



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**DIAGNÓSTICO DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA Y
EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA
CONDORGUAYCO PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL
LLANGANATES**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTORA: DAYANA ESTEFANÍA VÁSQUEZ MACÍAS

DIRECTOR: Ing. CARLOS ROLANDO ROSERO ERAZO, MSc.

Riobamba – Ecuador

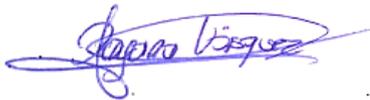
2022

©2022, Dayana Estefanía Vásquez Macías

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

Yo, DAYANA ESTEFANÍA VÁSQUEZ MACÍAS 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 autora 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, 14 de octubre de 2022.

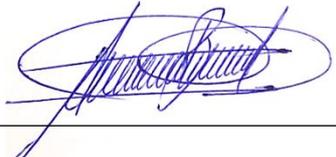


Dayana Estefanía Vásquez Macías

C.I. 200012432-7

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

El Tribunal del Trabajo de Titulación certifica que: el Trabajo de Titulación: Tipo Proyecto de Investigación. **DIAGNÓSTICO DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA CONDORQUAYCO PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL LLANGANATES**, realizado por la señorita: **DAYANA ESTEFANÍA VÁSQUEZ MACÍAS**, 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.

	FIRMA	FECHA
Ing. Juan Carlos González García, PhD. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 _____	2022-10-14
Ing. Carlos Rolando Rosero Erazo, Msc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	 _____	2022-10-14
Ing. Andrés Agustín Beltrán Dávalos, Msc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	 _____	2022-10-14

DEDICATORIA

Quiero dedicar el presente trabajo a Dios por darme la oportunidad de haber alcanzado esta meta, el darme mucha sabiduría e inteligencia para no cometer errores y la vida de poder orgullecer a mi familia. A mis padres a quienes amo con todo mi corazón y me han brindado todo su apoyo incondicional, me han enseñado el valor de la responsabilidad, han forjado mi carácter y pensamiento y la importancia de cuando se quiere algo todo es posible, a ellos que con su sacrificio pude cumplir una meta más en mi vida y siendo ellos también mi fuente de inspiración y amor incondicional. A mi mamá, a mi papá y a mi hermano, a ellos dedico todos mis triunfos. A mi prima Vianka, a mi hermano Eric y a mi mejor amiga Pamela con quien compartir toda mi vida universitaria, fueron ellos los que me brindaron ánimos, creyeron en mí, no permitieron que claudique, que me dieron de sus consejos y por regalarme momentos de felicidad y mucho amor.

Dayana

AGRADECIMIENTOS

Agradezco infinitamente a mis padres quienes fueron ese pilar fundamental y apoyo en todo este proceso de mi vida universitaria. A mi querida ESPOCH por permitirme el poder aprender y conocer nuevas cosas y convertirme en una profesional de calidad y por brindarme todos los conocimientos para el desarrollo de este trabajo de titulación. Al Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) y al Ministerio del Ambiente, Agua, y transición Ecológica (MAATE) quienes me han permitido, ayudado y abierto las puertas para adquirir más conocimientos de investigación y cuidados ambientales. Al Ing. Carlos Rosero director de tesis por dar seguimiento a mi trabajo de titulación, el compartir conocimientos y discernir dudas, a la Dra. Gina Álvarez técnica docente del Laboratorio de Calidad del Agua y al Ing. Benjamín Román quienes me supieron guiar a lo largo de mi trabajo de investigación, quienes me acompañaron y tuvieron paciencia en el desarrollo del análisis de las muestras. Y, a mis amigos, familiares y compañeros que me ayudaron de forma desinteresada en las salidas de campo.

Dayana

TABLA DE CONTENIDO

TABLA DE CONTENIDO	vi
ÍNDICE DE TABLAS	x
ÍNDICE DE FIGURAS	xii
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xiii
ÍNDICE DE ECUACIONES	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS	xv
RESUMEN	xvi
SUMMARY	xvii
INTRODUCCIÓN	xvii

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL	5
1.1. Antecedentes	5
1.2. Bases teóricas	6
1.2.1. <i>Integridad Ecológica</i>	6
1.2.1.1. <i>Bosque de Ribera</i>	6
1.2.1.2. <i>Características del canal del río</i>	7
1.2.1.3. <i>Macroinvertebrados</i>	7
1.2.1.4. <i>Importancia Ecológica de los Macroinvertebrados como Bioindicadores</i>	8
1.2.2. <i>Calidad del agua</i>	8
1.2.2.1. <i>Importancia de analizar la calidad del agua</i>	8
1.2.3. <i>Índices de la calidad biológica del agua</i>	9
1.2.3.1. <i>Índice biológico Biological Monitoring Working Party (BMWP)</i>	9
1.2.3.2. <i>Índice Biótico Andino (ABI)</i>	10
1.2.4. <i>Índices de diversidad Alfa</i>	12
1.2.4.1. <i>Índice de diversidad de Shannon</i>	12
1.2.4.2. <i>Índice de Dominancia de Simpson</i>	13
1.2.5. <i>Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)</i>	13
1.2.6. <i>Índice de Hábitat Fluvial (IHF)</i>	14
1.2.7. <i>Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF)</i>	15
1.2.8. <i>Parámetros para la determinación del Índice de Calidad del Agua</i>	16
1.2.8.1. <i>Turbiedad</i>	16

1.2.8.2.	<i>Temperatura</i>	17
1.2.8.3.	<i>pH</i>	17
1.2.8.4.	<i>Oxígeno disuelto</i>	17
1.2.8.5.	<i>Nitratos</i>	17
1.2.8.6.	<i>Fosfatos</i>	18
1.2.8.7.	<i>Sólidos totales disueltos</i>	18
1.2.8.8.	<i>DBO</i>	18
1.2.8.9.	<i>Coliforme fecales</i>	18
1.3.	Bases conceptuales	19
1.3.1.	<i>Análisis de datos</i>	19
1.3.2.	<i>Bioindicadores</i>	19
1.3.3.	<i>Biodiversidad</i>	19
1.3.4.	<i>Esfuerzo de muestreo</i>	19
1.3.5.	<i>Especies indicadoras de sensibilidad</i>	19
1.3.6.	<i>Estratos ecológicos</i>	19
1.3.7.	<i>Manipulación de especímenes</i>	20
1.3.8.	<i>Muestra</i>	20
1.3.9.	<i>Muestreo cuantitativo</i>	20
1.3.10.	<i>Nichos tróficos</i>	20
1.3.11.	<i>Parque Nacional Llanganates</i>	20
1.3.12.	<i>Quebrada</i>	21
1.3.13.	<i>Red tipo D</i>	21

CAPÍTULO II

2.	MARCO METODOLÓGICO	22
2.1.	Localización del área de estudio	22
2.2.	Selección de puntos de muestreo	23
2.2.1.	<i>Puntos de muestreo para macroinvertebrados</i>	23
2.2.2.	<i>Puntos de muestreo para análisis físicos, químicos y microbiológicos</i>	24
2.3.	Muestreo	25
2.3.1.	<i>Muestreo para macroinvertebrados</i>	25
2.3.2.	<i>Muestreo de toma de agua</i>	26
2.3.2.1.	<i>Muestreo Físicoquímico</i>	26
2.3.2.2.	<i>Muestreo Microbiológico</i>	26
2.4.	Determinación del Índice BMWP/Col y ABI	26

2.5.	Determinación de los índices de Biodiversidad Alfa	27
2.5.1.	<i>Índice de diversidad de Shannon</i>	27
2.5.2.	Índice de dominancia de Simpson	27
2.6.	Determinación de los Índices Ecológicos	27
2.6.1.	<i>Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andino (QBR-And)</i>	27
2.6.2.	<i>Índice de Hábitat Fluvial (IHF)</i>	28
2.7.	Métodos de determinación de los parámetros ICA	28
2.8.	Determinación del Índice ICA-NSF	29

CAPÍTULO III

3.	MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	35
3.1.	Puntos de muestreo	35
3.2.	Macroinvertebrados encontrados	37
3.3.1.	<i>Análisis estadístico con respecto a la Abundancia</i>	43
3.4.1.2.	<i>Prueba de Kruskal-Wallis</i>	44
3.4.1.3.	<i>Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)</i>	44
3.3.2.	<i>Análisis estadísticos con respecto al Índice de Shannon</i>	45
3.3.2.1.	<i>Prueba de Kruskal-Wallis</i>	46
3.3.2.2.	<i>Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)</i>	47
3.3.3.	<i>Análisis estadísticos con respecto al Índice de Simpson</i>	49
3.3.3.1.	<i>Prueba de Kruskal-Wallis</i>	50
3.3.3.2.	<i>Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)</i>	51
3.4.	Índices Ecológicos	52
3.5.	Índice Biológico BMWP/Col	53
3.6.	Índice Biológico ABI	57
3.7.	Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por Índices Biológicos	59
3.8.	Índice ICA-NSF	61
3.8.1.	pH	61
3.8.2.	<i>Temperatura</i>	62
3.8.3.	<i>Sólidos Totales Disueltos</i>	63
3.8.4.	<i>Turbidez</i>	64
3.8.5.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	65
3.8.6.	<i>Fosfatos</i>	66
3.8.7.	<i>Nitratos</i>	67
3.8.8.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	68

3.8.9.	<i>Coliformes Fecales</i>	69
3.9.	Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA	69
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES		73
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1:	Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col.....	9
Tabla 2-1:	Valores de índices biológicos BMWP/Col	10
Tabla 3-1:	Puntuaciones para familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice ABI.	10
Tabla 4-1:	Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.....	12
Tabla 5-1:	Interpretación del Índice de Shannon.....	13
Tabla 6-1:	Calidad del hábitat en función de los valores de H'	13
Tabla 7-1:	Rangos de calidad del índice QBR-And	14
Tabla 8-1:	Rangos de calidad del índice IHF. Rangos de calidad del índice IHF.....	15
Tabla 9-1:	Interpretación del índice de calidad del agua	16
Tabla 1-2:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 1, Zona del herbazal inundable de páramo.....	24
Tabla 2-2:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 2, Zona herbazal del páramo	24
Tabla 3-2:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 3, Zona herbazal del páramo	24
Tabla 4-2:	Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 4, Zona arbustal del páramo.....	24
Tabla 5-2:	Ubicación de los puntos a muestrear para analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos.....	25
Tabla 6-2:	Rangos de calidad del índice QBR-And	28
Tabla 7-2:	Rangos de calidad del índice IHF	28
Tabla 8-2:	Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF.....	29
Tabla 1-3:	Macroinvertebrados identificados en la Quebrada Condorguayco.....	38
Tabla 2-3:	Índices de Diversidad	41
Tabla 3-3:	Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto a la Abundancia.....	44
Tabla 4-3:	Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto a la abundancia.....	44
Tabla 5-3:	Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto al Índice de Shannon	46
Tabla 6-3:	Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto al Índice de Shannon	47
Tabla 7-3:	Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto al Índice de Simpson	50
Tabla 8-3:	Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto al Índice de Simpson	51
Tabla 9-3:	Resultados de los Índices ecológicos	52
Tabla 10-3:	Resultados del índice BMWP/Col	53

Tabla 11-3:	Resultados del índice ABI	57
Tabla 12-3:	Calidad de la Quebrada Condorguayco	59
Tabla 13-3:	Resultados de pH.....	61
Tabla 14-3:	Resultados de la variación de la Temperatura (°C).....	62
Tabla 15-3:	Resultados de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L).....	63
Tabla 16-3:	Resultados de Turbidez (NTU).....	64
Tabla 17-3:	Resultados del OD (% de saturación)	65
Tabla 18-3:	Resultados de Fosfatos (mg/L)	66
Tabla 19-3:	Resultados de Nitratos (mg/L).....	67
Tabla 20-3:	Resultados de la DBO5 (mg/L)	68
Tabla 21-3:	Resultados de Coliformes Fecales (UFC/100L).....	69
Tabla 22-3:	Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA.....	70

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2. Mapa de localización del área de estudio.....	23
Figura 1-3. Tramo 1: Zona del herbazal inundable de páramo	35
Figura 2-3. Tramo 2: Zona herbazal del páramo	36
Figura 3-3. Tramo 3: Zona herbazal del páramo	36
Figura 4-3. Tramo 4: Zona arbustal del páramo	37

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-2.	Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes fecales	30
Gráfico 2-2.	Valoración de la calidad del agua en función del pH.....	31
Gráfico 3-2.	Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5 Fuente: (Olivares 2018).	31
Gráfico 4-2.	Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos	32
Gráfico 5-2.	Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos.....	32
Gráfico 6-2.	Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura	33
Gráfico 7-2.	Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez	33
Gráfico 8-2.	Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos disueltos totales	34
Gráfico 9-2.	Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del OD	34
Gráfico 1-3.	Dendograma de distribución de las familias de macroinvertebrados identificados 41	
Gráfico 2-3.	Abundancia VS Frecuencia	43
Gráfico 3-3.	Índice de Shannon VS Frecuencia	45
Gráfico 4-3.	Índice de Simpson VS Frecuencia	49
Gráfico 5-3.	Índices ecológicos	52
Gráfico 6-3.	Índice BMWP/Col.....	53
Gráfico 7-3.	Índice ABI.....	58
Gráfico 9-3.	Variación del pH en los diferentes tramos	61
Gráfico 10-3.	Variación de la temperatura (°C) en los diferentes tramos.....	62
Gráfico 13-3.	Variación del OD (% de saturación) en los diferentes tramos.....	65
Gráfico 15-3.	Variación de Nitratos (mg/L) en los diferentes tramos	677

ÍNDICE DE ECUACIONES

Ecuación 1-1	12
Ecuación 2-1	13
Ecuación 3-1	16
Ecuación 1-2	27
Ecuación 2-2	27
Ecuación 3-2	29

ÍNDICE DE ANEXOS

- ANEXO A.** AVAL DE LA INVESTIGACIÓN.
- ANEXO B.** MATRIZ DE REGISTRO PARA LABORATORIO PARA EL ÍNDICE
BMWPCOL
- ANEXO C.** MATRIZ DE REGISTRO PARA LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI.
- ANEXO D.** HOJA DE CAMPO PARA EL ÍNDICE QBR-AND
- ANEXO E.** HOJA DE CAMPO PARA EL ÍNDICE IHF
- ANEXO I.** MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS

RESUMEN

El objetivo de la investigación fue diagnosticar la integridad ecológica y evaluar la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco que pertenece al Parque Nacional Llanganates. Se realizaron campañas de muestreo del mes de diciembre 2021 a mayo 2022, determinándose 24 puntos a monitorear para macroinvertebrados y 4 para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos; seleccionándose una zona herbazal inundable de paramo, dos zonas herbazales de paramo y una zona arbustal de páramo. Se utilizó el Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA-S) y la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia para poder identificarlos y asignarles sus puntajes, obteniendo así el valor del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) y el Índice Biótico Andino (ABI), luego se determinó el índice de biodiversidad de Shannon y de dominancia de Simpson. Por otra parte, se utilizaron guías de campo para la determinación del Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andino (QBR-And) e Índice de Hábitat Fluvial (IHF) y por último, se utilizaron técnicas estandarizadas para el análisis de las muestras de agua. Se identificaron 3048 macroinvertebrados agrupados en 24 familias siendo las que más predominaron: Tubificidae (23,56%); Chironomidae (22,74%); Hyalellidae (22,31%) y Cylindroleberididae (13,16%). Se concluyó que para los índices biológicos se obtuvo una calidad de agua Moderada y Dudosa, para el índice ICA una calidad de agua Buena y para los índices alfa indican que la zona de estudio presenta una mediana diversidad y una calidad de hábitat moderadamente alterada, el índice QBR-And indica que la zona se encuentra ligeramente perturbada y su hábitat fluvial presenta una diversidad media. Se recomienda realizar constantes monitoreos a los cuerpos hídricos que se encuentran en paramos andinos y conservar además la biodiversidad existente.

Palabras clave: <CALIDAD DEL AGUA>, <MACROINVERTEBRADOS>, <PÁRAMO>, <ÍNDICES ECOLÓGICOS>, <QUEBRADA CONDORQUAYCO>, <PARQUE NACIONAL LLANGANATES>.



2116-DBRA-UTP-2022

SUMMARY

The aim of the research was to diagnose the ecological integrity and evaluate the water quality of the Condorguayco Gully belonging to Llanganates National Park. Sampling campaigns were conducted from December 2021 to May 2022, determining 24 monitoring points for macroinvertebrates and 4 for the physicochemical and microbiological analysis; in which, a flooded paramo grassland area, two paramo grassland areas and a paramo shrubland area were selected. The Simplified Protocol and the Guide for the Evaluation of the Ecological Quality of Andean Rivers (CERA-S) as well as the Guide for the Study of Aquatic Macroinvertebrates of the Department of Antioquia were used to identify the areas and assign their scores. This permitted to obtain the value of the Biological Monitoring Working Party (BMWP) index and the Andean Biotic Index (ABI), then the Shannon biodiversity index and Simpson's dominance index were also determined. On the other hand, field guides were used to determine the Andean Riparian Forest Quality Index (QBR-And) and the Fluvial Habitat Index (IHF). Finally, standardized techniques were used for water sample analysis. A total of 3048 macroinvertebrates grouped in 24 families were identified and the most predominant were: *Tubificidae* (23.56%); *Chironomidae* (22.74%); *Hyaellidae* (22.31%) and *Cylindroleberididae* (13.16%). In conclusion, the biological indices determined a Moderate poor water quality, while the ICA index a determined a Good water quality and the alpha indices revealed that the study area presents a medium diversity and a slightly altered habitat quality, the QBR-And index indicates that the area is slightly altered and its fluvial habitat presents a medium diversity. It is recommended to carry out permanent monitoring of the water bodies which are found in Andean paramos and to conserve the existing biodiversity.

Keywords: <WATER QUALITY>, <MACROINVERTEBRATES>, <PARAMO>, <ECOLOGICAL INDICES>, <CONDORGUAYCO GULLY>, <LIANGANATES NATIONAL PARK>.



Lic. Paul Rolando Armas Pesántez, Mgs.

CI. 060328987-7

INTRODUCCIÓN

Los páramos del Ecuador presentan una gran importancia debido a que albergan un sin de cuerpos de agua presentando en su entorno vegetaciones que parecen esponjas, páramos más secos o con mucha neblina, con pajonales alto y arbustos poseyendo así un reconocimiento de gran importancia ya que en la mayoría de veces estos actúan como fuentes de abastecimiento de agua a las comunidades que se encuentran aledañas a estos, sirviendo estas no solamente en cantidad sino en calidad y de lograr un enfoque de conservación del recurso hídrico en el marco del Sistema Nacional de áreas Protegidas (SNAP). (Ruiz, 2009, P.1) El Parque Nacional Llanganates abarca una vasta gama diversidad de organismos y recursos abióticos, y pese a formar parte de un área protegida se cuenta con muy poca información sobre ella (Vásquez et al., 2000, p.12) evidenciando de igual forma que en la zona de la Laguna de Antejos que es por donde se ubica la Quebrada Condorguayco no se cuenta con un desarrollo de análisis socioeconómico de las comunidades aledañas al sector ya que son ellas en primera instancia las que se benefician de este recurso, conllevando de esta forma a que exista un mal manejo de este recurso natural. Dentro de la zona donde se encuentra la Quebrada Condorguayco por la vía Salcedo-Tena y se ha detectado factores que influyen y altera la biodiversidad que posee, como la deforestación, el ganado, la presencia humana por la generación de desechos sólidos y en las zonas usadas como bases de campamento y actividades como la pesca que afectan o alteran los ecosistemas acuáticos. El agua de esta quebrada es usada por las comunidades que se encuentran aguas abajo específicamente la comunidad de Sacha y es usada comúnmente para regadío y pastoreo de ganado vacuno; es por ello la necesidad de generar información sobre el recursos hídrico de la Quebrada Condorguayco y conocer el estado de la calidad ecológica en el que se encuentra y en lo posible el llevar un control periódico para estimar sus condiciones actuales y futuras rigiéndose de tal manera aun marco científico de conservación y cuidado de los páramos del Ecuador ya que aquí se encuentran las reservas de agua para el abastecimiento de la población.

PROBLEMÁTICA

En la actualidad El Parque Nacional Llanganates presenta algunos problemas que ponen en riesgo la calidad del agua de los cuerpos hídricos pertenecientes a esta área protegida, centrándose específicamente en la quebrada de Condorguayco perteneciente a la zona de Pantzarumi. Uno de los problemas que se presenta es que en esta zona se realiza actividades recreacionales como la pesca que puede ocasionar daños irreparables al recurso hídrico, teniendo por tal motivo un incremento de la presencia humana en donde el ambiente se ve fuertemente afectado a causa de la acumulación de residuos sólidos que se puede generar, la cual incide de igual forma en la contaminación del recurso hídrico. Así mismo existen actividades agropecuarias que se desarrollan cerca del lugar de estudio contribuyendo de esta manera a que se dé una contaminación o alteración a la calidad del agua de la quebrada Condorguayco. Pese a ser un área protegida desde 1996 cuenta con muy pocos estudios sobre la variedad de formaciones vegetales y de especies de animales existentes en su territorio, careciendo de este modo con planes específicos para el monitoreo hidrológico en estos ecosistemas que atiendan sus particularidades.

JUSTIFICACIÓN

Según (Vásquez et al. 2000, p.3), la declaratoria de los Llanganates como Parque Nacional no eliminó las amenazas sobre sus recursos. Pese a ser un área protegida, ésta muestra signos de deterioro ocasionado por las actividades de grupos humanos locales y visitantes en espacios concretos, alterando así la calidad del agua del páramo que es la fuente primaria para las comunidades que se encuentran a su alrededor. Es por ello, por lo que la presente investigación se centra en evaluar la calidad del agua de la quebrada Condorguayco a partir de la identificación de macroinvertebrados pertenecientes a este cuerpo hídrico como bioindicadores. Se realizará tres campañas de muestreo para cada uno de los tramos seleccionados y a nivel de laboratorio se identificará por familia a cada uno de los macroinvertebrados recolectados, describiendo sus características utilizando la Guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos. Adicional, para la determinación de la calidad del agua y la integridad ecológica del ecosistema acuático se implementará a la investigación los índices ABI, BMWP, SHANNON, SIMPSON, QBR-And, IHF, que son específicos para zonas andinas (>2000msnm) y el índice ICA analizando parámetros físicos, químicos y microbiológicos como la T°, turbidez, pH, STD, OD, nitratos, fosfatos, DBO y coliformes fecales. Como propósito de intereses de la investigación, es el aportar con un estudio que pueda servir como guía o base para futuras exploraciones que se lleven a cabo en el Parque Nacional Llanganates y además el lograr evidenciar con este trabajo la importancia y el valor que poseen las aguas del páramo hacia las tierras bajas. Cabe mencionar que el desarrollo de la investigación se centra en la protección del recurso hídrico, del objetivo 13 de promover la gestión integral de los recursos hídricos (Secretaría Nacional de Planificación, 2021, p.2)

OBJETIVOS

Objetivo General

- Diagnosticar la integridad ecológica y la calidad del agua de la quebrada Condorguayco perteneciente al Parque Nacional Llanganates.

Objetivos Específicos

- Caracterizar las poblaciones de macroinvertebrados mediante la identificación de índices de biodiversidad alfa.
- Determinar la calidad del agua a través de los índices biológicos ABI y BMWP/Col junto con el índice físico químico ICA-NSF.
- Evaluar el ambiente de la ribera y el habita fluvial de la Quebrada Condorguayco.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO Y CONCEPTUAL

1.1. Antecedentes

El área del Parque Nacional Llanganates incluye más de 80 lagunas y espejos de agua, la gran mayoría localizadas en los páramos sobre los 3500 m. El agua es definitivamente el factor que caracteriza al complejo Llanganates, debido a su alta precipitación, neblinas frecuentes, la gran cantidad de humedales como lagunas, pantanos y turberas y las cuencas hidrográficas que se derivan de ellos. La laguna de Anteojos está compuesta por tres lagunas de pequeño tamaño rodeadas por pantanos y turberas que facilitan la interconexión entre ellas, esta laguna es una de las más visitadas en el Parque Nacional Llanganates, especialmente durante los fines de semana en los que llegan excursionistas, campistas y pescadores. Las aguas de esta laguna desembocan en la quebrada Condorguaycu. (Antonio y Velásquez, p.5 2008) Según (Zurita, 2016, p.2), en su trabajo de investigación sobre la aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del Río AtapoPomachaca Parroquia Palmira, estableció 5 puntos seleccionados y 5 monitoreos del agua en un período Mayo-Julio. Los resultados obtenidos de este estudio dieron como resultado una dudosa calidad del agua según el índice BMWP/Col, una aceptable calidad del agua con el índice ABI y una buena calidad del agua según el índice ICA corroborando su resultado con una comparación con la norma de calidad del agua TULSMA libro VI anexo I indica que están bajo los límites permisibles de calidad del agua para los usos de: consumo humano, agricultura, ganadería así preservación de flora y fauna. Además, la autora realizó un análisis estadístico empleando el programa IBM SPSS mediante el Anova unifactorial y Tuckey b lo que arrojó diferencias significativas de la calidad del agua en el monitoreo 2 con respecto al monitoreo 4 y 5. Según (Ante y Pilatasig, 2020, p.12), en su investigación acerca de la determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) e índices EPT, BMWP/COL, ABI y SHANNON– WEAVER del Río Pachanlica, Provincia de Tungurahua, establecieron 3 puntos de muestreo (afloramiento, cauce intermedio y desembocadura) siendo estos representativos para el río y donde se identificó 284 individuos de macroinvertebrados acuáticos, siendo la familia *Hyalellidae* la más abundante con un 47% del total de individuos recolectados. Según los resultados obtenido para el índice BMWP/Col en el punto de afloramiento el agua es dudosa clase (III), para el cauce intermedio y desembocadura el agua es crítica clase (IV); para el índice ABI en los tres puntos el agua es mala clase (IV); para el índice EPT se muestra una calidad de agua mala y para el índice Shannon – Weaver se obtiene en los tres puntos de muestreo un ambiente alterado. Deduciendo que estos resultados se deben a la

presencia de actividades antrópica que se dan en el Río Pachanlica. Debido a lo expuesto anteriormente es necesario llevar a cabo un diagnóstico tanto de la integridad ecológica como la calidad del agua de la quebrada Condorguayco, para determinar el estado actual en el que se encuentra este recurso hídrico que abastece de agua a comunidades que se encuentran tierras abajo. Contribuyendo de igual forma con información que será útil para proyectos futuros con respecto a esta quebrada, y en general para el Parque Nacional Llanganates que puede llegar a ser de interés nacional como internacional al tratarse de un cuerpo hídrico que pertenece a un área protegida.

