i>Conductividad</i> .....	25

1.2.33.	<i>Características microbiológicas</i> .....	26
1.3.	<b>Base legal</b> .....	26
1.3.1.	<b>Constitución de la República del Ecuador</b> .....	26
1.3.2.	<b>Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua</b> .....	28
1.3.3.	<i>Convención de Ramsar</i> .....	29
1.3.4.	<b>Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre</b> .....	29

## CAPÍTULO II

2.	<b>MARCO METODOLÓGICO</b> .....	31
2.1.	<b>Descripción del área de estudio</b> .....	31
2.2.	<b>Selección de los puntos de monitoreo</b> .....	31
2.3.	<b>Equipo de campo para el monitoreo</b> .....	33
2.4.	<b>Equipo de laboratorio</b> .....	33
2.5.	<b>Recolección de las muestras para el análisis físico/químico y microbiológico</b> 33	
2.6.	<b>Recolección de las muestras para el análisis de macroinvertebrados</b> .....	34
2.7.	<b>Caracterización de los especímenes recolectados</b> .....	34
2.8.	<b>Análisis estadístico</b> .....	39

## CAPÍTULO III

3.	<b>MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS</b> .....	40
3.1.	<b>Resultados de los análisis físico químicos</b> .....	40
3.1.1.	<i>Análisis Estadístico</i> .....	42
3.1.1.1.	<i>ANOVA de un factor para parámetros Físico-Químicos</i> . .....	42
3.2.	<b>Resultados para la Integridad Ecológica</b> .....	48
3.2.1.	<i>Análisis estadístico para familias</i> .....	48
3.2.1.1.	<i>Riqueza específica</i> .....	48
3.2.2.	<i>Abundancia Absoluta</i> .....	52
3.2.3.	<i>Resultado de los Índices de Diversidad</i> .....	53
3.2.4.	<i>Análisis de Similitud con PRIMER 7</i> .....	55
3.2.5.	<b>Análisis de Escalas Dimensionales no-Métricas (nMDS)</b> .....	56

<b>CONCLUSIONES.....</b>	<b>60</b>
<b>RECOMENDACIONES.....</b>	<b>62</b>
<b>GLOSARIO</b>	
<b>BIBLIOGRAFÍA</b>	
<b>ANEXOS</b>	

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1-1:</b>	Evaluación de diversidad según Shannon. ....	17
<b>Tabla 2-1:</b>	Puntuaciones para familias de macroinvertebrados según el índice ABI. ....	19
<b>Tabla 3-1:</b>	Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	20
<b>Tabla 4-1:</b>	Contraste físico-químico VS biológico .....	26
<b>Tabla 5-2:</b>	Georreferenciación de todos los puntos de monitoreo de la microcuenca. ....	31
<b>Tabla 6-2:</b>	Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de mala calidad del agua.....	35
<b>Tabla 7-2:</b>	Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de la buena calidad del agua. ....	38
<b>Tabla 8-3:</b>	Resultados de la primera repetición.....	40
<b>Tabla 9-3:</b>	Resultados de la segunda repetición.....	41
<b>Tabla 10-3:</b>	Resultados de la tercera repetición .....	42
<b>Tabla 11-3:</b>	Valor de significancia de Temperatura.....	43
<b>Tabla 12-3:</b>	Valor de significancia de TDS .....	43
<b>Tabla 13-3:</b>	Valor de significancia de ORP .....	45
<b>Tabla 14-3:</b>	Valor de significancia de conductividad .....	46
<b>Tabla 15-3:</b>	Valor de significancia de pH.....	46
<b>Tabla 16-3:</b>	Valor de significancia de coliformes totales.....	47
<b>Tabla 17-3:</b>	Abundancia absoluta de los especímenes por las tres repeticiones. ....	48
<b>Tabla 18-3:</b>	Riquezas de individuos generadas en todos los puntos .....	52
<b>Tabla 19-3:</b>	Abundancia por sitio.....	52
<b>Tabla 20-3:</b>	Grado de calidad bajo el índice ABI. ....	48
<b>Tabla 21-3:</b>	Ponderación de los índices establecidos.....	54
<b>Tabla 22-3:</b>	Ponderación del análisis de similitud por familias. ....	55

## ÍNDICE DE GRÁFICOS

<b>Gráfico 1-1:</b>	Georreferenciado de la Laguna de Antejos .....	11
<b>Gráfico 1-2:</b>	Georreferenciado de la Laguna de Antejos .....	32
<b>Gráfico 1-3:</b>	Diferencias significativas de Temperatura con ANOVA.....	43
<b>Gráfico 2-3:</b>	Comportamiento de la variable TDS en los puntos con diferencia significativa	44
<b>Gráfico 3-3:</b>	Diferencias significativas de TDS con ANOVA.....	45
<b>Gráfico 6-3:</b>	Diferencias significativas de pH con ANOVA. ....	47
<b>Gráfico 7-3:</b>	Diferencias significativas de Coliformes Totales con ANOVA.....	48
<b>Gráfico 8-3:</b>	Cuantificación de familias VS puntos. ....	51
<b>Gráfico 9-3:</b>	Abundancia de familias .....	53
<b>Gráfico 10-3:</b>	Dendograma de similitud mediante el índice de Bray-Curtis.....	55
<b>Gráfico 11-3:</b>	Esquema de una gráfica de escala multidimensional no métrica. ....	56

## ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A:** AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA/GANADERA HACIA EL PNL.
- ANEXO B:** AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL PNL.
- ANEXO C:** PUNTOS DE MONITOREO EN LA MICROCUENCA DEL RIO YANAYACU.
- ANEXO D:** PUNTOS DE MONITOREO EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS.
- ANEXO E:** MONITOREO DE PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.
- ANEXO F:** RECOLECCION DE MUESTRAS CON LA RED TIPO D.
- ANEXO G:** TRANSPORTE DE LS MUESTRAS PARA SU ANALISIS *EX SITU*.
- ANEXO H:** PUNTO ALEDAÑO A LA COMUNIDAD.
- ANEXO I:** INVASION DEL GANADO DENTRO DE LOS PUNTOS UBICADOS EN EL HERBAZAL INUNDABLE DEL PÁRAMO.
- ANEXO J:** CARACTERIZACION DE MACROINVERTEBRADOS CON EL ESTEREOMICROSCOPIO.
- ANEXO K:** MACROINVERTEBRADOS TOTALES.
- ANEXO L:** FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADAS.
- ANEXO M:** RESULTADO DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS.

## RESUMEN

El objetivo de la investigación fue evaluar la calidad del agua a través del análisis físico-químico y microbiológico empleando a la par los criterios para la determinación de macroinvertebrados bentónicos en los sistemas lacustres del herbazal inundable del páramo ubicado en la laguna de anteojos y en el sector de la microcuenca del río Yanayacu concerniente a la parroquia San Miguel del cantón Salcedo, aplicando los índices de diversidad Shannon- Wiener, Fisher, Simpson y el índice de calidad de agua ABI en ocho estaciones de monitoreo, las cuales se encuentran diseminadas heterogéneamente en sistemas lenticos (2 puntos) y loticos (6 puntos) en base a tres repeticiones entre los meses Julio y Octubre. Los resultados obtenidos mediante una ponderación contrastada con el TULSMA 097-A, anexo 1, libro VI detalla que el pH y coliformes totales, en ciertos puntos se encuentra fuera de norma para consumo humano y preservación de flora y fauna de modo que se empleó Anova test y Tuckey test, obteniendo un bajo nivel de significancia entre todos los puntos a excepción para coliformes totales en el punto HIPNMAC2 cuyo dominio yace en la parte aledaña a la parroquia San Miguel con un alto nivel de significancia. El aporte de esta investigación arroja como resultado una calidad moderada/mala con un valor promedio para ABI de 38. El cálculo de riqueza y abundancia mediante un análisis de similitud con PRIMER 7 en todos los puntos connotó brechas de diferencia en sistemas loticos con mayor riqueza pero menor abundancia de especímenes y en sistemas lenticos con mayor abundancia pero menor riqueza en especímenes y de esa forma se pudo emplear un dendograma mediante el índice de Bray Curtis para obtener diferencias entre familias que van de punto a punto. Se recomienda en el estudio adicionar parámetros físico-químicos y toma de caudales.

**Palabras clave:** <CALIDAD DE AGUA>, <BIOMONITOREO>, <MACROINVERTEBRADOS>, <HERBAZAL INUNDABLE DEL PÁRAMO>, <RIQUEZA>, <ABUNDANCIA >, <PRUEBA DE TUKEY >, <ALTOANDINO>.

LEONARDO  
FABIO MEDINA  
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Nombre de reconocimiento (DN): c=EC, o=BANCO CENTRAL DEL ECUADOR, ou=ENTIDAD DE CERTIFICACION DE INFORMACION-ECIBCE, l=QUITO, serialNumber=0000621485, cn=LEONARDO FABIO MEDINA NUSTE  
Fecha: 2022.01.26 12:05:02 -05'00'



0130-DBRA-UTP-2022

## ABSTRACT

The aim of the research was to evaluate the water quality through the physical-chemical and microbiological analysis using the criteria to identify benthic macroinvertebrates in the paramo flooded grassland lake system located in the Antejos lagoon and the Yanayacu river micro-basin from San Miguel rural parish, Salcedo county, applying the Shannon-Wiener, Fisher, Simpson diversity and the ABI water quality indices in eight monitoring stations which are heterogeneously scattered in lentic (2 points) and lotic (6 points) systems and based on three repetitions from July to October. The results obtained through weighting contrasted with the TULSMA 097-A, annex 1, book VI reveals that the pH and total coliforms, in some points are out of the norm for human consumption and the preservation of flora and fauna, so that Anova and Tuckey tests were used to obtain a low significance level for all the points except for total coliforms at the HIPNMAC2 point, whose domain is in the adjacent part of San Miguel parish with a high significance level. The contribution of this research results in a moderate/poor quality with an average value of 38 for ABI. The richness and abundance calculation through a similarity analysis with PRIMER 7 in all points predicted difference breaches in lotic systems with greater richness, but less abundance of specimens and in lentic systems with greater abundance but less richness in specimens. In this way, it was possible to use a dendrogram through the Bray Curtis index in order to obtain differences between families that go from point to point. It is recommended for this type of study to add both, physical-chemical parameters and flow measurements.

**Keywords:** <WATER QUALITY>, <BIOMONITORING>, <MACROINVERTEBRATES>, <PARAMO FLOODED GRASSLAND>, <TUKEY TEST>, <ABUNDANCE>, <RICHNESS>, <HIGH ANDEAN LANDS>



Firmado electrónicamente por:  
**PAUL ROLANDO  
ARMAS PESANTEZ**

## INTRODUCCION

En la actualidad el páramo es un elemento geográfico por excelencia, dadas sus facultades por albergar todo el planeta (América central, África, Asia y Oceanía), estos sistemas montañosos se relacionan con la existencia intrínseca de factores biogeográficos, biofísicos, culturales, económicos, históricos (Beltran Karla *et al.*, 2010, pp. 8–15). Además de integrar en si un gran valor científico y ecológico (Balslev Henrick and Luteyn James, 1992), su sistema tropical montañoso ejecutan funciones primordiales en la producción de alimentos, regulación hídrica regional, producción de energía hidroeléctrica y fuente de agua para consumo (Buytaert *et al.*, 2006, pp. 53–72). Sin embargo estos dominios se encuentran acorralados por distintas actividades antropogénicas que no solo se originan de las comunidades autóctonas aledañas, sino a otros actores alóctonos o externos como gobiernos seccionales, entidades gubernamentales, agencias de servicios públicos y empresas privadas, en la actualidad es uno de los hábitats más frágiles y mayormente amenazados debido a la sobre-expansión de las zonas ganaderas/agrícolas, que entre ellas la quema, el sobrepastoreo avanzan inminentemente, adicional a esto la introducción de especies, la minería, la cacería van a la par con la degradación de este rico paisaje compuesto por arbustos, pastos, rosetas, frailejones, chuquiraguas, turberas, etc., a un paisaje de pastizales pobres y fragmentados (Hofstede, 2001, pp. 161–185).

Ante esta realidad, el Parque Nacional Llanganates presenta algunas problemáticas que comprometen el abastecimiento de agua tanto para los distintos sectores que se encuentran diseminados a lo largo de San Miguel y cantones ubicados en las zonas inferiores de estos dominios. Una de las problemáticas observadas que tiene mayor relevancia es la fragmentación debido a la actividad antropogénica generada por la actividad agrícola, así mismo las obras de transvase y las zonas anegadas al sobrepastoreo debido a la introducción de ganado vacuno y ovino por lo que la biocenosis del páramo no está evolutivamente acoplado frente a la actividad de grandes bovinos generando la desaparición de los pajonales que también contribuyen a la degradación de los humedales reflejando variaciones irreversibles en la vegetación y el suelo (Mena, P; Hofstede, R & Medina, 2001). Actividades como la quema de bosques primarios, extracción de turba para ser utilizada como combustible, caza de aves dada en épocas de reproducción, extrema pobreza producto del olvido frente a la pérdida de los conocimientos y prácticas ancestrales en el manejo de los humedales (Lagunas *et al.*, 2002, p. 9), a su vez la inexistencia de planes específicos para el monitoreo hidrológico en estos ecosistemas que atiendan dichas de sus particularidades mencionadas ante estos impactos, manifestando una disminución aparente en la condición de vida tanto de las comunidad adyacentes como indirectamente que suman millones de personas que usan el agua que baja de él (cada vez de menor cantidad y calidad).

Por lo que el Parque Nacional Llanganates (Herbazal Inundable del Páramo)-parroquia San Miguel-río Yanayacu en conjunto con la laguna de anteojos se sirve de tema de estudio a tratar mediante la evaluación integral físico/Química y de macroinvertebrados (biomonitoreo) como indicadores de calidad que constituye una herramienta muy útil de tendencia a través del tiempo para detectar eventos puntuales de toxicidad, además de incorporar a la metodología la distribución de especímenes a nivel geográfico, diversidad taxonómica en respuesta ante las perturbaciones presentes, facilidad en el análisis espacial de contaminación, efectos de contaminación a lo largo del tiempo, métodos sencillos y de bajo costo para de manera sucinta el desarrollo de una gran variedad de índices según el país, ecorregión y cuenca (Springer, 2010, pp. 53–59).

Cada elemento característico sobre estos ecosistemas, relacionan un equilibrio fundamental amenazando constantemente a las especies autóctonas presentes, además de alterar notablemente a los servicios ambientales que esta pueda brindar paisajísticamente a las poblaciones aledañas en beneficio de las poblaciones que colindan con estos parajes en beneficio de sus necesidades básicas (Coppus *et al.*, 2001, p. 240). La finalidad de la presente investigación es evaluar la calidad de agua a partir de las mediciones cuantitativas mediante observaciones cualitativas para los datos físico-químicos, microbiológicos y biológicos obtenidos en la laguna de anteojos/microcuenca del río Yanayacu dados contrastalmente en zonas prístinas y áreas de notable afectación antropogénica para examinar el grado de afectación a nivel de la comunidad hacia el recurso hídrico.

## **OBJETIVOS**

### **Objetivo general**

Evaluar la calidad del agua e integridad ecológica enfocada en los sistemas lacustres del Herbazal Inundable de páramo sector de la Laguna de Antejos perteneciente al Parque Nacional Llanganates.

### **Objetivos Específicos**

- Ponderar cuantitativamente mediante el análisis multimétrico las estrategias de conservación para la protección del recurso hídrico alto andino.
- Caracterizar la variabilidad de la riqueza a través de los índices de diversidad (Shannon-Weaver, Simpson, Fisher, ABI) por intermedio de las comunidades de macro invertebrados provenientes del sector de la laguna de antejos y río Yanayacu.
- Generar cuantitativamente un análisis de los componentes principales entre las variables físico/químicas y biológicas entre zonas prístinas y zonas con influencia antropogénica.

## CAPÍTULO I

### 1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

#### 1.1. Antecedentes

“El Parque Nacional Llanganates está ubicado en territorios de las región andina y sub-andina de la Cordillera Oriental, y abarca una extensión de 2.197 Km<sup>2</sup>, en las provincias de Cotopaxi, Tungurahua, Napo y Pastaza, Denota terrenos que van desde los 1200 m, en las estribaciones orientales hasta la cima de cerro hermoso a 4.638 m” (Vargas Homero *et al.*, 2014, pp. 3–4), se han desarrollado distintos trabajos de investigación en torno a recursos hídricos, inventarios biológicos con distintos enfoques de tipo ambiental.

Sin embargo, el grupo de investigación GIDAC de la Facultad de Ciencias de la Escuela Superior Politécnica del Chimborazo lleva realizando, muestreos y análisis de aguas, inventarios biológicos en los sistemas lacustres alto andinos del Parque Nacional Llanganates para valorar cuantitativamente el estado de conservación de dicho sector. Algunos trabajos de investigación desarrollados a lo largo de los años se puntualizan a continuación.

Las técnicas recientemente descritas por varios autores para poder dar un seguimiento en el tiempo para ciertas condiciones establecidas de interés cuyas técnicas se basan en la reacción y sensibilidad de distintos organismos a diversos compuestos contaminantes presentes en el ecosistema, recalando ser una alternativa para obtener datos cuantitativos evaluando los efectos de una sustancia perturbadora que afecta negativamente sobre distintos organismos. Estos organismos son empleados como indicadores biológicos de la toxicidad o perturbación por parte de un compuesto que se mide a través de diferentes índices biológicos. Los índices biológicos nos permiten evaluar y determinar la calidad de las aguas con la primordial importancia de brindarnos información pasada y presente del sistema de interés, debido a que se puede apreciar el efecto y la magnitud de la intervención realizada, con la desventaja que presentan los monitoreos de tipo Físicoquímico que no siempre pueden revelar (Palma Alejandro, 2013, p. 1).

En el año 2012, Paz y Encalada (De la Paz, M; Encalada, 2012, p. 42) detallan el programa de conservación del Fondo para la protección de agua de Quito (FONAG), que han restablecido la calidad de agua e integridad ecológica de los ríos alto andinos, cuya metodología se basó en seguir un anteproyecto concatenado, donde evaluaron dos ríos en siete zonas (total 14 ríos uno proveniente de un área con manejo de FONAG y otro similar, de un área sin manejo. Además, añadieron un río de referencia en una zona prístina los cuales evaluaron parámetros físico-químicos, biológicos y ecológicos. “Los resultados de su análisis global indicaron que cuatro de siete ríos con manejo mejoraron vs ríos sin manejo, el resto no cambiaron. No obstante, todos los

ríos con manejo mostraron diferencias significativas de: mejora del índice de Calidad de la Ribera, e índice de Hábitat Fluvial, y disminución del índice de Erosión de la Ribera y temperatura del agua. El programa de Vigilancia muestra mejoras a diferencia del programa de restauración. Este estudio muestra el impacto positivo de los programas en la calidad del agua e integridad ecológica de ríos alto-andinos. Se recomienda realizar monitoreo continuo para analizar las tendencias temporales de los ecosistemas fluviales alto-andinos” (De la Paz, M; Encalada, 2012, p. 42).

Un estudio realizado por el departamento de ciencias exactas y naturales de la facultad de humanidades y ciencias de la educación ubicada en Buenos Aires- Argentina en colaboración con Darrigran, G; Vilches, A; Legarraide, T & Damborenea, C en el 2007, (Darrigran *et al.*, 2007, pp. 1–86) presenta una guía para el estudio de macro invertebrados, incorporando los métodos de colecta incluidas las técnicas de fijación para cada grupo de organismos y para cada tipo de ecosistema, además de compilar la información para diseñar la forma de analizar los diferentes tipos de datos obtenidos e identificar las diferentes relaciones entre los grupos de macro invertebrados con el ambiente en que viven. En esta contribución y a modo de una primera etapa, se plantea la forma de colecta y fijación (conservación) de macro invertebrados, en relación con el ambiente en que se hallan, sirviéndose de distintos autores para su aplicación como en el caso de Encalada, C; Rieradevall, M; Ríos, B; García, N & Prat, N, de la universidad San Francisco de Quito, La Universidad de Barcelona (UB) y el Fondo para la Protección del Agua -FONAG. Esta iniciativa se enmarca en el proyecto Funcionalidad y Calidad Ecológica de Ríos Alto andinos (FUCARA) que ejecutan el Laboratorio de Ecología Acuática de la USFQ y el Grupo de Investigación F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) de la UB y cuenta con el financiamiento de la Agencia Española para la Cooperación Internacional y Desarrollo (AECID) (Darrigran *et al.*, 2007) que implementaron un protocolo simplificado adoptado como guía de evaluación de la calidad ecológica de los ríos andinos con un esclarecimiento general para cada orden y familia de macro invertebrados alto andinos y sus bases conceptuales del biomonitoreo, su gran importancia ya que al igual que muchos ríos alrededor del mundo se encuentran muy deteriorados, debido a extracción excesiva del agua de su cauce, o a la basura y otros contaminantes generados en las ciudades, pueblos, campos agrícolas o industrias circundantes.

Un estudio realizado en la cuenca del río Mameyes y río piedras en Costa Rica ubicados dentro del Bosque Nacional El Yunque, cuya Metodología estandarizada seguida por el estudio propone la recolección de los macro invertebrados acuáticos utilizando una red tipo D con un poro de malla de 250µm, (Stein Heide, Springer Monika and Kohlmann Bert, 2008, pp. 267–275) dicha metodología incluye tres muestras de tres minutos por cada una, el cual fue dedicado a la recolección de material, mas no para separar macroinvertebrados bentonicos, para la aplicación del índice variaron de 4 a 19 familias, con el río Mameyes como el sitio más diverso y el Canal Sur, Capetillo, como el de menor cantidad de taxones aplicando los valores de tolerancia, se encontró

que los valores del índice BMWP-PR llegan a variar de 107 a 7, este intervalo de valores llegaron a detallar categóricamente para obtener la calidad de agua para el BMWP-PR, concluyendo que pese a su alta densidad poblacional; “el alto porcentaje de uso de suelo urbano, y los impactos asociados a la presencia humana que hay en Puerto Rico, el estado de conservación de los ríos es relativamente bueno comparado con los ríos en otras regiones Latino Americanas”. La conservación de los ríos en Puerto Rico está fuertemente ligada al mantenimiento de la conectividad con el océano y a la carga de contaminantes que reciban estos cuerpos de agua. De acuerdo con (Ramírez Alonso *et al.*, 2009, pp. 1070–1079) los ríos urbanos en Puerto Rico pueden conservar calidad ecológica a la par con su diversidad siempre que mantengan la conectividad que permite a las especies migratorias mantener sus poblaciones.

