



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS SOBRE EL
GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
PACHANLICA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A AMBIENTAL

AUTORES:

JONATHAN STEVE ARAUJO GUERRERO

NUBE BIBIANA CALLE CHIMA

Riobamba – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS SOBRE EL
GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO
PACHANLICA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO/A AMBIENTAL

AUTORES: JONATHAN STEVE ARAUJO GUERRERO

NUBE BIBIANA CALLE CHIMA

DIRECTOR: Ing. ANDRÉS AGUSTÍN BELTRÁN DÁVALOS MSc.

Riobamba – Ecuador

2022

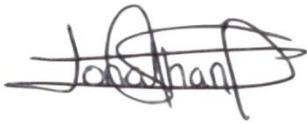
© 2022, Jonathan Steve Araujo Guerrero & Nube Bibiana Calle Chima

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

Nosotros, JONATHAN STEVE ARAUJO GUERRERO y NUBE BIBIANA CALLE CHIMA, declaramos que el presente Trabajo de Integración Curricular es de nuestra autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Riobamba, 28 de noviembre de 2022



Jonathan Steve Araujo Guerrero
1804334108





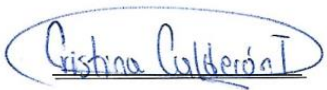
Nube Bibiana Calle Chima
0302947627

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto de Investigación, **EVALUACIÓN DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS SOBRE EL GRADIENTE ALTITUDINAL DE LA MICROCUENCA DEL RÍO PACHANLICA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA**, realizado por los señores: **JONATHAN STEVE ARAUJO GUERRERO Y NUBE BIBIANA CALLE CHIMA**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Integración Curricular, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal Autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Jorge Luis Fernández Peralta Mgs. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-11-28
Ing. Andrés Agustín Beltrán Davalos MSc. DIRECTOR DE TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-11-28
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia MSc. MIEMBRO DEL TRIBUNAL		2022-11-28

DEDICATORIA

Este trabajo va dedicado principalmente a Dios por darme la fuerza y sabiduría suficiente para cumplir con cada objetivo propuesto a lo largo de todo este proceso.

A mis padres Angel Araujo y Wilma Guerrero por ser un gran ejemplo a seguir y un pilar fundamental de enseñanza, paciencia, esfuerzo y apoyo incondicional en los momentos difíciles para salir adelante frente a las dificultades presentadas, impartiendo siempre los mejores consejos y valores.

A mi hermana Cristina Araujo, a mi cuñado Daniel Jiménez y a mis sobrinas Analía y Camila por ser partícipes con su cariño en cada uno de mis logros conseguidos e impulsándome siempre a cumplir todos mis sueños.

Jonathan

Dedico este trabajo a mi madre Laura, por ser el pilar más importante y demostrarme su apoyo incondicional durante todo mi trayecto estudiantil y de vida, quien con su amor, paciencia y esfuerzo me ha permitido llegar a culminar esta gran etapa.

A mis hermanas Diana y Jeanneth por ser las personas que me han motivado a seguir adelante, fomentado en mí el deseo de superación y perseverancia, por compartir alegrías y tropiezos de los cuales siempre salimos victoriosas, por enseñarme a luchar por mis sueños y nunca rendirme.

A mi abuelita Rosa por ser una parte esencial de mi formación, por brindarme su apoyo absoluto a pesar de la distancia.

Nube

AGRADECIMIENTO

A la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo por abrirnos sus puertas y permitirnos cumplir esta gran etapa en nuestras vidas.

Al Grupo de Investigación Desarrollo para el Ambiente y Cambio Climático (GIDAC) por permitirnos formar parte de su equipo de investigación, por el apoyo técnico y la colaboración de las instalaciones para realizar los análisis respectivos y de esta manera culminar con éxito nuestro proyecto de investigación curricular.

Al Ing. Andrés Beltrán en calidad de director de tesis por el apoyo brindado, por impartirnos sus conocimientos y ofrecernos la confianza durante la ejecución de nuestra investigación.

A todos nuestros amigos que fueron partícipes de todo el recorrido durante nuestra vida universitaria manifestándonos en todo momento su ayuda, sus consejos y conocimientos.