1.2. Bases teóricas

1.2.1. Integridad Ecológica

La integridad ecológica es aquella que hace referencia al funcionamiento adecuado o apropiado de un ecosistema a través de la evolución de nuevas especies y la dispersión de especies existentes de flora y fauna, siendo los mismos, los “administradores” de un ecosistema en donde las especies mejor adaptadas perseveran a las condiciones del sistema (Mackey, 2004, p.2). Los componentes de evaluación que se toman para definir la integridad ecológica de un sistema ecológico acuático son la vegetación de ribera, las características del canal del río, las comunidades biológicas y la medida de ciertos parámetros fisicoquímicos (Encalada et al. 2018, p.19).

1.2.1.1. Bosque de Ribera

La vegetación de ribera hace alusión a la cobertura vegetal que se encuentra adyacente al cuerpo de agua y esta dependerá de la dinámica fluvial, lo que conlleva que esta pueda variar en función a los distintos usos que se den en dicho ecosistema (López et al., 2015, p.6). Se puede realizar una valoración al canal fluvial y a la vegetación de ribera para conocer el grado de degradación existente en el ecosistema debido a que si existe una alteración de ambos componentes se puede ver afectadas las comunidades biológicas del río reduciendo así su diversidad (Encalada et al., 2018, p.20).

Aspectos de la vegetación de ribera que se debe considerar:

- Estructura y naturalidad de la vegetación de ribera: la vegetación de la ribera de páramo será distinta a la vegetación del bosque andino.
- Continuidad de la ribera: se evalúa si la vegetación de ribera es continua o no a lo largo del río que se está monitoreando.
- Conectividad de la vegetación de ribera con elementos de paisajes adyacentes o próximos:

- se analiza si la vegetación de ribera presente se encuentra conectada o rodeada con otras plantaciones, potreros o elementos urbanos.
- Presencia de basura y escombros: esto representa una alteración a la vegetación de ribera (Encalada et al., 2018, p.18-27).

1.2.1.2. Características del canal del río

La forma del río y los sustratos que lo conforman pueden llegar a ser de gran importancia al momento de realizar un estudio de la integridad ecológica de las comunidades biológicas del río

Aspectos del canal del río se debe considerar:

- Naturalidad del canal fluvial: se evalúa el canal y la forma del río, es decir, si existe la presencia de estructuras sólidas, canalización del río o que su cauce haya sido modificado.
- Composición de sustrato: la presencia de piedras, grava, arena, arcilla o lodo en el lecho del río.
- Regímenes de velocidad y profundidad del río: se analiza la profundidad y velocidad del río, caracterizándolo como rápido-somero, rápido-profundo, lento-somero, lento profundo (zona somera, con profundidades < 0,4m; zona rápida, un objeto flotante recorrerá 30cm en 1 segundo) (Encalada et al. 2018, p.18-27).
- Elementos de heterogeneidad; se refiere al aumento de la biodiversidad acuática por la presencia de hojarascas, troncos, ramas, raíces, diques naturales, musgos, algas y plantas acuáticas (Encalada et al. 2018, p.18-27).

1.2.1.3. Macroinvertebrados

Son organismos acuáticos de gran interés como bioindicadores de la integridad ecológica, determinando así la calidad del agua de los ríos. Los macroinvertebrados son larvas de insectos como mosquitos, caballitos del diablo, libélulas, chinches, perros de agua, entre otros iniciando primero su vida en el agua y luego como insectos (Carrera y Fierro, 2018, p.5). No solo pueden llegar a ser los insectos macroinvertebrados, sino que también lo son los caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río, planarias, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas (Carrera y Fierro, 2018, p.8). Para (Ladrera, 2012, p.15) los macroinvertebrados acuáticos son un grupo de organismo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de calidad de agua. Esto se debe a:

- Su vasta diversidad.
- Por su facilidad de muestreo.
- Por los diferentes requerimientos ecológicos, existen diferentes taxones.

- Los protocolos de muestreo están bien normalizados.
- Su tiempo de vida, que permite integrar los efectos de contaminación en el tiempo.

1.2.1.4. Importancia Ecológica de los Macroinvertebrados como Bioindicadores

Los macroinvertebrados tienen una especial importancia en los ecosistemas acuáticos al constituir el componente de biomasa animal más importante en muchos tramos de ríos y jugar un papel fundamental (Ladrera, 2012, p.8). Estos organismos son excelentes para el monitoreo de cuerpos hídricos ya que su utilidad arroja indicativos sobre el estado actual en el que se encuentran, además no solo requieren de agua de buena calidad para sobrevivir, como es el caso de la mosca de piedra que solo habita en aguas muy limpias, sino que también hay especies de macroinvertebrados acuáticos que son resistentes, crecen y abundan cuando hay contaminación (Carrera y Fierro, 2018, p.4). Es por ello, el uso de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en donde se les ha asignado un valor indicativo de sensibilidad a los contaminantes para cada una de las especies acuáticas.

1.2.2. Calidad del agua

La calidad del agua se refiere a las características químicas, físicas o biológicas que posee el agua; implica tomar en cuenta el contexto ecológico, así como los usos y valores que la sociedad les otorga, además esta permite el tomar acciones de control de mitigación garantizando el suministro de agua segura (Cisneros y Riveros, 2010, p.2). Según (López et al., 2016), la calidad del agua se define por las particularidades idóneas que esta debe poseer según sea el uso que se le vaya a dar, a través de índices fisicoquímicos y biológicos que no vienen a ser más que indicadores sobre el estado de salud en el que se encuentra un cuerpo hídrico.

1.2.2.1. Importancia de analizar la calidad del agua

Se sabe que los sistemas fluviales nacen en el páramo y que por su capacidad de regulación hídrica pueden abastecer a los sistemas de riego, agua potable, hidroeléctrica, etc. es por ello que el estudio de la calidad del agua es indispensable para garantizar su buen estado y seguridad a la población que se beneficie de ella, además para mantener la biodiversidad de las especies que habitan en su entorno (Freire et al., 2020, p.55).

1.2.3. Índices de la calidad biológica del agua

Existen varios índices que definen la calidad de agua de un río y que han sido puestos en marcha en Sudamérica, los más habituales y próximos a nuestra región es el índice BMWP/Col y el índice biótico andino (ABI) ideales para zonas mayores a los 2000 m.s.n.m. en la región Andina de Colombia, Ecuador y Perú (Nugra et al. 2016, p.4). La aplicación de los índices biológicos BMWP/Col y ABI conjunto con los índices de análisis fisicoquímicos y microbiológicos (ICA), se convierten en una alternativa eficaz al momento de realizar una evaluación de la calidad de agua, conociendo de tal forma el estado en el que se encuentra el recurso y así desarrollar medidas que se pueden tomar en caso de requerirlo y llevar de tal forma un control (Hahn-vonHessberg et al., 2009, p.3).

1.2.3.1. Índice biológico Biological Monitoring Working Party (BMWP)

El índice de monitoreo Biological Monitoring Working Party (BMWP) es un método sencillo que no requiere de grandes equipos especializados para su desarrollo, se basa en un método de puntuación simple que se le otorga individualmente a cada uno de grupos de macroinvertebrados identificados taxonómicamente reflejando cada puntuación el grado de tolerancia a la contaminación que tienen estos organismos, obteniendo como resultado la calidad ambiental del agua de cualquier ecosistema lotico (Giraldo, 2004, p.11). Este método solo requiere de datos cualitativos (presencia o ausencia) y su puntuación va de 1 a 10 según sea la tolerancia de cada uno de los grupos de macroinvertebrados a la contaminación orgánica. Las familias más sensibles como *Perlidae* y *Oligoneuriidae* reciben un puntaje de 10; en cambio, la más tolerante a la contaminación como *Tubificidae*, reciben un puntaje de 1 (Roldán, 2016, p.7). La suma total de todas las familias proporciona el puntaje del índice biológico BMWP.

Tabla 1-1: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

FAMILIAS	PUNTAJE
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Polymitarcydae, Hydraenidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Trichodactylidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.</i>	7

<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzida, Syrphidae.</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: Roldán, 2016.

Tabla 2-1: Valores de índices biológicos BMWP/Col

Clase	Calidad	Puntaje	Significado	Color
I	Buena	>150	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy Critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Arroyo y Encalada, 2009.

1.2.3.2. Índice Biótico Andino (ABI)

El Índice Biótico Andino (ABI) se fundamenta en el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), está desarrollado para ser utilizado en ríos que se encuentran a una altitud superior de los 2000 m.s.n.m y permite clasificar la calidad ecológica de un sistema conociendo de tal forma la salud de los ecosistemas acuáticos. Se asigna valores del 1 al 10 a cada familia de macroinvertebrados bentónicos y dependiendo su nivel de tolerancia a la contaminación se asigna el valor de 1 a las familias más tolerantes y el valor de 10 a las familias más sensibles (Prat et al., 2006, p.12).

Tabla 3-1: Puntuaciones para familias de macroinvertebrados acuáticos para el Índice ABI.

Orden	Familia	Puntaje	Orden	Familia	Puntaje
Turbellaria	<i>Planariidae</i>	5	Lepidoptera	<i>Pyralidae</i>	4

Hirudinea		3	Odonata	<i>Aeshnidae</i>	6
Oligochaeta		1		<i>Gomphidae</i>	8
Gasteropoda	<i>Ancylidae</i>	6		<i>Libellulidae</i>	6
	<i>Physidae</i>	3		<i>Coenagrionidae</i>	6
	<i>Hydrobiidae</i>	3		<i>Calopterygidae</i>	8
	<i>Limnaeidae</i>	3		<i>Polythoridae</i>	10
	<i>Planorbidae</i>	3	Plecoptera	<i>Perlidae</i>	10
Bivalvia	<i>Sphaeriidae</i>	3		<i>Gripopterygidae</i>	10
Amphipoda	<i>Hyaellidae</i>	6			
Ostracoda		3	Coleoptera	<i>Ptilodactylidae</i>	5
				<i>Lampyridae</i>	5
				<i>Psephenidae</i>	5
Hydracarina		4		<i>Scirtidae</i>	5
				<i>(Helodidae)</i>	
				<i>Staphylinidae</i>	3
				<i>Elmidae</i>	5
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	4		<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Leptophlebiidae</i>	10		<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Leptohyphidae</i>	7		<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Oligoneuridae</i>	10		<i>Hydrophilidae</i>	3
Heteroptera	<i>Veliidae</i>	5		<i>Hydraenidae</i>	5
	<i>Gerridae</i>	5			
	<i>Corixidae</i>	5			
	<i>Notonectidae</i>	5			
	<i>Belostomatidae</i>	4	Diptera	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Naucoridae</i>	5		<i>Simuliidae</i>	5
Trichoptera	<i>Helicopsychidae</i>	10		<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Calamoceratidae</i>	10		<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Odontoceridae</i>	10		<i>Limoniidae</i>	4
	<i>Leptoceridae</i>	8		<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Polycentropodidae</i>	8		<i>Dixidae</i>	4
	<i>Hydroptilidae</i>	6		<i>Psychodidae</i>	3
	<i>Xiphocentronidae</i>	8		<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Hydrobiosidae</i>	8		<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Glossosomatidae</i>	7		<i>Empididae</i>	4
	<i>Hydropsychidae</i>	5		<i>Chironomidae</i>	2

<i>Anomalopsychid</i>	10	<i>Culicidae</i>	2
<i>ae</i>		<i>Muscidae</i>	2
<i>Philopotamidae</i>	8	<i>Ephydriidae</i>	2
<i>Limnephilidae</i>	7	<i>Athericidae</i>	10
		<i>Syrphidae</i>	1

Fuente: Ríos, 2014.

Tabla 4-1: Puntajes para calidad del agua según el índice ABI

Calidad del agua	Puntaje	Color
Excelente	>96	Azul
Buena	59-96	Verde
Moderada	35-58	Amarillo
Mala	14-34	Naranja
Pésima	<14	Rojo

Fuente: Gamarra et al., 2018.

1.2.4. Índices de diversidad Alfa

La diversidad alfa mide el número de especies que están interactuando en un área de un determinado tamaño y comprende la variabilidad de especies bajo los criterios de riqueza y heterogeneidad. Dentro de la diversidad alfa se encuentra el índice de diversidad de Shannon y el índice de dominancia de Simpson (SAI, 2016, p.2).

1.2.4.1. Índice de diversidad de Shannon

Este índice de diversidad se encarga de medir el grado de incertidumbre en predecir a que especie pertenece un individuo seleccionado al azar. Además, representa la relación que existe entre la riqueza de especies y la abundancia relativa de individuos, ya que se asume que estos dos factores influyen en la heterogeneidad de la comunidad; y su cálculo se da con la siguiente fórmula

$$H' = -\sum[pi * \ln(pi)]$$

Ecuación 1-1

Donde:

pi: proporción de individuos de la especie i divididos para el número total de individuos de la muestra (N).

Tabla 5-1: Interpretación del Índice de Shannon

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

Fuente: SAI, 2016.

Tabla 6-1: Calidad del hábitat en función de los valores de H'

Rango	Afectación del sitio
< a 1,0	Ambientes alterados
1,0-3,0	Moderadamente alterados
3,0-5,0	Ambientes no alterados

Fuente: SAI, 2016.

1.2.4.2. Índice de Dominancia de Simpson

Este índice de diversidad tiene la tendencia de ser más pequeño cuando la comunidad de estudio es más diversa, y su interpretación radica en la probabilidad que existe en que dos individuos escogidos aleatoriamente de una comunidad pertenezcan a la misma especie. Su cálculo se define con la siguiente fórmula:

$$D = 1 - \sum(pi)^2$$

Ecuación 2-1

Donde:

pi: proporción de individuos de la especie en la comunidad. Mientras menor sea el valor de D, menor será la dominancia y se tendrá una mayor diversidad

1.2.5. Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR)

El índice QBR-And está adaptado para estudios de zonas andinas y se basa principalmente en la evaluación de la calidad de ambientes de ribera, valorando diferentes componentes del sistema, como:

- Grado de cubierta vegetal de las riberas; se registra todo el porcentaje de vegetación excluyendo las de crecimiento anual. Se toma en cuenta conjuntamente ambos lados del río.

- Estructura de la cobertura; corresponde a la complejidad de la vegetación teniendo en cuenta la linealidad en los pies de los árboles, las interconexiones entre árboles y arbustos de la ribera y la distribución de cobertura.
- Calidad de la cobertura; se evalúa la geomorfología del canal del tramo de estudio, como por ejemplo tomando en cuenta el tipo de suelo que existe, ya que un suelo duro y rocoso dificultaría enraizar una buena vegetación de ribera.
- Grado de naturalidad del canal fluvial; se refiere a los cambios que se dan a los alrededores del río ya sea por la presencia de estructuras sólidas, cultivos cercanos y la pérdida de sinuosidad en el río (Freshwater Ecology and management 2015, p.3-4).
- Además, el índice QBR-And considera y tienen en cuenta a las formaciones vegetales andinas y sus tipos de ribera, agrupándolos en 3 tipos:
 - Tipo 1:** Ribera de tipo rocoso, que no permite el desarrollo de una comunidad vegetal.
 - Tipo 2:** Ribera típica de paramos y punas, conformada por pajonal de gramíneas, en algunos casos con matorrales bajos, almohadillas y turberas de altura (bofedales).
 - Tipo 3:** Ribera conformada por una comunidad arbórea y/o arbustiva muy diversa. Este tipo de ribera es la más frecuente entre los 2000 y 4000 msnm y en algunos de los bosques relictos sobre los 4000 msnm en los páramos y punas (Acosta et al., 2009, p.41).

Tabla 7-1. Rangos de calidad del índice QBR-And

Descripción	Rangos de calidad	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 96	Azul
Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración fuerte, mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

Fuente: Acosta et al., 2009.

1.2.6. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

El IHF se centra en evaluar la capacidad del hábitat físico de un ecosistema que agrupa a una fauna determinada; por lo que, su fundamento se basa en que a una mayor presencia de diversidad de estructuras físicas del hábitat existirá una mayor diversidad de comunidades biológicas que la ocupen (Pardo et al., 2002,p-2).

El IHF evalúa concretamente la presencia de 7 parámetros diferentes que hacen referencia al hábitat fluvial:

- Inclusión rápidos y sedimentación pozas: se entiende que la inclusión son las partículas fijadas al lecho del río y la sedimentación es la precipitación del material fino en zonas lentas del río
- Frecuencia de rápidos: evalúa la heterogeneidad de grandes hábitats en la zona de estudio a través de la media de la presencia de rápido en relación con las zonas más calmadas
- Composición del sustrato y medida de las partículas: su composición media se basa en los sustratos de bloque y piedras (> 64 mm), cantos y gravas (2-64 mm), arena (0,6 - 2 mm) y limo y arcilla (< 0,6 mm)
- Regímenes de velocidad/profundidad: indica a que regímenes de velocidad y profundidad existirá una mayor biodiversidad de hábitats para los organismos.
- Porcentaje de sombra en el cauce: a través de la observación se determinará si existe sombra proyectada por la cubierta vegetal adyacente al río, dándose una alteración en las características físicas y por la influencia de los productores primarios.
- Elementos de heterogeneidad: toma en cuenta los sustratos presentes en el lecho del río como las hojas, ramas, troncos, raíces los cuales son de alimentos y hábitats para los organismos.
- Cobertura y diversidad de la vegetación acuática: estima la cobertura de la vegetación acuática en el cauce del río (Agencia Catalana del Agua, 2006, p.35-36).

Tabla 8-1. Rangos de calidad del índice IHF. Rangos de calidad del índice IHF

Descripción	Rangos de calidad	Color
Muy alta diversidad de hábitats	>90	Azul
Alta diversidad de hábitats	71-90	Verde
Diversidad de hábitats media	50-70	Amarillo
Baja Diversidad de hábitats	31-49	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	0-30	Rojo

Fuente: Acosta et al., 2009.

1.2.7. Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF)

Para (Caho y López, 2017) el índice de calidad de agua “es una herramienta que permite identificar la calidad de agua de un cuerpo superficial o subterráneo en un tiempo determinado, incorporando análisis físicos, químicos y biológicos mediante ecuaciones matemática evaluando así el estado de un cuerpo de agua” Para el cálculo del ICA se realiza una suma lineal ponderada de los subíndices, arrojando resultados entre 0 a 100 (0 representa una calidad del agua muy pobre y 100

una calidad de agua excelente) (Universidad de Pamplona, 2007, p.2). El índice de calidad de agua se calcula con la siguiente expresión:

$$QI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Ecuación 3-1

Donde:

WQI: índice de calidad de agua

SI: subíndice del parámetro i

Wi: factor de ponderación para el subíndice i.

Tabla 9-1: Interpretación del índice de calidad del agua

Calidad del agua	Resultado	Color
Excelente	91-100	Azul
Buena	71-90	Verde
Media	51-70	Amarillo
Mala	26-50	Naranja
Muy mala	0-25	Rojo

Fuente: Universidad de Pamplona, 2007.

1.2.8. Parámetros para la determinación del Índice de Calidad del Agua

1.2.8.1. Turbiedad

Es una propiedad óptica causada por materia suspendida y coloidal que hace que la luz sea dispersa y absorbida en el agua en lugar de que se transmita en línea recta a través de ella, es decir, a mayor intensidad de dispersión de la luz la turbiedad será mayor y las partículas suspendidas absorberán el calor del sol aumentando así la temperatura del agua, lo que a su vez reducirá los niveles de oxígeno disuelto (Carpio, 2007, p.4). La turbidez se mide en Unidades Nefelométricas de Turbidez (NTU). El instrumento usado para su medida es el nefelómetro o turbidímetro, que mide la intensidad de la luz dispersada a 90 grados cuando un rayo de luz pasa a través de una muestra de agua (González, 2011, p.7).

1.2.8.2. Temperatura

La temperatura es una constante física que tiene gran importancia en el desarrollo de los diversos fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse (Rodríguez, 2009, p.2). La temperatura del agua interactúa con el oxígeno disuelto, situación en la cual el agua caliente contiene menos oxígeno disuelto que el agua fría.

1.2.8.3. pH

El pH se define como el logaritmo de la concentración de iones hidrógeno. La escala de pH se extiende desde el 0 (muy ácido) al 14 (muy alcalino), siendo 7 la neutralidad exacta a 25°C. Para (Rodríguez y Silva 2015) el intervalo de pH 6.5 a 8.5 en el agua es apropiada para la subsistencia de muchos sistemas biológicos, mientras que valores mayores a 9.0 y menores de 5.8 producen limitaciones al desarrollo y a la fisiología de los organismos acuáticos.

1.2.8.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno es una de las propiedades más importantes en la dinámica y caracterización de los sistemas acuáticos siendo esta indispensable para la subsistencia de la gran mayoría de animales marinos; es decir, si existe una alta cantidad de OD la calidad del agua es buena, y si la proporción de oxígeno disminuye es indicativo de una mala calidad de agua ya que existirá altas concentraciones bacterianas en ella (Alvarado y Aguilar, 2009, p.42). En su estudio indica que “la cantidad de oxígeno disuelto en el agua está condicionada por varios factores, sin embargo, se señalan tres importantes, la temperatura, la salinidad de agua y la presión atmosférica”. La solubilidad del OD aumenta cuando existe una disminución de la temperatura y la salinidad, afectando el porcentaje de saturación óptimo de oxígeno en un cuerpo de agua (Alvarado y Aguilar, 2009, p.15).

1.2.8.5. Nitratos

Es un compuesto químico inorgánico que puede estar presente en pequeñas concentraciones como parte de la composición química normal del agua y son a la vez indicadores importantes de la calidad del agua por su gran movilidad y fácil infiltración en acuíferos; por otra parte, los nitratos se hacen presente por determinadas actividades antrópicas asociadas a la agricultura y excretas de animales, contribuyen a que sus niveles se eleven considerablemente (Montiel et al., 2014).

1.2.8.6. Fosfatos

El ion fosfato contribuye directamente al ciclo biológico en los cuerpos de agua y sirve como nutriente del crecimiento de algas y plantas acuáticas en humedales de agua dulce. Las concentraciones de fósforo que son menores a 0,05mg son indicativos de ambientes sin contaminación, mientras que valores de 0,05mg/L a 0.100mg/L indican una calidad de agua regular a mala. Por otra parte, al existir una mayor concentración de fosfatos las algas crecen de una manera desmedida afectando así la cantidad de oxígeno en el agua, se da un crecimiento acelerado de la materia orgánica viva, una mayor tasa de descomposición desarrollando así problemas de eutrofización (Rodríguez y Silva, 2015, p.2).

1.2.8.7. Sólidos totales disueltos

Es una medida de toda la materia que existe en una muestra de agua con tamaños menores a 2 micrones que no pueden ser removidos por un filtro tradicional los STD son la suma de todos los minerales, metales y sales disueltos en el agua, además que esta propiedad es un buen indicativo de la calidad del agua y según la USEPA sugiere un máximo de 500mg/L en agua potable (Sigler y Bauder, 2017, p.87).

1.2.8.8. DBO

La demanda bioquímica oxígeno indica la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias aeróbicas para la degradación de materia orgánica presente en el agua, representa por tanto una medida directa de la concentración de la materia orgánica e inorgánica degradable o transformable biológica. La DBO5 consiste en realizar una medida inicial de OD y una media final, tras 5 días de incubación a 20°C (Rodríguez y Silva, 2015, p.10).

1.2.8.9. Coliforme fecales

Son bacterias patógenas que pertenecen al grupo coliforme y sirven de control de la calidad sanitaria de los recursos del ambiente, entre las bacterias más utilizadas como indicadores se encuentran los coliformes totales y termo tolerantes. Las unidades son NMP/100 ml que determina el número más probable por unidad de volumen de agua (Larrea et al., 2013, p.4).

1.3. Bases conceptuales

1.3.1. Análisis de datos

El proceso que se ejecutará para el análisis de los datos obtenidos es: riqueza como el número total de especies registradas o el número total de familias registradas, abundancia como el número de individuos registrados de una especie y diversidad por los índices alfa de Shannon y Simpson.

1.3.2. Bioindicadores

Son seres vivos muy sensibles a los cambios ambientales de su entorno y pueden ser empleados para conocer el estado de salud de un ecosistema.