En diciembre del año 2007 en Colombia, departamento de Caldas cuya cuenca del río Guarinó, se presentó una tesis referente a un análisis hidrobiológico con 6 estaciones a lo largo del cauce con un valor de 42 géneros entre los cuales *Navícula*, *Gomphonema*, *Mellosira* y *Fragillaria* identificados con un predominio en las 6 estaciones, 41 familias identificadas como *Baetidae*, *Chironomidae*, *Simuliidae* y un notable predominio en ordenes como *Díptera* y *Trichoptera*, reflejan que la calidad del agua va de buena hasta aceptable, de tal manera que se pudo inferenciar el grado de vulnerabilidad ambiental de la cuenca como consecuencia de la interrelación entre los eventos naturales en conjunto con la acción antrópica en especial en zonas bajas del río. Todo esto se pudo desarrollar a partir de una estimación de las abundancias relativas en conjunto con el cálculo de los índices ecológicos de Margalef, Shannon-Weaver y Simpson con ayuda del software MVSP 3.13 y finalizando con la aplicación del índice biótico BMWP/Col permitiendo asignar una categoría de calidad de agua por estación (Daza Fernando and Walteros Jeymy, 2015, pp. 38–46).

En España se genera una propuesta para elaborar un índice de micrófitos para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura del 2005, señalando que todas las comunidades biológicas que habitan un ecosistema son susceptibles de informar sobre la calidad ambiental del mismo y sobre su estado de conservación. Sin embargo, habitualmente se ha prestado más atención a unas comunidades que a otras en base a su facilidad de identificación, o por albergar muchas especies con alto valor indicador (Onana *et al.*, 2019, pp. 521–537). El estudio señala el valor indicador de cada taxón o grupo se ha establecido de acuerdo a los valores físico-químicos obtenidos en los muestreos realizados en los ecosistemas acuáticos de la Cuenca del Segura y datos de otros estudios generales y específicos sobre los distintos taxones y grupos, citado por (Aboal Marina, 1985). La aplicación del IM a los ríos de la Cuenca del Segura dio como resultado que el 43 % de las estaciones se encontraban con una calidad I y II (muy buena = 22.4 % o buena = 20.7 %), mientras que en el 15.5 % la calidad era muy mala (clase V) indicando que la relación

que existe entre el IM y el IBMWP connotando una realidad en la que ambos responden de manera similar ante los cambios de la calidad del agua (Suarez Luisa *et al.*, 2005, pp. 305–318).

En el Ecuador ajustándose al periodo (Octubre-2015 y Enero-2016) se ejecuta una evaluación ecológica del río Jatunhuayco con la finalidad de establecer una línea base ligada al estado de conservación de un cuerpo hídrico que al igual que otros estudios se acogen a los criterios de La Calidad Ecológica de Ríos Alto andinos – CERA, el cual integra información (índice ECOSTRIAND) de la estructura y composición de la comunidad de macro invertebrados como bioindicadores de calidad del agua (índice ABI) y un análisis de la calidad ecológica mediante los índices de hábitat fluvial (IHF) y vegetación de ribera (QBR-And) complementario a los análisis se mantuvo un criterio de evaluación cuantitativa sobre los parámetros físico-químicos manifestando que los puntos georreferenciados (valle o planicie glaciar) concretan a una calidad ecológica “Regular”, representados por una comunidad dominante para las familias (*Chironomidae* y *Hyallelidae*), y un hábitat fluvial con un exuberante desarrollo de macrófitos y sustrato fino. “La vegetación de ribera no arbustiva (herbazal de páramo), presenta signos de alteración importante por efectos de la ganadería intensiva y quema de pajonal de años anteriores. Por el contrario, aguas abajo de la captación, el paisaje es más complejo debido a que el río forma una quebrada estrecha y abrupta, con sustratos de mayor tamaño y pendiente más pronunciada”. A pesar del descenso del caudal, se obtuvo una calidad ecológica “Buena” (mayor variabilidad y heterogeneidad de macro invertebrados), debido a que se alberga un hábitat fluvial con variedad de sustratos y una vegetación de ribera más desarrollada, compleja y sin alteraciones antrópicas de modo que en el punto del valle-planicie Glaciar requiere de estrategias y políticas de conservación para el recurso alto-andino (Soria Ismael, 2016, pp. 3–6).

En último término las herramientas metodológicas descritas por varios autores y acogiéndose a modificaciones de otras regiones contribuyen con el enriquecimiento de las distintas ramas que encajan para elaborar índices más precisos con la finalidad de proporcionar a las autoridades en conjunto con la población la implementación de políticas de conservación de los entornos naturales en especial el recurso hídrico que toma más relevancia con el pasar del tiempo dado por un bajo nivel de concientización entorno a los servicios eco sistémicos.

## **1.2. Marco Conceptual**

### ***1.2.1. Parque Nacional Llanganates***

El Parque Nacional Llanganates fue decretado como tal en 1996 mediante la Resolución Ejecutiva 002 y publicado en el Registro Oficial No. 097 en el mismo año .Se localiza en las provincias de

Cotopaxi, Napo, Pastaza y Tungurahua, con una extensión de 219931 hectáreas, y un rango altitudinal entre 860 y 4571 metros sobre el nivel del mar. Posee un clima diverso desde húmedo sub tropical hasta páramo pluvial con variación de temperaturas entre 3 a 24°C (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5).

Geográficamente, se localiza en la cordillera de los andes del Ecuador. Su superficie presenta elevadas pendientes y riscos afilados debido a los sistemas montañosos que brindan al paisaje cierta dificultad para su acceso, a excepción de los sitios ocupados por lagunas. La montaña más importante es cerro hermoso con una altitud de 4571 msnm (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5).

Según (Izurieta Xiomara, 2006) la palabra “Llanganate” proviene de 3 palabras quichuas: “Llanga” significa mina o fragua, “na” hace referencia a un lugar para laborar o realizar alguna actividad y “ati” puede traducirse como “señor de Píllaro”, un nombre perteneciente a una dinastía del período Inca; las cuales conforman el significado “lugar de laboreo minero de Ati” o la mina de Ati. Aunque originalmente el área fue denominada Llanganati en la lengua quichua, el término se ha castellanizado hasta designarse como Llanganates.

En 2005, el Parque Nacional Llanganates fue reconocido como Área Importante para la Conservación de las Aves y la Biodiversidad (IBA) por las entidades Birdlife Internacional y Aves y Conservación debido a que aloja alrededor de 400 especies de aves, algunas de ellas en estado de amenaza, y 20 especies migratorias en época invernal. Estas instituciones internacionales junto con los Gobiernos Autónomos Descentralizados de Píllaro, Salcedo, Baños y Patate han trabajado en actividades de conservación de las aves y ecosistemas, plantando cerca de 50 000 especies de plantas nativas de la zona y monitoreando las aves en sectores claves del Parque (BirdLife International y Aves y Conservación, 2014, pp. 1–25).

Asimismo, en 2008 se lo declaró como sitio de interés Ramsar a causa de la importancia biológica de los diversos ecosistemas de tipo alto andino presentes, así como los servicios ambientales derivados de estos (BirdLife International y Aves y Conservación, 2014, pp. 1–25)

A pesar de contener lugares inaccesibles donde no pueden realizarse inventarios de flora y fauna, la biodiversidad conocida es muy variada, pues se estima que existen alrededor de 800 especies de flora (resaltando varias especies de orquídeas endémicas), 300 especies de aves, aproximadamente 50 de mamíferos, y alrededor de 20 especies de anfibios y reptiles (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5)

El Parque Nacional Llanganates protege varios tipos de vegetación que son los siguientes (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5):

- **Páramo de frailejones:** con la predominancia de la especie *Espeletia pycnophylla*, y la subespecie *E. Pycnophylla subsp. llanganatensis*; a una altitud entre 3500 y 3700 msnm.
- **Páramo herbáceo:** Situado entre los 3400 y 5000 msnm, generalmente se halla en los alrededores de los remanentes de bosques, áreas cultivadas o potreros.

- **Páramo de almohadillas:** situado entre 4000 y 4500 msnm, ocupado por almohadillas y flora arbustiva.
- **Herbazal lacustre montano alto:** predominante en los alrededores de las lagunas.
- **Bosque siempre verde montano alto:** ubicado entre los 2900 y 3600 msnm.
- **Bosque de neblina montano:** Ubicado entre 2000 y 2900 msnm, donde predominan las especies de epífitas.
- **Bosque siempre verde montano bajo:** ubicado entre los 1300 y 2000 msnm, contiene árboles de gran altura, epífitas y algunos herbazales junto a las lagunas.

Además, se han registrado en los páramos plantas como valerianas, sunfo, achicorias y gencianas. Los frailejones poseen una característica primordial asociada a su altura, pues pueden llegar a medir hasta 10 metros, y presentan hojas peludas como medio de protección contra el frío. Al disminuir la altitud, se encuentra el páramo de tipo arbustivo, donde se presentan aretes, colcas, chuquiraguas y otras especies de flora nativas. Mientras que la fauna consiste en conejos, comadrejas andinas, lobos de páramo, osos de anteojos, tapires, cóndores, entre otros. En los bosques andinos se observan árboles de aliso, cashco, cedro y pumamaqui, y arbustos como helechos y orquídeas (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5).

Adicionalmente a su riqueza en biodiversidad, ofrece diversos servicios eco sistémicos que consisten en la provisión de agua por parte de los humedales, utilizada para el consumo humano, riego y la obtención de energía eléctrica (BirdLife International y Aves y Conservación, 2014, pp. 1–25) y otros como la retención de sedimentos, la regulación de los microclimas y la conservación de los ciclos biogeoquímicos (nutrientes) (Rojas *et al.*, 2014). También se consideran importantes los páramos, mismos que dan origen a las vertientes de agua usadas directa o indirectamente por la población ecuatoriana para diversos fines (BirdLife International y Aves y Conservación, 2014, pp. 1–25).

### **1.2.2. Área de estudio**

#### **1.2.2.1. Río Yanayacu**

La ubicación del cantón Salcedo yace al sur oriente de la provincia de Cotopaxi subyacente a la región sierra, cuyos dominios configuran las subcuencas del río Cutuchi ya que es el principal río que atraviesa el cantón de norte a sur, la parte mas alta de la cordillera Occidental origina al río Nagsiche que colinda entre la parroquia Cusubamba y el cantón Pujilí, cuyos afluentes son el Zamora, Sunfo, Atocha y Yanayacu que se origina en las vertientes en la parte alta de la cordillera central que se denomina Quilopaccha en el sector del Parque Nacional Llanganates, que delimita los cantones Salcedo y Pillaro, cuyo desemboque desfoga en el río Pastaza que posteriormente va al Oceano Atlantico, dividido políticamente en 6 parroquias: San Miguel (parroquia matriz) y

las parroquias rurales: Mulliquindil, Panzaleo, Antonio José Olgúin, Mulalillo y Cusubamba (Pullotasig and Millingalle, 2014, pp. 41–42).

#### *1.2.2.2. Laguna de Antejos*

El sector de la laguna de antejos se encuentran ubicadas en el alto páramo de la cordillera central, formando parte del Parque Nacional Llanganates dentro del cantón Salcedo constituido por una red de sistemas lacustres ubicándose en el kilómetro 32 de la nueva vía Salcedo - Tena, su nombre de Antejos se debe a una pequeña prolongación que la corta en su parte central, exponiendo una forma semejante a unos anteojos Su extensión es de aproximadamente 1.100 metros de largo por 290 metros de ancho, posee un clima agradable, con una temperatura de 7°C , recalando que a lo largo de su distribución interna se puede divisar huellas de lobos o inclusive de conejos que habitan esta zona. “Exclusivamente se puede observar aves de bosque en la parte más alta: galarias, mirlos, curiquingues, conejos y lobos de páramo y la evidencia de los hábitos alimenticios del oso de antejos. La flora dentro de las riberas de la Laguna de Antejos está conformada por vegetación arbustiva y herbácea, asociada al pajonal” (Bastidas Freire and Tapia Villamarín, 2017, pp. 22–24).

“La vegetación arbustiva es caracterizada por especies vegetales como romerillo de páramo, chuquiragua, puliza, pisag, mortiño, orejas de conejo, cacho de venado, amor sacha, genciana, cashpachina, achicoria amarilla, achupalla y demás arbustos que le dan vida a este lugar. El estrato herbáceo está compuesto por diferentes especies de almohadilla y pajonal” (Ministerio del Ambiente, 2015, pp. 1–5).



**Gráfico 1-1.** Georreferenciado de la Laguna de Antejos.

**Fuente:** (Ministerio del Ambiente, 2015).

### 1.2.3. *Los ríos y riachuelos de los andes*

En la cordillera de los andes se conciben varios tipos de riachuelos clasificándose en aquellos que: drenan glaciares, los que fluyen desde acuíferos subterráneos, los que se escurren de suelos orgánicos y los que se dispersan de lagunas y humedales (Encalada *et al.*, 2011, p. 83). Estos riachuelos alto andinos atraviesan 3 tipos de ecosistemas que son: los páramos, bosque alto andino montano y el bosque andino montano bajo (Sierra, 1999, pp. 2–3). Los páramos engloban un conjunto de ecosistemas que penden entre cotas significativas de (3000–4500)MSNM que se caracterizan por tener una alta pluviosidad, bajas temperaturas y un alto endemismo de especies vegetales y animales que incluyen varias formaciones vegetales características con predominancia en los pajonales con zonas mixtas dominadas por varias especies de arbustos esclerófilos como chilcas (*Baccharis spp.*), romerillos (*Hypericum spp.*) y palos de luz (*Loricaria spp.*), además de su peculiar vegetación, los páramos mantienen una profunda cobertura en suelos y además de ser muy orgánicos que son factores desarrollados por la acción combinada de la humedad y bajas temperaturas. Esta capa orgánica en conjunto con las abultadas precipitaciones presentes en el sector permiten que el suelo funcione como un regulador hídrico, liberando mesurablemente agua a los ríos, manteniendo en ellos un flujo base constante a lo largo de todo el año, proveyendo con nutrientes, material orgánico, sedimento hacia las partes más bajas siendo fundamentales en la

autodepuración del agua, prevención de la erosión conservación del suelo y la biodiversidad, provisión de agua y belleza escénica (Pratt, Puertolas and Rieradevall, 2009, pp. 58–59).

Debido a los amplios gradientes altitudinales, los ríos de páramo y de los bosques andinos montano alto y bajo, se caracterizan por ser rápidos, fríos, turbulentos, altamente oxigenados y poseen miles de organismos acuáticos que son claves para su funcionamiento dada su utilidad como bioindicadores del estado ecológico de los ríos denominados “Biomonitoreos”, la ecología de los organismos que viven en ellos, y el monitoreo de la integridad de sus comunidades y de la calidad de su agua, conocimiento que demanda con pronta intensidad para el agua de consumo, irrigación y generación de energía y de la intensificación de amenazas como la introducción de especies exóticas y (Encalada *et al.*, 2010, p. 83) la grave contaminación de estos ríos, debido al manejo adecuado de las cuencas hidrográficas (Ordóñez, 2011, pp. 21–32).

#### ***1.2.4. Cuenca hidrográfica***

“Superficie natural conformada por el conjunto de sistemas de cursos de agua definidos por el relieve, se divide en sub-cuenca y microcuenca, la sub-cuenca está delimitada por la divisoria de aguas de un afluente mientras la microcuenca es la agrupación de unas pequeñas partes de una sub-cuenca o parte de la misma” (Ramakrishna, 1997, p. 338).

##### *1.2.2.3. Clasificación de una Cuenca por su tamaño*

Estas pueden lograr clasificarse en grandes y pequeñas. La denominación para grandes en cuando su superficie excede a los 250 km<sup>2</sup> incluyendo la predominancia características fisiográficas como pendiente, elevación, área, cauce y las pequeñas se manifiestan a través de un periodo de lluvias intensas que originan desde cierto punto estas cuencas donde predominan las características como suelo, vegetación son de mayor relevancia que las del cauce y su área decrece en menos de los 250 Km<sup>2</sup> (Villón, 2004, pp. 1–478).

##### *1.2.2.4. Elementos que forman parte de una Cuenca*

En un parte aguas se pueden encontrar distintos factores imprescindibles como los que se hallan como; el río principal, afluentes, divisoria de aguas, relieve de la cuenca (González, 2009, pp. 130–142).

#### *1.2.2.5. Rio principal*

Es el cual dispone un abultado caudal con mayor superficie o área, con curso definido que llega a denominar la relación entre su desembocadura y su nacimiento (González, 2009, pp. 130–142).

#### *1.2.2.6. Afluente*

Se denomina a “todo cuerpo hídrico que converge al río principal, cada afluente posee su respectiva cuenca, conocida también como subcuenca” (González, 2009, pp. 130–142).

#### *1.2.2.7. Divortium aquarum*

Es la línea que disocia una o mas cuencas, que se utiliza entre dos espacios geográficos (González, 2009, pp. 130–142).

### **1.2.5. Monitoreo de ríos**

Este contribuye a determinar la calidad del agua y los cambios que se consideran según el transepto del mismo ya sea de una cuenca, microcuenca, para reflejar el grado de alteración, Tomando el criterio de selección de muestras en varios puntos que brindan la información ya sea río arriba o río abajo.

### **1.2.6. Elementos a tomar en cuenta en la toma de muestra**

Antes de georreferenciar los puntos para la selección de las muestras se deben considerar:

- Representatividad de la muestra
- Accesibilidad
- Seguridad
- Emplazamiento del área de muestreo

#### *1.2.2.8. Localización del sitio de muestreo*

Para precisar el punto de monitoreo analizar cualitativamente en base a la problemática de inicio, es decir si se trata de analizar el poder que tiene cierto xenobiotico, el cual arroje una distinción de características de interés al estudio a realizar (Toledo, 2015, pp. 32–39).

#### *1.2.2.9. Facilidad de acceso*

“Los lugares de interés en los que se piense realizar un muestreo debe tener fácil accesibilidad, debido que para tomar una muestra es necesario llevar equipos e instrumentos los cuales son de utilidad para realizar un análisis con mayor precisión obteniendo datos más confiables” (Toledo, 2015, pp. 32–39).

#### *1.2.2.10. Seguridad*

“La seguridad es vital antes realizar el muestreo, por lo que siempre se debe considerar los factores de riesgo que presenta el lugar a muestrear, para que la persona encargada lleve todos los equipos de protección personal para cuidar su integridad personal” (Toledo, 2015, pp. 32–39).

#### *1.2.7. Representatividad de la muestra*

“La muestra es representativa cuando posee las características del lugar en general, por lo que se recomienda realizar en zonas que sean homogéneas” (Toledo, 2015, pp. 32–39).

#### *1.2.8. Contaminación del agua*

La alterada propagación de un agente que se introduzca al elemento biótico o abiótico de manera antropogénica o natural que repercuta de manera negativa los recursos que constituyan un peligro para la salud humana (Orta, 2002).

#### *1.2.9. Servicios ambientales*

Se destacan en ser las funciones que como ecosistema brinda beneficios, funciones ecológicas indispensables para el mantenimiento, la reproducción y supervivencia de los seres vivos incluyendo el bienestar a las comunidades (Acción ecológica, 2010, p. 1), que a su vez se pueden dividir en cinco niveles que son: provisión, regulación, cultural, soporte y fuente (PRISMA, 2003, pp. 1–2).

#### *1.2.10. Integridad ecológica*

Se define como el concepto más incluyente sobre la conservación de los ecosistemas (Angermeier and Karr, 1994, pp. 690–697), asociado a la consideración ética sobre la sociedad que considera admisible imponer la decisión sobre el tipo y calidad de naturaleza con la que llega a relacionarse

mediante sus características ecológicas dominantes (composición, estructura, función) y procesos que ocurren dentro de sus rangos naturales de variación que a su vez pueden resistir, recuperarse de perturbaciones ambientales y antropogénicas (Parrish, Braun and Unnasch, 2009, pp. 851–860).

#### ***1.2.11. Biogeografía***

Analiza las normas a nivel de población o especies en escalas cortas de tiempo y espacio, buscando relacionar los patrones de distribución de los seres vivos con factores bióticos y abióticos, tales como topografía, latitud, clima, tipo de suelo, tasas de depredación o competencia y relacionar estos factores como alteran o mantienen la distribución actual de organismos en sus ambientes (Haselmann, 2018, pp. 138–147).

#### ***1.2.12. Diversidad biológica***

Una forma coloquial de definir la diversidad es cuantificar el número de especies que se desarrollan en un determinado lugar. Se tiene 3 tipos de diversidad: la diversidad alfa es aquella que se mide a nivel local, la diversidad gamma se mide a nivel regional y la diversidad beta es la relación entre las dos anteriores. Tanto el nivel local como regional es relativo a la zona de interés de un estudio debido a que un bosque puede considerarse como local, una provincia como nivel local o regional, y un continente como regional (Baselga and Rodríguez, 2019, pp. 39–45).

#### ***1.2.13. Biomonitorio***

Conjunto de técnicas utilizadas para el monitoreo de la salud o integridad de un ecosistema a partir del análisis de la respuesta y sensibilidad de distintas especies o grupos de especies, denominados bioindicadores ante la presencia de algún xenobiotico (Encalada *et al.*, 2011, p. 83).