Jonathan & Nube

TABLA DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xii
ÍNDICE DE FIGURAS.....	xiii
ÍNDICE DE GRÁFICOS.....	xiv
ÍNDICE DE ANEXOS.....	xv
ÍNDICE DE ABREVIATURAS.....	xvi
RESUMEN.....	xvii
ABSTRACT.....	xviii
INTRODUCCIÓN.....	1

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	2
1.1. Planteamiento del Problema.....	2
1.2. Limitaciones y delimitaciones.....	2
1.2.1. <i>Limitaciones</i>	2
1.2.2. <i>Delimitación Temporal</i>	3
1.2.3. <i>Delimitación espacial</i>	3
1.2.4. <i>Delimitación Académica</i>	3
1.3. Problema General de Investigación.....	3
1.4. Problemas específicos de investigación.....	3
1.5. Objetivos.....	4
1.5.1. <i>Objetivo General</i>	4
1.5.2. <i>Objetivos Específicos</i>	4
1.6. Justificación.....	4
1.6.1. <i>Justificación Teórica</i>	4
1.6.2. <i>Justificación Metodológica</i>	4
1.6.3. <i>Justificación Práctica</i>	5

1.7.	Hipótesis	5
1.7.1.	<i>Hipótesis General</i>	5
1.7.2.	<i>Hipótesis nula (H₀)</i>	5
1.7.3.	<i>Hipótesis alternativa (H₁)</i>	5

CAPÍTULO II

2.	MARCO TEÓRICO	6
2.1.	Antecedentes de investigación	6
2.2.	Marco conceptual	7
2.2.1.	<i>Bioindicadores</i>	7
2.2.2.	<i>Biomonitoreo</i>	7
2.2.3.	<i>Cuenca Hidrográfica</i>	7
2.2.4.	<i>Calidad del agua</i>	7
2.2.5.	<i>Contaminación del agua</i>	8
2.2.5.1.	<i>Contaminación de origen natural</i>	8
2.2.5.2.	<i>Contaminación de origen artificial</i>	8
2.2.6.	<i>Compuestos orgánicos</i>	8
2.2.7.	<i>Gradiente altitudinal</i>	8
2.2.8.	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	9
2.2.9.	<i>Microcuenca</i>	9
2.2.10.	<i>Microorganismos patógenos</i>	9
2.2.11.	<i>Nutrientes vegetales inorgánicos</i>	9
2.2.12.	<i>Sedimentos y materiales suspendidos</i>	10
2.2.13.	<i>Sustancias químicas orgánicas</i>	10
2.2.14.	<i>Sustancias químicas inorgánicas</i>	10
2.2.15.	<i>Sustancias radioactivas</i>	10
2.3.	Referencias Teóricas	11
2.3.1.	<i>Contaminación de los sistemas acuáticos generado por actividades antrópicas</i>	11
2.3.2.	<i>Efecto de las actividades antrópicas en sistemas fluviales</i>	12

2.3.3.	<i>Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua en ríos</i>	12
2.3.4.	<i>Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua</i>	15
2.3.5.	<i>Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos en ecosistemas fluviales</i>	15
2.3.6.	<i>Estado de la calidad del agua a través del Índice Biótico (BMWP/Col)</i>	15
2.3.7.	<i>Estado de la calidad del agua a través del Índice Biológico Andino (ABI)</i>	17
2.3.8.	<i>Estado de la calidad del agua a través del Índice de hábitat fluvial (IHF)</i>	18
2.3.9.	<i>Estado de la calidad del agua a través del Índice de Calidad de Ribera (IQR)</i>	19
2.3.10.	<i>Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial</i>	20
2.3.11.	<i>Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua mediante el Índice de diversidad de Shannon-Weaver</i>	20
2.3.12.	<i>Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua mediante el Índice de dominancia de Simpson</i>	21
2.3.13.	<i>Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua mediante el Índice de Margalef</i>	21

CAPÍTULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	23
3.1.	Área de estudio	23
3.2.	Puntos de muestreo	24
3.3.	Componente abiótico	24
3.3.1.	<i>Clima</i>	24
3.3.2.	<i>Agua</i>	25
3.3.3.	<i>Caudal</i>	26
3.3.4.	<i>Suelo</i>	26
3.4.	Componente biótico	26
3.5.	Componente socio económico	27
3.6.	Enfoque de la investigación	27
3.7.	Nivel de Investigación	28
3.8.	Diseño de investigación	28