1.3.3. Biodiversidad

Es la variabilidad de organismos vivos que habitan un espacio determinado, también comprende a la variedad de ecosistemas y a las diferencias genéticas de las distintas especies

1.3.4. Esfuerzo de muestreo

Es el tiempo que se tomará para identificar primero el sitio a monitorear, el tipo de metodología que se aplicará para muestrear, la cantidad de tiempo que se requerirá para realizar las tomas de muestras.

1.3.5. Especies indicadoras de sensibilidad

Son bioindicadores de la contaminación y pueden generar información de alguna perturbación que afecte o se esté generando en los ecosistemas acuáticos; son de gran interés para posteriores estudios.

1.3.6. Estratos ecológicos

En ecosistemas acuáticos, la estratificación depende de la luz y el agua; en donde los macroinvertebrados pueden adaptarse a cualquier estrato. Entre los estratos considerados tenemos:

- Bentos: organismos que viven en el fondo de los ríos, adheridos a piedras, rocas, troncos, hojarascas y sustratos similares.
- Pleuston: organismos que viven ligados a la vegetación flotante. • Neuston: organismos que viven sobre la superficie del agua.
- Necton: organismos que nadan libremente en el agua.

1.3.7. Manipulación de especímenes

El material recolectado es depositado en bandejas blancas para lograr una mejor visibilidad e identificación de los macroinvertebrados, para luego ser preservados los especímenes en tubos esplendor con alcohol al 70% debidamente etiquetados.

1.3.8. Muestra

Es aquella que representa a pequeña escala algo que tiene la misma calidad, pero en mayor proporción y debe presentar las mismas características de una población.

1.3.9. Muestreo cuantitativo

El empleo de una red tipo D para la colecta de macroinvertebrados es un método de aplicación muy eficiente ya que se logra obtener una diversidad y abundancia de la fauna acuática. Esta red es colocada contra corriente y se remueve el sustrato con las manos o pies para que así estos queden atrapados en ella, realizando campañas de muestreo en cada microhábitat seleccionada con la finalidad de obtener mayor diversidad de especies.

1.3.10. Nichos tróficos

Determinado por el papel funcional que cumplen los macroinvertebrados acuáticos en la comunidad y por las características alimenticias de cada uno de los individuos.

1.3.11. Parque Nacional Llanganates

Es un área protegida del Ecuador que cuenta con una extensión de 219.931,81 ha. cuya superficie se extiende por las provincias de Tungurahua, Cotopaxi, Napo y Pastaza. Tiene gran importancia biológica gracias a sus numerosos ecosistemas altoandinos, gran rango altitudinal y aislamiento de la cordillera de los Andes, factores que han sido reconocidos tanto a nivel nacional e

internacional, ha sido reconocido como IBA en 2005 por BirdLife International y la zona altoandina del parque ha sido reconocida como Sitio como Sitio RAMSAR en el año 2008 (BirdLife International y Aves y Conservación, 2014)

1.3.12. Quebrada

Se denominada quebrada al paso estrecho de agua entre relieves, poseen un caudal pequeño lo que hace que no sean navegables y presentan poca profundidad.

1.3.13. Red tipo D

Es una de las redes más empleadas para la captura de macroinvertebrados acuáticos en ambientes lóticos como ríos y quebradas de poca profundidad, el tamaño de la malla no debe superar los 300 μ , el largo de la tela porosa que es parte de la red es de 80cm y con un mango metálico de aproximadamente de 1m.

CAPÍTULO II

2. MARCO METODOLÓGICO

2.1. Localización del área de estudio

La Quebrada Condorguayco se encuentra ubicada en el área protegida del Parque Nacional Llanganates y atraviesa a la laguna de Anteojos, este Parque Nacional cuenta con una extensión de 219.931,81 ha. cuya superficie se extiende por las provincias de Tungurahua, Napo, Pastaza y Cotopaxi y se sitúa a una altura mínima de 2960msnm y una altura máxima de 4571msnm. La ubicación de la Quebrada Condorguayco es por Salcedo en el km 32 de la nueva vía SalcedoTena, su longitud es de 1457.28m y geográficamente se encuentra ubicada en la zona 17S bajo las coordenadas UTM_WGS84. Las características físicas en donde se encuentra la quebrada Condorguayco presenta tres diferentes formaciones vegetales que son la zona inundable, zona arbustal y el herbazal de paramo; el agua de la quebrada es usada comúnmente por la comunidad de Sacha para regadío y el pastoreo de ganado vacuno en la zona baja; los tipos de suelos que se encuentran presentes en el Parque Nacional Llanganates son los Distrandeps, Hidrandeps y Cryaquept los cuales son característicos de zonas frías, húmedas y con fuertes precipitaciones (Antonio y Velásquez, 2008, p.8). El clima que predomina en esta área protegida es un clima ecuatorial frío de alta montaña con precipitaciones entre 800 y 2000mm y con temperaturas medias anuales menores a 12°C. En cuanto a la flora existente en el sector se puede encontrar una vegetación arbustiva que comprende el romerillo de páramo, chuquiragua, amor sachá, achupalla, entre otros y un estrato herbáceo compuesto por diferentes especies de almohadilla y pajonal (Bastidas y Tapia, 2017, p.3).

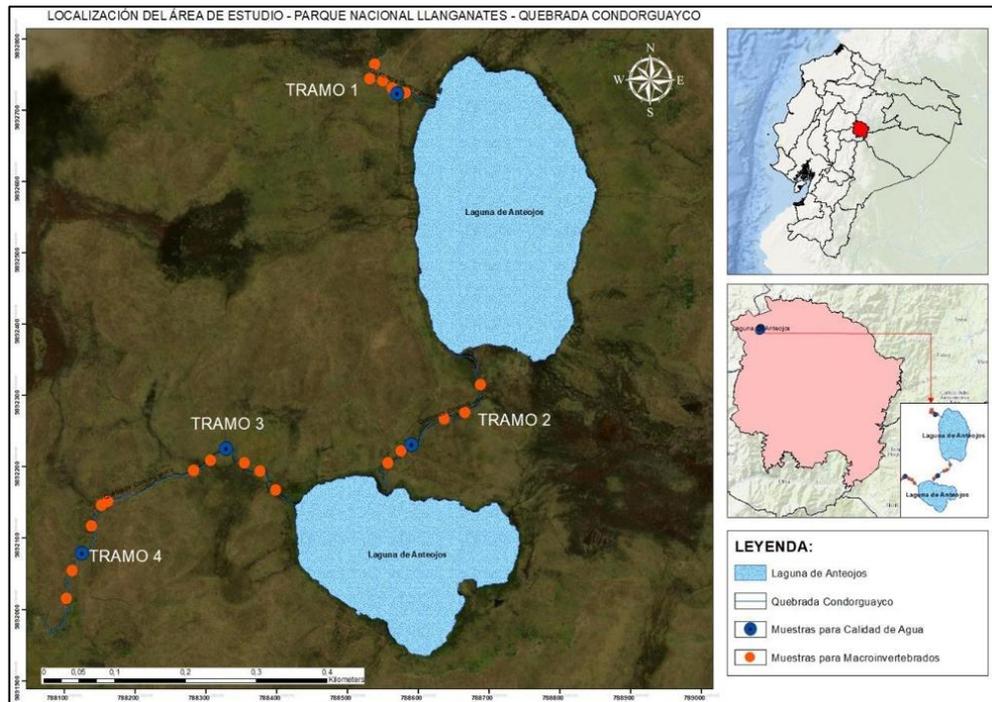


Figura 1-2. Mapa de localización del área de estudio

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

2.2. Selección de puntos de muestreo

Para la selección de los puntos clave de muestreo primero se consideró el realizar un recorrido a lo largo de la quebrada Condorguayco, con el fin de conocer sus condiciones físicas, la accesibilidad del lugar, que cumplan con la seguridad del equipo muestreador y denotar características significativas del medio donde se encuentra la quebrada.

2.2.1. Puntos de muestreo para macroinvertebrados

Se consideró para el muestreo cuatro tramos representativos de la quebrada Condorguayco que son: la zona del herbazal inundable de páramo, zona herbazal del páramo (con dos tramos) y una zona arbustal del páramo, en donde se consideró para cada tramo el tomar seis muestras de agua para la identificación de macroinvertebrados; teniendo en cuenta que se realizó campañas de muestreo desde diciembre a mayo. De igual manera se realizó la georreferenciación de cada uno de los puntos para posteriormente ser introducidos en el software ArcGis y obtener así un mapa base del muestreo.

Tabla 1-2: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 1, Zona del herbazal inundable de páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788538	788531	788549	788563	788570	788581
Altitud	9892764	9892744	9892741	9892731	9892724	9892725

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tabla 2-2: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 2, Zona herbazal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788687	788665	788636	788590	788575	788556
Altitud	9892315	9892276	9892267	9892231	9892222	9892205

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tabla 3-2: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 3, Zona herbazal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788398	788376	788354	788328	788306	788282
Altitud	9892167	9892194	9892205	9892226	9892209	9892195

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tabla 4-2: Ubicación de los puntos a muestrear del tramo 4, Zona arbustal del páramo

Ubicación de las muestras	Muestra 1	Muestra 2	Muestra 3	Muestra 4	Muestra 5	Muestra 6
Longitud	788161	788152	788138	788125	788111	788103
Altitud	9892151	9892146	9892117	9892079	9892054	9892015

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

2.2.2. Puntos de muestreo para análisis físicos, químicos y microbiológicos

Con respecto al análisis del Índice de Calidad de Agua, se tomó en consideración un punto de muestreo en cada uno de los cuatro tramos representativos de la quebrada y con ayuda de un GPS se tomó las coordenadas de la ubicación exacta de donde se muestreará, para posteriormente localizarlas geográficamente a través del uso del software ArcGis para obtener el mapa base de muestreo.

Tabla 5-2: Ubicación de los puntos a muestrear para analizar parámetros físicos, químicos y microbiológicos

Ubicación de las muestras	Tramo 1	Tramo 2	Tramo 3	Tramo 4
Longitud	788570	788590	788328	788125
Altitud	9892724	9892231	9892226	9892079

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

2.3. Muestreo

El método de muestreo que se empleará a la investigación será de tipo no probabilístico o dirigido; debido a que los puntos de muestreos que se seleccionarán en la Quebrada Condorguayco serán por: reconocimiento de campo, según sea la accesibilidad al lugar y por zonas que posean características representativas para el muestreo

2.3.1. Muestreo para macroinvertebrados

Para la identificación de macroinvertebrados acuáticos se tomó en cada uno de los cuatro tramos considerados seis muestras a lo largo de cada uno de los 4 transecto de aproximadamente 100m; teniendo en cuenta que el muestreo realizado se desarrolló a través de campañas de monitoreo desde el mes de diciembre hasta el mes de mayo. Para la recolección de macroinvertebrados, se tomó muestras de agua utilizando una red tipo D con una abertura $<300 \mu\text{m}$ que se colocó en contra corriente para luego remover el sustrato del fondo de la quebrada con los pies y que aguas abajo a 1m aproximadamente queden atrapados los macroinvertebrados desprendidos del sedimento y de las hojarascas. Luego se filtró un poco el agua de la red y se colocó en bandejas blancas todo el sedimento recolectado, con el fin de obtener una cantidad considerable de la misma (repetir en caso de haber poco sedimento), para después verter el contenido de la bandeja en fundas ziploc debidamente etiquetadas. Por último, se utilizó un estereomicroscopio para observar sus características físicas e identificar a cada uno de los macroinvertebrados recolectados y llevar un conteo del número de individuos encontrados por familia para después colocarlos en tubos eppendorf debidamente etiquetados con alcohol al 70% para su conservación. Se utilizó el Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERAS) y la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia que sirvió de apoyo en la identificación de los macroinvertebrados en poder ubicarlos a la familia taxonómica a la que pertenecen

2.3.2. Muestreo de toma de agua

Para el muestreo, manejo y conservación de las muestras de agua recolectadas se apoyó en los protocolos de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2176:1998 y de la Norma Técnica Ecuatoriana NTE INEN 2169:2013.

2.3.2.1. Muestreo Fisicoquímico

Para el procedimiento de muestreo se utilizó frascos ambar que estén debidamente etiquetados, lavados y esterilizados para evitar cualquier alteración en sus análisis, se tomó cuatro muestras de agua en los puntos de monitoreo ya establecidos y se sumergió el frasco en contracorriente evitando que se formen burbujas en su interior y siendo transportados en un cooler para mantener su temperatura hacia los laboratorios del GIDAC y de Calidad de Agua de la ESPOCH.

2.3.2.2. Muestreo Microbiológico

La toma de muestra de agua se la realizó con un recipiente de plástico estéril tomando aproximadamente 50ml de agua en cada uno de los puntos de monitoreo ya establecidos de los cuatro tramos, la muestra representativa se la tomó en la mitad de la quebrada evitan la parte superficial.

2.4. Determinación del Índice BMWP/Col y ABI

Para la determinación de los índices BMWP/Col y ABI, fue necesario apoyarse en el Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos (CERA-S) y la Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia para la identificación de los macroinvertebrados recolectados en la Quebrada Condorguayco, asimismo se desarrolló una base de datos con toda la información taxonómica de cada uno de los macroinvertebrados acuáticos reconocidos, la cantidad encontrada en cada punto monitoreado y la asignación del puntaje para cada familia según sea el Índice ABI y BMWP/Col.

2.5. Determinación de los índices de Biodiversidad Alfa

2.5.1. Índice de diversidad de Shannon

Para determinar este índice de diversidad se apoyó de los datos obtenidos del total del número de especies encontradas en todo el muestreo de macroinvertebrados acuáticos y la cantidad presente en cada punto monitoreado, estableciendo de tal forma si existe una baja, mediana o alta diversidad y que tan alterado, moderado o no alterado se encuentra el hábitat. La fórmula que se utiliza para la determinación de este índice es la siguiente:

$$H' = -\sum[pi * \ln(pi)]'$$

Ecuación 1-2

2.5.2. Índice de dominancia de Simpson

La determinación de este índice radica en la probabilidad que existe en que dos individuos elegidos aleatoriamente de una comunidad pertenezcan a la misma especie y se interpreta el resultado que mientras sea menor el valor de D, menor será la dominancia y se tendrá una mayor diversidad. Su cálculo se da con la siguiente formula:

$$D = 1 - \sum(pi)^2$$

Ecuación 2-2

2.6. Determinación de los Índices Ecológicos

2.6.1. Índice de Calidad del Bosque de Ribera Andino (QBR-And)

El método empleado para evaluar la vegetación de ribera andina a través del índice QBR-And, es mediante una observación en campo seleccionándose 4 transectos de alrededor de 100m a lo largo de la Quebrada Condorguayco, donde las categorías a considerarse para su evaluación son: grado de cubierta vegetal, estructura de la cobertura, calidad de cobertura y grado de naturalidad del canal fluvial, según como lo indica (Acosta et al., 2009, p.16) en su Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA).

Tabla 6-2. Rangos de calidad del índice QBR-And

Descripción	Rangos de calidad	Color
Vegetación de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	≥ 96	Azul
Vegetación ligeramente perturbada, calidad buena	76-95	Verde
Inicio de alteración importante, calidad intermedia	51-75	Amarillo
Alteración fuerte, mala calidad	26-50	Naranja
Degradación extrema, calidad pésima	≤ 25	Rojo

Fuente: Acosta et al., 2009.

2.6.2. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Para determinar el índice de hábitat fluvial se seleccionó una longitud de 100m de 4 transectos a lo largo de la quebrada Condorguayco y mediante varias observaciones en campo se recopiló información necesaria para evaluarse los 7 componentes que considera este índice y como lo indica (Acosta et al., 2009, p.4) en su Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) estos son: inclusión rápidos, frecuencia de rápidos, composición del sustrato, regímenes de velocidad/profundidad, porcentaje de sombra, elementos de heterogeneidad y cobertura de vegetación acuática. Si el IHF presenta valores de puntuaciones menores a 40 indica que existe limitaciones de calidad de hábitat para el desarrollo de comunidades bentónicas, siendo el valor óptimo superior a 75 (Pardo et al., 2002, p.7).

Tabla 7-2. Rangos de calidad del índice IHF

Descripción	Rangos de calidad	Color
Muy alta diversidad de hábitats	>90	Azul
Alta diversidad de hábitats	71-90	Verde
Diversidad de hábitats media	50-70	Amarillo
Baja Diversidad de hábitats	31-49	Naranja
Muy baja diversidad de hábitats	0.30	Rojo

Fuente: Acosta et al., 2009.

2.7. Métodos de determinación de los parámetros ICA

Los parámetros considerados a medirse in-situ fueron el pH y temperatura, utilizando el Medidor de pH digital RCYAGO y para el oxígeno disuelto se utilizó el Medidor de Oxígeno Disuelto Tipo Pluma JPB-70A. Para el análisis de los parámetros de nitratos y fosfatos se empleó el método del Manual de Hanna C200; para la determinación de la turbidez se utilizó el equipo Hach Ratio/XR con un rango de medición de 20 por medio del método de espectrofotometría; para la

determinación de los sólidos totales disueltos se empleó el equipo Oakton PC 2700 bajo el método óptico; para la obtención de datos de la demanda bioquímica de oxígeno se utilizó el equipo Digestor de la DBO BD 600 con rango de medición de 0-40mg/L, con 428ml de volumen de muestra y añadiendo 2ml de nutrientes de DBO5, un magneto y 4 gotas de solución alcalina para inhibir la corrosión. Para el análisis de coliformes fecales se realizó la técnica de filtración de membrana, que consistió en filtrar 100ml de muestra a través del filtro de membrana microporosa donde quedarán retenidos los microorganismos para luego ser colocada esta membrana en una placa con el medio de cultivo Macconkey para posteriormente ser incubada por 24 horas a 37°C que se formaran las colonias de bacterias.

2.8. Determinación del Índice ICA-NSF

Esta técnica se basa por ser un índice que contempla a nueve parámetros y es su suma lineal ponderada, por lo tanto, es necesario que se tengan las mediciones de los parámetros en consideración los cuales son: temperatura, pH, turbidez, sólidos totales disueltos, oxígeno disuelto, nitratos, fosfatos, DBO5 y coliformes fecales que permitirán conocer el estado de la calidad del agua en trayectos específicos a través del tiempo. El índice de calidad de agua (ICA) que presenta un valor máximo de 100 quiere decir que posee condiciones óptimas, mientras que, si este valor va disminuyendo se interpretaría que existe un grado de contaminación en el curso de agua que se está analizando. La ecuación que se utiliza para el cálculo del ICA-NSF es la siguiente:

$$WQI = \sum_{i=1}^n SI_i W_i$$

Ecuación 3-2

Los pesos relativos de los parámetros (W_i) son:

Tabla 8-2: Valores relativos asignados a cada variable según el ICA-NSF

Parámetros	Valor del factor W_i
Coliformes fecales (CF)	0,15
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	0,10
Oxígeno disuelto (OD)	0,17
Nitratos (NO_3^{-1})	0,10
Fosfatos (PO_4^{3-})	0,10

Temperatura	0,10
Turbidez	0,08
Sólidos totales disueltos (STD)	0,08

Fuente: Quiroz, Izquierdo y Menéndez, 2017.

Gráficos para la determinación de los subíndices y pasos a seguir:

Si los coliformes fecales son mayores a 100,000 UFC/100ml el valor es 3; si los coliformes fecales son menores a 100,000 UFC/100ml se busca en el gráfico 1-2 el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

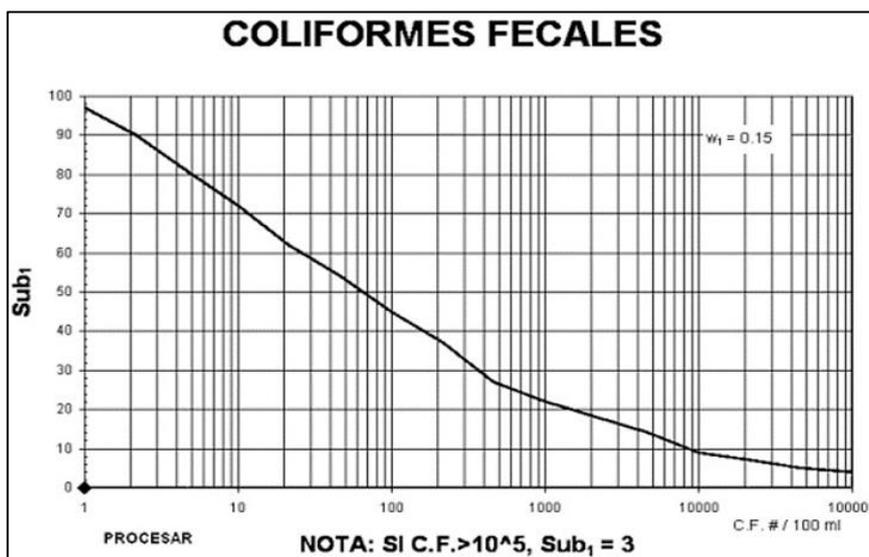


Gráfico 1-2. Valoración de la calidad del agua en función de Coliformes fecales

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si el pH es menor o igual a 2 el valor es 2; si el valor pH es mayor o igual a 10 el valor es igual a 3. Si el valor de pH esta entre 2 y 10 se busca en el gráfico 2-2 en el eje de la X el valor y se interpola con el eje de la Y.

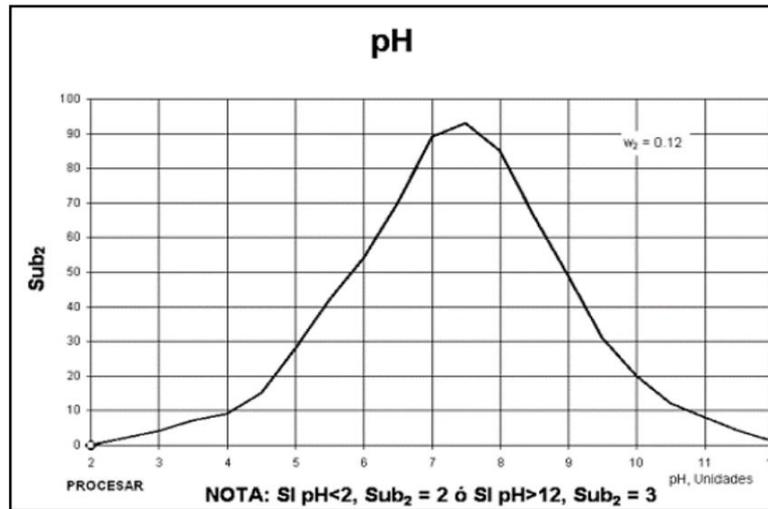


Gráfico 2-2. Valoración de la calidad del agua en función del pH

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si la DBO5 es mayor a 30mg/L el valor es 2; si la DBO5 es menor a 30mg/L en el gráfico 3- 2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

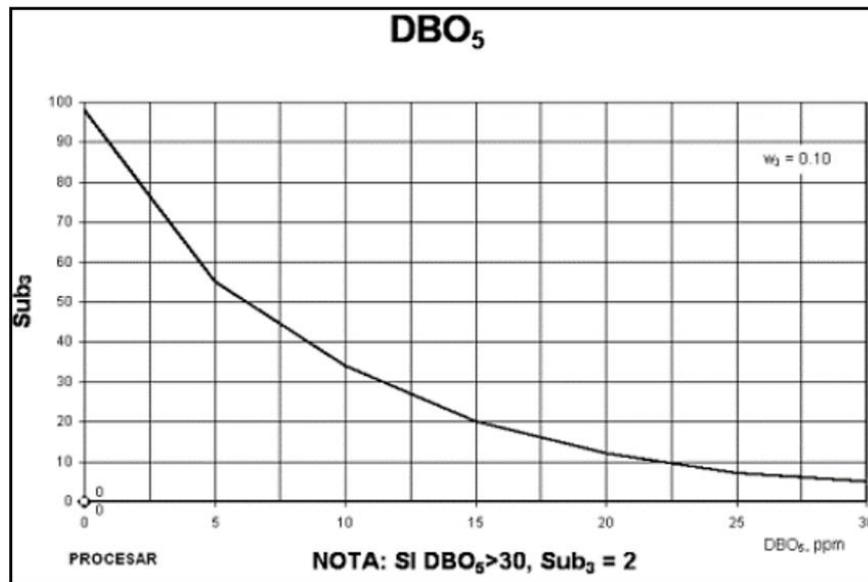


Gráfico 3-2. Valoración de la calidad del agua en función de la DBO5 Fuente: (Olivares 2018).