#### ***1.2.14. Macro invertebrados bentónicos***

Aquellos invertebrados acuáticos con un tamaño superior a 500  $\mu\text{m}$  entre los cuales se incluyen animales, esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos que desarrollan su ciclo de vida en el agua (Ladrera, Rieradevall and Prat, 2013, pp. 1–19).

### ***1.2.15. Red ecológica***

Es un conjunto de relaciones ecológicas entre componentes de un sistema que están conectadas, representa la complejidad existente entre los ecosistemas que se basan en la técnica del mapa conceptual que agrega componentes como; cuerpos, fenómenos, energía, temperatura, humedad, viento, perturbaciones, factores bióticos/abióticos (Mántaras Sebastian, 2008, p. 1).

### ***1.2.16. Calidad ecológica de los ríos***

“La calidad ecológica de los ríos es una evaluación integrada que toma información sobre el bosque de ribera, el canal, el lecho del río, las áreas adyacentes y la vida acuática que se encuentra en el lugar” (Encalada *et al.*, 2011, p. 83).

### ***1.2.17. Importancia de la calidad ecológica de los ríos***

“Es importante porque nos permite determinar el grado de contaminación en el que se encuentra un río, lo que nos ayuda a plantear soluciones para mejorar la calidad del agua” (Encalada *et al.*, 2011, p. 83).

### ***1.2.18. Calidad hidromorfológica***

Es la base de cualquier sistema fluvial, ya que es un elemento de estructura hacia las comunidades y procesos biológicos que se dan en el sistema establecido por criterios de estado de las aguas superficiales y las normas de calidad ambiental que clasifican el estado o potencial ecológico de las masas de agua superficiales (Martín María, 2019, pp. 1–2).

### ***1.2.19. Índice hidrobiológico***

Son expresiones matemáticas que se usan en las comunidades o especies presentes para describir la comunidad presentes en el medio ambiente la suposición del planteamiento de la diversidad de los ambientes no alterados lo cual se caracterizan por tener una alta diversidad y una distribución uniforme de individuos entre las especies, como los ambientes contaminados lo cual se obtiene una diversidad de pérdida de organismos en función del entorno (Allan and Flecker, 1993, p. 32).

### 1.2.20. Índice de Shannon-Weaver

(Pla, 2006, pp. 23–26), menciona que es el índice más utilizado para cuantificar la biodiversidad de individuos y refleja la variedad de una comunidad sobre la base de dos factores: “el número de especies presentes y su abundancia relativa”. Reúne en un solo valor la diversidad y la riqueza específica de la especie por lo que el valor obtenido del índice de forma aislada no muestra la importancia relativa de la riqueza, ya que en un mismo índice de diversidad se puede obtener un grupo con baja riqueza y alta diversidad (C. Moreno, 2001, pp. 26–28).

Por lo que, si una comunidad de S especies es muy homogénea. En la mayoría de los ecosistemas naturales este índice va de 0.5 a 5 siendo su valor normal, entre 2 y 3 sus valores son inferiores y 2 se considera bajo.

Para (C. Moreno, 2001, pp. 26–28) “considera que los individuos son elegidos al azar y que todas las especies están representadas en la muestra”. Por ende, lo valores que están entre cero, cuando existe una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están ubicadas por el mismo número de individuos (C. Moreno, 2001, pp. 26–28).

**Tabla 1-1:** Evaluación de diversidad según Shannon.

Índice de Shannon	Diversidad
3.5-5	Alta
1.6-3	Media
0-1.5	Poca

Fuente: (Cardno, 2016).

La fórmula del índice de Shannon – Weaver es la siguiente:

$$H = - \sum_{i=1}^s p_i \log_2 p_i$$

S= número de especies (la riqueza de especies).

$p_i$ = cantidad de individuos de la especie I respecto al total de individuos.

$n_i$ = número de individuos de la especie.

N= número total de individuos de todas las especies.

### ***1.2.21. Índice de calidad ABI***

Para (Pratt, Puertolas and Rieradevall, 2009), menciona que “es un índice biótico cuantitativo utilizado para estudios de impacto ambiental y ecológicos; este índice es una adaptación del BMWP (Biological

Monitoring Working Party) para ríos alto andinos con altitudes mayores a 2000 msnm, ya que cuenta con una lista de claves taxonómicas de macro invertebrados bentónicos para esta zona”.

Para la aplicación de este índice se debe realizar un muestreo en diferentes hábitats en el campo, no es aconsejable usar datos de un solo tipo de hábitat ya que el objetivo es conseguir la representación de todo el área de investigación y el muestreo debe continuar hasta encontrar nuevas familias (Acosta *et al.*, 2009, pp. 35–64).

El ABI asigna un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia de 1 a 10, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice aplicado será la sumatoria de los valores de sensibilidad (Meneses and Castro, 2019, pp. 299–310).

**Tabla 2-1:** Puntuaciones para familias de macroinvertebrados según el índice ABI.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACION
Tricladida	Planariidae	5
Hirudinea	-	3
Oligochaeta	-	1
Gastropoda	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
Bivalvia	Sphaeriidae	3
Amphipoda	Hyellidae	6
Ostracoda	Cytherelloidae	3
Hydracarina	Hydrachnidae	4
Ephemeroptera	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohephidae	7
	Oligoneuridae	10
Odonata	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
Plecoptera	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
Heteroptera	Veliidae	5
	Gerridae	5
	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
Trichoptera	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009).

Para el estudio de este índice se debe realizar un muestreo en diferentes tipos de hábitats en campo, no se pueden usar datos de un solo tipo de hábitat ya que la intención es obtener la representación de casi toda la zona de estudio y el muestreo debe seguir hasta no encontrar nuevas familias (Acosta *et al.*, 2009, pp. 35–64).

**Tabla 3-1:** Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.

NIVEL DE CALIDAD	VALORACION	COLOR REPRESENTATIVO
Muy bueno	>96	Azul
Bueno	59-96	Verde
Moderada	35-58	Amarillo
Mala	14-34	Naranja
Pésimo	<14	Rojo

Fuente: (Acosta *et al.*, 2009).

### 1.2.22. Índice de Simpson

El índice de Simpson se deriva de la teoría de probabilidades y se encarga de medir la probabilidad de encontrar 2 individuos de la misma especie en dos “extracciones” sucesivas al azar sin “reposición. Este índice le da un peso mayor a las especies abundantes subestimando las especies raras, tomando valores entre “0” (baja diversidad) hasta un máximo de  $[1-1/S]$  (Krebs, 2009, p. 655).

$$D_{si} = \sum_{i=1}^s pi^2$$

$P_i$ = abundancia proporcional de la  $i$ ésima especie; representa la probabilidad de que un individuo de la especie  $I$  esté presente en la muestra, siendo entonces la sumatoria de  $pi$  igual a 1.

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

$n_i$ = número de individuos de la especie  $i$ .

$N$ = número total de individuos para todas las  $S$  especies en la comunidad.

### **1.2.23. Índice de Fisher**

Es un modelo de abundancia que se desprende de una serie logarítmica y emplea solo el número de especies (S) y el número total de individuos (N) (Juarez *et al.*, 2016, pp. 523–528).

$$S = \alpha \ln[1 + (N/\alpha)]$$
$$E = \frac{H'}{\ln(S)}$$

**S**=número de especies en la muestra.

**N**= número de individuos en la muestra.

**H'**= índice de Shannon-Wiener

**E**= equidad

Valores cercanos a 1 representan condiciones hacia especies igualmente abundantes y aquellos cercanos a 0 la dominancia de una sola especie (Juarez *et al.*, 2016, pp. 523–528).

### **1.2.24. Índice de Jaccard o coeficiente de Jaccard**

“Es un método de diversidad beta ya que calcula la variedad de especies entre algunos ecosistemas en función de las especies compartidas entre sitios” (C. Moreno, 2001, pp. 26–28).

### **1.2.25. Prueba de TuKey**

Es un test de comparaciones múltiples que ayuda a comparar las medias de los t niveles de un factor después de haber rechazado la hipótesis nula de igualdad de medias mediante la técnica ANOVA, este test ayuda a perfilar, especificar la hipótesis alternativa como cualquiera de los test ANOVA (Llopis, 2013, p. 1).

### **1.2.26. Prueba ANOVA**

El test de varianza ANOVA prueba la hipótesis de que las medias de dos o más tratamientos son iguales, evaluando la importancia de uno o más factores al comparar con las medias de la variable de respuesta en los diferentes niveles de los factores, requiriendo datos de poblaciones que sigan una distribución aproximadamente normal con varianzas iguales entre los niveles de factores (Minitab, 2019, p. 1).

### ***1.2.27. Importancia ecológica de los macro invertebrados como bio-indicadores***

Según (Ladrera, Rieradevall and Prat, 2013, pp. 1–19) ,manifiesta que los individuos de macro invertebrados acuáticos “son los mejores bio-indicadores de la calidad del agua por su tamaño y su extensa distribución y adaptación a diferentes variables físico/bióticas, además son considerablemente utilizados, debido a razones como su elevada diversidad, fácil de muestrear”. Al igual que otros autores menciona que: “Los macro invertebrados son considerados un eslabón importante en la cadena trófica, específicamente para peces. Un alto número de estos se alimentan de algas y bacterias, que se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria” (Forero, 2017, pp. 16–18).

### ***1.2.28. Descripción morfológica de los macro invertebrados***

Según (Pérez, 2015, pp. 373–374) “Los macro invertebrados, al ser especies con alta variedad, presentan ciertos rasgos morfológicos que permiten clasificarlos en diferentes clases, órdenes y familias; los mismo que son empleados como indicadores de la calidad del agua”.

### ***1.2.29. Alteraciones de las comunidades de macro invertebrados***

Según (Suarez, 2012, pp. 1–15) Menciona que “la utilización de macro invertebrados para la caracterización de los ríos con respecto al flujo de energía en la cuenca sobre la que fluye el curso de agua, ha generado gran interés que presentan sus comunidades como indicadores globales del conjunto de características físico-químicas y biológicas que son propias de un determinado tramo. Las respuestas de la comunidad de macro invertebrados a las perturbaciones ambientales son necesarias para evaluar el impacto de residuos urbanos, agrícolas, industrias y los impactos de otros usos del suelo”.

### ***1.2.30. Métodos de recolección de macro invertebrados***

#### ***1.2.2.11. Red tipo D-net***

Se utilizan para practicar barridos donde se imposibilita desempeñar con la red Surber. Esta red señala distintas ventajas por su forma ya que se adapta a las distintas superficies irregulares hasta lograr acaparar representativamente el lugar de monitoreo. El sedimento extraído se manipula tras embazarlo sobre un cedazo para cernir el material con agua para luego guardar en una funda

plástica o un recipiente de plástico con alcohol al 70% para ser escrutado posteriormente en el laboratorio (Ramirez, 2010, pp. 41–50).

#### *1.2.2.12. Red de mano o patada*

Se emplea para aguas de escasa profundidad o manifiesten un grado de estancamiento, para lo que es preciso utilizar dos personas encargadas para manipular la red donde una se sitúe aguas arriba y otra aguas debajo de modo que ayude a remover el fondo con los pies o manos. “Para el muestreo con esta red, se recomienda el análisis del material *in situ*, caso contrario se procede de igual forma que el método anterior” (Samanez *et al.*, 2014, pp. 1–39).

#### *1.2.2.13. Red Surber*

Tiene un marco metálico, al cual está sujeta una red de aproximadamente unos 80 cm de longitud y una abertura de malla de aproximadamente 500  $\mu$ . El marco se coloca sobre el fondo y en contra de la corriente y con las manos removemos el material del fondo, quedando atrapados los organismos en la red. Este proceso se repite al menos tres veces en cada punto de muestreo, para poder calcular el número de individuos por  $m^2$ . El material colectado se vacía luego en un recipiente con alcohol al 70% para ser separado en el laboratorio (Carrera, 2001, p. 57).

### ***1.2.31. Mecanismos de muestreo para macro invertebrados***

Para el estudio de los macro invertebrados, se debe proyectar las similitudes o diferencias del hábitat físico entre cada estación de monitoreo. Por otra parte, es ilimitado el acceso para el desarrollo de estos estudios por las múltiples técnicas y equipos a disposición. De igual manera el tipo específico de equipo de muestreo de macro invertebrados a usarse dependerá de muchos criterios: profundidad del agua, velocidad de la corriente, propiedades físicas y químicas del substrato (INEN, 2013, pp. 1–15).

### ***1.2.32. Características Físico-Químicas***

#### *1.2.2.14. Contenido de sólidos*

Denominación asociada a la materia en suspensión, sedimentable, coloidal y disuelta encontrada en el lecho de un recurso hídrico (Smith and Schroeder, 1983, pp. 255–260).

#### 1.2.2.15. *Color*

Capacidad de absorber cierto tipo de longitud de onda del espectro visible, existen un sinnúmero de razones por las cuales se le otorga la colorimetría al agua pero se tiene una referencia específica para las causas que los provoca (Novo, 1998, pp. 1–2).

#### 1.2.2.16. *Olor*

Propiedad organoléptica de determinación subjetiva ya que no existe a manera general, instrumental, registros ni unidades de medida para su cuantificación (Viessman and Hammer, 1993, pp. 14–29).

#### 1.2.2.17. *Temperatura*

Variable de suma importancia ya que el metabolismo de ciertos organismos se afecta bajo la variación de temperatura, ya sea el caso de que la actividad bacteriana se sitúa entre los 25°C y los 35°C (Novo, 1998, pp. 1–2). “Los procesos de digestión aerobia y de nitrificación se detienen cuando el agua alcanza los 50°C. A temperaturas de alrededor de 15°C, las bacterias productoras de metano cesan su actividad, mientras que las bacteria nitrificantes autótrofas dejan de actuar cuando la temperatura alcanza valores cercanos a los 5°C” (Metcalf and Tchobanoglous, 1979, p. 920).

#### 1.2.2.18. *Turbidez*

Se relaciona con la dificultad presente para poder transmitir la luz debido a materiales insolubles en suspensión, coloidal o muy finos presentes en aguas superficiales, ya que son difíciles de filtrar y esta se lleva a cabo o mediante la comparación entre la intensidad de la luz dispersada en la muestra y la intensidad registrada en una suspensión de referencia en las mismas condiciones (Arden and Lockett, 1915, pp. 827–943).

#### 1.2.2.19. *Sólidos totales disueltos*

Es una cuantificación total de las sales inorgánicas indicadas en el agua siendo la salinidad un elemento característico, esta constituye una limitación importante en los distintos usos del agua.

#### *1.2.2.20. Dureza*

En función de las sales contenidas, la dureza es debida a la presencia de sales de calcio y magnesio, midiendo la capacidad del agua para producir incrustaciones.

#### *1.2.2.21. Dureza total*

Se denota a la concentración en una cantidad mensurable de agua de compuestos minerales que como; sales de magnesio y calcio, siendo las causantes de la dureza del agua y proporcionalmente a la concentración de sales minerales.

#### *1.2.2.22. PH*

Indica la acidez del agua tomando en cuenta el rango de variación que va de 0 a 14, por lo que bien se toma en cuenta el intervalo de 6 y 7.2 para el desarrollo de plantas y animales o dicho por Arcos (Arcos, 2010, pp. 1–87) es la medida de la concentración de los iones hidrógeno. Nos mide la naturaleza ácida o alcalina de la solución acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8.

#### *1.2.2.23. Potencial redox*

Es una medida efectiva de medir la energía química de oxidación reducción mediante un electrodo, convirtiéndola en energía eléctrica, la cual se obtiene para examinar el saneamiento del agua, cuya unidad se expresa en mili voltios (mV) siendo análogo al pH, ya que mide la actividad de los protones y el ORP mide el de los electrones (Valls, 2019, p. 1).

#### *1.2.2.24. Alcalinidad*

Es una medida de la capacidad amortiguadora del agua, tornan valores altos de 8-14, una alcalinidad alta tiende a llevar valores de pH alto.

#### *1.2.2.25. Conductividad*

Es la capacidad que adquiere una solución para ceder corriente eléctrica dependiendo de la presencia movilidad, valencia y concentración de iones, así como de la temperatura del agua.

### 1.2.33. Características microbiológicas

Son aquellas características relativas a la presencia de bacterias que determinan su calidad estipulan el número permisible de microorganismos coliformes, fecales en términos de las porciones normales de volumen y del número de porciones que se examina (Donis, 2008, pp. 1–72).

**Tabla 4-1:** Contraste físico-químico VS biológico.

EVALUACION FÍSICO-QUÍMICA	EVALUACION BIOLÓGICA
<u>VENTAJAS</u>	
Alteraciones temporales	Integración temporal y espacial
Fácil estandarización	Estudios en tiempo real (bioensayos).
Empleo para aguas subterráneas	Posibilidad de estudiar bio-acumulación
Se determina el flujos de contaminantes	Respuesta a la contaminación puntual
Determinación precisa de los contaminantes	Respuesta a la contaminación crónica.
<u>DESVENTAJAS</u>	
Límite de detección de micro contaminantes	Baja sensibilidad temporal
Costo elevado	Dificultad de utilizar en aguas subterráneas
Posible contaminación de las muestras	Nula validación para estudios de flujo
Sin posibilidad de integración corporal	Dificultades de estandarización

Fuente: Calidad del agua (Sierra, Carlos).

## 1.3. Base legal

### 1.3.1 Constitución de la República del Ecuador

En el Título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección primera de Agua y alimentación, en el artículo 12 se refiere a:

“**Art. 12.-** el derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. el agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 13).

En el título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección segunda de ambiente sano, en el artículo 15 se refiere a:

“**Art. 15.-** el estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. la soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 14).

En el título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección séptima de Salud, en el artículo 32 se refiere a:

“**Art. 32.-** La salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir.” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 19).

En el título II, que corresponde al capítulo sexto, derechos de libertad, en el artículo 66 se refiere a:

“**Art. 66.-** Se reconoce y garantizará a las personas: El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 32).

En el título V, Capitulo cuarto, que corresponde al régimen de competencias, en el artículo 264 se refiere a:

“**Art. 264.-** Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley: Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 133).

En el Título VI, Régimen de desarrollo, Capitulo primero, corresponde a los principios generales, en el artículo 276 se refiere a:

“**Art. 276.-** El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos: Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 136).

En el Título VI, Régimen de desarrollo, corresponde al capítulo quinto de los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, en los artículos 314 y 318 se refieren a:

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

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 162).

En el Título VII, Régimen del buen vivir, corresponde a la sección cuarta del hábitat y vivienda, en los artículos 375 se refieren a:

“**Art. 375.-** El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual:

Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos.”

En el Título VII, Régimen del buen vivir, corresponde a la sección sexta del agua, en los artículos 411 y 412 se refieren a:

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

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

**Art. 412.-** La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.” (Constitucion de la Republica del Ecuador, 2008, p. 195).

#### ***1.2.34. Ley Orgánica de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua***

De acuerdo con el Título II, Recursos Hídricos, corresponde al capítulo 1, en el artículo 12 y 18 que se refiere a:

“**Art. 12.-** Protección, recuperación y conservación de fuentes. Las competencias son:

(...) o) El estado, los sistemas comunitarios, juntas de agua potable juntas de riego, los consumidores y usuarios corresponsables en la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua (...)” (Barrezueta, 2014, p. 6).

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

(...) o) Asegurar la protección, conservación, manejo integrado y aprovechamiento sustentable de las reservas de aguas superficiales y subterráneas (...)” (Barrezueta, 2014, p. 7).

De acuerdo con el Título II, Recursos Hídricos, corresponde al capítulo II, Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos, en el artículo 21 que se refiere a:

“**Art 21.-** Agencia y Regulación y Control del Agua. La agencia de Regulación y Control del Agua (ARCA).

(...) o) La agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral e integrada de los recursos Hídricos de la cantidad y calidad de agua en sus fuentes (...)” (Barrezueta, 2014, p. 8).

### ***1.2.35. Convención de Ramsar***

De acuerdo con el manual de la convención de Ramsar, en reservas y formación de herbazales corresponde al artículo 4.1 que se refiere a:

“**Art 4.1.-** estipula que cada Parte Contratante fomentará la conservación de los herbazales y las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos, estén o no incluidos en la lista, y tomará las medidas adecuadas para su custodia.” (Mogollón, Mejía and Samper, 1997, p. 4).

“**Art 4.5.-** Las partes contratantes fomentarán la formación del personal para el estudio, la gestión y la custodia de los herbazales. El personal capacitado, sobre todo en los campos de la gestión, la enseñanza y la administración, es esencial para la conservación y el uso racional efectivos de los herbazales y sus recursos.” (Mogollón, Mejía and Samper, 1997, p. 4).

### ***1.2.36. Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre***

En el título I, capítulo I del patrimonio forestal del estado detalla los siguientes artículos:

“**Art 1.-** Constituyen patrimonio forestal del Estado, las tierras forestales que de conformidad con la Ley son de su propiedad, los bosques naturales que existan en ellas, los cultivados por su cuenta y la flora y fauna silvestres; los bosques que se hubieren plantado o se plantaren en terrenos del Estado, exceptuándose los que se hubieren formado por colonos y comuneros en tierras en posesión (ley forestal y de conservacion de areas naturales y vida silvestre, 2004, p. 2)

“**Art 5.-** El ministerio del ambiente tendrá las siguientes funciones y objetivos: a) Delimitar y administrar el área forestal y las áreas naturales y de vida silvestre pertenecientes al Estado; b) Velar por la conservación y el aprovechamiento racional de los recursos forestales y naturales existentes; c) Promover y coordinar la investigación científica dentro del campo de su competencia; d) Fomentar y ejecutar las políticas relativas a la conservación, fomento, protección, investigación, manejo, industrialización y comercialización del recurso forestal, así como de las áreas naturales y de vida silvestre (ley forestal y de conservacion de areas naturales y vida silvestre, 2004, p. 3)

En el título II, capítulo I del patrimonio nacional de áreas naturales.