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si el valor de nitratos es mayor a 100mg/L el valor es 2; si el valor de nitrato es menor a 100mg/L en el gráfico 4-2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

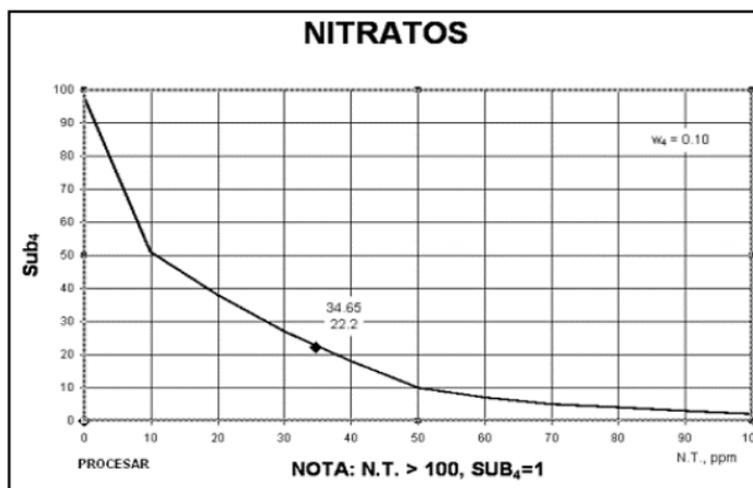


Gráfico 4-2. Valoración de la calidad del agua en función de los nitratos

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si el valor de los fosfatos es mayor a 10mg/L el valor es 5; si el valor de los fosfatos es menor a 10mg/L en el gráfico 5-2 se busca el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

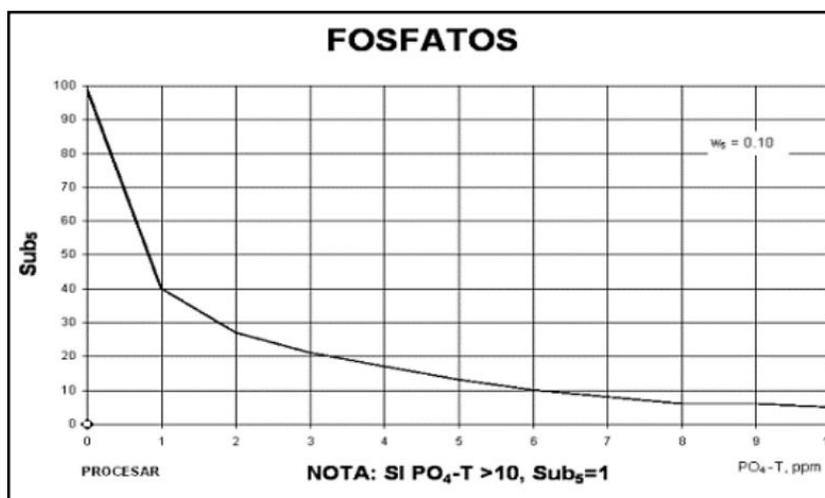


Gráfico 5-2. Valoración de la calidad del agua en función de los fosfatos

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Para el parámetro de temperatura se debe calcular la diferencia entre la temperatura ambiente con la temperatura de la muestra, entonces, si el valor de la diferencia obtenido es mayor a 15°C el valor es 9; pero si la diferencia obtenida es menor a 15°C se busca en el gráfico 6-2 el valor en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

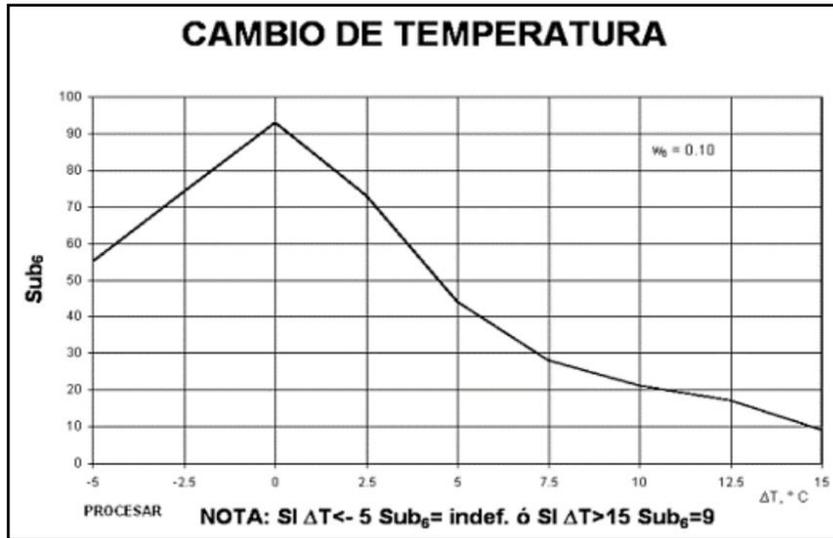


Gráfico 6-2. Valoración de la calidad del agua en función de la temperatura

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si la turbidez es mayor a 100 NTU el valor es 5; si la turbidez es menor a 100 NTU el valor se busca en el gráfico 7-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

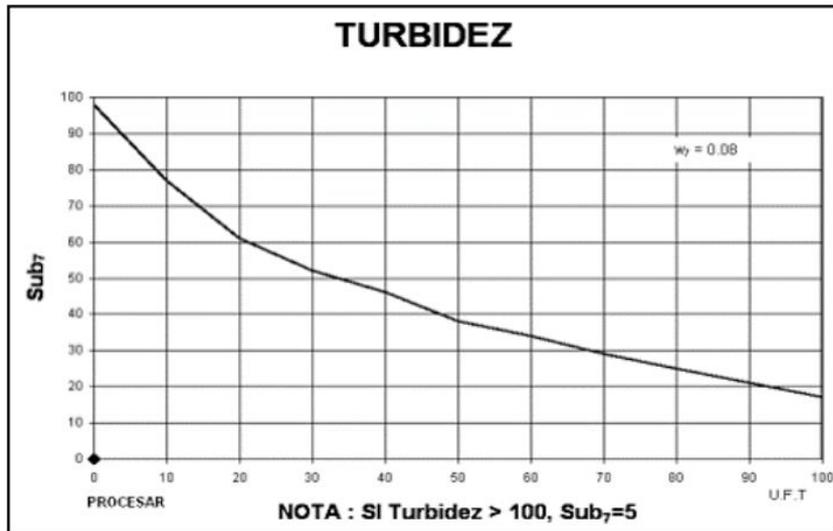


Gráfico 7-2. Valoración de la calidad del agua en función de la turbidez

Fuente: Olivares, 2018 .

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Si los sólidos disueltos totales son mayores a 500mg/L el valor es 3; si los sólidos disueltos totales son menores a 500mg/L el valor se busca en el gráfico 8-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

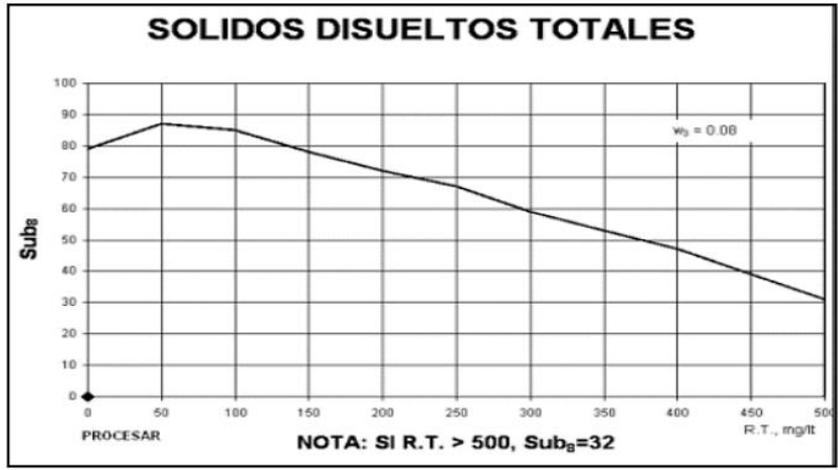


Gráfico 8-2. Valoración de la calidad del agua en función de los sólidos disueltos totales

Fuente: Olivares, 2018).

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022

Si el porcentaje de saturación del oxígeno disuelto es mayor a 140% el valor es 47; si el porcentaje de saturación de oxígeno disuelto es menor a 140% el valor se busca en el gráfico 9-2 en el eje de la X y se interpola con el eje de la Y.

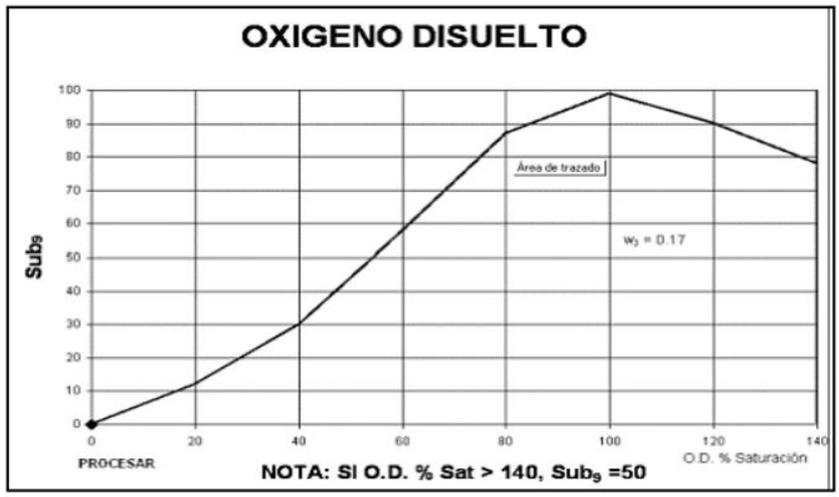


Gráfico 9-2. Valoración de la calidad del agua en función del porcentaje de saturación del OD

Fuente: Olivares, 2018.

Realizado por: Vasquez, Dayana. 2022.

CAPÍTULO III

3. MARCO DE RESULTADOS Y DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

3.1. Puntos de muestreo

Los puntos que se seleccionaron para la toma de muestras de agua para identificación de macroinvertebrados se basaron en las características físicas de la zona y por la afluencia de las actividades turísticas que se dan en el lugar; determinando de tal forma cuatro tramos a monitorear:

Tramo1: Zona del herbazal inundable de páramo, esta zona se conecta con la primera laguna de Antejos y fue considerada como punto de muestreo debido a que esta zona es turística en la cual se realiza actividades de pesca y de caminata.



Figura 1-3. Tramo 1: Zona del herbazal inundable de páramo

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tramo 2: Zona herbazal del páramo, esta zona es la que conecta a ambas lagunas de ahí su nombre “Laguna de Antejos” y se consideró debido a que es un punto estratégico en la cual puede existir un intercambio de algún contaminante entre ambas lagunas, teniendo en cuenta que esta zona sigue siendo turística.



Figura 2-3. Tramo 2: Zona herbazal del páramo

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tramo 3: Zona herbazal del páramo, esta zona es la que desemboca de la segunda laguna y se la consideró debido a que en esta zona no hay una presencia humana.



Figura 3-3. Tramo 3: Zona herbazal del páramo

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Tramo 4: Zona arbustal del páramo, esta zona se tomó en cuenta por ser el final de la quebrada.



Figura 4-3. Tramo 4: Zona arbustal del páramo

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Para la recolección de las muestras de agua de cada tramo se realizó un estudio de campo según sea su accesibilidad, las características físicas de cada zona y la seguridad que existe para el recolector; entonces, se desarrolló un muestreo aleatorio estratificado y se consideró un transecto de 100m aproximadamente donde se muestrearon 6 puntos en cada uno de los 4 tramos, obteniendo así un total de 24 muestras de agua para macroinvertebrados a lo largo de la quebrada. En el caso de la toma de muestra de agua para los análisis fisicoquímicos y microbiológicos solo se consideró un punto en cada uno de los 4 tramos seleccionados considerando de igual manera zonas en donde haya una profundidad considerable y teniendo en cuenta el cauce del río. Realizando campañas de monitoreo durante 6 meses (diciembre a mayo) teniendo en cuenta que durante el periodo de monitoreo fue en temporada lluviosa y seca.

3.2. Macroinvertebrados encontrados

A continuación, se detalla todos los macroinvertebrados recolectados, clasificándolos por clase, orden y familia llevando de tal forma un registro de la cantidad encontrada y el tamaño que mide de cada uno de ellos:

Tabla 1-3: Macroinvertebrados identificados en la Quebrada Condorguayco

Clase	Orden	Familia	Cantidad encontrada	Tamaño (mm)	Descripción
Insecta	Diptera	<i>Ceratopogonidae</i>	129	9.3	Su cuerpo es alargado y delgado (casi filiformes), su cabeza es larga y esclerotizada, ultimo segmento distinto a los demás sin pseudópodos (como máximo algunos pelos), habitan en aguas loticas adheridas a rocas emergentes. Anexo G-1
		<i>Chironomidae</i>	693	3.8	Larva alarga y cilíndrica, presenta 12 segmentos bien definidos, poseen un par de patas falsas en el primer segmento que ayuda a su movimiento, aunque estas pueden estar ausentes, son de color verde, su cabeza es esclerotizada, se encuentran presentes en aguas lóaticas y con abundante materia orgánica en descomposición. Anexo G-2
		<i>Dolichopodidae</i>	14	11.6	Su cuerpo es cilíndrico y blanquecino, posee una cabeza corta, su último segmento presenta una terminación diferente y se encuentran adheridos a la vegetación en aguas lóaticas. Anexo G-3
		<i>Empididae</i>	9	5.8	Cuerpo cilíndrico con prolongaciones, posee 8 segmentos, su ultimo segmento presenta una terminación distinta, habitan en aguas lentas y se encuentran adheridas a la vegetación. Anexo G-4
		<i>Limoniidae</i>	24	5.1	Su cuerpo es cilíndrico, la cabeza pasa desapercibida, en su mayoría retraída hacia el tórax, último segmento distinto a los demás que posee una cúpula respiratoria y se encuentran adheridos a los sustratos de piedras. Anexo G-5
		<i>Muscidae</i>	2	8.6	Su cuerpo es robusto a delgado, su último segmento presenta una terminación distinta, habitan en aguas lénticas donde existe abundante materia orgánica en descomposición. Anexo G-6
		<i>Simuliidae</i>	1	6.8	Tienen la cabeza esclerotizada, su cuerpo es cilíndrico, posee manchas dorsales oscuras, tienen la parte final hinchada, poseen una estructura tipo abanico que filtran las partículas que se encuentran en suspensión en el agua. Habitan en aguas con corrientes moderadas y se encuentran adheridos a las rocas y troncos. Anexo G-7

	Coleóptera	<i>Elmidae (Adulto)</i>	5	5.6	Son de color oscuro, sus antenas son más largas que su cabeza, caminan entre las piedras y otros sustratos duros, sus patas poseen 5 segmentos y son de color rojizo, comen algas y material detrítico y se encuentran en aguas de corriente moderada con poca profundidad. Anexo G-8
		<i>Scirtidae (Adulto)</i>	1	2.1	Los adultos son terrestres, su cuerpo es convexo y ovalado, poseen antenas, su alimentación se basa en material vegetal en descomposición. Anexo G-9
		<i>Scirtidae (Larva)</i>	6	7.5	Las larvas son acuáticas, su cuerpo es aplanado, alargado y poseen antenas, habitan en aguas lenticas. Anexo G-10
		<i>Elmidae (Larva)</i>	5	7.5	Cuerpo de forma cilíndrica, posee antenas que son más cortas que la cabeza, sus patas poseen 4 segmentos, viven en sustratos duros en zonas de corriente de aguas moderadas, se alimentan de algas y su ciclo de desarrollo es lento (1-2 años). Anexo G-11
		<i>Scarabaeidae</i>	1	6.4	Posee su cabeza semi esclerotizada, su cuerpo tiene forma de "C", la parte final de su cuerpo es hinchado. Posee patas delanteras que le ayudan a movilizarse y a excavar en la tierra, se alimentan de materia orgánica. Anexo G-12
	Trichoptera	<i>Limnephilidae</i>	14	10.6	Su abdomen es blando y el color de su cabeza es oscura, construyen estuches o casas hechas de diferentes materiales como partículas minerales, pedazos de plantas o piedras de tamaño medio muy bien distribuidas. Viven en lagos y ríos de aguas muy frías. Anexo G-13
	Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	3	8.9	Su cuerpo es alargado y no aplanado, posee tres apéndices caudales al final, disponen de branquias de forma ovalada situadas en la parte lateral de los segmentos abdominales, son de color verdosos, morenos o amarillos y a menudo pueden poseer manchas oscuras, tienen los ojos muy grandes y habitan en aguas rápidas debajo de troncos, rocas, hojas y pueden estar también adheridos a la vegetación sumergida. Anexo G-14
	Odonata	<i>Lestidae</i>	3	7.8	Su cuerpo es alargado, su cabeza tiene forma ovoide, sus patas son finas, sus alas son iguales y transparentes y se encuentran en aguas lenticas y loticas. Anexo G-15
Ostracoda	Myodocopida	<i>Cylindroleberididae</i>	401	0.3	Tienen una apariencia de semillas, están cubiertos por dos valvas, poseen mandíbulas y antenas, habitan en aguas loticas y lenticas sobre la vegetación, raíces o el lodo. Anexo G-16

Hirudinea	Glossiphoniiformes		48	8.9	Su cuerpo es aplanado, poseen manchas oscuras por toda su superficie dorsal, se encuentran adheridos a piedras, hojas, tallos y se movilizan reptando. Anexo G-17
<i>Malacostraca</i>	<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	680	5.7	desarrollados siendo redondos u ovoides, vive entre la hojarasca, la vegetación acuática o bajo las piedras en lugares con poca, o también moderada o fuerte corriente. Anexo G-18
Arachnoidea	Trombidiformes	<i>Hydrachnidae</i>	74	0.6	Son conocidos como los ácaros del agua, pueden ser de color negro o rojo, son muy pequeños y su cuerpo tiene forma circular a ovoide, se encuentran cerca de la vegetación acuática. Anexo G-19
Gasteropoda	Basommatophora	<i>Lymnaeidae</i>	109	8.7	Concha con una valva única es alargada y espiral con una punta pronunciada, organismo reptador, posee tentáculos amplios y triangulares y vive sobre sustratos duros, piedras o a veces sobre plantas en aguas profundas lóxicas o lenticas. Anexo G-20
		<i>Physidae</i>	36	4.1	Concha espiral y ovalada con una valva única, la punta de la concha es bien pronunciada, es un organismo reptador que se mueve muy lentamente, se encuentran adheridos a piedras y a la vegetación de las orillas, vive en aguas profundas lóxicas o lenticas. Anexo G-21
Turbellaria	Tricladida	<i>Planariidae</i>	48	6.8	Tienen su cuerpo aplanado, pueden ser de color gris, pardo o negro y pueden poseer manchas en su superficie dorsal, tienen dos manchas oculares en la cabeza y una apertura que sirve de boca y ano, se las encuentran debajo de las piedras, troncos y hojarasca. Anexo G-22
Bivalvia	Veneroida	<i>Sphaeriidae</i>	24	2.3	Concha formada por dos valvas redondeadas-ovaladas, se encuentran en el fondo de ríos entre guijarros o gravas, viven en lugares sin corriente o con corriente lenta y se alimentan de las partículas de materia orgánica que filtra. Anexo G-23
Oligochaeta	Haplotaxida	<i>Tubificidae</i>	718	24	Gusano de cuerpo cilíndrico largo y blando formado por muchos segmentos que lucen como anillos, viven entre el sustrato desde aguas con corrientes a estancadas, se alimentan de la materia orgánica que encuentran y nadan en forma de "ese" para desplazarse. Anexo G-24

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

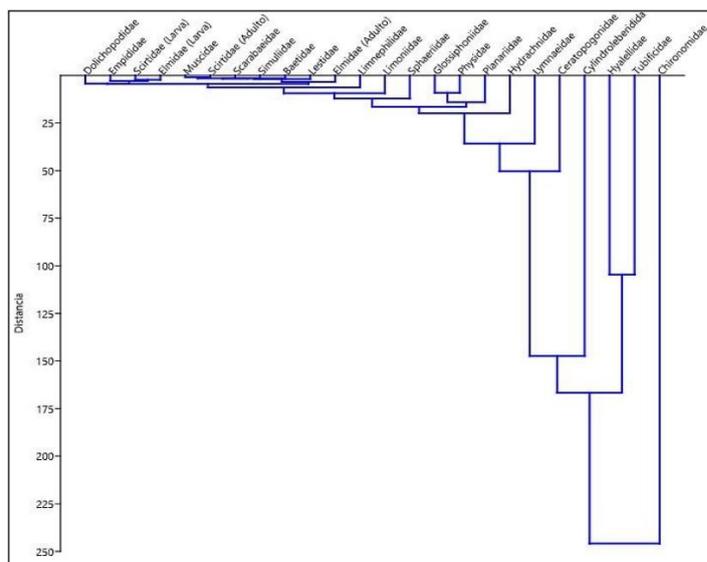


Gráfico 1-3. Dendrograma de distribución de las familias de macroinvertebrados identificados

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En la Tabla 18-3 se tiene toda la información obtenida de la identificación de los macroinvertebrados recolectados en la época seca del mes de diciembre hasta el mes de mayo que corresponde ya a la época lluviosa, se contabilizó un total de 3048 especímenes pertenecientes a 24 familias a lo largo de todos los puntos muestreados. Según el Grafico 1-3 se puede observar que las familias que se agrupan a la derecha son las que tuvieron más abundancia a lo largo de todo el muestreo desarrollado en la Quebrada Condorguayco, estando identificadas las familias *Tubificidae*, *Chironomidae*, *Hyalellidae* y *Cylindroleberididae* con porcentajes de 23,56%; 22,74%, 22,31% y 13,16% respectivamente. Por otra parte, las familias que se agrupan a la izquierda son las que se encontraron en menor abundancia presentando porcentajes de entre 0,033% a 0,79%. Las familias como *Glossiphoniidae*, *Hydrachnidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planariidae* y *Ceratopogonidae* tiene una abundancia intermedia en el muestreo con valor de entre 1,18% a 4,223%.

3.3. Índices de diversidad Alfa (Shannon y Simpson)

Tabla 2-3: Índices de Diversidad

Zona	Índice de Shannon	Índice de Simpson
------	-------------------	-------------------

Zona del herbazal inundable de páramo.	1,59	0,66
Zona herbazal del páramo 1.	1,86	0,79
Zona herbazal del páramo 2.	1,56	0,7
Zona arbustal del páramo.	1,3	0,62

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Con referencia a los resultados obtenidos en los índices de Shannon y de Simpson se demostró que la zona arbustal del páramo presenta una de las diversidades más bajas con 1,3 y un 0,62 de dominancia media de macroinvertebrados, resultados que poseen relación con la abundancia total de este tramo que es de 368 y con una riqueza de 14 familias identificadas, lo que corresponde que la afectación en este tramo es moderadamente contaminada. Lo que concierne a la zona herbazal del páramo del tramo 3, posee una riqueza de 14 especies identificadas con una abundancia total de 694 individuos registrados, es por ello que aquí la diversidad es mediana con 1,56 y con una dominancia media de 0,70. En cuanto al tramo 2 se evidencio que su diversidad es media con 1,86, con una riqueza de 15 familias de macroinvertebrados, con una abundancia total de 991 número de individuos contabilizados por especie y una dominancia mayor de macroinvertebrados de 0,79. Finalmente, para la zona del herbazal inundable de páramo su riqueza fue de 20 especies identificadas, una abundancia total registrada de 995 y también posee una diversidad y dominancia media con 1,59 y 0,66. A partir de todos estos resultados obtenidos para los índices alfas empleados se pudo obtener un promedio para calificar la diversidad y dominancia de macroinvertebrados, como se indica en la tabla 2-3, la Quebrada Condorguayco tiene una diversidad media de 1,58 y una dominancia media de 0,69, datos que hacen alusión a ecosistemas hídricos moderadamente alterados, esto es debido a la presencia humana y a las distintas actividades que se desarrollan en el lugar.

3.3.1. Análisis estadístico con respecto a la Abundancia

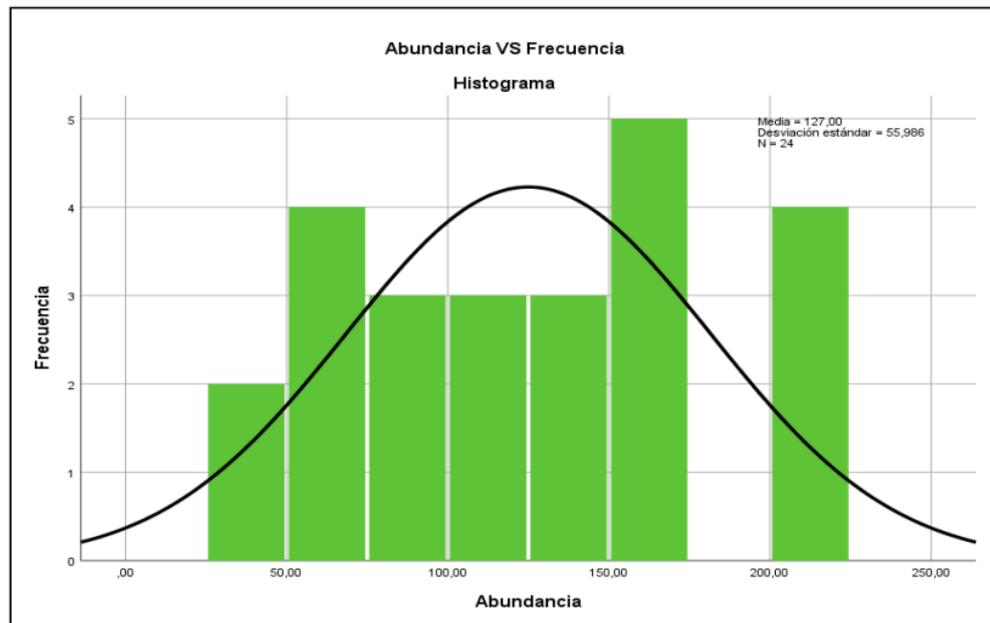


Gráfico 2-3. Abundancia VS Frecuencia

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Según los datos obtenidos a través de una estadística descriptiva, para la abundancia calculada de la Quebrada Condorguayco, se tiene una media de 127, una mediana de 126,50 y una moda en abundancia de 71 que corresponde a la zona del herbazal del páramo 2 de la muestra 1 con la zona arbustal del páramo de la muestra 6. Según el Grafico 2-3 se puede observar que se tiene una distribución simétrica de abundancia con referencia a los 4 tramos monitoreados. El promedio de la desviación estándar de la abundancia es de 55,986 respecto a la media. Por otra parte, la variación máxima (rango) de macroinvertebrados contabilizados en los 4 tramos en sus 6 puntos monitoreados respectivamente es de 185 individuos. Como dato mínimo de la abundancia de especies se registró 36 que corresponde a la zona arbustal de páramo en la muestra 5 estando presente las familias: *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Planariidae*, *Chironomidae* y *Elmidae* (Adulto) y como el dato máximo registrado de 221 individuos que estuvieron presentes en la zona herbazal inundable de páramo puntualmente en la muestra 3 estando presente las familias: *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Limoniidae*, *Elmidae* (Adulto), *Scirtidae* (Larva), *Elmidae* (Larva), *Limnephilidae*, *Hyaellidae*, *Hydrachnidae* y *Tubificidae* y en la zona herbazal de páramo 1 en la muestra 2 con 211 individuos estando presentes las familias: *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, *Lestidae*, *Cylindroleberididae*, *Glossiphoniidae*, *Hyaellidae*, *Hydrachnidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planariidae*, *Tubificidae*.

3.4.1.2. Prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 3-3: Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto a la Abundancia

RANGOS		
Transectos	N	Rango promedio
Abundancia	Transecto 1	6
	Transecto 2	6
	Transecto 3	6
	Transecto 4	6
	Total	24
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA (a,b)		
gl	3	
Sig. Asintótica	0,003	

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

a= Prueba de Kruskal Wallis; b= Variable de agrupación: Transectos. gl= grados de libertad.

Según los datos de la tabla 3-3 se tiene que, con un 95% de confiabilidad el nivel de significación asintótica fue de 0,003 indicando que existe diferencias significativas de abundancia de individuos que se encuentran en la Quebrada Condorguayco, en relación con las medias obtenidas de cada uno de los 4 transecto existe diferencias en el número de individuos por familia que se identificó. Se entiende que esta significación es a nivel total de toda la Quebrada, de manera que el número de individuos registrados para el transecto 1 difiere a los demás contabilizándose 995 individuos por las 20 familia aquí identificadas. Para el transecto 2 el número de individuos registrados fue de 991 para las 15 familias de macroinvertebrados registrados. Para el transecto 3 se tuvo un total de 694 individuos que fueron asignados a 14 familias de macroinvertebrados. Y, por último, el transecto 4 registro un total de 368 individuos para las 14 familias identificadas. Habiendo tenido 24 puntos muestreados y demostrando que existe una diferencia significativa se resume que la abundancia total contabilizada de la Quebrada Condorguayco fue de 3048 individuos.

3.4.1.3. Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)

Tabla 4-3: Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto a la abundancia

(I) Transectos	(J) Transectos	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Transecto 1	Transecto 2	0,67	1
	Transecto 3	50,17	0,215
	Transecto 4	104,50000*	0,003
Transecto 2	Transecto 1	-0,67	1
	Transecto 3	49,50	0,22

	Transecto 4	103,83333*	0,003
Transecto 3	Transecto 1	-50,17	0,215
	Transecto 2	-49,50	0,22
	Transecto 4	54,33	0,079
Transecto 4	Transecto 1	-104,50000*	0,003
	Transecto 2	-103,83333*	0,003
	Transecto 3	-54,33	0,079

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

* Diferencia significativas con un 95% de confiabilidad.

En la Tabla 4-3 se tienen los valores obtenidos a través de la prueba de Games-Howell de ANOVA de un factor, realizándose comparaciones múltiples entre los transectos 1, 2, 3 y 4 con referencia a la abundancia con un intervalo de confianza del 95%. Donde se demuestra que existen similitudes de comparación entre el transecto 1 con el transecto 2 y 3; en el transecto 2 hay similitud con el transecto 3 y el transecto 3 guarda similitud con el transecto 4. Por otra parte, se evidencia de igual manera diferencias entre los transectos, como es el caso del transecto 1 que corresponde a la zona herbazal inundable de páramo y el transecto 4 de la zona arbustal de páramo teniendo valores de significancia menor a 0,05 debido a que la abundancia que existe en el transecto 1 es de 995 individuos mientras en el transecto 4 se contabilizo una abundancia de 368 individuos de macroinvertebrados identificados, además, otro transecto que presento diferencias significativas fue entre el transecto 2 de la zona herbazal de páramo 1 con el transecto 4 de la zona arbustal de páramo ya que la diferencia de abundancia para cada uno es notorio registrándose de tal manera 991 individuos para el tramo 2 y 368 para el tramo 4.

3.3.2. Análisis estadísticos con respecto al Índice de Shannon

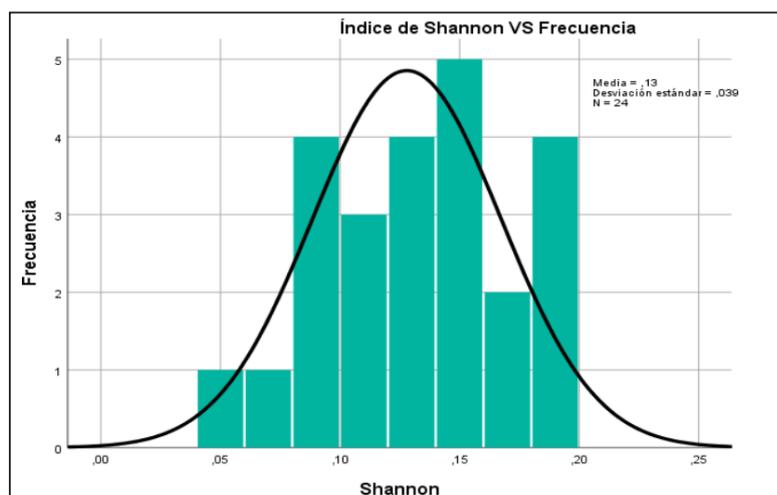


Gráfico 3-3. Índice de Shannon VS Frecuencia

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Según los datos obtenidos a través de una estadística descriptiva para el índice de Shannon de la diversidad de la Quebrada Condorguayco, se tiene que su media es de 0,12; una mediana de 0,13 y una moda de diversidad calculada para los 24 puntos monitoreados de 0,19. Según el Grafico 3-3 se puede observar que se tiene una distribución simétrica de diversidad con relación a los 24 puntos monitoreados de la quebrada registrándose en el primer tramo la identificación de 20 familias, en el segundo tramo la identificación 15 familias y en el tercer y cuartos tramo la identificación de 14 familias; por otra parte en lo que concierne al punto de nuestro más diverso se presenta en la zona del herbazal inundable del páramo de la muestra 3 y a la zona herbazal de páramo 1 de la muestra 2 presentando una abundancia proporcional de 221 macroinvertebrados en cada punto. El promedio de la desviación estándar para el Índice de Shannon es de 0,039 respecto a la media. Al respecto con la variación máxima (rango) de diversidad por familia de macroinvertebrados contabilizados en los 4 tramos de los 24 puntos monitoreados respectivamente es de 0,14. Como dato mínimo de la diversidad de familias se registró 0,05 que corresponde a la zona arbustal de páramo puntualmente en la muestra 5 estando presente solamente las familias: *Chironomidae*, *Elmidae* (Adulto), *Hyalellidae*, *Planariidae* y *Tubificidae*; y como dato máximo registrado de 0,19 de diversidad presente en la zona arbustal de páramo puntualmente en la muestra 3 y en la zona del herbazal del páramo 1 en la muestra 2 estando presente las familias: *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Limoniidae*, *Elmidae* (Adulto), *Scirtidae* (Adulto), *Scirtidae* (Larva), *Elmidae* (Larva), *Limnephilidae*, *Hyalellidae*, *Hydrachnidae*, *Tubificidae* y *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, *Lestidae*, *Cylindroleberididae*, *Glossiphoniidae*, *Hyalellidae*, *Hydrachnidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planariidae*, *Tubificidae* respectivamente.

3.3.2.1. Prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 5-3: Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto al Índice de Shannon

RANGOS		
Transectos	N	Rango promedio
Shannon	Transecto 1	6
	Transecto 2	6
	Transecto 3	6
	Transecto 4	6
	Total	24
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA (a,b)		
gl	3	
Sig. Asintótica	0,002	

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

a= Prueba de Kruskal Wallis; b= Variable de agrupación: Transectos. gl= grados de libertad.

Según los datos de la tabla 5-3 se tiene que, con un 95% de confiabilidad el nivel de significación asintótica fue de 0,002 indicando que existe diferencias significativas de diversidad de familias que se encuentran en la Quebrada Condorguayco en relación con las medias obtenidas de cada uno de los 4 transectos, evidenciándose una discrepancia de la diversidad de las familias identificadas.

Se entiende que esta significación es a nivel total de toda la Quebrada, de manera que el número de familias identificadas en el tramo 1 fue de 20 familia. Para el transecto 2 se identificó 15 familias de macroinvertebrados. Para el transecto 3 se obtuvo 14 familias de macroinvertebrados identificadas. Y, finalmente, el transecto 4 registró 14 familias. Habiendo tenido 24 puntos muestreados y demostrando que existe una diferencia significativa se resume que, la diversidad de la Quebrada Condorguayco obtenida para el Índice de Shannon por familia es de 3,08; encontrándose más diverso el tramo 1, seguido del tramo 2 y por último el tramo 3 y 4.

3.3.2.2. Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)

Tabla 6-3: Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto al Índice de Shannon

(I) Transectos	(J) Transectos	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Transecto 1	Transecto 2	0,00	1,00
	Transecto 3	0,033	0,20
	Transecto 4	0,075*	0,002
Transecto 2	Transecto 1	0,00	1,00
	Transecto 3	0,033	0,20
	Transecto 4	0,075*	0,002
Transecto 3	Transecto 1	-0,033	0,20
	Transecto 2	-0,033	0,20
	Transecto 4	0,042	0,069
Transecto 4	Transecto 1	-0,075*	0,002
	Transecto 2	-0,075*	0,002
	Transecto 3	-0,042	0,069

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

* Diferencia significativas con un 95% de confiabilidad.

En la Tabla 6-3 se tienen los valores obtenidos a través de la prueba de Games-Howell de ANOVA de un factor, realizándose comparaciones múltiples entre los transectos 1, 2, 3 y 4 con referencia al índice de Shannon que mide la diversidad de familias con un intervalo de confianza del 95%. Donde se demuestra que existen similitudes de comparación entre el transecto 1 con el transecto

2 y 3; en el transecto 2 hay similitud con el transecto 3 y el transecto 3 guarda similitud con el transecto 4. Por otra parte, se evidencia de igual manera diferencias entre los transectos, como es el caso del transecto 1 que corresponde a la zona herbazal inundable de páramo y el transecto 4 de la zona arbustal de páramo teniendo valores de significancia de 0,002 debido a que la diversidad que se presenta en cada uno de los tramos mencionados es de 20 familias y de 14 familias respectivamente, calculándose así un promedio de índice de Shannon para el transecto 1 de 0,94 y para el transecto 4 de 0,47; de manera similar sucede con los transectos 2 y 4 de la zona herbazal de páramo 1 y la zona arbustal de páramo presentando diferencias significativas menores a 0,05 ya que la diferencia de diversidad con respecto a las familias identificadas para cada uno de los tramos es de 15 familias y 14 familias respectivamente, calculándose así un promedio de índice de Shannon para el transecto 2 de 0,94 y para el transecto 4 de 0,47.

3.3.3. Análisis estadísticos con respecto al Índice de Simpson

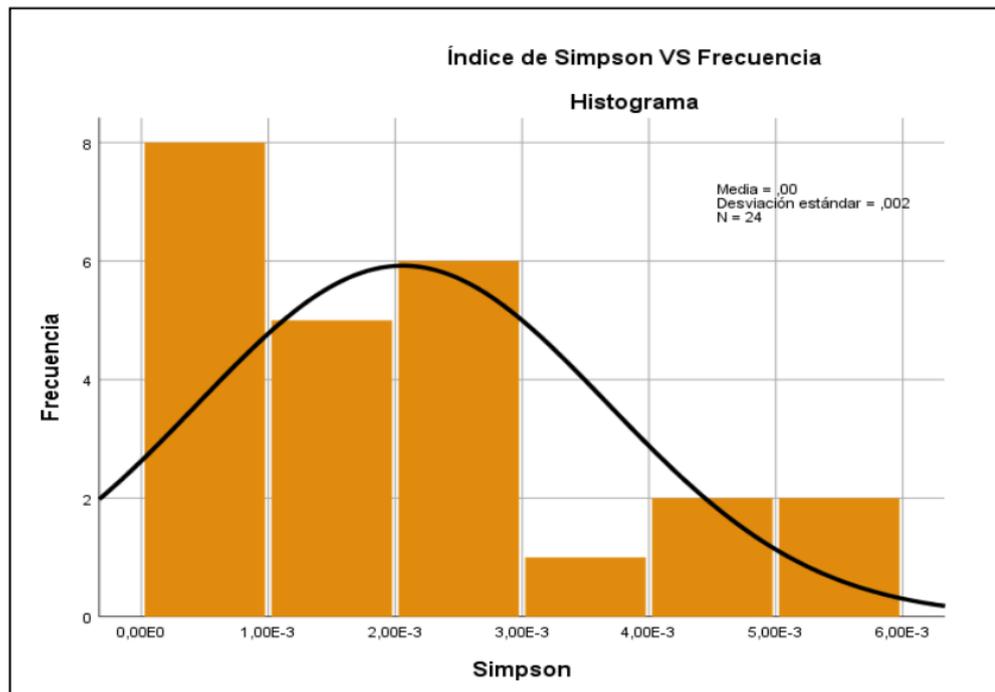


Gráfico 4-3. Índice de Simpson VS Frecuencia

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Según los datos obtenidos a través de una estadística descriptiva para el índice de Simpson que indica la dominancia que existe entre familias de la Quebrada Condorguayco identificadas, se tiene que su media es de 0,0021; una mediana de 0,0017 y una moda de dominancia calculada para los 24 puntos monitoreados de 0,0056. Según el Grafico 13-3 se puede observar que se tiene una distribución asimétrica positiva de dominancia que tiende a estar agrupada hacia la izquierda, indicando que en los 2 primeros tramos se encuentra una mayor dominancia de familias de macroinvertebrados reduciendo así la diversidad ya que se interpreta que la comunidad aquí está formada por 1986 individuos que conforman a 23 familias en total, disminuyendo la probabilidad en que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma familia, lo que no sucede con los tramos 3 y 4 en donde se tiene una dominancia menor evidenciando así que existe una diversidad mayor ya que aquí la comunidad está conformada por 1062 individuos que pertenecen a 18 familias aumentando la probabilidad en que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma familia.

El promedio de la desviación estándar para el Índice de Simpson es de 0,00162 respecto a la media. Por otra parte, la variación máxima (rango) de dominancia por individuos de macroinvertebrados contabilizados en los 4 tramos de sus 24 puntos monitoreados respectivamente es de 0,01. Como dato mínimo de la dominancia de familias se registró 0,00014 que corresponde a la zona arbustal de páramo puntualmente en la muestra 5 estando presente

solamente las familias: *Chironomidae*, *Elmidae* (Adulto), *Hyaellidae*, *Planariidae* y *Tubificidae*; y como dato máximo registrado de 0,01 de dominancia que corresponde a la zona del herbazal inundable del páramo de la muestra 3 y a la zona herbazal de páramo 1 de la muestra 2 estando presente las familias: *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, *Dolichopodidae*, *Empididae*, *Limoniidae*, *Elmidae* (Adulto), *Scirtidae* (Adulto), *Scirtidae* (Larva), *Elmidae* (Larva), *Limnephilidae*, *Hyaellidae*, *Hydrachnidae*, *Tubificidae* y *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, *Lestidae*, *Cylindroleberididae*, *Glossiphoniidae*, *Hyaellidae*, *Hydrachnidae*, *Lymnaeidae*, *Physidae*, *Planariidae*, *Tubificidae* respectivamente.

3.3.3.1. Prueba de Kruskal-Wallis

Tabla 7-3: Resultados de la Prueba Kruskal-Wallis con respecto al Índice de Simpson

RANGOS		
Transectos	N	Rango promedio
Simpson Transecto 1	6	17,08
Transecto 2	6	17,25
Transecto 3	6	11,75
Transecto 4	6	3,92
Total	24	
ESTADÍSTICOS DE PRUEBA (a,b)		
gl	3	
Sig. Asintótica	0,003	

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

a= Prueba de Kruskal Wallis; b= Variable de agrupación: Transectos. gl= grados de libertad.

Según los datos de la tabla 7-3 se tiene que, con un 95% de confiabilidad el nivel de significación asintótica fue de 0,003 indicando que existe diferencias significativas de dominancia por individuos que se encuentran en la Quebrada Condorguayco en relación con las medias obtenidas de cada uno de los 4 transecto, evidenciándose de tal forma una discrepancia de dominancia. Se entiende que esta significación es a nivel total de toda la Quebrada, de manera que los tramos 1 y 2 son los que presentaron una mayor dominancia comprendiendo datos de entre 0,001 hasta 0,01. Para el transecto 3 el dato de dominancia es de entre 0,001 hasta 0,003. Y, finalmente, el transecto 4 registró datos de dominancia de entre 0,0001 hasta 0,0009. Sabiendo que los valores obtenidos de dominancia mientras más menores sean se considera una menor dominancia, existiendo una alta probabilidad que en el tramo 4 se escojan a dos 2 individuos aleatoriamente y que estos puedan pertenezcan a la misma familia. Habiendo tenido 24 puntos muestreados y demostrando que existe una diferencia significativa se resume que la menor dominancia de la Quebrada Condorguayco se encuentra en el tramo 4, seguido de tramo 3 y por ultimo los tramos 2 y 1.

3.3.3.2. Prueba de Games-Howell (ANOVA de un factor)

Tabla 8-3: Resultados de la Prueba ANOVA de un factor con respecto al Índice de Simpson

(I) Transectos	(J) Transectos	Diferencia de medias (I-J)	Sig.
Transecto 1	Transecto 2	0,00	1,00
	Transecto 3	0,00	0,26
	Transecto 4	0,00267*	0,03
Transecto 2	Transecto 1	0,00	1,00
	Transecto 3	0,00	0,27
	Transecto 4	0,00265*	0,03
Transecto 3	Transecto 1	0,00	0,26
	Transecto 2	0,00	0,27
	Transecto 4	0,00	0,16
Transecto 4	Transecto 1	-0,00267*	0,03
	Transecto 2	-0,00265*	0,03
	Transecto 3	0,00	0,16

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

* Diferencia significativas con un 95% de confiabilidad.

En la Tabla 8-3 se tienen los valores obtenidos a través de la prueba de Games-Howell de ANOVA de un factor, realizándose comparaciones múltiples entre los transectos 1, 2, 3 y 4 con referencia al índice de Simpson que mide la dominancia de individuos de cada familia identificada con un intervalo de confianza del 95%.

Donde se demuestra que existen similitudes de comparación entre el transecto 1 con el transecto 2 y 3; en el transecto 2 hay similitud con el transecto 3 y el transecto 3 guarda similitud con el transecto 4. Por otra parte, se evidencia de igual manera diferencias entre los transectos, como es el caso del transecto 1 que corresponde a la zona herbazal inundable de páramo y el transecto 4 de la zona arbustal de páramo teniendo valores de significancia de 0,03; debido a que la dominancia presente en el transecto 1 es mayor en referencia al transecto 4 que la dominancia es menor, calculándose así un promedio de índice de Simpson para el transecto 1 de 0,019 y para el transecto 4 de 0,0027; además, otro transecto que presento diferencias significativas menores a 0,05 fue el transecto 2 de la zona herbazal de páramo 1 con el transecto 4 de la zona arbustal de páramo ya que la dominancia presente en el transecto 2 es mayor en referencia al transecto 4 que la dominancia es menor, calculándose así un promedio de índice de Simpson para el transecto 2 de 0,019 y para el transecto 4 de 0,0027.

3.4. Índices Ecológicos

Tabla 9-3: Resultados de los Índices ecológicos

Zona	QBR-And	IHF
Zona del herbazal inundable de páramo.	85	57
Zona herbazal del páramo. (1)	78	56
Zona herbazal del páramo. (2)	90	54
Zona arbustal del páramo.	90	39

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

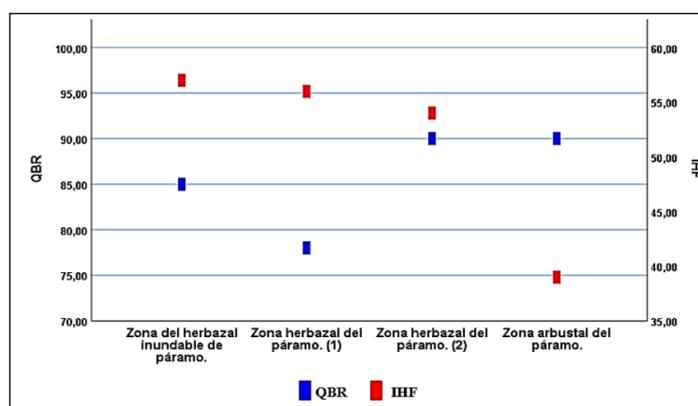


Gráfico 5-3. Índices ecológicos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los resultados obtenidos para los índices ecológicos QBR-And y el IHF en cada una de las 4 zonas fueron los siguientes: En la zona herbazal inundable de paramo, se tuvo para el índice QBR-And un valor de 85 demostrando que presenta características de vegetación ligeramente perturbada siendo esta una zona de calidad buena, asimismo para el índice de hábitat fluvial con 57 demuestra que existe una diversidad de hábitat media lo que conlleva a que en este tramo sea moderadamente apropiado para albergar un hábitat. En la zona del herbazal de paramo del tramo 2 se tuvo uno de los valores más bajo para el índice QBR-And de 78, valor que se encuentra de igual manera dentro del rango de una vegetación ligeramente perturbada siendo esta una zona de calidad buena, por otra parte, el valor obtenido del IHF indica que se tiene una diversidad de hábitat media siendo así el caso que este tramo sea Índice BMWP/Col 90 80 70 60 50 40 30 20 10 0 Zona del herbazal inundable de páramo. Zona herbazal del páramo 1. Zona herbazal del páramo 2. Zona arbustal del páramo. moderadamente apropiado para albergar una comunidad de macroinvertebrados. Tanto para la zona del herbazal de paramo del tramo 3 y la zona arbustal de paramo se tuvo un valor de 90 para el índice QBR-And, presentando una calidad buena de bosque

de ribera ligeramente perturbada debido a que únicamente solo se presenta coberturas de suelo nativos correspondientes a paramos. El valor del IHF para el tramo 3 fue de 54 y muestra que existe una diversidad de hábitat media, lo que no sucede para la última zona evaluada ya que presenta uno de los valores del IHF más bajos con 39 situándose como el tramo con la más baja diversidad de hábitat.