“**Art 66.-** El patrimonio de áreas naturales del Estado se halla constituido por el conjunto de áreas silvestres que se destacan por su valor protector, científico, escénico, educacional, turístico y recreacional, por su flora y fauna, o porque constituyen ecosistemas que contribuyen a mantener el equilibrio del medio ambiente (ley forestal y de conservacion de areas naturales y vida silvestre, 2004, p. 18)

En el capítulo III de la conservación de la flora y fauna silvestres.

“**Art 72.-** En las unidades del patrimonio de áreas naturales del Estado, que el Ministerio del Ambiente determine, se controlará el ingreso del público y sus actividades, incluyendo la investigación científica (ley forestal y de conservacion de areas naturales y vida silvestre, 2004, p. 21)

“**Art 73.**- La flora y fauna silvestres son de dominio del Estado y corresponde al Ministerio del Ambiente su conservación, protección y administración, para lo cual ejercerá las siguientes funciones: a) Controlar la cacería, recolección, aprehensión, transporte y tráfico de animales y otros elementos de la fauna y flora silvestres; b) Prevenir y controlar la contaminación del suelo y de las aguas, así como la degradación del medio ambiente c) Proteger y evitar la eliminación de las especies de flora y fauna silvestres amenazadas o en proceso de extinción (ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre, 2004, p. 21)

“**Art 74.**- El aprovechamiento de la flora y fauna silvestres no comprendidas en el patrimonio de áreas naturales del Estado, será regulado por el Ministerio del Ambiente, el que además determinará las especies cuya captura o utilización, recolección y aprovechamiento estén prohibidos (ley forestal y de conservación de áreas naturales y vida silvestre, 2004, p. 22)

## CAPÍTULO II

### 2. MARCO METODOLÓGICO

#### 2.1 Descripción del área de estudio

Para el establecimiento de la línea base se consideraron los principales cuerpos de agua (río Yanayacu) cuya área de influencia de la zona de estudio se denote un impacto dado por las actividades económicas y poblacionales abnegadas a la parroquia San Miguel, según el tipo de fuente de agua (agua continental) tomando las consideraciones de (Rice *et al.*, 2005, pp. 1–35), se albergó además la ubicación en una zona intermediaria (semi-intervenida) entre los dominios facultados por labores agrícolas/Herbazal Inundable del Páramo y por ultima instancia se acogió como blanco a cuyas áreas donde no exista intervención por parte del hombre denominadas “zonas prístinas” ubicadas dentro del Herbazal Inundable del Páramo.

#### 2.2 Selección de los puntos de monitoreo

Tomando a consideración el asesoramiento brindado por el Grupo de Investigación para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC), se establecieron 8 estaciones de monitoreo a lo largo de la microcuenca del río Yanayacu dentro de un rango altitudinal comprendido entre los 3540 hasta los 4037 m. El muestreo sobre estas estaciones fue realizado en el período 29 de abril del 2021 hasta 29 de septiembre del 2021. Todas estas estaciones fueron georreferenciadas con un geoposicionador satelital (GPS), se priorizó el área en términos de distancia e influencia de actividad antrópica, trama de caminos rurales que facilitaron el acceso a los puntos de muestreo y el uso de cuerpos de agua.

**Tabla 5-2:** Georreferenciación de todos los puntos de monitoreo de la microcuenca.

<u>NO</u>	<u>ALTURA(m)</u>	<u>ESTACION</u>	<u>ÁREA</u>	<u>LONGITUD</u>	<u>LATITUD</u>
1	3542	HIPNMAC2	Comunidad “San Miguel”	782747	9894070
2	4002	HIPNMAC10	Herbazal Inundable del Páramo “río”	786920	9890610
3	4007	HIPNMAC9	Herbazal Inundable del Páramo “río”	787153	9890840
4	4008	HIPNMAC7	Herbazal Inundable del Páramo “río”	787617	9891762

5	4009	HIPNMAC8	Herbazal Inundable del Páramo “río”	784136	9890842
6	4023	HIPNMAC6	Herbazal Inundable del Páramo “río”	787618	9892223
7	4032	HIPNMAC5	Herbazal Inundable del Páramo “Laguna de Antejos”	781585	9892227
8	4037	HIPNMAC4	Herbazal Inundable del Páramo “Laguna de Antejos”	783906	9893378

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

Se priorizan los puntos georreferenciados en el siguiente gráfico.



**Gráfico 1-2.** Georreferenciado de la Laguna de Antejos.

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2015).

### **2.3 Equipo de campo para el monitoreo**

- GPS Garmin
- Libreta de campo
- Etiqueta de colecta
- Lupa (8X-10X)
- Pincel
- Pinza
- Tamiz de 500 um
- Red Surber (300-500)um
- Red tipo D (250)um
- Ependorf
- Frascos de vidrio
- Frascos de vidrio ámbar
- Fundas Ziploc
- Bandeja amplia de color blanco
- Alcohol 70%
- Cooler
- Esferos
- Marcador
- Botas

### **2.4 Equipo de laboratorio**

- Estereoscopio USB PCE-MM 800
- Multiparametrico HQ9908
- Mandil
- Guantes quirúrgicos

### **2.5 Recolección de las muestras para el análisis físico/químico y microbiológico.**

En base a la norma NTE INEN 2169:2013 agua, calidad del agua, muestreo, maneja y conservación de muestras; y la norma NTE INEN 2176:98: agua: calidad de agua, muestreo, técnicas de muestreo se llevó a cabo el monitoreo de la microcuenca del río Yanayacu cuyo periodo fue de 4 meses.

Se tomaron muestras simples por cada punto en un recipiente para incorporar la sonda del multiparamétrico y hacer la lectura correspondiente de los distintos parámetros fisicoquímicos *in situ* para (PH/T°/STD/CE/ORP) que para ello se tuvo que tomar las muestras corriente arriba en un punto alejado y seguro de la orilla, se enjuagó el envase 3 veces con la misma agua, antes de conseguir la muestra de lectura.

Debido a que las muestras para parámetros microbiológicos (e.coli/coliformes totales) no pudieron ser analizadas inmediatamente, el tipo de envase para ello fue de polietileno de 1L de volumen, conservándolas en un cooler para mantener la baja temperatura hasta destinarlas al Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental “LIAA-GADMA” (EPA, 2017, pp. 1–8).

## **2.6 Recolección de las muestras para el análisis de macroinvertebrados.**

Para dar paso a la recolección de las muestras se tuvo que obtener un permiso otorgado por el SUIA (Ministerio del ambiente agua y transición ecológica, 2013, pp. 1–19) para extracción de especímenes y transporte de los mismos hacia el exterior del Parque Nacional Llanganates para un periodo de 4 meses (4 repeticiones) de modo que para los 8 puntos se aplicó un muestreo compuesto he integral, manteniendo las proporciones de volumen fijo, excedimos el volumen total de muestra en un 20% a fin de suplir pérdidas o derrames durante la manipulación de traslado de la estación hacia el laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH.

Se seleccionó un tramo de 100 m que sea representativo de la corriente considerando la factibilidad y seguridad del equipo de monitoreo, se completó el formato de campo para documentar la descripción del sitio y área circundante expedida en la guía para el estudio de macroinvertebrados de (Darrigran *et al.*, 2007, pp. 1–86), las submuestras se extrajeron cada 10 metros dentro de los 100 metros planteados utilizando la red Surber concatenadamente con la red tipo D de modo que se sumergió la red mientras que el técnico de monitoreo se situó a 1 metro aguas arriba de la abertura de la red perturbando el sustrato con manos y pies por alrededor de 1 min en un área de 1 m<sup>2</sup>, se desalojó a los organismos adheridos a la red mediante pinzas para luego colocar en las fundas Ziploc con alcohol al 70% y compilarlas en el cooler para distribuir las al laboratorio para su análisis y caracterización.

### **1.4. Caracterización de los especímenes recolectados**

Para llevar a cabo la caracterización por cada punto que se analizó en el laboratorio de Calidad de Agua de la ESPOCH, para lo cual se consideró contrastar la información cualitativa de los especímenes encontrada en la tabla 1.6 con la documentación referida a (Encalada *et al.*, 2011, p. 83)

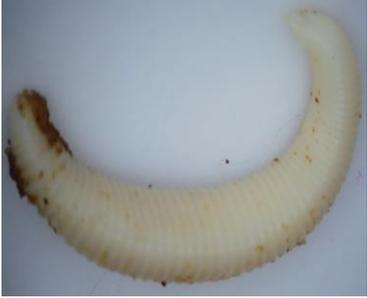
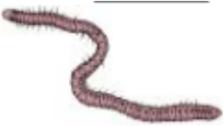
(Roldan, 1996, pp. 1–86) (Simms and Blaylock, 2002, pp. 1–2), mediante el uso del estereoscopio USB PCE-MM 800.

Se fraccionó la muestra extraída de la funda Ziploc hacia la bandeja blanca para poder diluir con agua y trazar una mejor visibilidad al momento de escoger minuciosamente los macroinvertebrados con pincel, pinzas he incorporarlos directamente a los tubos ependorf, los cuales se llenaron al 75% del contenido con metanol al 70% lo que permitió estabilizar las proteínas de los tejidos y garantizar la conservación de las características de los cuerpos, al generar un datum de las 3 submuestras por punto se prosiguió a la caracterización morfológica es cada espécimen colocándolos en una caja Petri haciendo uso del estereoscopio, considerando su tamaño y el número total de individuos por cada familia encontrada, ya que el nivel de familia provee un alto grado de precisión entre muestras y taxónomos.

Se generó una base de datos en Excel que incluye evidencia fotográfica respecto a cada punto por las 4 repeticiones que detallan la abundancia en especímenes, valor asignado por cada familia con su respectiva cantidad para la elaboración de los índices propuestos en los objetivos específicos.

**Tabla 6-2:** Macroinvertebrados bentonicos perteneciente a una mala calidad del agua.

ORDEN/CLASE/ FAMILIA	CARACTERISTICAS	SENSIBILIDAD DE CONTAMINACION
Platycopina/Ostracoda/ Cytherelloidea	Estos organismos parecen semillas y están cubiertos por dos valvas, contienen 2 pares de antenas, mandíbulas y maxilas en la region cefálica. ABI 3	X
		
Trombidiformes/arachnida/ hydrachnidae	Son pequeñas su forma es ovoide y pueden incluir colores fuertes como el rojo, contienen 8 patas y 2 mandíbulas. ABI 4	Sensible
		

Glossiphoniiformes/hirudinea/ glossiphoniidae	Son conocidos comúnmente como sanguijuelas, son aplanados y poseen aparatos de succión en ambos extremos del cuerpo, compuesto por segmentos similar a los anillos. ABI 3	Muy tolerante
		
Haplotaxida/oligochaeta/ haplotaxidae	Se tratan de gusanos cilíndricos con múltiples segmentos que lucen como anillos. ABI 1	Muy tolerante
		
Basommatophora/gasteropoda/ lymnaeidae	Se caracterizan por tener tentáculos muy amplios y triangulares, la concha es espiral y alargada con una punta pronunciada. ABI 3	Muy tolerante
		
Diptera/clase/ ceratopogonidae	Miden de 6-14 mm, tienen los segmentos del cuerpo no subdivididos, el tórax y el abdomen no diferenciados ABI 4	Muy tolerante
		
Coleoptera/insecta/ scirtidae	Son aplanadas, alargadas y tienen antenas bastante	Sensible

	largas, miden alrededor de 5-15 mm ABI 5	
Tricladida/turbellaria/ planariidae	Se caracterizan por su forma aplanada, tienen 2 manchas oculares en la cabeza y una apertura que sirve de boca y ano ABI 5	Muy tolerante
		
Diptera/insecta/ ceratopogonidae	Tienen los segmentos del cuerpo no subdivididos, el tórax y el abdomen no diferenciados ABI 4	Tolerante
		
Veneroidea/bivalvia/ sphaeriidae	Se caracterizan por tener valvas grágiles y pequeñas, de forma redondeada y ovalada ABI 3	Tolerante
		
Diptera/insecta/ tipulidae	Tiene el cuerpo suave con pelos o proyecciones carnosas, los últimos segmentos son glabros, su cabeza no es retráctil y tiene un disco espiracular en el ultimo segmento del abdomen. ABI 5	Muy tolerante
		

Fuente: (Encalada *et al.*, 2011).

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**Tabla 7-2:** Macroinvertebrados bentónicos perteneciente a una buena calidad del agua.

ORDEN/CLASE/ FAMILIA	CARACTERISTICAS	SENSIBILIDAD DE CONTAMINACION
Trichoptera/insecta/ odontoceridae	Miden entre 9-10 mm, contruyen casas cónicas de arena y piedra, sus patas anales poseen pequeñas espinas. ABI 10	Muy sensibles
		
Plecoptera/insecta/ griopterygidae	Larvas pequeñas que miden de 3 a 10 mm, tienen agallas en la parte caudal. ABI 10	Muy sensible
		
Trichoptera/insecta/ leptoceridae	Miden entre 7 y 15 mm, tienen patas posteriores muy prolongadas y mandíbulas bien desarrolladas, construyen capullos con arena, piedras y hojas. ABI 8	Muy sensible
		

Fuente: (Encalada *et al.*, 2011).

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

### **1.5. Análisis estadístico**

Para poder inferir estadísticamente concerniente al patrón de similitud biológica según la composición de morfo especies, se hizo un análisis de escalas dimensionales no-métricas (nMDS) haciendo uso del software Past (Oyvind Martillo, 2020, p. 1), además de determinar el índice de Shannon Wiener (diversidad alpha), índice de Simpson, índice de Fisher que para su cuantificación se dio uso al software PAST, importando la hoja de datos con todos las tipologías de familias caracterizadas durante la investigación con su perteneciente cantidad en cada punto. Además de hacer uso del software Restudio para determinar la variación significativa existente entre todos los puntos referente para parámetros físico-químicos y entre índices de diversidad mediante el índice de Bray Curtis.

## CAPÍTULO III

### 3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSION DE LOS RESULTADOS.

#### 3.1 Resultados de los análisis físico químicos

Los resultados de las muestras tomadas in situ examinadas a través del multiparametrico HQ9908 del Grupo de Investigación para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) se muestran en las siguientes tablas por punto y grado de repetición.

**Tabla 8-3:** Resultados de la primera repetición.

Repetición	Punto	Parámetros Físico/Químicos					Parámetros Microbiológicos	
		T°C	TDS(ppm)	ORP(mV)	Conductividad uS/cm	pH	coliformes Totales (ufc/100ml)	e.coli (ufc/100ml)
Primera	HIPNMAC10	8.2	17	300	33	5.8	6x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC9	7.9	5	325	27.1	6.2	6.4x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC8	9.5	17	328	22.2	6.81	1x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC7	5.9	17	313	22.6	7.27	1x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC6	8.3	8	220	27.8	6.4	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC5	8.2	6	243	7	6.67	1.6x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC4	8.5	28	231	27.1	6.3	1.6x10 <sup>3</sup>	0
HIPNMAC2	8.6	29	232	31.3	6.64	7.2x10 <sup>4</sup>	0	

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Los resultados obtenidos a través de las mediciones ejecutadas para la primera repetición en el mes de Julio del 2021 con ayuda del multiparametro arrojaron que los valores para coliformes totales para los puntos: HIPNMAC5, HIPNMAC4, HIPNMAC2 se encuentran fuera de los límites permisibles que deberían estar por debajo de los 1000 NMP/100ml contrastando estos datos con la tabla 1 del anexo 1, libro VI del texto unificado de legislación secundaria 097-A para aguas de consumo y preservación de la vida acuática, además del valor de pH en el punto HIPNMAC10 se encuentra fuera del rango permitido entre 6.5-9, según la tabla 2 de el mismo anexo, por lo cual al resto de valores para cada parámetro se encuentran bajo los límites permisibles.

**Tabla 9-3:** Resultados de la segunda repeticion.

Repetic ión	Punto	Parámetros Físico/Químicos					Parámetros Microbiológicos	
		T°C	TDS(pp m)	ORP(mV )	Conductivi dad mS/cm	pH	coliformes Totales (ufc/100ml)	e.coli (ufc/100 ml)
Segunda	HIPNMAC1 0	9.2	21	279	26,2	6.34	6.5x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC9	8.5	24	276	27,1	6,3	6.5x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC8	9.6	38	342	22,2	7.2	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC7	6.8	16	342	38	5.8	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC6	8.2	7	353	27,1	6.2	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC5	8.5	3	344	4	5.5	1.4x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC4	8.2	6	325	13	6,1	1.6x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC2	11.5	31	227	76	7.6	7.3x10 <sup>4</sup>	0

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Los resultados arrojados en la segunda repetición en contraste a los parámetros físico químicos/microbiológicos se encuentra un aumento en la tasa de valores desprendidos del umbral permitido bajo la normativa expedida por la tabla 1 del anexo 1, libro VI del texto unificado de legislación secundaria 097-A, haciendo referencia a los valores para coliformes totales en los puntos; HIPNMAC5, HIPNMAC4, HIPNMAC2 que se encuentran fuera de los límites permisibles, para los valores de pH se encuentran fuera de normativa los puntos HIPNMAC10, HIPNMAC9, HIPNMAC7, HIPNMAC6, HIPNMAC5, HIPNMAC4, tornando a valores ácidos para la mayoría de puntos tomados de la tabla 2 del anexo 1, libro VI del texto unificado de legislación secundaria, por lo que para los otros parámetros se encuentra dentro de normativa.

**Tabla 10-3:** Resultados de la tercera repeticion.

Repetición	Punto	Parámetros Físico/Químicos					Parámetros Microbiológicos	
		T°C	TDS(ppm)	ORP(mV)	Conductividad mS/cm	pH	coliformes Totales (ufc/100ml)	e.coli (ufc/100 ml)
Tercera	HIPNMAC10	11	21	229	33	5.8	1.6x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC9	8.2	21	251	32.6	6.6	6.5x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC8	10.1	20	239	40	5.89	1.6x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC7	8.5	17	346	32	6.17	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC6	8.8	4	152	24	6.15	1.2x10 <sup>2</sup>	0
	HIPNMAC5	10.6	4	310	6	5.74	1.4x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC4	10.5	6	334	27,1	6,3	1.6x10 <sup>3</sup>	0
	HIPNMAC2	8.8	16	243	32	6.5	7.5x10 <sup>4</sup>	0

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Para los valores reflejados en la tercera repetición se manifiesta un aumento para coliformes totales que para los puntos; HIPNMAC10, HIPNMAC5, HIPNMAC4, HIPNMAC2 excede en el máximo permisible, en tanto para los valores de pH igual los valores no cumplen el rango exigido en la tabla 2 del anexo 1, libro VI del texto unificado de legislación secundaria para los puntos; HIPNMAC10, HIPNMAC8, HIPNMAC7, HIPNMAC6, HIPNMAC5, HIPNMAC4, para lo que respecta a los demás parámetros cumple el límite permisible establecido.

### 1.2.37. Análisis Estadístico

#### 1.2.2.26. ANOVA de un factor para parámetros Físico-Químicos.

Para la distinción de resultados se aplicó el Test ANOVA de un factor para examinar si los valores de las medias de cada una de las variables son significativamente diferentes partiendo de un valor de significancia menor a 0.05 que es el más comúnmente aplicado.

#### Hipótesis:

**H0:**  $\mu_1 = \mu_2 = \mu_3 = \mu_4$

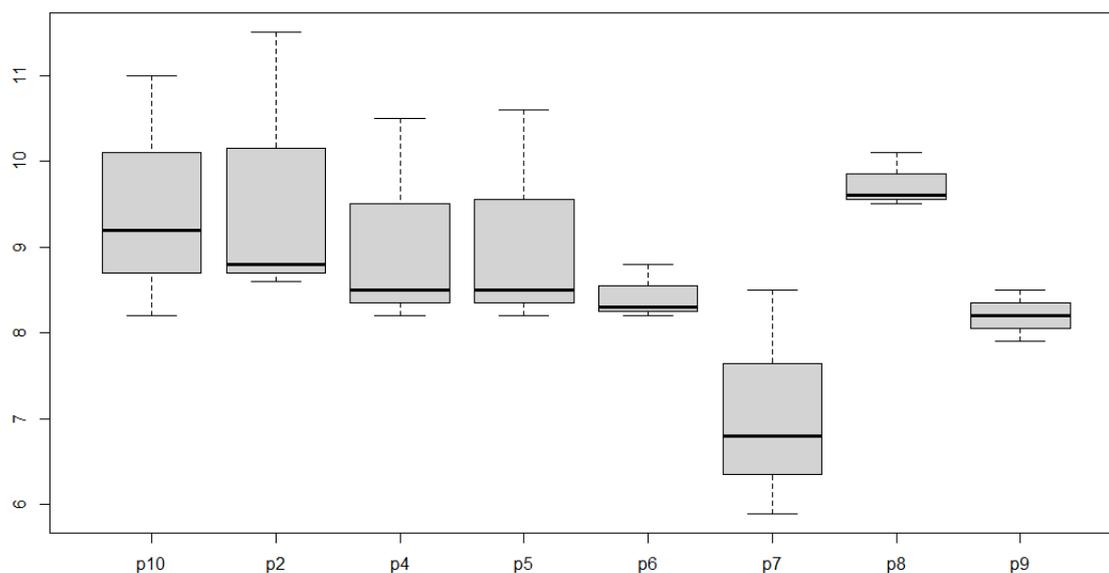
**Ha:** al menos un tratamiento es diferente

**Tabla 11-3:** Valor de significancia de Temperatura.

Variable	P
Temperatura	0.127

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, que en este caso no hay diferencias significativas.