3.5. Índice Biológico BMWP/Col

Tabla 10-3: Resultados del índice BMWP/Col

Zona	Campañas de muestreo			MEDIA	CALIDAD
	Puntuación	Puntuación	Puntuación		
Zona del herbazal inundable de páramo.	62	82	57	67	Acceptable Clase II
Zona herbazal del páramo. (1)	51	43	54	49.3	Dudosa Clase III
Zona herbazal del páramo. (2)	55	40	40	45	Dudosa Clase III
Zona arbustal del páramo.	37	36	30	34.3	Crítica Clase IV

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

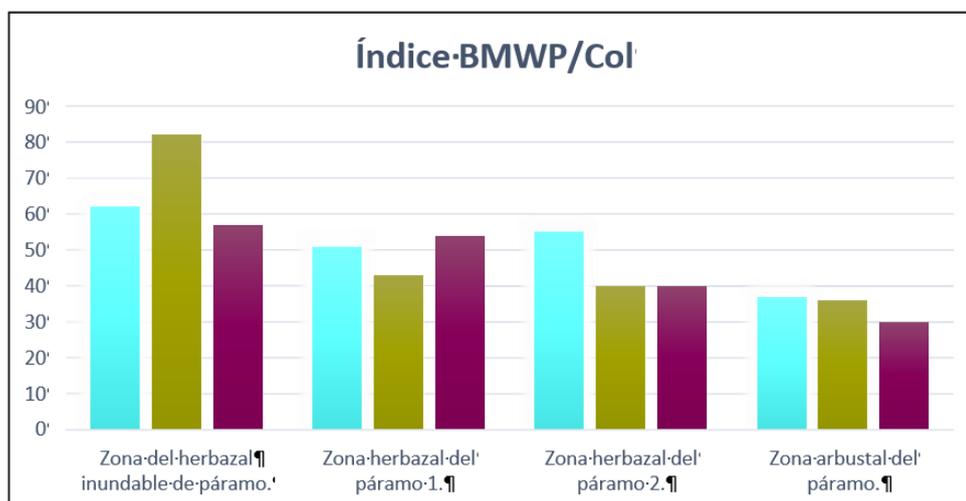


Gráfico 6-3. Índice BMWP/Col

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En la tabla 10-3 se puede observar que los valores que se obtuvieron para el índice biológico BMWP/Col en la zona del herbazal inundable de páramo a través de las campañas de muestreo que se realizaron las fechas 11/12/2021, 2/4/2022 y 21/5/2022 se tuvo una media calculada de 67;

las campañas de muestreo para la zona del herbazal de páramo 1 se realizaron en las fechas 15/1/2022, 2/4/2022 y 21/5/2022 obteniendo una media total de 49,3; en cambio las campañas de muestreo realizadas para la zona del herbazal de páramo 2 fueron en las fechas 15/1/2022, 2/4/2022 y 29/5/2022 en donde se calculó un puntaje de 45; en cambio para el tramo de la zona arbustal las campañas de monitoreo fueron el 29/1/2022, 2/4/2022 y 29/5/2022 registrándose un puntaje de 34,3. En consecuencia se puede calcular que el puntaje total del índice BMWP/Col para la quebrada Condorguayco es de 48,9 indicando que la calidad del agua es DUDOSA, es decir, aguas moderadamente contaminadas (Clase III). Los resultados obtenidos del muestreo en cada uno de los 4 tramos fueron los siguientes:

Zona del herbazal inundable de páramo: El primer muestreo se realizó el día 11/12/2021, en donde el caudal medido fue de 0.5 m/s y se contabilizó un total de 312 especímenes que pertenecen a 14 familia de macroinvertebrados identificados que son: *Limnephilidae*, *Hyaellidae*, *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tubificidae*, *Dolichopodidae*, *Limoniidae*, *Muscidae*, *Planariidae*, *Empididae*, *Hydrachnidae*, *Glossiphoniidae*, *Baetidae*, *Lestidae*; cabe mencionar que hubieron dos familias que predominaron en este tramo siendo la primera *Chironomidae* representando el 47,76% y seguida de la familia *Ceratopogonidae* con un 23,72% y según la puntuación que asigna este índice, indica que estas dos familias son tolerantes a la contaminación, por otra parte las familias que estuvieron menos presentes fueron *Planariidae*, *Empididae*, *Glossiphoniidae*, *Baetidae*, *Lestidae* con un 0,32% cada una. Con respecto al segundo muestreo realizado el día 02/04/2022, cabe señalar que el caudal reportado fue de 1,2 m/s y se identificó a 17 familias de macroinvertebrados que fueron *Elmidae* (Larva), *Hyaellidae*, *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tubificidae*, *Dolichopodidae*, *Limoniidae*, *Empididae*, *Hydrachnidae*, *Glossiphoniidae*, *Baetidae*, *Cylindroleberididae*, *Scirtidae* (Adulto), *Elmidae* (Adulto), *Limnephilidae*, *Scirtidae* (Larva), *Simuliidae* y que en conjunto se contabilizo un total de 394 especímenes, es necesario resaltar que dentro de este muestreo al igual que en el muestreo anterior la familia que predominó por encima de las demás fue *Chironomidae* registrándose 254 especies que representan al 64,47%, seguida de la familia *Tubificidae* que figura dentro de este monitoreo con el 11,42%, no obstante las familias que menos prevalecieron aquí fueron *Elmidae* (Larva), *Glossiphoniidae*, *Baetidae*, *Scirtidae* (Adulto), *Elmidae* (Adulto), *Scirtidae* (Larva), *Simuliidae* con un 0.25%. A su vez dentro de la última campaña de muestreo realizada el día 21/05/2022 se logró identificar 13 familias y en comparación con los monitoreos anteriores aquí se registró un menor número de especímenes siendo contabilizados 289 individuos y su caudal fue de 0,6 m/s, sobre las familias que se encontraron fueron *Scirtidae* (Larva), *Hyaellidae*, *Chironomidae*, *Ceratopogonidae*, *Tubificidae*, *Dolichopodidae*, *Limoniidae*, *Empididae*, *Hydrachnidae*, *Glossiphoniidae*, *Cylindroleberididae*, *Elmidae* (Larva), *Limnephilidae* y las que predominaron en el monitoreo al

igual que en el primer monitoreo fueron *Chironomidae* y *Tubificidae* con un 48,10% y 25,61% mientras que la menos que preponderó fue *Glossiphoniidae* con un 0,35%.

Zona del herbazal del páramo del tramo 2: se obtuvo como resultado para el índice BMWP/Col en el muestreo con fecha 15/1/2022 una puntuación de 51 y se midió un caudal de 0,2 m/s identificándose 12 familia en este tramo que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Physidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Lestidae*, *Glossiphoniidae*, *Empididae* y que en conjunto se contabilizo 502 especímenes, haciendo referencia a que la familia más dominante fue *Cylindroleberididae* con un registro de 203 individuos, dato que representa al 40,44% y seguida de la familia *Hyaellidae* con un total de individuos de 111 que es el 22,11%, por el contrario, las familias minoritarias fueron *Ceratopogonidae*, *Lestidae* y *Empididae* con un 0,20% de presencia de estos macroinvertebrados. Para la fecha 2/4/2022 el puntaje total fue de 43, se registró un caudal de 0,4 m/s y se estimó un total de 389 macroinvertebrados que fueron asignados a 11 familia identificadas como *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Physidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Glossiphoniidae*, *Sphaeriidae*, a partir de esto, la familia que predominó fue *Cylindroleberididae* representando el 32,39% del total de individuos registrados y seguido de la familia *Tubificidae* con un 19,28% en cambio las familias con menor registros de individuos fueron *Sphaeriidae* y *Ceratopogonidae* con un porcentaje de 0,77% y 0,26% respectivamente. Para el muestreo con fecha 21/5/2022 se tuvo un valor de 54, se registró un caudal de 0,2 m/s y se calculó un total de 100 especímenes que fueron asignados a 13 familias de macroinvertebrados *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Physidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Glossiphoniidae*, *Sphaeriidae*, *Limnephilidae*, *Limoniidae*, en este monitoreo las familias que dominaron al igual que en los anteriores fueron *Tubificidae* representando el 23%, *Hyaellidae* con el 22% y *Cylindroleberididae* con el 20% . De este modo se logró determinar que la calidad del agua a través del análisis de macroinvertebrados como indicadores según lo propone este índice es DUDOSA en este tramo, es decir, aguas moderadamente contaminadas (Clase III) debido a que la media calculada es de 49,3 que se encuentra en el rango de 36-60 según se indica en la tabla 2-1.

Zona del herbazal de páramo del tramo 3: el puntaje que se obtuvo dentro de las campañas de muestreo fueron 55, 40 y 40 que por consiguiente a partir de estos datos se calculó una media total de 45 y que según los valores que indica este índice biológico BMWP/Col en la Tabla 2-1 es considerada como un agua de calidad DUDOSA, es decir aguas moderadamente contaminadas (Clase III). Todavía cabe señalar que los resultados obtenidos de la integridad biológica en este tramo para el día 15/1/2022 se midió un caudal de 0,5 m/s y se registró un total de 423 especímenes identificándose 13 familias que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*,

Cylindroleberididae, *Physidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Glossiphoniidae*, *Lestidae*, *Dolichopodidae*, *Sphaeriidae* de las cuales la familia que predominó fue la de *Hyaellidae* contabilizándose 190 macroinvertebrados que representa el 44,92% y seguida de la familia *Tubificidae* con 151 individuos encontrados representando el 34,70% sin embargo las familias *Physidae*, *Lestidae*, *Dolichopodidae* y *Sphaeriidae* fueron las que menos dominaron a lo largo de todo este muestreo ya que solo se registró un individuo para cada una de ellas. Considerando ahora el día 02/04/2022, registro un caudal de 1,3m/s y se identificó a 10 familias que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Lymnaeidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Glossiphoniidae*, *Sphaeriidae*, *Limnephilidae* y al igual que en el primer muestreo la familia que preponderó fue *Tubificidae* contabilizándose 77 individuos del muestreo total que fue de 134 lo que representa esto al 57,46%, sin embargo, las familias que menos estuvieron presentes fueron la de *Ceratopogonidae* y *Limnephilidae* con un 0.75%. En cambio para el día de muestreo 29/05/2022, su caudal registrado fue de 0,4 m/s y la integridad ecológica contabilizada fue de 137, de las cuales se pudo identificar a 10 familias que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Physidae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Glossiphoniidae*, *Sphaeriidae* al igual que en los anteriores monitoreos la familia que más individuos tuvo fue *Tubificidae* contabilizándose 70 que equivale al 51,09% y por el contrario las familias que representaron un 0,73% fueron *Physidae*, *Planariidae* e *Hydrachnidae* que solo se encontró un individuo para cada una de estas familias.

Zona arbustal del páramo; la calidad del agua según las familias de los macroinvertebrados identificados dio como resultado ser CRÍTICA, es decir, aguas muy contaminadas, esto es debido a la puntuación que se le otorga a cada uno de los grupos identificados taxonómicamente según lo establece el índice BMWP/Col, la fecha 29/1/2022 dio como puntaje 37, para el segundo muestreo realizado el 2/4/2022 su puntaje fue de 36 y para la última fecha de muestreo que fue el 29/5/2022 su puntaje fue de 30, calculándose una media de 34,3 que se encuentra dentro del rango de 16-35 lo que hace que esta agua se ubique dentro de la Case IV como se indica en la tabla 2-1. De igual forma cabe señalar que los resultados obtenidos del primer muestreo fue un caudal de 0,5 m/s, identificándose 9 familias que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, *Ceratopogonidae*, *Dolichopodidae* y que en conjunto se contabilizó un total de 219 individuos de los cuales la familia más representativa fue *Hyaellidae* contabilizándose un total de 130 macroinvertebrados que corresponde al 59,36%, igualmente seguida de la familia *Tubificidae* registrando 62 macroinvertebrados que equivale al 28,31, no obstante las familias que menos presencia tuvieron fueron *Lymnaeidae*, *Ceratopogonidae* y *Dolichopodidae* con un 0,46% cada una. Considerando ahora el segundo muestreo el caudal que se midió fue de 1,5 m/s y fue aquí donde se contabilizó

la menor cantidad de macroinvertebrados ya que se logró contar 32 individuos en total y se Índice ABI Zona del herbazal inundable de páramo. 50 52 71 38 Zona herbazal del páramo 1. 37 48 Zona herbazal del páramo 2. 41 Zona arbustal del páramo. 36 33 32 34 24 0 10 20 30 40 50 60 70 80 identificaron 9 familias que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Chironomidae*, *Glossiphoniidae*, *Dolichopodidae*, *Baetidae*, *Elmidae* (Adulto), *Scarabaeidae*, *Limoniidae*, la familia que predominó fue *Tubificidae* con un 34,38%, de igual forma sucede con la familia *Hyaellidae* ya que esta tiene un porcentaje de dominancia de 21,88%, lo que no sucede con las familias *Glossiphoniidae*, *Dolichopodidae*, *Baetidae*, *Scarabaeidae*, *Limoniidae* ya que estas solo presentan un 3,13% cada una en el monitoreo. Ahora bien, en lo que concierne al último muestreo, se encontró un total de 117 individuos a los que se los clasificó en las 7 familias identificadas que fueron *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Cylindroleberididae*, *Lymnaeidae*, *Planariidae*, *Chironomidae*, *Hydrachnidae*, además de que su caudal fue de 0,6 m/s. De manera semejante a los anteriores muestreos aquí las familias que tuvieron más individuos contabilizados fueron *Hyaellidae* y *Tubificidae* con un porcentaje de representatividad del 47,01 y 37,61 respectivamente, sin embargo, las familias como *Lymnaeidae* y *Planariidae* estuvieron presentes solamente con un 0,85%.

3.6. Índice Biológico ABI

Tabla 11-3: Resultados del índice ABI

Zona	Campañas de muestreo			Media	Calidad
	Puntuación	Puntuación	Puntuación		
Zona del herbazal inundable de páramo.	50	71	52	57,7	Moderada
Zona herbazal del páramo. (1)	38	37	48	41	Moderada
Zona herbazal del páramo. (2)	41	36	33	36,7	Moderada
Zona arbustal del páramo.	32	34	24	30	Mala

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

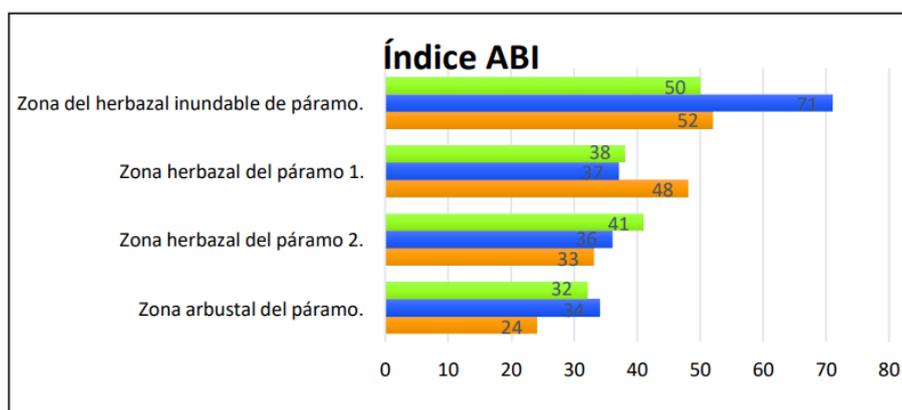


Gráfico 7-3. Índice ABI

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En el caso de los resultados del Índice Biológico Andino (ABI) para los 4 tramos que se muestrearon en la Quebrada Condorguayco se reportó que en la zona del herbazal inundable de páramo del muestreo del día 11/12/2021 fue de 50, para el día 02/04/2022 fue de 71 y, finalmente para el día 21/05/2022 fue de 52, lo que hace referencia a obtener una media total de este tramo de 57,7 y es así como este resultado nos indica estar dentro de la calidad de un agua MODERADA. La familia que predominó dentro de las campañas de muestreo que se realizó en este primer tramo fue la familia *Chironomidae* contabilizándose 542 individuos de los 995 macroinvertebrados identificados en total, esta familia se caracteriza por estar presentes en cuerpos de aguas lóxicos con abundante materia orgánica en descomposición, además de que tienen la particularidad de formar parte de comunidades tales como bentos y *pleuston*, en tal sentido estos macroinvertebrados son los más representativos y los que se localizan comúnmente en ambientes que se encuentran dentro de cierto rango de contaminación. Al respecto con los resultados obtenidos del tramo 2 de la zona del herbazal del páramo, se obtuvo un puntaje de 38, 37 y 48 respectivamente para cada uno de los muestreos realizados calculándose de tal forma su media de tendencia central que fue de 41, indicando así una calidad ecológica MODERADA según el índice ABI. Cabe señalar que las familias que ponderaron no solo fue *Cyindroleberididae* con un total de 329 individuos en las 2 primeras campañas de monitoreo realizadas los días 15/01/2022 y 02/04/22, sino también la familia *Tubificidae* en el muestreo que se realizó el día 21/05/2022, contabilizándose un total de 23 macroinvertebrados. Esta calidad obtenida tiene concordancia con las actividades que se desarrollan al alrededor de este tramo ya que existe actividad humana constante lo que provoca la presencia de estos macroinvertebrados que poseen una puntuación de 3 y 1 según se indica en la tabla 3-1, es decir, son familias de macroinvertebrados que son más tolerantes a la contaminación. Acerca de los resultados obtenidos en el tramo 3 de la zona herbazal del páramo, el muestreo realizado el día 15/01/2022 presentó un puntaje de 41, lo que concierne para el segundo muestreo del día 02/04/2022 fue de 36 y para el último muestreo que se realizó

el día 29/05/2022 fue de 33, es así como el promedio calculado a partir de estos datos da como resultado 36,7 estableciendo de esta forma que la calidad del agua en este tramo escogido de la Quebrada Condorguayco es de tipo MODERADA, esto es debido a que la familia que mayor presencia tuvo en el monitoreo fue la Tubificidae registrándose un total de 298 macroinvertebrados de los 694 identificados a lo largo de todo el tramo, especie que es indicadora por habitar cuerpos de aguas lentitas o loticas con abundante presencia de materia orgánica, de tal manera que si existe una alta concentración de esta familia en el fango o sedimento es un signo de contaminación del agua, además que se le asigna el puntaje de 1 dentro del índice ABI, entendiéndose de tal forma que es una familia de macroinvertebrados bentónicos tolerantes a la contaminación. En cuanto al último tramo investigado que se refiere a la zona arbustal del páramo, los puntajes obtenidos para las campañas de muestreo que se realizaron los días 29/01/2022, 02/04/2022 y CALIDAD DE LA QUEBRADA CONDORGUAYCO 48,9 41,3 60 40 Índices Biológicos 20 BMWP/Col ABI 29/05/2022 fueron de 32, 34 y 24, teniendo como resultado una calidad del agua MALA, por el cálculo del promedio que fue de 30; no obstante una de las familias que tuvo más conteo dentro de todo el monitoreo fue Hyalellidae contabilizándose 192 individuos y seguida de la familia Tubificidae registrándose un total de 117 macroinvertebrados; aunque se tenga la mayor presencia de 2 familias de mayor y menor sensibilidad a la contaminación se puede asumir dicho resultado al curso del agua, es decir el caudal que se presenta en este tramo midiéndose velocidades de 0,5 m/s; 1,5 m/s y 0,6 m/s lo que conlleva de esta forma a un arrastre de cualquier tipo de contaminación que se esté produciendo aguas arriba donde si existe actividades antropogénicas afectando así aguas abajo de la Quebrada Condorguayco.

3.7. Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por Índices Biológicos

Tabla 12-3: Calidad de la Quebrada Condorguayco

Zona	BMWP/Col	Calidad	Calidad ABI	Calidad
Zona del herbazal inundable de páramo. (Tramo 1)	67	Aceptable Clase II	57,7	Moderada
Zona herbazal del páramo. (Tramo 2)	49,3	Dudosa Clase III	41	Moderada
Zona herbazal del páramo. (Tramo 3)	45	Dudosa Clase III	36,7	Mala
Zona arbustal del páramo. (Tramo 4)	34,3	Crítica Clase IV	30	Mala
CALIDAD DE LA QUEBRADA CONDORGUAYCO	48,9	Dudosa Clase III	41,3	Moderada

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

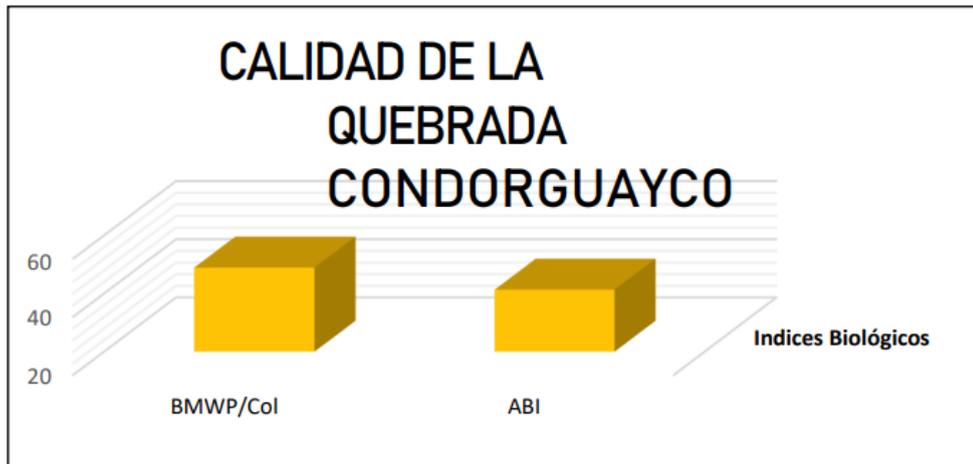


Gráfico 8-3. Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

El gráfico 12-3 indica la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco obtenida a partir de los índices biológicos empleados, teniendo en cuenta que a través de ellos se pudo valorar el grado de intervención humana que de alguna forma pueda estar alterando el cuerpo hídrico, entonces la relación que existe entre el índice BMWP/Col y el índice ABI dieron como resultados una calidad del agua similar, siendo estas calificadas como DUDOSA (Clase III) y MODERADA, es decir, el agua de la quebrada es moderadamente contaminada; resultado que se apoya bajo los criterios biológicos que establece cada índice. Al conocer que el monitoreo se dividió en 4 tramos de los cuales el primero tramo se une a la primera laguna de Antejos, el segundo tramo es el que conecta a ambas lagunas y el tercero y cuarto tramo es la desembocadura de la segunda laguna se puede deducir que la contaminación generada por las actividades antropogénicas que se desarrollan en el lugar tiende a correr en dirección a aguas abajo justificando esto por el caudal que presenta la quebrada, por lo que el último tramo monitoreado posee una calificación baja en ambos índices como se detalla en la Tabla 12-3. Según (Bastidas y Tapia 2017) en su investigación denominada “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” obtuvieron una calidad de agua moderadamente contaminada además que las familias que tuvieron mayor presencia aquí fueron Hyalellidae, Sphaeriidae, Planariidae, Oligochaeta y Glosiophoniidae habiendo una relación con la investigación desarrollada ya que las familias que destacaron más fueron Hyalellidae, Tubificidae y Chironomidae, especies de macroinvertebrados conocidos ecológicamente por ser tolerantes a la contaminación.

3.8. Índice ICA-NSF

Para la toma de muestra de agua en los 4 tramos se realizó una campaña de muestreo en las fechas del 29/05/2022, 05/06/2022 y el 11/06/2022.

3.8.1. pH

Tabla 13-3: Resultados de pH

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	5,35	5,5	5,4
Zona herbazal del páramo 1.	5,42	5,44	5,41
Zona herbazal del páramo 2,	5,34	5,45	5,38
Zona arbustal del páramo.	5,4	5,62	5,35

Real Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

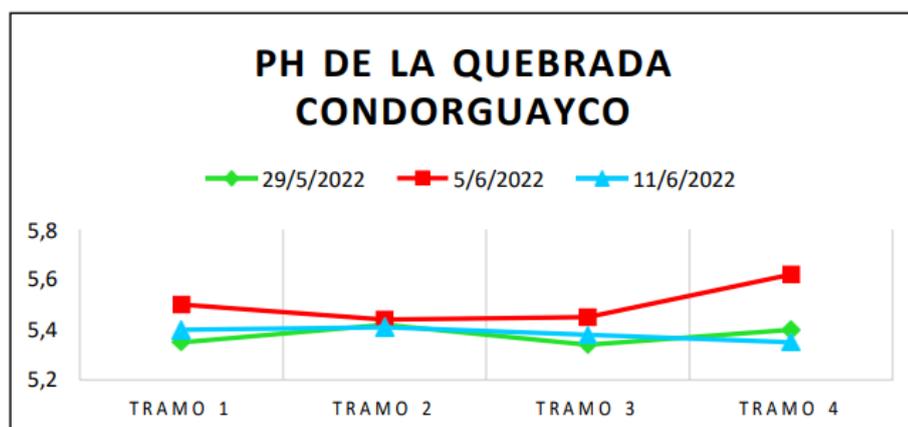


Gráfico 9-3. Variación del pH en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En la Tabla 13-3 que indica los datos medidos de pH que posee la Quebrada Condorguayco tiene la característica de ser un agua ácida ya que sus datos van de entre 5,34 como el más bajo registrado en el tramo 3 hasta el 5,62 como su valor más alto registrado en el tramo 4. En el Gráfico 9-3 se refleja la variación de pH que existe en cada uno de los puntos muestreados, indicando que en el tramo 2 existe una fluctuación de pH muy parecida en sus datos, al contrario que en el tramo 4 donde el promedio de las 3 campañas de monitoreo presenta un valor mayor de 5,46 en relación con los demás tramos. Resultado que está ligado por las actividades antropogénicas que se realizan en la Laguna de Anteojos al ser este un lugar turístico, por encontrarse este tramo después de la desembocadura de la segunda laguna, por tener medidas de

caudales mayores en comparación a los demás tramos y por la dirección del caudal que tiene la quebrada en dirección aguas abajo.

3.8.2. Temperatura

Tabla 14-3: Resultados de la variación de la Temperatura (°C)

Zona	Campañas de muestreo								
	29/05/2022			05/06/2022			11/06/2022		
	T° ambiente	T° agua	$\Delta^{\circ}T$	T° ambiente	T° agua	$\Delta^{\circ}T$	T° ambiente	T° agua	$\Delta^{\circ}T$
Zona del herbazal inundable del páramo.	11,2	8,6	2,6	10,9	8,9	2	11,25	8,66	2,59
Zona herbazal del páramo 1.	11,2	8,8	2,4	10,9	8,6	2,3	11,25	8,77	2,48
Zona herbazal del páramo 2.	11,2	8,6	2,6	10,9	8,9	2	11,25	8,78	2,47
Zona arbustal del páramo.	11,2	8,96	2,24	10,9	9,05	1,85	11,25	8,93	2,32

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

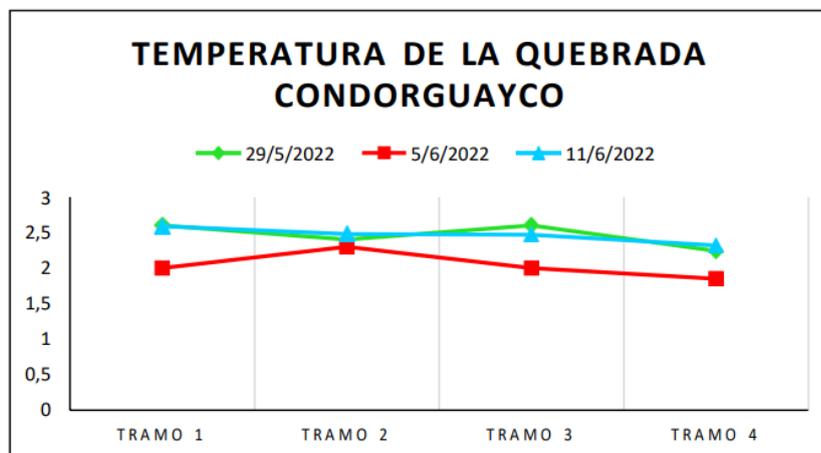


Gráfico 10-3. Variación de la temperatura (°C) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los valores obtenidos de la variación de la temperatura de la Quebrada Condorguayco se pueden analizar en la Tabla 14-3 que indica la temperatura medida del ambiente, la del agua y la variación que existe entre ambas, según el Gráfico 10-3 muestra la variación de temperatura de las campañas de muestreo realizadas a lo largo de toda la quebrada y se puede observar que presentan variaciones pocas significativas entre sí, en las fechas del muestreo de los días 29 y 11 la temperatura no aumenta, por otra parte el muestreo del día 5 fue la que menos fluctuación tuvo al

medirse una temperatura ambiente de 10,9°C y dando una media total de su variación de temperatura de 2,04°C pudiéndose asumir que estos resultados se apoyan a las condiciones climáticas que existen en la zona de estudio siendo estas muy influyentes, además los puntos de monitoreo donde se tomaron los datos pertenecen a zonas altitudinales mayores a 3600 m.s.n.m.