**Gráfico 1-3.** Diferencias significativas de Temperatura con ANOVA.

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

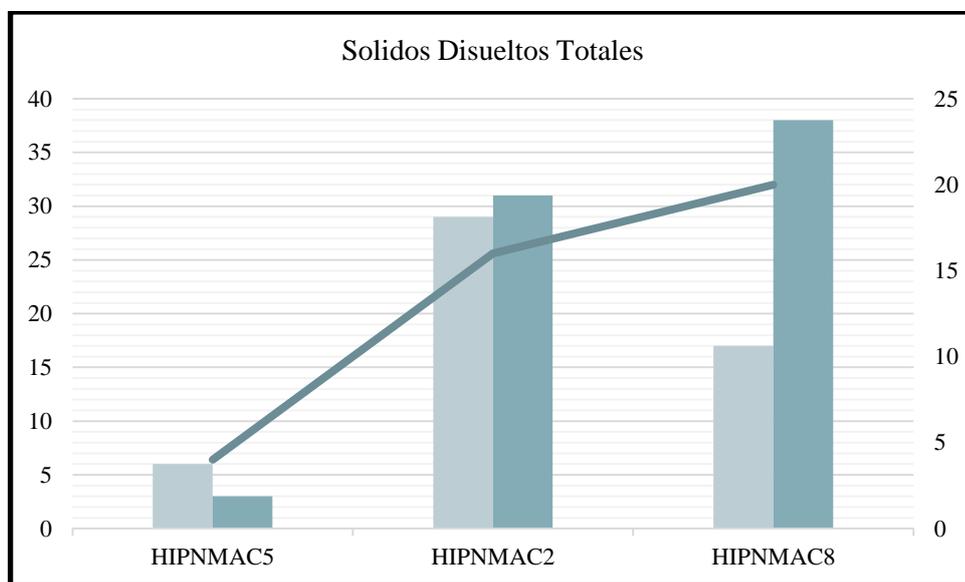
**Tabla 12-3:** Valor de significancia de TDS.

Variable	P
TDS	0.03

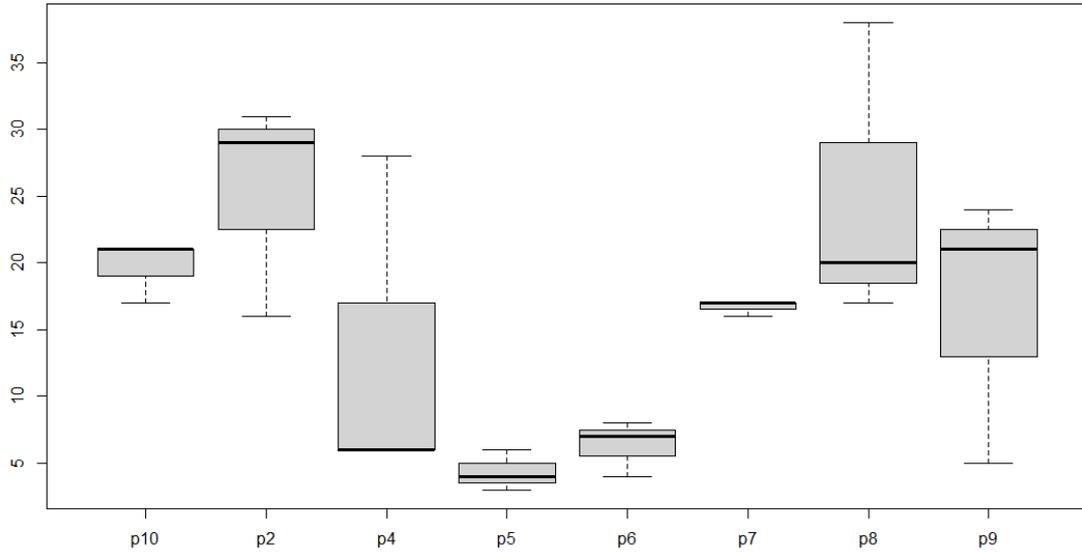
Elaborado por Matamoros David, 2021.

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, que en este caso indica que al menos 1 de nuestros sitios es distinto del resto por lo que se procede a realizar el Shapiro test y Tukey test, que generaron con precisión cual de nuestros tratamientos presenta aquellas diferencias significativas, reflejando que el punto HIPNMAC5 y HIPNMAC8 presentan una diferencia significativa de 0.06 debido a diversos factores que afecten principalmente al punto HIPNMAC8 como el avance de la frontera ganadera, la prolongación de diatomeas/algas que disgreguen con facilidad el sustrato adherido a la rивera del cauce que través del cierre de ciclo de vida de estas

que cuyos elementos orgánicos son eventualmente reciclados a formas inorgánicas produciéndose este proceso dentro de la columna de agua, así como en el mismo fondo de los cuerpos de agua donde se acumulan los detritos tal como señala (Bellinger and Sigeo, 2010, pp. 1–4) citado de (Guaman and González, 2016, pp. 13–22) al igual que HIPNMAC5 y HIPNMAC2, los Sólidos Disueltos totales presentan fluctuaciones ya que en la zona que carece de actividad antrópica (zona prístina) tiende a conservar valores muy bajos, reconociendo un promedio estimado entre las 3 repeticiones con un valor en el punto HIPNMAC5 de 4.3 ppm a diferencia del promedio planteado en el punto HIPNMAC2 de 25.33 ppm ya que su diferencia radica en el abrevadero de animales que acarrear el suelo semi-arenoso y arcilloso al río en el punto HIPNMAC2 , además de la diferencia de cotas que dista a estos 2 puntos y la fracción mineral que puede acarrear en el transcurso del cauce.



**Gráfico 2-3:** Comportamiento de la variable TDS en los puntos con diferencia significativa  
 Elaborado por: Matamoros David, 2021.



**Gráfico 3-3.** Diferencias significativas de TDS con ANOVA.

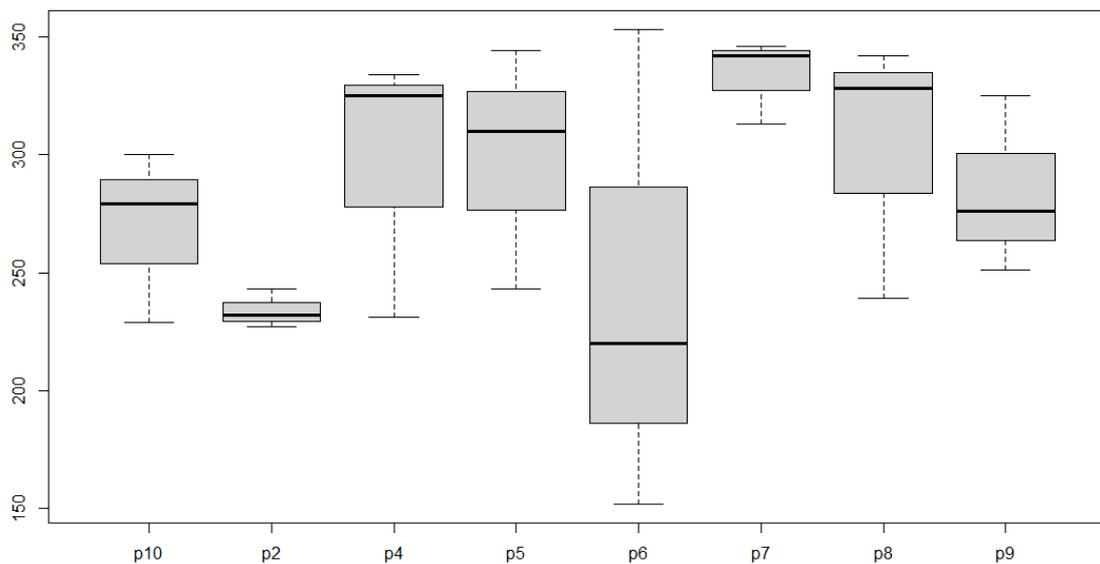
Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**Tabla 13-3:** Valor de significancia de ORP.

Variable	P
ORP	0.373

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, en este caso todos los tratamientos no muestran diferencias significativas.



**Gráfico 4-3.** Diferencias significativas de ORP con ANOVA.

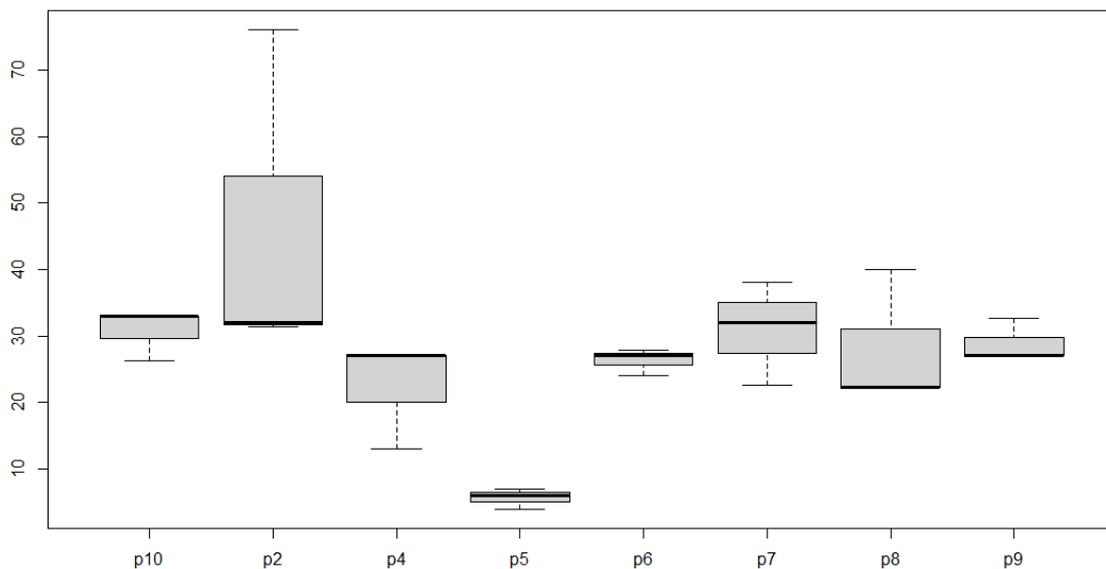
Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**Tabla 14-3:** Valor de significancia de conductividad.

Variable	P
Conductividad	0.02

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, en este caso todos los tratamientos no muestran diferencias significativas a excepción de los puntos HIPNMAC5 y HIPNMAC2 con un valor de 0.004 tras haberles realizado la prueba de Tukey test y Shapiro test, se agrega que esto se debe al acarreamiento de minerales a través del cauce por lo que el punto HIPNMAC5 contiene los valores mas bajos comparado con HIPNMAC2 que contiene los valores mas altos por la cota mas baja que este se encuentra a 3512 MSNM.



**Gráfico 5-3.** Diferencias significativas de conductividad con anova.

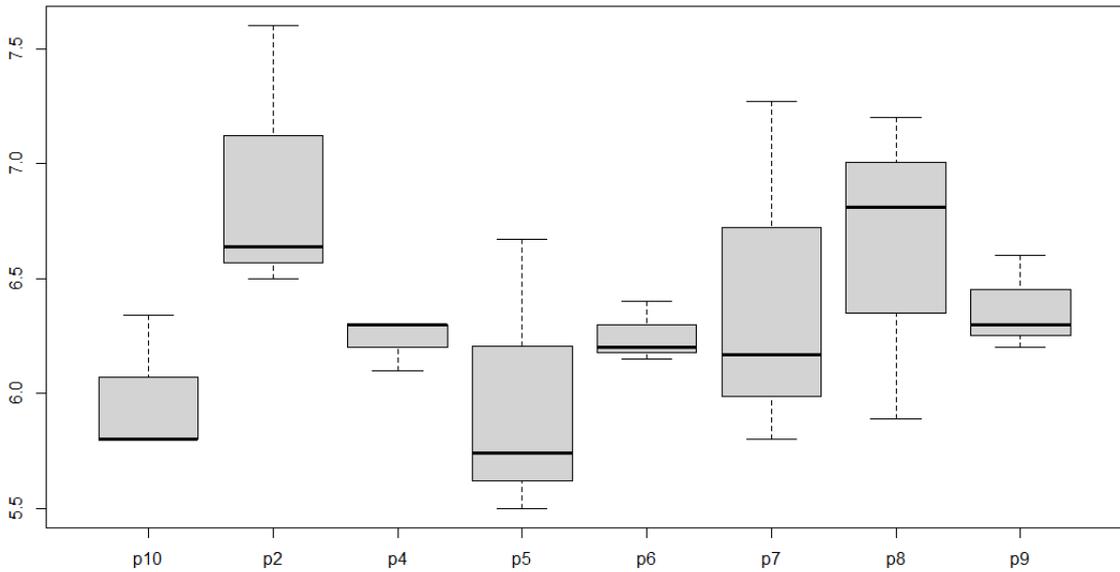
Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**Tabla 15-3:** Valor de significancia de pH

Variable	P
pH	0.337

Elaborado por Matamoros David, 2021

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, por lo que en este caso no existen diferencias significativas.



**Gráfico 6-3.** Diferencias significativas de pH con ANOVA.

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

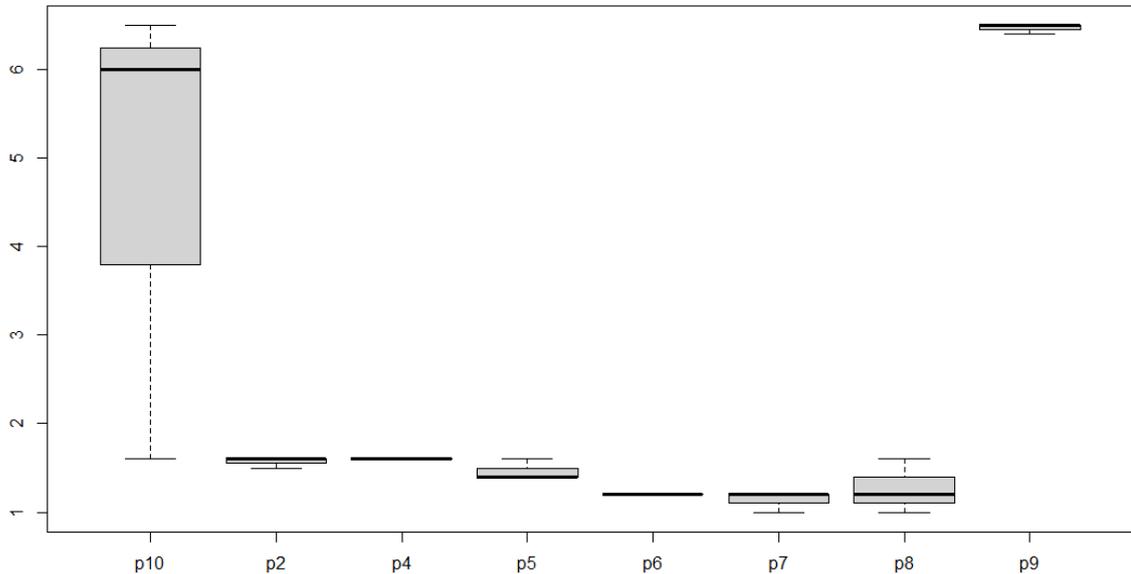
**Tabla 16-3:** Valor de significancia de coliformes totales.

Variable	P
Coliformes Totales	0.000014

Elaborado por Matamoros David, 2021.

Si  $P < 0.05$  = Valores significativamente diferentes, en este caso existe una gran diferencia significativa entre los distintos conjuntos de puntos tomando de referencia el punto HIPNMAC10 con todos los puntos exceptuando con el punto HIPNMAC9 que aguardan cierta similitud, la diferencia proporcionada entre el HIPNMAC10 y la mayoría de los puntos radica en el valor de ORP que si bien es cierto según Lynch y Poole (1979) los valores de ORP son inferiores a 650 mV que es el valor de referencia para que el agua sea considerada segura, por lo que estos niveles de ORP son un indicativo de un ambiente altamente reductor, que puede ser ocasionado por las descargas masivas de materia orgánica oxidable al cauce, lo que aumenta la densidad de bacterias anaerobias facultativas, como las bacterias del grupo coliformes que se encuentran en mediana cantidad en la parte más baja de las zonas prístinas que tiende a denominarse HIPNMAC10 con un valor promedio de ORP de 269.33 mV y en la parte más antropizada que se denomina HIPNMAC2 con un promedio en ORP de 234mV siendo uno de los valores más bajos y por ende el que acarrea un mayor grupo de coliformes totales con un promedio de  $7.3 \times 10^4$  UFC/100ml, la relación es inversamente proporcional entre estos 2 valores. Además de encontrar una abultada diferencia significativa entre HIPNMAC9 todos los puntos a excepción del HIPNMAC10 que no mantienen una clara lejanía entre estos, las áreas relativamente prístinas caracterizan valores

medianamente altos por carecer de pendientes y ser ecosistemas lenticos, al no poseer una capacidad moderada de depuración son más susceptibles a acumular las perturbaciones generadas por el entorno.



**Gráfico 7-3.** Diferencias significativas de Coliformes Totales con ANOVA.

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

## 1.6. Resultados para la Integridad Ecológica

### 1.2.38. Análisis estadístico para familias

#### 1.2.2.27. Riqueza específica

Se dio apertura de la forma más sencilla de medir la biodiversidad a través de la riqueza específica (S) lo cual basa en cuantificar el número de especies presentes sin tomar en cuenta el valor de importancia de estas, aplicando la función en Restudio de specnumber que permite encontrar el número de especies para la diversidad Alfa (Shannon-Wiener) considerando la riqueza en especies como su abundancia al emplear una escala logarítmica a través de la siguiente tabla.

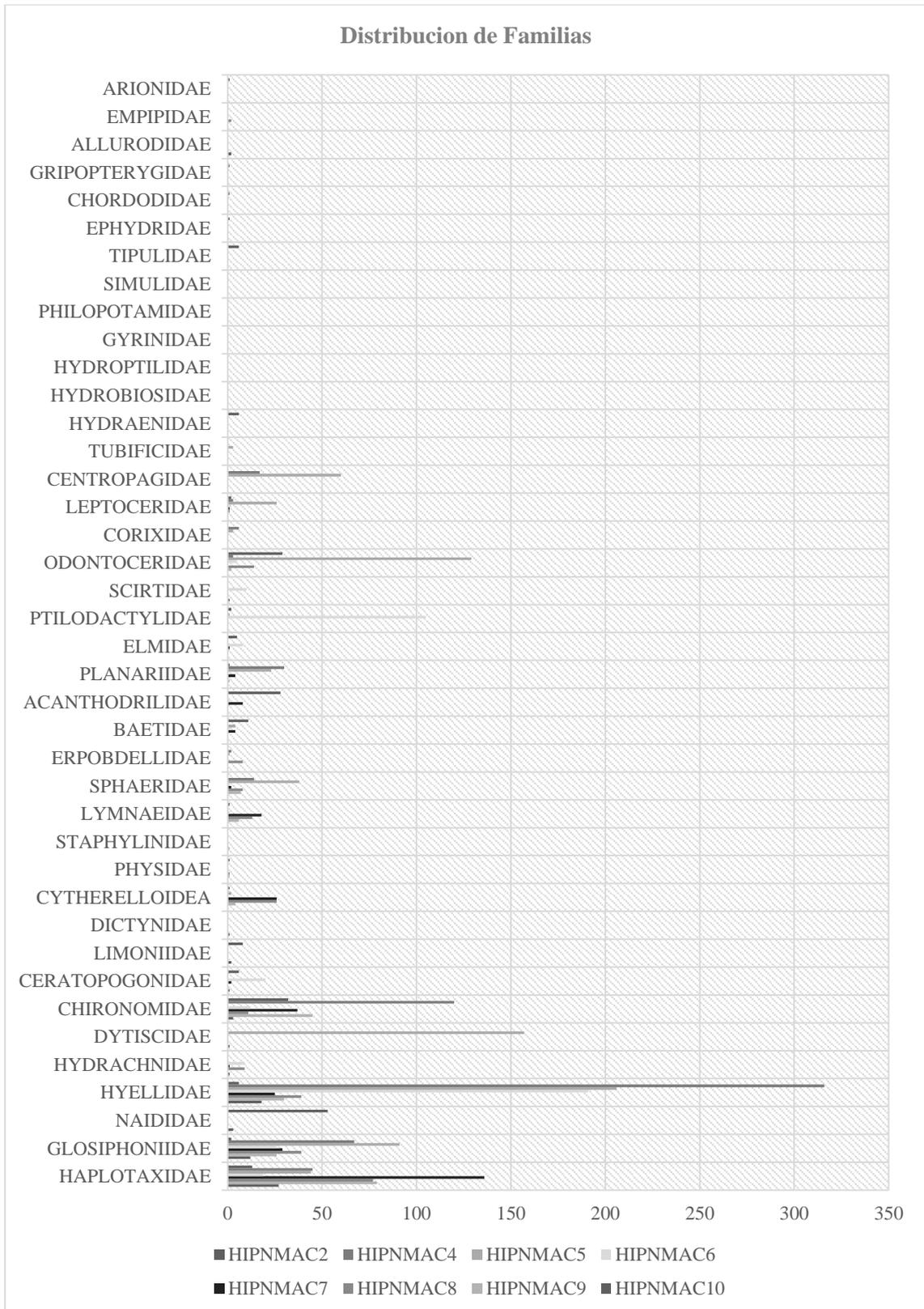
**Tabla 17-3:** Abundancia absoluta de los especímenes por las tres repeticiones.