3.8.3. Sólidos Totales Disueltos

Tabla 15-3: Resultados de los Sólidos Totales Disueltos (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	14,95	12,99	14,76
Zona herbazal del páramo 1.	11,34	12,47	13,71
Zona herbazal del páramo 2.	10,08	10,8	13,21
Zona arbustal del páramo.	18,91	10,5	10,68

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

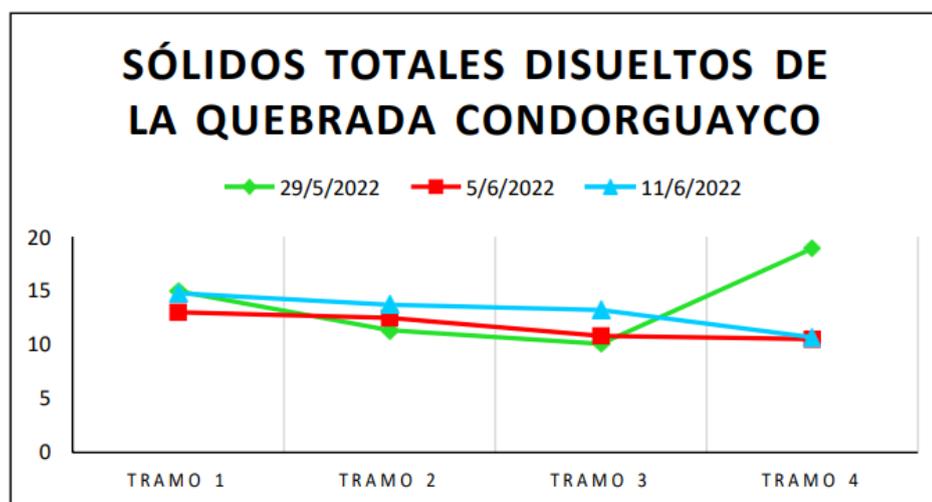


Gráfico 11-3. Variación de los SDT (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los valores obtenidos de los sólidos disueltos totales de la Quebrada Condorguayco se muestran en la Tabla 15-3 en donde en la zona arbustal del páramo del primer muestreo registró una concentración de sólidos totales disueltos más alta con 18,91 mg/L y la más baja se registró en el tramo 3 con un valor de SDT de 10,08 mg/L. En el Gráfico 11-3 se puede entender que la variación de los SDT presenta pequeños cambios en las 3 fechas de muestreos realizadas, asumiendo que existe una intervención humana media, a excepción del último tramo muestreado el día 29 que presenta una concentración más alta de SDT que los demás, lo que puede deberse a las

características del lugar al ser una zona arbustiva y por las condiciones de precipitación que se presentó al momento de medirse dicho parámetro in-situ.

3.8.4. Turbidez

Tabla 16-3: Resultados de Turbidez (NTU)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	1,8	4,7	1,72
Zona herbazal del páramo 1.	1,2	1,5	1,65
Zona herbazal del páramo 2.	1,2	1,4	1,54
Zona arbustal del páramo.	1,5	1,1	1,25

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

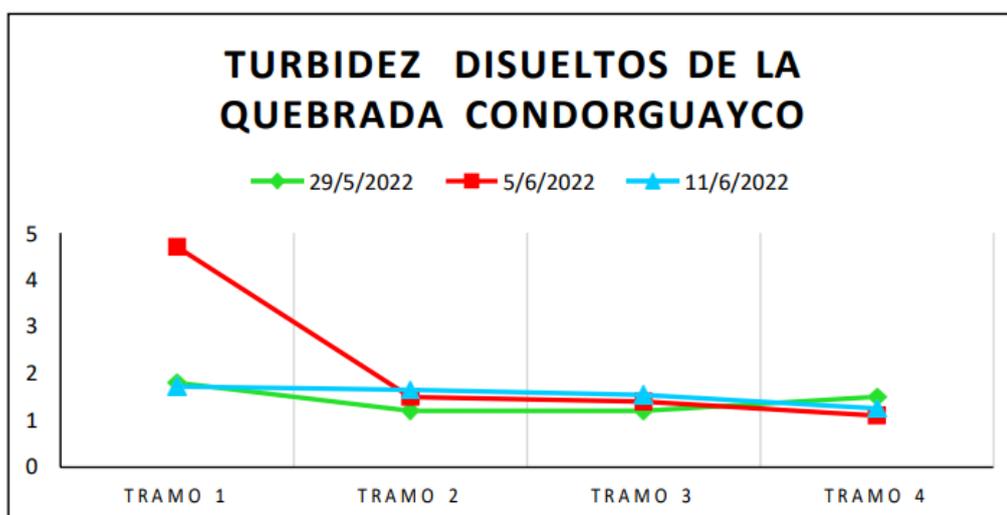


Gráfico 12-3. Variación de Turbidez (NTU) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los valores obtenidos de turbidez de la Quebrada Condorguayco están descritos en la Tabla 16-3 siendo la zona del herbazal inundable del páramo la que posee los valores de turbidez más altos que las demás zonas monitoreadas, teniendo esta una media de 2,74 NTU mientras que la zona que registró valores de turbidez más bajo fue el tramo 4 presentado una media de 1,28 NTU. En el Gráfico 12-3 se puede observar que existe fluctuaciones similares en las 3 campañas de muestreo, a excepción del tramo 1 de la fecha 29/05/2022 de muestreo, donde aquí la turbiedad es alta debido a la gran cantidad de material particulado en suspensión que presenta el tramo y al tener además poca profundidad de agua lo que conlleva a que algún sedimento se levante fácilmente.

3.8.5. Oxígeno Disuelto

Tabla 17-3: Resultados del OD (% de saturación)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	5/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	88,79	89,65	88,54
Zona herbazal del páramo 1.	90,57	89,67	90,45
Zona herbazal del páramo 2,	88,36	87,26	86,13
Zona arbustal del páramo.	68,46	58,39	67,04

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

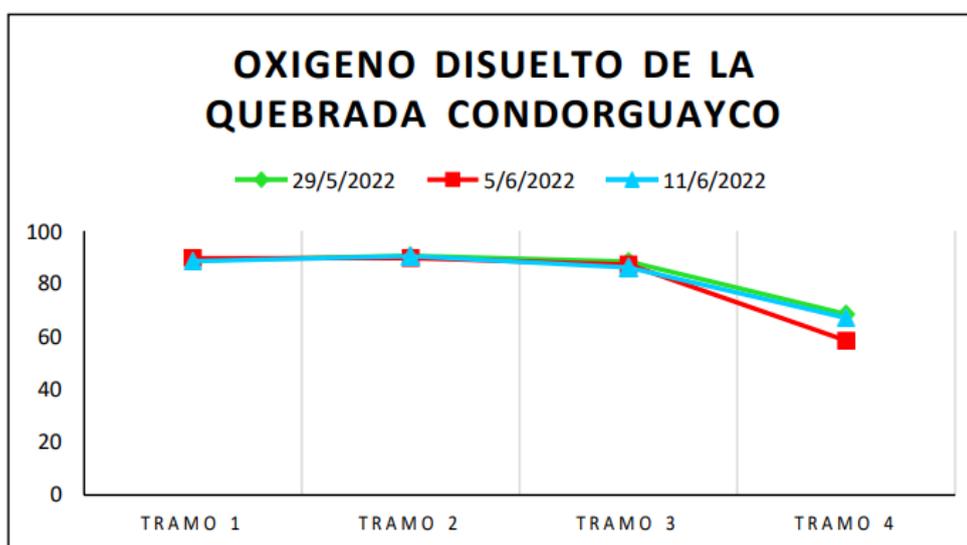


Gráfico 13-3. Variación del OD (% de saturación) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los resultados del porcentaje de oxígeno disuelto para la Quebrada Condorguayco se muestran en la Tabla 17-3 para cada uno de los tramos según las campañas de muestreo que se realizó, denotando que el tramo 4 es el que presenta los valores más bajos de OD deduciendo a esto que el último tramo presenta una menor aireación y se puede deber a un mínimo aumento de temperatura del agua. Por otra parte, en el gráfico 13-3 se puede observar que existe poca variación de % de oxígeno disuelto en la zona herbazal inundable del páramo y la zona herbazal del páramo del tramo 2 y 3 ya que los porcentajes de OD que presentaron fueron de 88,99%; 90,23% y 87,25% respectivamente lo que indica que hay mayor aireación, caso que no pasa con el último 4 que presentaron porcentajes de OD más bajos siendo este 64,63% correspondientemente. Resultados que pueden estar relacionados con la temperatura del agua, las

condiciones climáticas, las actividades antropogénicas y la turbulencia que se presenta en la quebrada.

3.8.6. Fosfatos

Tabla 18-3: Resultados de Fosfatos (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	2,75	0,09	1,42
Zona herbazal del páramo 1.	0,13	0,31	0,65
Zona herbazal del páramo 2.	0,62	2,75	1,74
Zona arbustal del páramo.	0,4	0,75	0,63

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

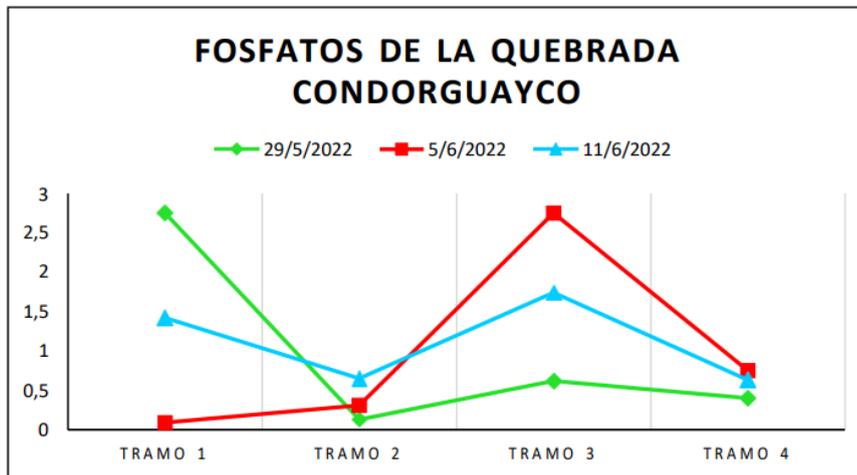


Gráfico 14-3. Variación de Fosfatos (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Según la Tabla 18-3 de los resultados obtenidos para el ion fosfato, indica que la zona herbazal del páramo del tramo 3 y la zona del herbazal inundable de páramo presentaron valores mayores en la concentración del ion fosfato, lo que su media calculada sería de 1,70 mg/L y 1,42 mg/L respectivamente. Mientras tanto la zona arbustal de páramo registró un promedio de 0,59 mg/L y la zona herbazal del páramo del tramo 2 un valor promedio de ion fosfato de 0,36 mg/L. A partir de la información obtenida se puede analizar en el gráfico 14-3 la variación que existe de las concentraciones del ion fosfato en cada uno de los tramos seleccionados de la Quebrada Condorguayco asumiendo que dicha variación y similitud se le atribuye a las condiciones climáticas que se presentaron cuando se realizaron los muestreos de las 3 fechas ya mencionadas presentando precipitaciones variadas cada día, por procesos de eutrofización o proliferación de algas.

3.8.7. Nitratos

Tabla 19-3: Resultados de Nitratos (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	2	1,6	1,77
Zona herbazal del páramo 1.	1,5	0,2	1,1
Zona herbazal del páramo 2.	0,09	0,08	0,15
Zona arbustal del páramo.	0,8	0,09	0,53

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

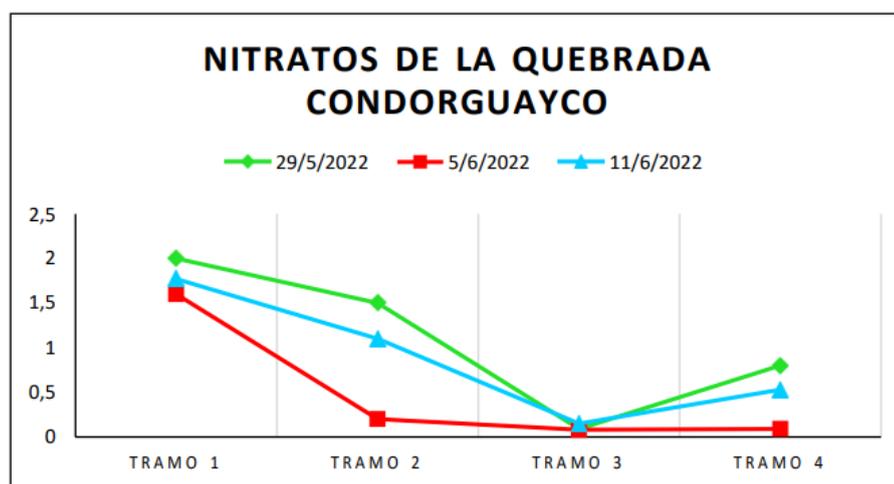


Gráfico 15-3. Variación de Nitratos (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En la Tabla 19-3 se tiene los valores obtenidos del ion nitrato para cada uno de los tramos respectivamente, en donde la zona del herbazal inundable de páramo presento datos más altos en cada uno de los 3 muestreos realizados dando una media de 1,79 mg/L, mientras en la zona del herbazal del páramo del tramo 2 su media tiene un valor de 0,93 mg/L. Por otra parte, las zonas del tramo 3 y 4 tuvieron los valores más bajos siendo de 0,11 mg/L y 0,47 mg/L respectivamente. En el Grafico 15-3 se puede observar la variación que tiene los datos de este parámetro en los distintos tramos y la similitud que presenta la concentración del ion fosfato en cada uno de los muestreos. La alta concentración de este nutriente en el tramo 1 y tramo 2 está relacionada a un proceso de eutrofización evidenciándose el crecimiento de algas bentónicas y plantas acuáticas en estas zonas, también se puede entender que una alta concentración de nitratos en el agua puede

ser indicativo de la presencia de heces fecales humanas o de animales que son arrastradas por procesos de escorrentías y lixiviados al cuerpo de agua (Sierra, 2012).

3.8.8. Demanda Bioquímica de Oxígeno

Tabla 20-3: Resultados de la DBO5 (mg/L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	0,7	1	0,86
Zona herbazal del páramo 1.	3,8	0,6	1,89
Zona herbazal del páramo 2.	1,1	0,6	0,96
Zona arbustal del páramo.	4,4	2	2,98

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

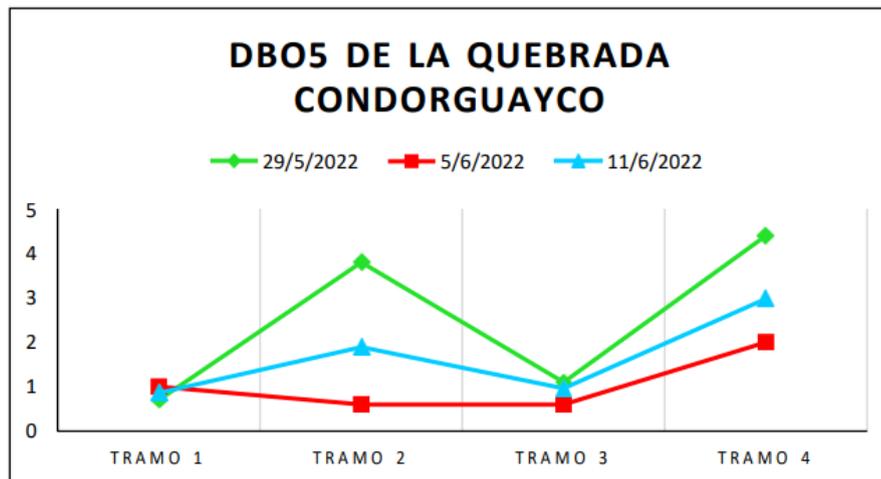


Gráfico 16-3. Variación de la DBO5 (mg/L) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los valores obtenidos de la Tabla 20-3 hacen referencia a la DBO5 obtenida para cada una de las zonas monitoreadas, registrando valores de DBO5 altos en la zona arbustal del páramo con una media de sus datos de 3,13 mg/L, en la zona del herbazal del páramo del tramo 2 una media de 2,10 mg/L, por lo contrario, sucede en la zona del herbazal inundable de páramo y la zona herbazal del páramo del tramo 3 que presentaron valores bajos de 0,85 mg/L y 0,89 mg/L respectivamente. Según el gráfico 16-3 se refleja una variabilidad de los datos de la DBO5 calculada para cada uno de los tramos monitoreados entendiéndose esto que se puede deber a la cantidad de materia orgánica en descomposición que presente cada una de las 4 zonas seleccionadas a las condiciones climáticas que se presentaron cuando se realizó el muestreo.

3.8.9. Coliformes Fecales

Tabla 21-3: Resultados de Coliformes Fecales (UFC/100L)

Zona	Campañas de muestreo		
	29/05/2022	05/06/2022	11/06/2022
Zona del herbazal inundable de páramo.	1	3	2
Zona herbazal del páramo 1.	1	9	3
Zona herbazal del páramo 2.	3	5	3
Zona arbustal del páramo.	5	1	3

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

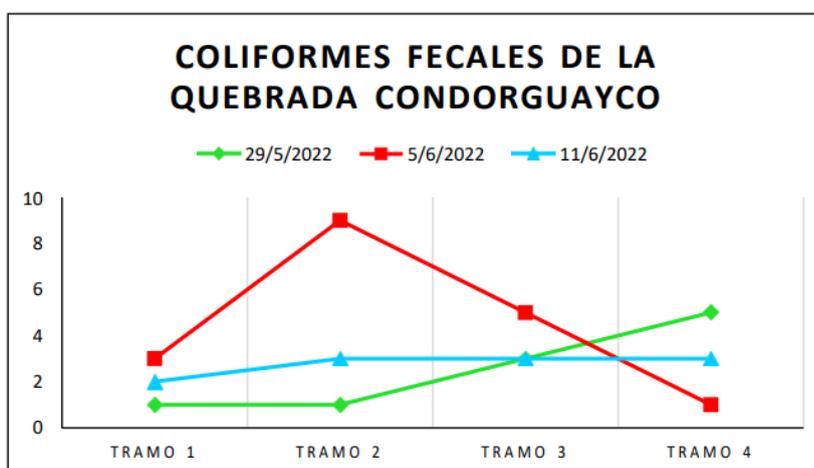


Gráfico 17-3. Variación de Coliformes Fecales (UFC/100L) en los diferentes tramos

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

Los valores obtenidos de coliformes fecales para la Quebrada Condorguayco se evidencian en la Tabla 21-3 para cada uno de los tramos indicando también las fechas en que se realizó el muestreo, y, según el gráfico 17-3 se observa que existe datos similares de UFC en los tramos 3 y 4 registrándose un total de 11 UFC y 9 UFC respectivamente, lo que tiene que ver con el del tramo 2 los valores de UFC presentan poca variabilidad los días 29 y 11 de muestreo en contraste con la fecha del 5 que se realizó el muestreo teniendo aquí 9 UFC. En el tramo 1 se presentan valores más bajos de UFC encontrándose solamente 1, 3 y 2 respectivamente. Resultados que se pueden atribuir a la presencia de la fauna silvestre que habita en la zona de estudio.

3.9. Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA

Tabla 22-3: Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco por el Índice ICA

Parámetros	TRAMO 1		TRAMO 2		TRAMO 3		TRAMO 4	
	Valor Obtenido	ICA						
pH	5,42	4,8	5,42	4,8	5,39	4,68	5,46	4,92
Temperatura	2,4	7,4	2,39	7,4	2,36	7,5	2,14	7,6
STD	14,23	6,56	12,51	6,48	11,36	6,48	13,36	6,48
Turbidez	2,74	7,36	1,45	7,6	1,38	7,6	1,28	7,68
Oxígeno Disuelto	88,99	15,64	90,23	15,81	87,25	15,64	64,63	10,88
Fosfatos	1,42	3,5	0,36	7,9	1,70	3,1	0,59	6,3
Nitratos	1,79	9	0,93	9,4	0,11	10	0,47	10
DBO5	0,85	9,1	2,1	8	0,89	9,1	3,13	7,1
Coliformes Fecales	2	13,95	4,33	13,2	3,67	13,35	3	13,5
CALIDAD DEL AGUA	77,31		80,59		77,45		74,46	

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

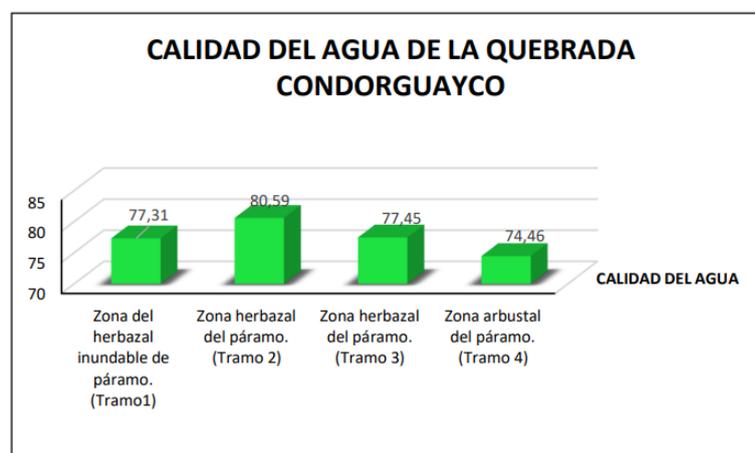


Gráfico 18-3. Calidad del agua de la Quebrada Condorguayco

Realizado por: Vasquez, Dayana, 2022.

En la Tabla 22-3 se puede observar los resultados obtenidos de la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco en cada uno de los 4 tramos, este índice ICA se basa en el análisis de 9 parámetros físicos, químicos y microbiológicos en donde se logró obtener que la calidad del agua en los 4 tramos es de calidad BUENA siendo sus rangos de puntuación de 77,31; 80,59; 77,45 y 74,46; por otra parte con estos resultados se consiguió determinar a través de un promedio que la calidad del agua de la Quebrada Condorguayco es de calidad BUENA con una media de 77,45. Puntajes que se encuentran dentro del rango de 71-90 como según se indica en la Tabla 9-1. La aplicación del índice ICA permite conocer si existe un deterioro o una mejora en la calidad de un cuerpo hídrico, exponiendo una calificación para cada uno de los 9 parámetros que son considerados

importantes y que son: pH, T°, STD, turbidez, OD, fosfatos, nitratos, coliformes fecales y la DBO5. Analizando el Grafico 27-3 se puede observar que no existe una gran variación en los resultados de calidad del agua para cada zona monitoreada. Aunque la zona arbustal de paramo fue la que presento el promedio de calidad más bajo en comparación con las demás 3 zonas aún se encuentra dentro del rango de agua BUENA. La Quebrada Condorguayco al encontrarse dentro de un área protegida como el Parque Nacional Llanganates, no puede presentar un tipo de calidad de agua excelente ya que los factores que indican sobre los parámetros, se deben a la presencia de las actividades turísticas que se desarrollan dentro del Parque Nacional, la presencia de la fauna silvestre propia del lugar, las condiciones climáticas como las lluvias, la materia orgánica presente en descomposición, por los caudales que presenta la quebrada y por estar interconectada a la laguna de Anteojos produciendo de esta forma un arrastre de algún desecho contaminante que altere a la calidad del agua en zonas más abajo por la dirección que posee la quebrada alterando el tramo 3 y tramo 4. Por otra parte, la zona herbazal del páramo obtuvo el mayor puntaje de calidad lo que le hace ser que este tramo puede tener la capacidad de albergar a una alta diversidad de vida acuática.