Familias	HIPNMA C10	HIPNMA C9	HIPNMA C8	HIPNMA C7	HIPNMA C6	HIPNMA C5	HIPNMA C4	HIPNMA C2
<b>HAPLOTAXIDAE</b>	27	79	77	136	19	44	45	13

<i>GLOSIPHONIDAE</i>	12	26	39	29	26	91	67	2
<i>NAIDIDAE</i>	3	0	0	0	0	0	0	53
<i>HYELLIDAE</i>	18	30	39	25	191	206	316	6
<i>HYDRACHNIDAE</i>	1	0	9	1	9	0	0	0
<i>DYTISCIDAE</i>	1	0	0	0	0	157	0	0
<i>CHIRONOMIDAE</i>	3	45	11	37	12	0	120	32
<i>CERATOPOGONIDAE</i>	1	0	0	2	20	0	0	6
<i>LIMONIIDAE</i>	2	0	0	0	0	0	0	8
<i>DICTYNIDAE</i>	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>CYTHERELLOIDAE</i>	0	4	26	26	0	2	0	1
<i>PHYSIDAE</i>	0	1	1	0	0	0	0	1
<i>STAPHYLINIDAE</i>	0	1	0	0	0	0	0	0
<i>LYMNAEIDAE</i>	0	6	13	18	1	0	0	1
<i>SPHAERIDAE</i>	0	7	8	2	1	38	14	0
<i>ERPOBDELLIDAE</i>	0	0	8	0	0	1	2	0
<i>BAETIDAE</i>	0	0	0	4	1	4	0	11
<i>ACANTHODRILLIDAE</i>	0	0	0	8	1	0	0	28
<i>PLANARIIDAE</i>	0	1	0	4	0	23	30	1
<i>ELMIDAE</i>	0	0	0	1	8	0	0	5
<i>PTILODACTYLIDAE</i>	0	0	0	0	105	1	0	2
<i>SCIRTIDAE</i>	1	0	0	0	10	0	0	0
<i>ODONTOCERIDAE</i>	0	2	14	0	5	129	3	29
<i>CORIXIDAE</i>	0	0	0	0	0	3	6	0
<i>LEPTOCERIDAE</i>	0	0	1	1	2	26	3	2
<i>CENTROPAGIDAE</i>	0	0	0	0	0	60	17	0
<i>TUBIFICIDAE</i>	0	0	0	0	0	3	0	0
<i>HYDRAENIDAE</i>	0	0	0	0	0	0	0	6
<i>HYDROBIOSIDAE</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>HYDROPTILIDAE</i>	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>GYRINIDAE</i>	0	0	0	0	0	0	0	0

<b>PHILOPOTAMID AE</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>SIMULIDAE</b>	0	0	0	0	0	0	0	0
<b>TIPULIDAE</b>	0	0	0	0	0	0	0	6
<b>EPHYDRIDAE</b>	0	0	0	0	0	0	0	1
<b>CHORDODIDAE</b>	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>GRIPOPTERYGI DAE</b>	0	0	0	0	0	0	1	0
<b>ALLUODIDAE</b>	2	0	0	0	0	0	0	0
<b>EMPIPIDAE</b>	0	0	2	0	0	0	0	0
<b>ARIONIDAE</b>	0	0	0	0	0	0	0	1

Elaborado por Matamoros David, 2021



**Grafico 8-3:** Cuantificación de familias VS puntos.  
 Elaborado por: Matamoros David, 2021.

En este caso tras haber ejecutado el comando specnumber en Restudio se pudo constatar que el punto HIPNMAC2 representa la mayor riqueza de individuos/especies en comparación a la global en todos los puntos bajo referencia a (C. E. Moreno, 2001, pp. 26–28).

**Tabla 18-3:** Riquezas de individuos generadas en todos los puntos

HIPNMA C10	HIPNMA C9	HIPNMA C8	HIPNMA C7	HIPNMA C6	HIPNMA C5	HIPNMA C4	HIPNMA C2
12	11	13	14	15	15	13	21

**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

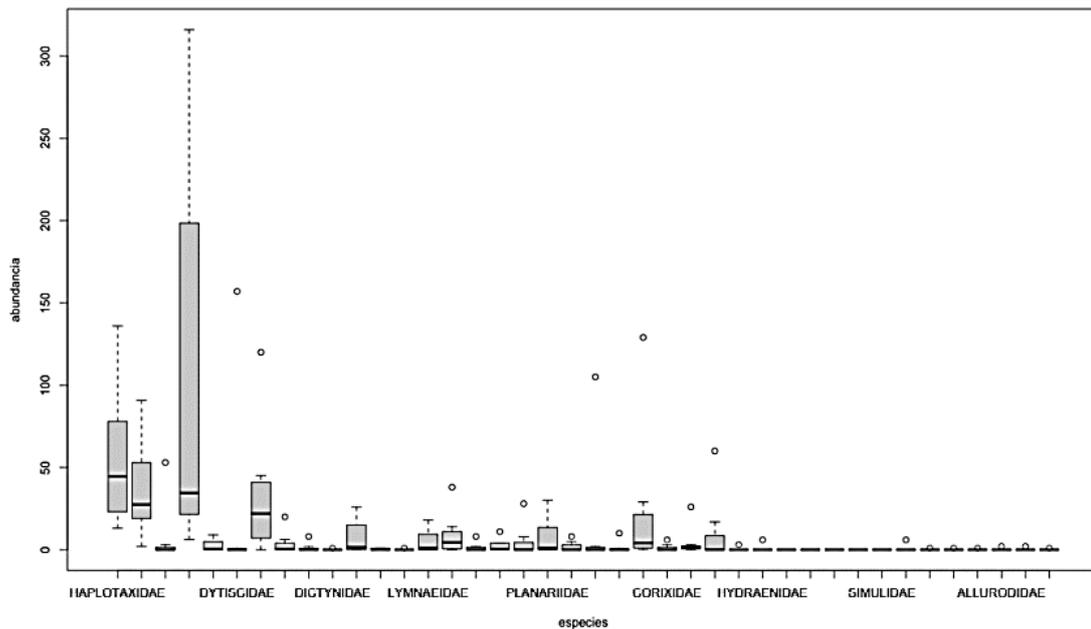
Posterior a la obtención de riqueza de individuos, se representó la abundancia relativa de una especie en este ecosistema en particular, generando el número de individuos encontrados por muestra otorgando al punto HIPNMAC5 para la familia *Hyllidae* con un total de 788 ejemplares y 625 para el punto HIPNMAC4, cuya representación se detalla en el gráfico 9-3, descubriendo a su vez que el número de morfoespecies y de muestras realizadas fueron representativos alcanzando mayor número de individuos en sistemas lenticos yacientes en los puntos HIPNMAC4 y HIPNMAC5, esto se debe primordialmente a la mínima variación entre sustratos provenientes del cuerpo de agua, donde se representa un lecho homogéneo que favorece el aprovechamiento de este recurso por un número más alto de morfo-especies acuáticas. La mayor cantidad de taxones (riqueza) en cuerpos lóticos se debe a que estos sistemas ofrecen más hábitats y sustratos como detalla (Posada, Ramírez and Parra, 2008, pp. 441–455) de (Muskó, 1992; Poi de Neif, 1992; Parsons & Matthews, 1995 en Poretti et al. 2003). La familia *Hyllidae* cumple un importante rol en los ecosistemas acuáticos y con énfasis en sistemas loticos porque constituyen una fracción significativa de biomasa animal aunque su tasa de renovación no sea alta estos facilitan el flujo de energía por la transformación de detritos en material orgánico particulado que es utilizado por micro y macro consumidores como señala (Wen, 1992, pp. 1417–1424).

### 1.2.39. Abundancia Absoluta

**Tabla 19-3:** Abundancia por sitio.

HIPNMA C10	HIPNMA C9	HIPNMA C8	HIPNMA C7	HIPNMA C6	HIPNMA C5	HIPNMA C4	HIPNMA C2
72	202	248	294	411	788	625	215

**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.



**Gráfico 9-3:** Abundancia de familias.

**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

#### **1.2.40. Resultado de los Índices de Diversidad**

Para representar los índices de diversidad de especies se acogió cuantificar el número de especies y su representatividad para lo cual se ha tomado de base el uso de PAST para generar cuantitativamente los valores para; dominancia, índice de Shannon-Wiener, Simpson, Fisher y equitatividad, cuyos valores para el índice de Shannon-Wiener en los puntos HIPNMAC8, HIPNMAC5 y HIPNMAC2, son los sitios que presentan mayor diversidad, para el índice de Fisher alpha el punto HIPNMAC2 es el sitio que presenta mayor diversidad, para el índice de dominancia de Simpson el punto HIPNMAC2 refleja el valor de dominancia más alto, sin embargo todos los puntos mantienen valores altos por lo que no existe una brecha que dista entre todos los puntos de muestreo, para lo cual se ejecutó el inverso de Simpson para obtener una mejor interpretación ya que para valores altos se inclinan a tener una mayor dominancia y para valores bajos una menor dominancia y en efecto se establece que el punto HIPNMAC2 es el sitio que presenta mayor dominancia.

Para los valores de Índice Biológico Andino (ABI) arrojaron que los valores para los puntos HIPNMAC6, HIPNMAC5, HIPNMAC4 y HIPNMAC2 que en teoría son los valores mas altos entre estos 8 puntos de monitoreo, mantienen valores cercanos al rango establecido en la tabla 10-3 facultada por (Acosta *et al.*, 2009, pp. 35–64) entre 35-58 que corresponde a moderada de manera que estos se ubican en la zona prístina (HIPNMAC4, HIPNMAC5 para lentic) (HIPNMAC6 lotico)

(HIPNMAC2 lotico/comunidad) por lo tanto los demás valores están por debajo de este rango de calidad.

Cabe destacar que en el punto aledaño a la comunidad (HIPNMAC2) se encuentra alejado de los demás puntos, no solo en trayecto, sino en cota, por lo que se puede afirmar que el grado de autodepuración del cauce dada por cada 100 metros es efectiva para albergar un mayor grado de riqueza de macroinvertebrados bentónicos como se detalla en la tabla 18-3.

**Tabla 20-3:** Grado de calidad bajo el índice ABI.

ABI	Calidad de agua ABI	Puntos de monitoreo
>96	Excelente	-
59-96	Buena	-
35-58	Moderada	HIPNMAC6, HIPNMAC5, HIPNMAC4, HIPNMAC2
<35	Mala	HIPNMAC10, HIPNMAC9, HIPNMAC8, HIPNMAC7
<14	Pésima	-

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**Tabla 21-3:** Ponderacion de los índices establecidos.

Puntos / Índices	HIPN MAC 10	HIPNMA C9	HIPN MAC 8	HIPNM AC7	HIPN MAC 6	HIPNM AC5	HIPN MAC 4	HIPNM AC2
Índice de Shannon-Wiener	1.774	1.672	2.062	1.782	1.661	2.038	1.554	2.376
Índice de Fisher	4.112	2.497	2.919	3.006	3.056	2.629	2.322	5.759
Índice de Simpson	0.763	0.756	0.831	0.740	0.707	0.838	0.687	0.870
Inverso de Simpson	4.22	4.10	5.94	3.85	6.19	3.19	2.32	7.70
Índice ABI	20	29	34	31	50	50	44	51

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

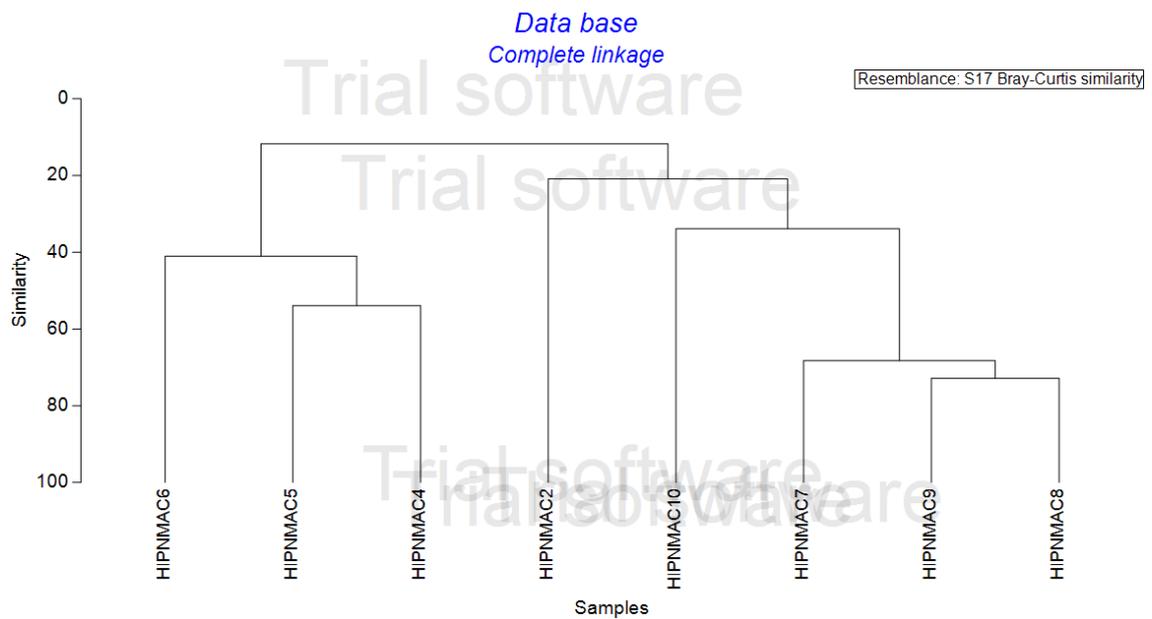
**1.2.41. Análisis de Similitud con PRIMER 7**

La distribución de los puntos muestreados mediante un análisis de similitud empleando el índice de Bray-Curtis, permitió colimar los puntos de muestreo de acuerdo al criterio de composición de macroinvertebrados, en este análisis se pudo diversificar el contraste entre sistemas lénticos y lóticos presentando una mayor similitud en el sistema lotico en el punto HIPNMAC8 con HIPNMAC9, HIPNMAC7 con HIPNMAC9 y HIPNMAC7 con HIPNMAC8 ya sea en su composición, tanto espacial como temporal.

**Tabla 22-3:** Ponderación del análisis de similitud por familias.

	HIPNMA C10	HIPNM AC9	HIPNM AC8	HIPNM AC7	HIPNM AC6	HIPNM AC5	HIPNM AC4	HIPNM AC2
HIPNMAC10								
HIPNMAC9	43.79							
HIPNMAC8	38.12	72.88						
HIPNMAC7	33.88	72.58	68.26					
HIPNMAC6	22.77	29.69	33.99	25.81				
HIPNMAC5	13.48	22.62	28.57	20.51	41.03			
HIPNMAC4	17.21	37.72	33.90	31.12	49.03	53.92		
HIPNMAC2	20.90	28.29	21.59	28.29	17.89	11.76	14.04	

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

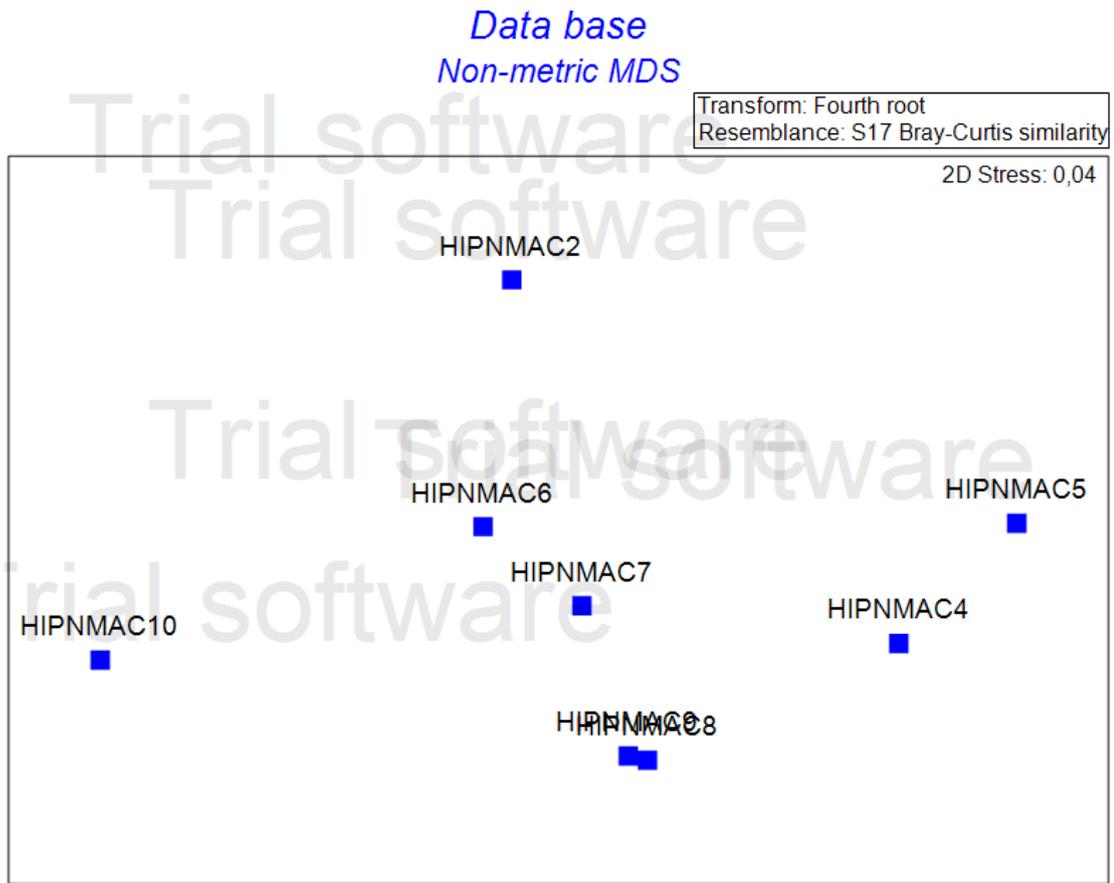


**Gráfico 10-3:** Dendrograma de similitud mediante el índice de Bray-Curtis.

Elaborado por: Matamoros David, 2021.

### 1.2.42. Análisis de Escalas Dimensionales no-Métricas (nMDS)

Este análisis provee un plot de puntos con diferencias cuando son colocados distantes en el espacio y semejantes cuando estos mantienen un régimen cercano entre ellos, para lo cual se encontró en la gráfica 10-3 la similitud encontrada en el punto HIPNMAC8 y HIPNMAC9 cuyas condiciones son más estables pero existe una menor diversidad por lo tanto existe una menor composición a diferencia de los puntos HIPNMAC10, HIPNMAC2 y HIPNMAC5 que indican que la diversidad y heterogeneidad es mayor, referente al nivel de estrés arrojado de 0.04 señala que tiene un buen ajuste dado que puede permitir que el algoritmo se ordene en más dimensiones y de este modo reducir el estrés como aclara (Buttigieg and Ramette, 2014, pp. 543–550) ya que los valores de estrés que estén encima de 0.20 deben interpretarse con precaución o cuya información cae es ser sospechosa.



**Gráfico 11-3:** Esquema de una gráfica de escala multidimensional no métrica.

**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

## “PROPUESTA TÉCNICA EN RELACION A LA GESTION DEL RECURSO HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RIO YANAYACU”

La propuesta técnica se encamina a responder al objetivo N°1 del proyecto de investigación para promulgar un manejo adecuado del recurso hídrico de la parroquia San Miguel bajo distintos autores sociales de la comunidad y autoridades del cantón Salcedo.



- a) El comité debe de contemplar un grupo de personas que habiten en la comunidad de la parroquia San Miguel con la responsabilidad del manejo adecuado del páramo alto andino especialmente del recurso hídrico.

Las directrices encaminadas a ejercer esta gestión para la formación y consolidación del comité de la microcuenca:

- **Sociabilización:** La configuración del comité tiene como objetivo capacitar y sensibilizar a todas las familias de la parroquia San Miguel mediante la difusión de la propuesta.
- **Integrantes del Comité:** Estos priorizan un elemental cargo para mantener una adecuada gestión integral del comité mediante un ente participativo entre los líderes de familia.
- **Diagnóstico Inicial:** Este diagnóstico es de carácter participativo entre cada integrante del comité en conjunto con los actores institucionales del cantón Salcedo para tener un inventario sobre los recursos y componentes más afectados.

- Acciones del Comité: Este deberá tomar medidas pertinentes centradas en la minimización de problemas, empezando con la divulgación de la información referente a la conservación de los recursos alto andinos a la comunidad a su vez de gestionar un plan de gestión de la microcuenca.
- b) Se debe considerar las condiciones topográficas y los diseños estructurales para el abastecimiento de agua potable con un sistema de saneamiento en la zona centro de la parroquia San Miguel, cuyas consideraciones a tomar se destacan:
- Cómputo de la población.
  - Criterios estructurales de diseño
  - Participación comunitaria
  - Planificación de costos
  - Facilidad de operación y mantenimiento.
  - Dotación hídrica de calidad
- c) Para la protección de la cuenca es necesario de base implementar un botadero de residuos sólidos con el desarrollo con un sistema de manejo de residuos sólidos garantizando la preservación y protección del ambiente y así garantizar el funcionamiento adecuado del ciclo hidrológico de la microcuenca, evitando en su totalidad cualquier actividad que altere la cobertura vegetal de los pajonales para lo cual crear un enfoque a los proyectos de conservación de la biodiversidad de la cabecera creando una descripción técnica de la misma para presentarla como Área de Conservación Regional a la autoridad correspondiente.
- d) La agricultura y ganadería son las principales actividades económicas que preponderan en la comunidad que a su vez llega a ser un factor de contaminación para la microcuenca del río Yanayacu, para que la producción agrícola mantenga una relación estable con la protección de la microcuenca, adoptando varios factores como:
- Se debe respetar el desbroce de los ríos de al menos unos 15 metros.
  - La irrigación de los cultivos deberá ser por aspersión.
  - Se delimitaran zonas sensibles que no se tomarán en cuenta para albergar cultivos en su entorno.
  - Se debe realizar la reforestación de zonas afectadas con ejemplares endémicas que no repercutan de manera negativa a la preservación del sistema ecológico de la microcuenca.
  - Se debe mantener intacta la cobertura vegetal para mantener los procesos ecológicos y biológicos de la flore y fauna.
- e) Las políticas deben engendrar una visión amplia para la gestión del recurso hídrico que contenga un plan de gestión de los recursos hídricos de la microcuenca del río Yanayacu lo

cual las comunidades no se auto afecten por utilizar el mismo recurso para diversas actividades, las actividades detallan:

- Garantizar la satisfacción de las necesidades con agua potable.
  - Tratamiento de aguas residuales de las comunidades.
  - Capacitación a los habitantes de la comunidad para el uso apropiado y racional del recurso hídrico del cual son beneficiarios.
  - Proveer de agua de calidad a la comunidad.
  - Preparación de un plan de gestión del recurso hídrico de la microcuenca.
- f) Los comuneros deben tener en claro la importancia del recurso hídrico para el equilibrio ecológico así como su desarrollo económico integral de las actividades del diario y de ese modo las capacitaciones deben ser constantes por parte de los técnicos del consejo provincial de Chimborazo para el cuidado de la cantidad y calidad del agua.
- g) El emprendimiento de campañas y programas que certifiquen los labores de desparasitación y control de enfermedades gastrointestinales, con la participación en conjunto del ministerio de salud, conjuntamente con las autoridades de cada comunidad y del consejo provincial de Chimborazo con el fin de preservar y precautelar la salud de los habitantes.

## CONCLUSIONES

- Se desarrollaron 3 repeticiones para el manejo de parámetros físico-químicos, microbiológicos y de macroinvertebrados a lo largo de Julio-Octubre, previa identificación para los 8 puntos de monitoreo, de los cuales 3 puntos se encuentran clasificados dentro de un sistema lentic (Laguna de Antejos) el cual no detalla una fuerte influencia antropica y 5 corresponden a un sistema lotico para lo cual cuatro de ellos pertenecen al área conocida como Herbazal Inundable de Páramo (áreas semi-afectadas) y uno de ellos es representativo de la zona baja de la microcuenca del río Yanayacu, debido a que este punto se involucra con actividades de origen antrópico como: ganadería, agricultura, uso doméstico, consideradas las principales fuentes de contaminación.
- La apreciación contrastal de los resultados para parámetros físico-químicos y microbiológicos aflora una irregularidad para coliformes totales y pH contrastada con la normativa del libro VI del TULSMA para agua de consumo y para la preservación de vida silvestre y acuática por lo que el valor para coliformes totales excede en un 75% que van por encima del límite permisible, esto a su vez puede deberse por el aumento progresivo de actividades ganaderas que se desglosan en el libre sobrepastoreo en zonas que inclusive se alejan de la comunidad y desprende en ello una baja tasa de conservación en los páramos altoandinos por lo que evidencia que el sector de la laguna de antejos se encuentra medianamente contaminado al igual que la microcuenca en menor proporción manteniendo la seguridad del agua en riesgo para la comunidad San Miguel de Salcedo.
- Las diferencias significativas analizadas mediante la prueba ANOVA de un factor seguido de una prueba de Tukey entre todos los puntos destacan brechas de significancia para TDS en una proporción entre 3 puntos de monitoreo, la significancia para conductividad se destaca entre 2 puntos de monitoreo y en el caso para coliformes totales el valor de la significancia varía para 3 puntos de monitoreo lo que pone a considerar de forma más tangible la aplicación de políticas que ayuden a subsanar el recurso que se encuentran en el **CAPITULO IV** “propuesta técnica en relación a la gestión del recurso hídrico de la microcuenca del río yanayacu”.
- Durante el tiempo estimado de cuatro meses se recolectaron alrededor de 2855 especímenes que corresponden alrededor de 40 familias con predominancia en la familia *Hyellidae*, los cambios estructurales de las comunidades de los macro invertebrados de las estaciones de referencia también mostraron patrones claros en el gradiente altitudinal con taxones que aparecen, desaparecen o disminuyen. En puntos con mayor abundancia de especímenes corresponden a aquellos que manejan sistemas lenticos (laguna de antejos) y aquellos que manejan sistemas loticos presentan mayor riqueza por lo que los valores de cantidad de

materia orgánica son elevados lo cual podría favorecer la presencia de más especies influyendo en la biodiversidad local y regional de la comunidad bentónica como se ha visto en otros estudios (Southwood and Berry, 1978, pp. 26–28) (Posada, Ramírez and Parra, 2008, pp. 441–455).

- La tipología relacionada con la diversidad tras la elaboración del índice de Shannon-Wiener arroja que existe mayor diversidad en torno a los puntos HIPNMAC8, HIPNMAC5 y HIPNMAC2, para el punto HIPNMAC2 mantiene mayor dominancia para el índice de Simpson y para el índice de Fisher, mientras que el criterio tras la caracterización macro bentónica mediante la aplicación del índice biológico andino arroja que el criterio de calidad de la microcuenca tiende a inclinarse a una calidad moderada/mala.
- El análisis obtenido de componentes principales a través del análisis de escalas dimensionales no métricas enfatiza las condiciones estables pero con menor diversidad y composición para los puntos HIPNMAC8 y HIPNMAC9 a diferencia de una mayor diversidad y heterogeneidad para los puntos HIPNMAC10, HIPNMAC5 y HIPNMAC2 como refleja el gráfico 11-3.

## RECOMENDACIONES

- Establecer políticas aplicables a la comunidad de San Miguel que garanticen un buen manejo de los recursos alto andinos con la ayuda de convenios con distintas organizaciones que contribuyan con la obtención de información sobre el estado de este ecosistema concatenada mente con la ubicación de estaciones meteorológicas cercanas al Parque Nacional Llanganates.
- Implementar convenios entre universidades y Parques Nacionales para el desarrollo de estudios de campo en sistemas acuáticos para esclarecer el entendimiento a nivel de las dinámicas auto-ecológicas y sin-ecológicas para macro invertebrados bentónicos prediciendo de esa forma el estado de un lecho hídrico para la preservación por ser una zona RAMSAR.
- Priorizar el control del ganado vacuno que atenta de forma negativa en la zona en especial al ingreso de los afluentes de los cuales la comunidad se sirve para su consumo.
- Es necesario adicionar más parámetros físico-químicos con el fin de enriquecer los resultados obtenidos.

## GLOSARIO

**Macroinvertebrados:** son animales invertebrados lo suficientemente grandes para ser vistos sin el uso de microscopios. En general son todos aquellos que tienen un tamaño superior a 0,5 mm de largo. En el caso de los ríos, a estos organismos se los conoce como macroinvertebrados acuáticos, lóticos o béntónicos y agrupan a poríferos (esponjas), hidrozooos (hidras), turbelarios (planarias), oligoquetos (lombrices), hirudíneos (sanguijuelas), insectos, arácnidos, crustáceos (camarones), gastrópodos (caracoles) y bivalvos (almejas) (Macroinverteblog, 2012, p. 1).

**Léntico:** son aquellos sistemas acuáticos de agua dulce en los que, debido a su estructura cerrada, sus aguas permanecen estancadas. Se trata de sistemas acuáticos interiores en los que no se da ningún flujo de corriente entre sus aguas (Fernandez, 2020, p. 1).

**Lótico:** son sistemas con aguas que fluyen de manera rápida, en una única dirección. Incluyen cualquier cuerpo de agua en movimiento, como ríos, arroyos, manantiales, canales, etcétera. A continuación, especificamos las características de los ecosistemas lóticos o de aguas en movimiento (Fernandez, 2020, p. 2).

**Monitoreo:** “Es el proceso sistemático de recolectar, analizar y utilizar información para hacer seguimiento al progreso de un programa en pos de la consecución de sus objetivos, y para guiar las decisiones de gestión. El monitoreo generalmente se dirige a los procesos en lo que respecta a cómo, cuándo y dónde tienen lugar las actividades, quién las ejecuta y a cuántas personas o entidades beneficia” (Alcala, 2010, p. 1).

**Prístinas:** Que tiene la misma pureza o perfección que tenía en su origen ha sido reconstruido en su prístina forma (Collins Spanish Dictionary, 2005, p. 1).

**Taxones:** En la clasificación de animales y plantas (Taxonomía biológica), los taxones están ordenados en una jerarquía inclusiva (Phylum, Clase, Orden, Familia, Género, Especie) desde los taxones de mayor a los de menor rango, de los cuales sólo la especie, como comunidad de reproducción, tiene significado biológico estricto (Infojardin, 2002, p. 1).

## BIBLIOGRAFIA

**ABOAL MARINA** (1985) ‘APORTACIÓN AL CONOCIMIENTO DE LAS ALGAS DEL SE DE ESPANA. I. CARÁCEAS (CHARACEAE)’, *Anales de Biología*, 0(6), pp. 7–17. Available at: <https://revistas.um.es/analesbio/article/view/35411> (Accessed: 25 October 2021).

**ACCIÓN ECOLÓGICA** (2010) *ALERTA VERDE No. 162: SERVICIOS AMBIENTALES Y SUS IMPACTOS EN ECUADOR - Acción Ecológica*. Available at: <https://www.accionecologica.org/alerta-verde-no-162-servicios-ambientales-y-sus-impactos-en-ecuador/> (Accessed: 26 October 2021).

**ACOSTA, R. ET AL.** (2009) ‘Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú’, *Freshwater Ecology and Management*, pp. 35–64. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/235665835\\_Acosta\\_Raul\\_Blanca\\_Rios\\_Maria\\_Rierad\\_evall\\_i\\_Sant\\_and\\_Narcis\\_Pratt\\_Fornells\\_Propuesta\\_de\\_un\\_protocolo\\_de\\_evaluacion\\_de\\_la\\_calidad\\_ecologica\\_de\\_rios\\_andinos\\_CERA\\_y\\_su\\_aplicacion\\_a\\_dos\\_cuencas\\_en\\_Ecuador](https://www.researchgate.net/publication/235665835_Acosta_Raul_Blanca_Rios_Maria_Rierad_evall_i_Sant_and_Narcis_Pratt_Fornells_Propuesta_de_un_protocolo_de_evaluacion_de_la_calidad_ecologica_de_rios_andinos_CERA_y_su_aplicacion_a_dos_cuencas_en_Ecuador) (Accessed: 27 October 2021).

**ALCALA, M.** (2010) *¿Cuál es el monitoreo y la evaluación?* Available at: <https://www.endvawnow.org/es/articles/330-cual-es-el-monitoreo-y-la-evaluacion.html> (Accessed: 10 December 2021).

**ALLAN, D. AND FLECKER, A.** (1993) ‘Biodiversity conservation in running waters’, *Bioscience*, 43(1), p. 32. Available at: [http://www-personal.umich.edu/~dallan/pdfs/Allan\\_Flecker.pdf](http://www-personal.umich.edu/~dallan/pdfs/Allan_Flecker.pdf) (Accessed: 27 October 2021).

**ANGERMEIER, P. AND KARR, J.** (1994) ‘Biological integrity versus biological diversity as policy directives. Protecting biotic resources’, *BioScience*, 44(10), pp. 690–697. doi: 10.2307/1312512.

Arcos, L. (2010) *PROPUESTA PARA EL TRATAMIENTO DE LAS DESCARGAS LÍQUIDAS RESULTANTES DE LOS PROCESOS PRODUCTIVOS DE LA EMPRESA EXPLOCEN C.A. UTC*. Available at: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/778/1/T-UTC-1144.pdf> (Accessed: 2 November 2021).

**ARDEN, E. AND LOCKETT, W.** (1915) 'The Oxidation of Sewage without the Aid of Filters', pp. 827–943. Available at: [https://www.scirp.org/\(S\(lz5mqp453edsnp55rrgjt55\)\)/reference/referencespapers.aspx?referen ceid=2754234](https://www.scirp.org/(S(lz5mqp453edsnp55rrgjt55))/reference/referencespapers.aspx?referen ceid=2754234) (Accessed: 2 November 2021).

**BALSLEV HENRICK AND LUTEYN JAMES** (1992) 'Paramo, an Andean ecosystem under human influence', *undefined*, pp. 1–14. Available at: <https://www.semanticscholar.org/paper/Paramo%2C-an-Andean-ecosystem-under-human-influence-Balslev-Luteyn/c10ff438e277aa26cb645d90768cbf085f42fb05> (Accessed: 25 October 2021).

**BARREZUETA, H.** (2014) *LEY ORGÁNICA DE RECURSOS HÍDRICOS, USOS Y APROVECHAMIENTO DEL AGUA*. Available at: <http://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/05/Ley-de-RH.pdf> (Accessed: 3 November 2021).

**BASELGA, A. AND RODRÍGUEZ, C.** (2019) 'Diversidad alfa, beta y gamma: ¿cómo medimos diferencias entre comunidades biológicas?', *Nova Acta Científica Compostelana*, 26(0), pp. 39–45. doi: 10.15304/nacc.26.6413.

**BASTIDAS FREIRE, A. V. AND TAPIA VILLAMARÍN, Y. N.** (2017) *Determinación de los índices de la calidad de agua a partir de macro y micro invertebrados en la Laguna de Antejos del Parque Nacional Llanganates*. UTC. Available at: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4210/1/UTC-PC-000096.pdf> (Accessed: 2 November 2021).

**BELLINGER, E. G. AND SIGEE, D. C.** (2010) 'Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators', pp. 1–4.

**BELTRAN KARLA ET AL.** (2010) *Distribucion espacial, sistemas ecologicos y caracterizacion floristica de los páramos en el Ecuador, ecociencia*. Available at: [https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Salgado-3/publication/267964616\\_Distribucion\\_espacial\\_sistemas\\_ecologicos\\_y\\_caracterizacion\\_floristica\\_de\\_los\\_paramos\\_en\\_el\\_Ecuador/links/548867450cf2ef344790969a/Distribucion-espacial-sistemas-ecologicos-y-caracterizacion-floristica-de-los-paramos-en-el-Ecuador.pdf](https://www.researchgate.net/profile/Silvia-Salgado-3/publication/267964616_Distribucion_espacial_sistemas_ecologicos_y_caracterizacion_floristica_de_los_paramos_en_el_Ecuador/links/548867450cf2ef344790969a/Distribucion-espacial-sistemas-ecologicos-y-caracterizacion-floristica-de-los-paramos-en-el-Ecuador.pdf) (Accessed: 25 October 2021).

**BIRDLIFE INTERNATIONAL Y AVES Y CONSERVACIÓN** (2014) ‘Servicios Ecosistemicos del Parque Nacional Llanganates’. Available at: <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/TESSA/TESSA-Llanganates-Ecuador.pdf> (Accessed: 26 October 2021).

**BUTTIGIEG, P. AND RAMETTE, A.** (2014) *A Guide to Statistical Analysis in Microbial Ecology*. Available at: <https://mb3is.megx.net/gustame/dissimilarity-based-methods/nmds> (Accessed: 4 December 2021).

**BUYTAERT, W. ET AL.** (2006) ‘Human impact on the hydrology of the Andean páramos’, *ScienceDirect*, pp. 53–72. doi: 10.1016/j.earscirev.2006.06.002.

**CARDNO, M.** (2016) *Tabla Shannon*. Available at: <https://es.scribd.com/document/477155638/0000-Dosudebes-2016-Tabla-Shannon> (Accessed: 27 October 2021).

**CARRERA, C.** (2001) ‘Carrera y Fierro 2001 Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua’, *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua*, p. 57. Available at: [https://www.academia.edu/44852667/Carrera\\_y\\_Fierro\\_2001\\_Los\\_macroinvertebrados\\_acuáticos\\_como\\_indicadores\\_de\\_calidad\\_del\\_agua](https://www.academia.edu/44852667/Carrera_y_Fierro_2001_Los_macroinvertebrados_acuáticos_como_indicadores_de_calidad_del_agua) (Accessed: 27 October 2021).

**COLLINS SPANISH DICTIONARY** (2005) *Prístina - significado de prístina diccionario*. Available at: <https://es.thefreedictionary.com/prístina> (Accessed: 10 December 2021).

**CONSTITUCION DE LA REPUBLICA DEL ECUADOR** (2008) *Registro Oficial*. Available at: [www.lexis.com.ec](http://www.lexis.com.ec) (Accessed: 28 October 2021).

**COPPUS, R. ET AL.** (2001) ‘El estado de salud de algunos páramos en el Ecuador: una metodología de campo’, *Abya yala/proyecto páramo*, 33(2), p. 240. doi: 10.2307/3544006.

**DARRIGRAN, G. ET AL.** (2007) ‘Guía para el estudio de macroinvertebrados I. - Métodos de colecta y técnicas de fijación .’, *Serie Técnica Didáctica*, (May 2015), pp. 1–86. Available at:

<https://www.researchgate.net/publication/277100637>.

**DAZA FERNANDO AND WALTEROS JEYMMY** (2015) ‘Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Rio Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua’, *Universidad y Ciencia*, 6(9), pp. 38–46. doi: 10.5377/UYC.V6I9.1958.

**DONIS, J.** (2008) *IMPORTANCIA DE LA CALIDAD FISICOQUÍMICA Y MICROBIOLÓGICA DEL AGUA POTABLE DEL MUNICIPIO DE NUEVA SANTA ROSA*. Universidad de San Carlos de Guatemala. Available at: <https://digi.usac.edu.gt/bvirtual/informes/rapidos2008/INF-2008-009.pdf> (Accessed: 2 November 2021).

**ENCALADA, A. ET AL.** (2010) *Universidad San Francisco de Quito* . USFQ. Available at: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/1043/1/98291.pdf> (Accessed: 27 October 2021).

**ENCALADA, A. ET AL.** (2011) *Limnología Rios Andinos / PDF / La contaminación del agua / Ecología*. Edited by R. Suarez, P. Lloret, and N. Puente. Quito. Available at: <https://es.scribd.com/document/371741994/Limnologia-Rios-Andinos> (Accessed: 26 October 2021).

**EPA** (2017) ‘Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, 22nd Edition’. Available at: [https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-02/documents/gwr\\_approved\\_methods.pdf](https://www.epa.gov/sites/default/files/2017-02/documents/gwr_approved_methods.pdf) (Accessed: 5 November 2021).

**FERNANDEZ, L.** (2020) *Ecología verde*. Available at: <https://www.ecologiaverde.com/ecosistemas-lenticos-que-son-y-ejemplos-2132.html> (Accessed: 10 December 2021).

**FORERO, J.** (2017) *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)*, *PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA FACULTAD DE ESTUDIOS AMBIENTALES Y RURALES CARRERA DE ECOLOGÍA*. PONTIFICIA UNIVERSIDAD JAVERIANA. Available at: <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y> (Accessed: 27 October 2021).

**GONZÁLEZ, J.** (2009) *Evaluación de tres sistemas silvopastoriles para la gestión sostenible de los recursos naturales de la microcuenca del río Chimborazo*. Riobamba, EC: Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Recursos Naturales, Escuela de Ingeniería Agronómica, 2009. 142 p. Available at: <http://repositorio.iniap.gob.ec/handle/41000/317> (Accessed: 28 October 2021).

**GUAMAN, M. AND GONZÁLEZ, N.** (2016) *Catálogo de microalgas y cianobacterias de agua dulce del Ecuador, Freshwater Algae: Identification and Use as Bioindicators*. Edited by L. Guillen. Quito: Corporación para la investigación energética. doi: 10.1002/9780470689554.

**HASELMANN, L.** (2018) 'Conceitos e História da Biogeografia', 19 February. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/323259439\\_Conceitos\\_e\\_Historia\\_da\\_Biogeografia](https://www.researchgate.net/publication/323259439_Conceitos_e_Historia_da_Biogeografia) (Accessed: 26 October 2021).

**HOFSTEDE, R.** (2001) 'EL IMPACTO DE LAS ACTIVIDADES HUMANAS SOBRE EL PÁRAMO', pp. 161–185. Available at: [https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095\\_Hofstede\\_2001\\_Paramo\\_Ecuador\\_impacto.pdf](https://www.portalces.org/sites/default/files/references/095_Hofstede_2001_Paramo_Ecuador_impacto.pdf) (Accessed: 25 October 2021).

**INEN** (2013) *Norma Técnica Ecuatoriana 2176:2013*. Quito. Available at: <https://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2176-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-TÉCNICAS-DE-MUESTREO.pdf> (Accessed: 27 October 2021).

Infojardin (2002) *Taxón - Taxones - significado de Taxón - Taxones definición diccionario*. Available at: <https://www.infojardin.com/glosario/taco-de-turba/taxon-taxones.htm> (Accessed: 10 December 2021).

**IZURIETA XIOMARA** (2006) 'Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)-Versión 2006-2008'. Available at: <http://www.biodiversityhotspots.org> (Accessed: 26 October 2021).

**JUAREZ, A. ET AL.** (2016) 'Diversidad y estructura de la selva mediana subperennifolia de Acapulco, Gro., México.', December. Available at: <https://books.google.com/books/about/Ecology.html?id=HhuhOQAACAAJ> (Accessed: 28 October 2021).

**KREBS, C.** (2009) *Ecology: the experimental analysis of distribution and abundance*. Pearson Benjamin Cummings. Available at:

<https://books.google.com/books/about/Ecology.html?hl=es&id=HhuhOQAACAAJ> (Accessed: 28 October 2021).

**DE LA PAZ, M; ENCALADA, A.** (2012) *Evaluación de la calidad de agua e integridad ecológica de ríos altoandinos manejados por el FONAG*. Universidad San Francisco de Quito. Available at: <https://repositorio.usfq.edu.ec/bitstream/23000/2024/1/104396.pdf> (Accessed: 22 October 2021).

**LADRERA, R., RIERADEVALL, M. AND PRAT, N.** (2013) 'MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES BIOLÓGICOS: UNA HERRAMIENTA DIDÁCTICA', *Ikastorratza*. Available at: [http://www.ehu.eus/ikastorratza/11\\_alea/macro.pdf](http://www.ehu.eus/ikastorratza/11_alea/macro.pdf) (Accessed: 26 October 2021).

Lagunas, Y. *et al.* (2002) '4 Cuadernos de Biodiversidad', (Biodiversidad), p. 9. doi: <https://doi.org/10.14198/cdbio.2002.11.01>.