CONCLUSIONES

- La presencia de los macroinvertebrados identificados durante todo el monitoreo fueron agrupados en 24 familias, 13 órdenes y 9 clases, contabilizándose de tal manera una abundancia de 3048 macroinvertebrados, predominando las familias *Hyaellidae*, *Tubificidae*, *Chironomidae* y *Cyindroleberididae* y mediante los índices de biodiversidad alfa se evidencio que la zona de estudio presenta una MEDIANA DIVERSIDAD y una calidad de hábitat MODERADAMENTE ALTERADA.
- Siendo el caudal uno de los parámetros más influyentes al momento de determinar la calidad del agua y presentando datos variables en cada uno de los 4 tramo monitoreados en la Quebrada Condorguayco se obtuvo que para los índices biológicos la calidad del agua es calificada como DUDOSA y MODERADA de Clase III. asignándola como aguas moderadamente contaminadas, mientras que para el Índice ICA en los 4 tramos monitoreados la calidad del agua es BUENA entendiéndose que en este índice intervienen análisis de parámetros fisicoquímicos y microbiológicos.
- La calidad del recurso hídrico de la Quebrada Condorguayco es determinada por los índices ecológicos que demuestran que la vegetación de bosque de ribera en la zona de estudio se encuentra ligeramente perturbada y su hábitat fluvial presenta una diversidad media, resultados que se complementan con los índices de biodiversidad de Shannon y Simpson validando de tal manera la calidad ecológica de la Quebrada Condorguayco

RECOMENDACIONES

- Se recomienda que se siga realizando un diagnóstico de la integridad ecológica perteneciente a la Quebrada Condorguayco y a su calidad del agua en una época solo de verano o bien de invierno para comparar los resultados y obtener así más información sobre los recursos hídricos que se ubican dentro de los páramos altoandinos.
- Es apropiado realizar la toma de muestras de aguas y de macroinvertebrados después de 48h de haberse presentado precipitaciones fuertes, ya que estas pueden alterar los resultados debido a que se produce arrastre de sedimentos por escorrentía y macroinvertebrados de otras zonas.
- Se recomienda realizar estudios de análisis de caudales, siendo esta una variable necesaria para el estudio de macroinvertebrados ya que la presencia de estos desciende en épocas lluviosas provocando de estos se dispersen.
- Desarrollar estudios sobre análisis de ADN de los distintos macroinvertebrados identificados con el fin de poder obtener más información puntual y llegar de esta manera a asignarlos hasta nivel de especies.
- Aplicar nuevas herramientas para la determinación de la calidad del agua, para obtener más información y poder realizar comparativas entre resultados de variaciones temporales con la contaminación antrópica producida.
- Realizar socializaciones sobre el estado del recurso hídrico a comunidades aledañas al lugar y a los visitantes que entran a la zona con el objetivo de crear consciencia y fomentar la conservación de los ríos del páramo.

BIBLIOGRAFÍA

ACOSTA, R.; et al. “Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú”. *Limnetica* [En línea], 2009, (Barcelona) 28(1), pp. 35-64. [Consulta: 22 junio 2022]. ISSN 02138409. Disponible en: <http://www.limnetica.net/documentos/limnetica/limnetica-28-1-p-35.pdf>

AGENCIA CATALANA DE L’AIGUA. *Protocolo para la valoración de la calidad hidromorfológica de los ríos* [En línea]. Barcelona-España: Editorial Omega, 2006. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: http://observatoriagua.uib.es/repositori/gf_indicadores_calidad.pdf

ALVARADO, J.; & AGUILAR, J. “Batimetría, salinidad, temperatura y oxígeno disuelto en aguas del Parque Nacional Marino Ballena, Pacífico, Costa Rica”. *Revista de Biología Tropical* [En línea], 2009, (Costa Rica) 57(1), pp. 19-29. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v57s1/art05v57s1.pdf>

ANTE, D.; & PILATASIG, G. Determinación de la calidad del agua por bioindicadores (macroinvertebrados) e índices EPT, BMWP/COL, ABI y SHANNON–WEAVER del río Pachanlica, provincia de Tungurahua, 2020 [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Cotopaxi, Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ecuador. 2020. pp. 1-97. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7076/1/PC-001017.pdf>

ANTONIO, C.; & VELÁSQUEZ, Z. *Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR)- Versión 2006-2008* [En línea]. 2008. [Consulta: 22 junio 2022]. Disponible en: <https://studylib.es/doc/4536665/ficha-ramsar-complejo-llanganati---suia>

ARROYO J.; & ENCALADA, A. “Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano”. *ACI Avances en Ciencias e Ingenierías* [En línea], 2009, 1(1), pp. 11-16. [Consulta: 22 junio 2022]. ISSN 1390-5384. Disponible en: <https://doi.org/10.18272/aci.v1i1.4>

BASTIDAS, A.V.; & TAPIA, Y.N. 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 2017 [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica De Cotopaxi,

Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales, Ecuador. 2017. pp. 1-84. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/4210/1/UTC-PC-000096.pdf>

BIRDLIFE INTERNATIONAL; & AVES Y CONSERVACIÓN. *Servicios Ecosistémicos del Parque Nacional Llanganates* [En línea]. Quito, 2014. [Consulta: 25 julio 2022]. ISBN 978-9942-9959-1-9. Disponible en: <http://datazone.birdlife.org/userfiles/file/TESSA/TESSA-Llanganates-Ecuador.pdf>

CAHO, C.; & LÓPEZ, E. “Determinación del Índice de Calidad de Agua para el sector occidental del humedal Torca-Guaymaral empleando las metodologías UWQI y CWQI”. *Producción + Limpia* [En línea], 2017, 12(2), pp. 35-49. [Consulta: 25 julio 2022]. ISSN 19090455. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1909-04552017000200035&lng=en&nrm=iso&tlng=es

CARCHIPULLA, V. Importancia Del Oxígeno Disuelto Para Mejorar La Calidad De Agua En Estanques De Camarón Blanco *Litopenaeus Vannamei* [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Universidad Técnica de Ambato, Unidad Académica de Ciencias Agropecuarias, 2018. pp.1-30. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: http://repositorio.utmachala.edu.ec/bitstream/48000/12905/1/DE00006_EXAMENCOMPLEXIVO.pdf

CARPIO, T. Turbiedad Por Nefelometría (Método B) [En línea]. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, 2007. [Consulta: 25 julio 2022]. Disponible en: <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Turbiedad+por+Nefelometr%C3%ADa..pdf/fc92342e-8bba-4098-9310-56461c6a6dbc#:~:text=La%20turbiedad%20es%20una%20expresi%C3%B3n,trasmitida%20a%20trav%C3%A9s%20de%20la>

CARRERA, C.; & FIERRO, K. *Macroinvertebrados Acuáticos como indicadores de la calidad del agua* [En línea]. Quito-Ecuador: Ecociencia. [Consulta: 25 julio 2022]. ISBN: 9978-41-964-00 Disponible en: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>

CISNEROS, E.; & RIVEROS, E. *Calidad del agua: un enfoque multidisciplinario* [En línea]. México: UNAM. 2010. [Consulta: 25 julio 2022]. ISBN 9786070214554. Disponible en: <http://biblioteca.clacso.edu.ar/Mexico/iiec-unam/20110804014021/Calidagua.pdf>.

ENCALADA, A.; et al. *Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S)*. Quito- Ecuador: Encalada Romero, Andrea Carolina, 2018. ISBN 978-9942-03-734-3.

FREIRE, D.P.; et al. “Evaluación de la calidad del agua del río Chambo en época de estiaje utilizando el índice de calidad del agua ICA-NSF”. *PERFILES* [En línea], 2020, 1(23), pp. 54-60. [Consulta: 26 julio 2022]. ISSN 2477-9105. Disponible en: <http://ceaa.esPOCH.edu.ec:8080/revista.perfiles/faces/Articulos/Perfiles23Art8.pdf>

FRESHWATER ECOLOGY AND MANAGEMENT. *Índice de calidad del bosque de ribera : QBR-Protocolo*. Barcelona: Universidad de Barcelona, 2015, pp. 1-6.

GAMARRA, Y.; et al. “Aplicación del protocolo CERA-S para determinar la calidad ecológica de la microcuenca Mamarramos (cuenca Cane-Iguaque), Santuario de Fauna y Flora Iguaque (Boyacá), Colombia”. *Biota Colombiana* [En línea], 2018, 18(2), pp. 11-30. [Consulta: 26 julio 2022]. ISSN 01245376. Disponible en: DOI 10.21068/c2017.v18n02a02.

GIRALDO, G. “Bioindicación de la calidad del agua en corrientes altoandinas. Aplicación de los índices de monitoreo biológico BMWP’/Col y BMWP’/Cu”. *Con-Ciencias* [En línea], 2004, 7(14), p.7. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <https://revistas.udistrital.edu.co/index.php/Tecnura/article/view/6172>

GONZÁLEZ, C. La turbidez. *Universidad de Puerto Rico en Mayagüez* [En línea]. 2011. [Consulta: 26 julio 2022]. Disponible en: <http://academic.uprm.edu/gonzalezc/HTMLObj-859/maguaturbidez.pdf>

HAHN-VONHESSBERG, C.; et al. “Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la Estación Piscícola, Universidad De Caldas, Municipio De Palestina, Colombia”. *Boletín Científico, Museo de Historia Natural*, vol. 13, no. 2 (2009), pp. 89-105. ISSN 0123-3068.

LADRERA, R. *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos* [En línea]. Barcelona: Páginas de Información Ambiental, 2012, pp. 24-29. [Consulta: 28 junio 2022]. ISBN 1577-7960. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

LARREA, J.; et al. “Bacterias indicadoras de contaminación fecal en la evaluación de la calidad de las aguas: revisión de la literatura”. *Revista CENIC : Ciencias Biológicas*, vol. 44, no. 3 (2013). ISSN 2221-2450. pp. 24-34.

LÓPEZ, C.; et al. *Agua*. 3ra (ed.). Madrid-España: Barreno, 2016, pp. 81-91.

LÓPEZ, E.; et al. “Evaluación de la calidad del bosque de ribera , utilizando un método simple y rápido en dos ríos de bosque seco tropical (Tolima , Colombia)”. *Revista Tumbaga*, vol. 1, no. 10 (2015), pp. 6-29.

MACKEY, B. *La integridad ecológica : Un compromiso hacia la vida en la Tierra*. 2004.

MONTIEL, S.; et al. “Identificación de zonas de contaminación por nitratos en el agua subterránea de la zona sur de la cuenca de México”. *Revista internacionalde contaminación ambiental*, vol. 30, no. 2 (2014) , pp. 149-165.

NUGRA, F.; et al. *Guía metodológica para el biomonitorio de macroinvertebrados e ictiofauna en la cuenca del río Napo*. Cuenca: Universidad del Azuay, 2016. ISBN 978-9942-14-761-5. pp. 1-78.

OLIVARES, B. *Índice de Calidad del agua (ICA)*. 2018.

PARDO, I.; et al. “El hábitat de los ríos mediterráneos. Diseño de un índice de diversidad de hábitat”. *Limnetica* [En línea], 2002, 21(3-4), pp. 115-133. [Consulta: 28 junio 2022]. ISSN 02138409. Disponible en: <https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-21-2-p-115.pdf>

PRAT, N.; et al. *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*. Argentina: Fundación Miguel Lillo. San Miguel de Tucumán, 2006, pp. 631-654.

QUIROZ, L.; et al. “Aplicación del índice de calidad de agua en el río Portoviejo, Ecuador”. *Revista de Ingeniería Hidráulica y Ambiental*, vol. 38, no. 3 (2017) , (Ecuador) pp. 41- 51.

RÍOS, B. Biomonitorio de ríos andinos: El Índice Biótico Andino (ABI) y otras aproximaciones al monitoreo de los ríos Andinos [En línea]. Quito-Ecuador: Facultad de Ingeniería y Ciencias Aplicadas, 2014. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en:

<http://vrin.unsaac.edu.pe/data/324-Biomonitoreo%20de%20r%C3%ADos%20andinos%20-%20Dra.%20Blanca%20R%C3%ADos.pdf>

RODRÍGUEZ, C.; & SILVA, M. “Calidad del agua en la microcuenca alta de la quebrada Estero en San Ramón de Alajuela, Costa Rica”. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, vol. 15, no. 25 (2015). ISSN 1409-0112. pp. 85-97.

RODRÍGUEZ, J. “Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela, noviembre”. *Revista Pensamiento Actual (San José)*, vol. 9, no. 12 (2009). ISSN 1409-0112. pp. 125-134.

ROLDÁN, G. “ Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica”. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [En línea], 2016, 40(155), p. 254. ISSN 0370-3908. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: <https://doi.org/10.18257/racefyn.335>

RUIZ, F. *Urkukuna, los páramos*. Quito: Instituto de Estudio Ecuatorianos. 2009. pp. 1-36.

SAI. *Auditoría Ambiental Biental para el área de Libertador, localizada en el Bloques 57 –Fase de Desarrollo y Producción, período enero 2015– diciembre 2016*. Argentina: Revista Argentina de humanidades y ciencias sociales, 2016 pp. 1-39.

SECRETARÍA NACIONAL DE PLANIFICACIÓN. *Plan de Creación de Oportunidades 2021-2025 Aprobado* [En línea]. Quito-Ecuador, 2021. [Consulta: 28 junio 2022]. Disponible en: https://observatorioplanificacion.cepal.org/sites/default/files/plan/files/Plan-de-Creaci%C3%B3n-de-Oportunidades-2021-2025-Aprobado_compressed.pdf

SIERRA, C.A. *Calidad del agua: Evaluación y diagnóstico*. 2012. ISBN 9786074813906.

SIGLER, A.; & BAUDER, J. “Alcalinidad , pH , y Sólidos Disueltos Totales”. *Northern Plains & Mountains* [En línea], 2017, 20(1), pp. 1. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: http://region8water.colostate.edu/PDFs/we_espanol/Alkalinity_pH_TDS%202012-11-15-SP.pdf

UNIVERSIDAD DE PAMPLONA. *Capítulo III: índices de calidad (ICAs) y de contaminación (ICOs) del agua de importancia mundial. Índices De Calidad Y De Contaminación Del Agua* [En línea]. Colombia, 2007, pp. 76. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: https://www.unipamplona.edu.co/unipamplona/portaIIG/home_10/recursos/general/pag_contenido/libros/06082010/icatest_capitulo3.pdf

VÁSQUEZ, M.; et al. *Biodiversidad en el Parque Nacional Llanganates*. Quito-Ecuador, 2000. ISBN 9978416382.

ZURITA, E. Aplicación combinada del método BMWP –ABI – ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo-Pomachaca parroquia Palmira [En línea]. (Trabajo de Titulación) (Tesis de pregrado). Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, Facultad de Ciencias. 2016, pp. 1-123. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/6259/1/236T0241.PDF>

ANEXOS

ANEXO A. AVAL DE LA INVESTIGACIÓN.

	ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO GRUPO DE INVESTIGACIÓN Y DESARROLLO PARA EL AMBIENTE Y EL CAMBIO CLIMÁTICO
CERTIFICADO	
A QUIEN INTERESE:	
<p>CERTIFICO QUE: Dayana Estefanía Vásquez Macías, con cédula de identidad: 200012432-7 estudiante de la carrera de Ingeniería en Biotecnología Ambiental, desarrollarán el proyecto de titulación "DIAGNÓSTICO DE LA INTEGRIDAD ECOLÓGICA Y EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA CONDORQUAYCO PERTENECIENTE AL PARQUE NACIONAL LLANGANATES" mismo que forma parte del Proyecto de Investigación IDIPI-234 "Los sistemas lacustres del centro del Ecuador como fuente o sumideros de dióxido de carbono como determinante para su conservación" del Instituto de Investigaciones de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo, dirigido por mi persona.</p>	
<p>Este proyecto de titulación contribuirá a la consecución de los objetivos propuestos en el mencionado proyecto de investigación, razón por la cual se otorga el AVAL para la realización de las diferentes actividades y el apoyo técnico que así lo requiera el estudiante.</p>	
<p>Cabe mencionar que el patrimonio intelectual de los resultados que se obtengan del proyecto de titulación pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.</p>	
Riobamba, 11 de noviembre de 2021	
Atentamente,	
	
Dra. Norma Erazo Sandoval	
DIRECTORA SUBROGANTE	
PROYECTO IDIPI-234	
Dirección: Panamericana Sur Km 1 ½ Riobamba - Ecuador Teléfono: 2998220 ext. 1079 email: gidac@espoch.edu.ec	

**ANEXO B. MATRIZ DE REGISTRO PARA LABORATORIO PARA EL ÍNDICE
BMWPCOL**

Matriz del Laboratorio

Fecha:

Sito:

Observador (a):

Orden	Familia	Cantidad	BMWPCol
Acari	Hydrachnidia		
Amphipoda	Grammaridae		
Annelida	Oligochaeta		
Coleoptera	Elmidae		
	Scirtidae		
	Psephenidae		
	Lampyridae		
Diptera	Chironomidae		
	Simuliidae		
	Tipulidae		
	Blepharoceridae		
	Muscidae		
	Ceratopogonidae		
	Tabanidae		
	Empididae		
Ephemeroptera	Baetidae		
Hemiptera	Gerridae		
Hirudinea			
Nematoda			
Oligochaeta			
Plecoptera	Gripopterygidae		
	Hydropsychidae		
	Leptoceridae		
	Hydrobiosidae		
	Limnephylidae		
	Hydroptilidae		
	Odontoceridae		
	Trichiada	Plananridae	
	Total:		

ANEXO C. MATRIZ DE REGISTRO PARA LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI.

Matriz del Laboratorio

Fecha:

Sito:

Observador (a):

Orden	Familia	Cantidad	ABI
Acari	Hydrachnidia		
Amphipoda	Grammaridae		
Annelida	Oligochaeta		
Coleoptera	Elmidae		
	Scirtidae		
	Psephenidae		
	Lampyridae		
Diptera	Chironomidae		
	Simuliidae		
	Tipulidae		
	Blepharoceridae		
	Muscidae		
	Ceratopogonidae		
	Tabanidae		
	Empididae		
Ephemeroptera	Baetidae		
Hemiptera	Gerridae		
Hirudinea			
Nematoda			
Oligochaeta			
Plecoptera	Gripopterygidae		
	Hydropsychidae		
Trichoptera	Leptoceridae		
	Hydrobiosidae		
	Limnephylidae		
	Hydroptilidae		
	Odontoceridae		
Tricida	Plananridae		
	Total:		

ANEXO D. HOJA DE CAMPO PARA EL ÍNDICE QBR-AND

<div style="border: 1px solid black; padding: 10px; display: inline-block;"> <p>ÍNDICE QBR-And Calidad de la ribera de Comunidades de Pajonales de Páramos y Punas Protocolo CERA</p> </div>	 <p>Grup de recerca F.E.M. (Freshwater Ecology and Management) Departament d'Ecologia</p>
<p>La puntuación de cada uno de los 3 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos</p>	Estación <input style="width: 100%;" type="text"/>
	Observador <input style="width: 100%;" type="text"/>
	Fecha <input style="width: 100%;" type="text"/>
<p>Grado de cubierta de la zona de ribera Puntuación bloque 1</p>	
Puntuación <input style="width: 100%;" type="text"/>	
25	> 80 % de cubierta vegetal de la ribera (Gramíneas y/o matorral y/o "almohadillas")
10	50-80 % de cubierta vegetal de la ribera
5	10-50 % de cubierta vegetal de la ribera
0	< 10 % de cubierta vegetal de la ribera
+ 10	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es total
+ 5	si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es >50%
- 5	Si la conectividad entre la vegetación de ribera y la comunidad vegetal adyacente es entre el 25-50%
-5	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera <50%
-10	Si se presentan evidencias de quema de pajonal de gramíneas de ribera >50%
<p>Calidad de la cubierta Puntuación bloque 2</p>	
Puntuación <input style="width: 100%;" type="text"/>	
25	Todas las especies vegetales de ribera autóctonas (gramíneas, matorral o almohadillas)
10	Ribera con <25% de la cobertura con especies de introducidas (<i>Eucalyptus spp.</i> , <i>Pinus spp.</i>) o especies arbustivas secundarias (por efecto de sobrepastoreo)
5	Ribera entre 25-80% de la cobertura con especies introducidas o con arbustivas secundarias
0	Ribera con >80% de especies introducidas o arbustivas secundarias
<p>Grado de naturalidad del canal fluvial Puntuación bloque 3</p>	
Puntuación <input style="width: 100%;" type="text"/>	
25	El canal del río no ha estado modificado
10	Modificaciones de las terrazas adyacentes al lecho del río con reducción del canal
5	Signos de alteración y estructuras rígidas intermitentes que modifican el canal del río
0	Río canalizado en la totalidad del tramo
- 10	si existe alguna estructura sólida dentro del lecho del río
- 10	si existe alguna presa o otra infraestructura transversal en el lecho del río
-5	si hay basuras en el tramo de muestreo de forma puntual pero abundantes
-10	si hay un basurero permanente en el tramo estudiado
<p>Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)</p>	
<input style="width: 100%; height: 20px;" type="text"/>	

ANEXO E. HOJA DE CAMPO PARA EL ÍNDICE IHF

Evaluación del Hábitat Fluvial para Ríos Mediterráneos. Índice IHF			
		Estación	
		Fecha	
		Operador	
Bloques			Puntuación
1. Inclusión rápidos-sedimentación pozas			
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 - 30%	10	
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 - 60%	5	
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0	
Sólo pozas	Sedimentación 0 - 30%	10	
	Sedimentación 30 - 60%	5	
	Sedimentación > 60%	0	
		TOTAL (una categoría)	
2. Frecuencia de rápidos			
Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río < 7		10	
Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15		8	
Ocurrencia ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 - 25		6	
Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos/anchura del río >25		4	
Sólo pozas		2	
		TOTAL (una categoría)	
3. Composición del sustrato			
% Bloques y piedras	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Cantos y gravas	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Arena	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
% Limo y arcilla	1 - 10%	2	
	> 10%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
4. Regímenes de velocidad / profundidad			
somero: < 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.		10
lento: < 0.3 m/s	Sólo 3 de las 4 categorías		8
	Sólo 2 de las 4		6
	Sólo 1 de las cuatro		4
		TOTAL (una categoría)	
5. Porcentaje de sombra en el cauce			
Sombreado con ventanas		10	
Totalmente en sombra		7	
Grandes claros		5	
Expuesto		3	
		TOTAL (una categoría)	
6. Elementos heterogeneidad			
Hojasaca	> 10% ó < 75%	4	
	< 10% ó > 75%	2	
Presencia de troncos y ramas		2	
Raíces expuestas		2	
Diques naturales		2	
		TOTAL (sumar categorías)	
7. Cobertura de vegetación acuática			
% Plocon + briófitos	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Pecton	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
% Fanerógamas + Charales	10 - 50%	10	
	< 10% ó > 50%	5	
		TOTAL (sumar categorías)	
Puntuación Final (suma de las puntuaciones anteriores)			
La puntuación de cada uno de los apartados no puede exceder la expresada en la siguiente tabla:			
Inclusión rápidos - sedimentación pozas		10	
Frecuencia de rápidos		10	
Composición del sustrato		20	
Regimen velocidad / profundidad		10	
Porcentaje de sombra en el cauce		10	
Elementos de heterogeneidad		10	
Cobertura de vegetación acuática		30	

ANEXO I. MACROINVERTEBRADOS IDENTIFICADOS



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Ceratopogonidae

Tamaño:
9,3mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Chironomidae

Tamaño:
3,8mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Dolichopodidae

Tamaño:
11,6 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Empididae

Tamaño:
5,8 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Limoniidae

Tamaño:
,1 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Muscidae

Tamaño:
8,6 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Diptera

Familia:
Simuliidae

Tamaño:
6,8 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Coleoptera

Familia:
Elmidae (Adulto)

Tamaño:
5,6 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Coleoptera

Familia:
Scirtidae (Adulto)

Tamaño:
2,1 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Coleoptera

Familia:
Scirtidae (Larva)

Tamaño:
7,5 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Coleoptera

Familia:
Elmidae (Larva)

Tamaño:
7,5 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Coleoptera

Familia:
Scarabaeidae

Tamaño:
6,4 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Trichoptera

Familia:
Limnephilidae

Tamaño:
10,6 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Ephemeroptera

Familia:
Baetidae

Tamaño:
8,9 mm



Clase:
Insecta

Orden:
Odonata

Familia:
Lestidae

Tamaño:
7,8 mm



Clase:
Ostracoda

Orden:
Myodocopida

Familia:
Cylindroleberididae

Tamaño:
0,3 mm



Clase:
Hirudinea

Orden:
Glossiphoniiformes

Familia:
Glossiphoniidae

Tamaño:
8,9 mm



Clase: Malacostraca	Orden: Amphipoda	Familia: <i>Hyaellidae</i>	Tamaño: 5,7 mm
-------------------------------	----------------------------	--------------------------------------	--------------------------



Clase: Arachnoidea	Orden: Trombidiformes	Familia: <i>Hydrachnidae</i>	Tamaño: 0,6 mm
------------------------------	---------------------------------	--	--------------------------



Clase: Gasteropoda	Orden: Basommatophora	Familia: <i>Lymnaeidae</i>	Tamaño: 8,7 mm
------------------------------	---------------------------------	--------------------------------------	--------------------------



Clase:
Gasteropoda

Orden:
Basommatophora

Familia:
Physidae

Tamaño:
4,1 mm



Clase:
Turbellaria

Orden:
Tricladida

Familia:
Planariidae

Tamaño:
6,8 mm



Clase:
Bivalvia

Orden:
Veneroida

Familia:
Sphaeriidae

Tamaño:
2,3 mm



Clase:
Oligochaeta

Orden:
Haplotaxida

Familia:
Tubificidae

Tamaño:
24 mm