**LEY FORESTAL Y DE CONSERVACION DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE** (2004) *LEY FORESTAL Y DE CONSERVACION DE AREAS NATURALES Y VIDA SILVESTRE*. Available at: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2015/06/Ley-Forestal-y-de-Conservacion-de-Areas-Naturales-y-Vida-Silvestre.pdf> (Accessed: 3 November 2021).

**LLOPIS, J.** (2013) *Test HSD de Tukey | LA ESTADÍSTICA: UNA ORQUESTA HECHA INSTRUMENTO*. Available at: <https://jllloisperez.com/2013/01/28/test-hsd-de-tukey/> (Accessed: 26 November 2021).

**MACROINVERTEBLOG** (2012) *¿Qué son los macroinvertebrados?*. Available at: <https://macroinverteblog.wordpress.com/2012/08/29/que-son-los-macroinvertebrados/> (Accessed: 10 December 2021).

**MÁNTARAS SEBASTIAN** (2008) *La vida y la ciencia: Redes ecológicas*. Available at: <https://lavidaylaciencia.blogspot.com/2008/10/redes-ecologicas.html> (Accessed: 26 October 2021).

**MARTÍN MARÍA** (2019) *Elementos de calidad hidromorfológica | Cursos de Ingeniería, Medio Ambiente y Calidad*. Available at: <http://eimaformacion.com/elementos-de-calidad-hidromorfolologica/> (Accessed: 26 October 2021).

**MENA, P; HOFSTEDE, R & MEDINA, G.** (2001) 'LOS PÁRAMOS DEL ECUADOR'. doi: SBN 9978-04-727-1.

**MENESES, Y. AND CASTRO, M.** (2019) 'Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI.', pp. 299–310. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/332881948\\_Comparacion\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_en\\_dos\\_rios\\_altoandinos\\_mediante\\_el\\_uso\\_de\\_los\\_indices\\_BMWPCOL\\_y\\_ABI](https://www.researchgate.net/publication/332881948_Comparacion_de_la_calidad_del_agua_en_dos_rios_altoandinos_mediante_el_uso_de_los_indices_BMWPCOL_y_ABI) (Accessed: 27 October 2021).

**METCALF, E. AND TCHOBANOGLIOUS, G.** (1979) 'Wastewater engineering : treatment disposal reuse', p. 920. Available at: [https://books.google.com.ec/books/about/Wastewater\\_engineering.html?id=2RxSAAAAMAAJ&redir\\_esc=y](https://books.google.com.ec/books/about/Wastewater_engineering.html?id=2RxSAAAAMAAJ&redir_esc=y) (Accessed: 2 November 2021).

Ministerio del Ambiente (2015) *Sistema Nacional de Areas Protegidas del Ecuador*. Available at: <http://areasprotegidas.ambiente.gob.ec/areas-protegidas/reserva-> (Accessed: 26 October 2021).

**MINISTERIO DEL AMBIENTE AGUA Y TRANSICION ECOLOGICA** (2022) 'AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLOGICA No . 1550 ESTUDIANTES E INVESTIGADORES ( SIN FINES COMERCIALES ) 1 . - AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD MAAE-ARSFC-2021-1550 El Ministerio', (1550), pp. 1–5.

**MINITAB** (2019) *¿Qué es ANOVA? - Minitab*. Available at: <https://support.minitab.com/es-mx/minitab/18/help-and-how-to/modeling-statistics/anova/supporting-topics/basics/what-is-anova/> (Accessed: 26 November 2021).

**MOGOLLÓN, J., MEJÍA, M. AND SAMPER, E.** (1997) *"Convención Relativa a los Humedales de Importancia Internacional Especialmente como Hábitat de Aves Acuáticas*. Available at: [https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma\\_pdf.php?i=344](https://www.funcionpublica.gov.co/eva/gestornormativo/norma_pdf.php?i=344). (Accessed: 3 November 2021).

**MORENO, C.** (2001) 'Métodos para medir la biodiversidad', *CYTED*, 1. Available at: <http://entomologia.rediris.es/sea> (Accessed: 27 October 2021).

**MORENO, C. E.** (2001) *Métodos para medir la biodiversidad*. M&T–Manuales y Tesis. Zaragoza. Available at: <http://entomologia.rediris.es/sea> (Accessed: 3 December 2021).

**NOVO, M.** (1998) ‘La educación ambiental: bases éticas, conceptuales y metodológicas’. Available at: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=1261892> (Accessed: 2 November 2021).

**ONANA, F. M. ET AL.** (2019) ‘Comparing Freshwater Benthic Macroinvertebrate Communities in Forest and Urban Streams of the Coastal Ecological Region of Cameroon’, *Open Journal of Ecology*, 9(12), pp. 521–537. doi: 10.4236/OJE.2019.912034.

**ORDÓÑEZ, M.** (2011) *Influencia del uso del suelo y la cobertura vegetal natural en la integridad ecológica de los ríos altoandinos al noreste del Ecuador*. Quito: USFQ, 2011. Available at: <http://repositorio.usfq.edu.ec/handle/23000/552> (Accessed: 27 October 2021).

**ORTA, L.** (2002) ‘CONTAMINACIÓN DE LAS AGUAS POR PLAGUICIDAS QUÍMICOS’, *Fitosanidad*, 6, pp. 55–62. Available at: <https://redalyc.org/pdf/2091/209118292006.pdf> (Accessed: 28 October 2021).

**OYVIND MARTILLO** (2020) *PAST* . Available at: <https://past.en.lo4d.com/windows> (Accessed: 9 November 2021).

**PALMA ALEJANDRO** (2013) *Biomonitoreo*. Available at: <http://www2.udec.cl/~lpalma/documentos/biomonitoreo.html> (Accessed: 25 October 2021).

**PARRISH, J., BRAUN, D. AND UNNASCH, R.** (2009) *Are We Conserving What We Say We Are? Measuring Ecological Integrity within Protected Areas*, *Bioscience*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/232688425\\_Are\\_We\\_Conserving\\_What\\_We\\_Say\\_We\\_Are\\_Measuring\\_Ecological\\_Integrity\\_within\\_Protected\\_Areas](https://www.researchgate.net/publication/232688425_Are_We_Conserving_What_We_Say_We_Are_Measuring_Ecological_Integrity_within_Protected_Areas) (Accessed: 26 October 2021).

**PÉREZ, G.** (2015) ‘Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia (Guide for the Study of the Aquatic Macroinvertebrates from Antioquia Department) (Colombia) . Gabriel Roldán Pérez ’, <https://doi.org/10.2307/1467503>, 8(4), pp. 373–374. doi: 10.2307/1467503.

**PLA, L.** (2006) ‘Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza’, August.

Available at: [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008)  
(Accessed: 27 October 2021).

**POSADA, J., RAMÍREZ, G. AND PARRA, L.** (2008) 'DIVERSIDAD DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL PÁRAMO DE FRONTINO (ANTIOQUIA, COLOMBIA) Diversity of Aquatic Macroinvertebrates of Páramo de Frontino (Antioquia, Colombia)', *Caldasia*, 30(2), pp. 441–455. Available at: [www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm](http://www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasia.htm) (Accessed: 3 December 2021).

**PRATT, N., PUERTOLAS, D. AND RIERADEVALL, S.** (2009) 'Els espais fluvials (manual de diagnosi ambiental)', *CCCB*, pp. 58–59. Available at: <https://www.libreriaproteo.com/libro/ver/509793-els-espais-fluvials-manual-de-diagnosi-ambiental.html> (Accessed: 27 October 2021).

**PRISMA** (2003) *marcoCSA.pptx*. Available at: <https://view.officeapps.live.com/op/view.aspx?src=https%3A%2F%2Fwww.prisma.org.sv%2Fwp-content%2Fuploads%2F2020%2F04%2FmarcoCSA.pptx&wdOrigin=BROWSELINK>  
(Accessed: 26 October 2021).

**PULLOTASIG, B. AND MILLINGALLE, J.** (2014) *CARACTERIZACIÓN DE LOS CONTAMINANTES FÍSICOS Y QUÍMICOS PRESENTES EN EL RÍO YANAYACU DEL CANTÓN SALCEDO*, 2013. UTC. Available at: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/2741/1/T-UTC-00278.pdf> (Accessed: 2 November 2021).

**RAMAKRISHNA, B.** (1997) 'Estrategias de extensión para el manejo integrado de cuencas hidrográficas ... - Bommathanahalli Ramakrishna - Google Libros', p. 338. Available at: [https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=\\_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=CUENCA+HIDROGRÁFICA+DEFINICIONES&ots=O11EP-LFKI&sig=5-vEDk9MOhzqmHF-5kJ5VIN09hA#v=onepage&q=CUENCA+HIDROGRÁFICA+DEFINICIONES&f=false](https://books.google.es/books?hl=es&lr=&id=_JL28RE5CIC&oi=fnd&pg=PR9&dq=CUENCA+HIDROGRÁFICA+DEFINICIONES&ots=O11EP-LFKI&sig=5-vEDk9MOhzqmHF-5kJ5VIN09hA#v=onepage&q=CUENCA+HIDROGRÁFICA+DEFINICIONES&f=false)  
(Accessed: 28 October 2021).

**RAMIREZ, ALONSO** (2010) 'Capítulo 2: Métodos de recolección', *Revista de biología tropical*, pp. 41–50. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/262541234\\_Capitulo\\_2\\_Metodos\\_de\\_recoleccion](https://www.researchgate.net/publication/262541234_Capitulo_2_Metodos_de_recoleccion)  
(Accessed: 27 October 2021).

**RAMÍREZ ALONSO ET AL.** (2009) ‘Urban streams in Puerto Rico: What can we learn from the tropics?’, *Journal of the North American Benthological Society*, 28(4), pp. 1070–1079. doi: 10.1899/08-165.1.

**RICE, E. ET AL.** (2005) *Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater*. American Public Health Association, American Water Works Association, Water Pollution Control Federation. 21. Available at: [https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam\\_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf](https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/2011-protocolo-anaperu.pdf) (Accessed: 3 November 2021).

**ROJAS, S. ET AL.** (2014) *Algoritmos y aplicaciones para el monitoreo de variables esenciales de la biodiversidad en humedales*. Available at: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/9611> (Accessed: 26 October 2021).

**ROLDAN, G.** (1996) *Guía para el Estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia*. FEN Colombia, <https://doi.org/10.2307/1467503>. FEN Colombia. Edited by M. Ojeda and A. Estrada. Bogotá: FEN COLOMBIA. doi: 10.2307/1467503.

**SAMANEZ, I. ET AL.** (2014) *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas*. Available at: <https://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf> (Accessed: 27 October 2021).

**SIERRA, R.** (1999) ‘Propuesta Preliminar de un Sistema de Clasificación de Vegetación para el Ecuador Continental.’, *INEFAN/GEF y EcoCiencia*. Available at: [https://www.researchgate.net/publication/268390074\\_Propuesta\\_Preliminar\\_de\\_un\\_Sistema\\_de\\_Clasificacion\\_de\\_Vegetacion\\_para\\_el\\_Ecuador\\_Continental](https://www.researchgate.net/publication/268390074_Propuesta_Preliminar_de_un_Sistema_de_Clasificacion_de_Vegetacion_para_el_Ecuador_Continental) (Accessed: 27 October 2021).

**SIMMS, R. AND BLAYLOCK, A.** (2002) ‘Aquatic Macroinvertebrate ID Key’, *NRMEducation*. Available at: [http://warrenaquatics.weebly.com/uploads/6/9/5/2/69523189/macrobenthos\\_id\\_key.pdf](http://warrenaquatics.weebly.com/uploads/6/9/5/2/69523189/macrobenthos_id_key.pdf) (Accessed: 4 November 2021).

**SMITH, R. AND SCHROEDER, E.** (1983) *Physical Design of Overland Flow Systems on JSTOR*. Available at: <https://www.jstor.org/stable/25041846> (Accessed: 2 November 2021).

**SORIA ISMAEL** (2016) 'Evaluación de la Calidad Ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la Captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.' Available at: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16736> (Accessed: 25 October 2021).

**SOUTHWOOD, T. AND BERRY, R.** (1978) *God's Book of Works: The Theology of Nature and Natural Theology*. Available at: [https://books.google.com.ec/books?id=8SgR4GTecx4C&pg=PA266&lpg=PA266&dq=the+temple+for+ecological+strategies+the+journal+of+animal+ecology+southwood&source=bl&ots=uz39rZd0QR&sig=ACfU3U1q1fAQvI7nN3p5P2yax\\_O6WWS9Yw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjO1d2Y5tn0AhWphOAKHb7\\_CkcQ6AF6BAgIEAM#v=onepage&q&f=false](https://books.google.com.ec/books?id=8SgR4GTecx4C&pg=PA266&lpg=PA266&dq=the+temple+for+ecological+strategies+the+journal+of+animal+ecology+southwood&source=bl&ots=uz39rZd0QR&sig=ACfU3U1q1fAQvI7nN3p5P2yax_O6WWS9Yw&hl=es&sa=X&ved=2ahUKEwjO1d2Y5tn0AhWphOAKHb7_CkcQ6AF6BAgIEAM#v=onepage&q&f=false) (Accessed: 10 December 2021).

**SPRINGER, M.** (2010) 'Biomonitoreo Acuatico', *Revista de Biología Tropical*, 58(4), pp. 53–59. doi: ISSN-0034-7744.

**STEIN HEIDE, SPRINGER MONIKA AND KOHLMANN BERT** (2008) 'Comparison of two sampling methods for biomonitoring using aquatic macroinvertebrates in the Dos Novillos River, Costa Rica', *Ecological Engineering*, 34(4), pp. 267–275. doi: 10.1016/J.ECOLENG.2007.06.010.

Suarez, D. (2012) *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS , DETERMINACIÓN TAXONÓMICA-CONTEO*. Bogota. Available at: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Macroinvertebrados+acuaticos..pdf/e5730a5b-069f-4400-8d2d-a31d8603a196> (Accessed: 27 October 2021).

**SUAREZ LUISA ET AL.** (2005) 'Propuesta de un índice de macrófitos (IM) para evaluar la calidad ecológica de los ríos de la cuenca del Segura', *Limnetica*, pp. 305–318. Available at: [https://andresmellado.com/wp-content/uploads/2020/02/Suarez\\_etal2005\\_IM\\_Indice-de-Macrofitos\\_Limnetica.pdf](https://andresmellado.com/wp-content/uploads/2020/02/Suarez_etal2005_IM_Indice-de-Macrofitos_Limnetica.pdf) (Accessed: 25 October 2021).

**TOLEDO, M.** (2015) *Determinación de la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores en la Microcuenca del Río Chimborazo*. Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. Available at: <http://dspace.espace.edu.ec/handle/123456789/4774> (Accessed: 28 October 2021).

**VALLS, J. L.** (2019) *Potencial de oxidación- reducción ORP(REDOX), para la Bioseguridad*. Available at: <https://avicultura.info/potencial-redox-de-oxidacion-reduccion-orp-para-la-bioseguridad-de-nuestras-granjas/> (Accessed: 23 November 2021).

**VARGAS HOMERO ET AL.** (2014) 'VEGETACIÓN Y FLORA DEL PARQUE NACIONAL LLANGANATES', *Missouri Botanical Garden*, pp. 3–4. Available at: <https://www.researchgate.net/publication/237686769> (Accessed: 25 October 2021).

**VISSMAN, W. AND HAMMER, M.** (1993) *Water Supply and Pollution Control, Harper Collins college*. Available at: <https://www.scirp.org/reference/ReferencesPapers.aspx?ReferenceID=2033015> (Accessed: 2 November 2021).

**VILLÓN, M.** (2004) *Hidrología*. Instituto Tecnológico.... Available at: <https://books.google.com/books/about/Hidrología.html?hl=es&id=-JjGDwAAQBAJ> (Accessed: 28 October 2021).

**WEN, Y. H.** (1992) 'Life history and production of *Hyalella azteca* (Crustacea: Amphipoda) in a hypereutrophic prairie pond in southern Alberta', *Canadian Journal of Zoology*, 70(7), pp. 1417–1424. doi: 10.1139/Z92-198.

## ANEXOS

### ANEXO A: AVANCE DE LA FRONTERA AGRÍCOLA/GANADERA HACIA EL PNL.



Elaborado por: Matamoros David, 2021.

### ANEXO B: AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES EN EL PNL.



Ministerio del Ambiente, Agua  
y Transición Ecológica

#### AUTORIZACIÓN DE RECOLECCIÓN DE ESPECÍMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 1550

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

#### 1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO  
MAAE-ARSFC-2021-1550

#### 3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2021-08-30	2022-08-30

#### 4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal
Archaea
Bacteria
Chromista
Fungi
Plantae

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:

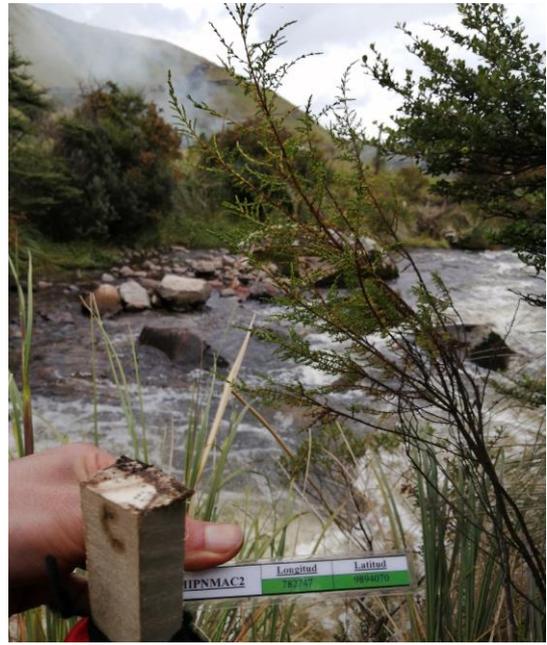
#### 5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C.I/Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
1803748608	BELTRAN DAVALOS ANDRES AGUSTIN	Ecuatoriana	1079-15-86062903	5 años	Insecta
0603141797	CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO	Ecuatoriana	1021-2016-1657652	5 años	Insecta

Dirección: Calle Madrid 159 y Andalucía. Código postal: 170625 / Quito-Ecuador  
Teléfono: 093-2 396-7600 - [www.ambiente.gob.ec](http://www.ambiente.gob.ec)

Fuente:(Ministerio del ambiente agua y transicion ecologica, 2022).

**ANEXO C: PUNTOS DE MONITOREO EN LA MICROCUENCA DEL RIO YANAYACU.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO D: PUNTOS DE MONITOREO EN LA LAGUNA DE ANTEOJOS.**



Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**ANEXO E: MONITOREO DE PARAMETROS FÍSICO-QUÍMICOS.**



Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**ANEXO F: RECOLECCION DE MUESTRAS CON LA RED TIPO D.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO G: TRANSPORTE DE LS MUESTRAS PARA SU ANALISIS *EX SITU*.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

## **ANEXO H: PUNTO ALEDAÑO A LA COMUNIDAD.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO I: INVASION DEL GANADO DENTRO DE LOS PUNTOS UBICADOS EN  
EL HERBAZAL INUNDABLE DEL PÁRAMO.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO J: CARACTERIZACION DE MACROINVERTEBRADOS CON EL  
ESTEREOMICROSCOPIO.**



**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO K: MACROINVERTEBRADOS TOTALES.**



Elaborado por: Matamoros David, 2021.

**ANEXO L: FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADAS.**



**SCIRTIDAE**



**CYTHERELLOIDAE**



BATIDAE



CORIXIDAE



ODONTOCERIDAE

LYMNAEIDAE

**Elaborado por:** Matamoros David, 2021.

**ANEXO M: RESULTADO DE LOS ANALISIS MICROBIOLÓGICOS.**



Laboratorio de Investigación y Análisis Ambiental  
"LIAA-GADMA"

INFORME DE ANALISIS SIMPLIFICADO

**Informe No.** CA- 18- 2021

**Código de Muestra:** RML-21- 105 RML-21- 106 RML-21- 107 RML-21- 108

**Datos proporcionados por el cliente:**

**Nombre de la empresa:** No detalla

**Dirección de la empresa que solicita:** 11 DE NOVIEMBRE Y CANONIGO RAMOS

**Sitio de Muestreo:** Salcedo : Río Yanayacu ; P8 P10 P4 cascada P2, 2 Rep

**Tipo de Muestra:** Agua natural

**Nombre del contacto del cliente :** Matamoros Ojeda David Teléfono: 0981073891

**Fecha de recepción o Toma de muestra:** 29/09/2021

**Fecha de Análisis:** 30/09/2021

**Fecha Entrega resultados:** 07/10/2021 Condiciones ambientales in situ

**Descripción de la muestra :** Muestra simple HR% N/A  
Temperatura ambiental: N/A °C

**Muestreado:** Matamoros Ojeda David **Receptado por:** Diego Sánchez

**RESULTADO ANALISIS**

Parámetros	Método	RML-21- 105		RML-21- 106		RML-21- 107		RML-21- 108	
		P8	P10	P4 cascada	P2, 2 Rep	Resultado	Unidad	Resultado	Unidad
Coliformes Totales	APHA 9221 F	1X10 <sup>2</sup>	ufc/100ml	6x10 <sup>2</sup>	ufc/100ml	1,6x10 <sup>2</sup>	ufc/100ml	7,5X10 <sup>2</sup>	ufc/100ml
Eschericha Coli	APHA 9221 F	Ausencia	ufc/100ml	Ausencia	ufc/100ml	Ausencia	ufc/100ml	Ausencia	ufc/100ml

Fuente: (GADMA, 2021).



**ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO**

**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:** 01 / 02 / 2022

<b>INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)</b>
<b>Nombres – Apellidos:</b> <i>David Nicolas Matamoros Ojeda</i>
<b>INFORMACIÓN INSTITUCIONAL</b>
<b>Facultad:</b> <i>Ciencias</i>
<b>Carrera:</b> <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
<b>Título a optar:</b> <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
<b>f. Analista de Biblioteca responsable:</b> <i>Ing. Leonardo Medina Ñuste MSc.</i>