3.9.	Tipo de estudio	28
3.10.	Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra	28
3.10.1.	<i>Población de estudio</i>	28
3.10.2.	<i>Selección de la muestra</i>	29
3.10.3.	<i>Cálculo del tamaño de la muestra</i>	29
3.11.	Muestreo	30
3.11.1.	<i>Recolección y toma de muestras</i>	30
3.11.2.	<i>Conservación y transporte de muestras</i>	31
3.11.3.	<i>Análisis in-situ</i>	32
3.11.4.	<i>Análisis de laboratorio</i>	32
3.11.4.1.	<i>Análisis de parámetros físico-químicos</i>	33
3.11.4.2.	<i>Análisis de parámetros microbiológicos</i>	33
3.11.4.3.	<i>Análisis biológico</i>	34
3.11.5.	<i>Análisis de índices ecológicos</i>	34
3.11.6.	<i>Análisis estadísticos</i>	35
3.11.6.1.	<i>Análisis estadísticos Descriptivos</i>	35
3.11.6.2.	<i>Análisis Estadísticos Inferenciales</i>	35

CAPÍTULO IV

4.	MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	36
4.1.	Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos	36
4.1.1.	<i>Potencial Hídrico (pH)</i>	36
4.1.2.	<i>Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)</i>	37
4.1.3.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	38
4.1.4.	<i>Temperatura</i>	40
4.1.5.	<i>Turbidez</i>	41
4.1.6.	<i>Sólidos en Suspensión</i>	42
4.1.7.	<i>Nitratos (NO_3^-)</i>	43
4.1.8.	<i>Nitritos (NO_2^-)</i>	44

4.1.9.	<i>Sulfatos</i>	45
4.1.10.	<i>Fosfatos (PO₄³⁻)</i>	46
4.1.11.	<i>Demanda Química de Oxígeno</i>	47
4.1.12.	<i>Demanda Bioquímica de Oxígeno</i>	48
4.1.13.	<i>Escherichia coli</i>	49
4.1.14.	<i>Coliformes fecales</i>	50
4.1.15.	<i>Coliformes Totales</i>	51
4.2.	Resultados de la estimación de caudales	52
4.3.	Resultados de índices biológicos	53
4.3.1.	<i>Índice Biológico Andino (ABI)</i>	53
4.3.2.	<i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-COL)</i>	55
4.4.	Resultados de Índices ecológicos	57
4.4.1.	<i>Índice de Hábitat Fluvial (IHF)</i>	57
4.4.2.	<i>Índice de Calidad de Ribera (QBR)</i>	58
4.5.	Resultados de Índices de diversidad	59
4.5.1.	<i>Índice de SHANNON- WIENER, SIMPSON y MARGALEF</i>	61
CONCLUSIONES		65
RECOMENDACIONES		66
BIBLIOGRAFÍA		
ANEXOS		

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Puntajes para macroinvertebrados acuáticos según el Índice BMWP/Col	16
Tabla 2-2: Calidad biológica del agua según el Índice BMWP/Col	16
Tabla 3-2: Puntuaciones para familias de macroinvertebrados acuáticos según el índice ABI.	17
Tabla 4-2: Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.	18
Tabla 5-2: Ponderaciones para parámetros del índice de hábitat fluvial.....	18
Tabla 6-2: Puntajes de la calidad según el índice de hábitat fluvial.	19
Tabla 7-2: Puntajes de la calidad del agua según el índice de calidad de ribera (IQR)	19
Tabla 8-2: Evaluación de diversidad según Shannon	20
Tabla 1-3. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo.....	24
Tabla 2-3: Parámetros físico químicos a analizar	33
Tabla 1-4: Resultados obtenidos del Índice ABI	53
Tabla 2-4: Resultados obtenidos del Índice BMWP/COL	55
Tabla 3-4: Resultados obtenidos los índices de diversidad en época lluviosa	61
Tabla 4-4: Resultados obtenidos los índices de diversidad en época seca.....	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-2: Parámetros empleados para realizar una evaluación de la calidad del agua	14
Figura 2-2: Índices bióticos y de diversidad.....	22
Figura 1-3: Ubicación de los puntos de monitoreo.....	23
Figura 2-3: Procedimiento para la recolección y toma de muestras físico químicas	30
Figura 3-3: Procedimiento para la recolección y toma de muestras microbiológicas	31
Figura 4-3: Procedimiento para la recolección y toma de muestras biológicas.....	31
Figura 5-3: Parámetros a analizar in situ	32
Figura 6-3: Parámetros microbiológicos.....	34
Figura 7-3: Análisis estadísticos descriptivos.....	35

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-4: Variación del pH a lo largo de la microcuenca	36
Gráfico 2-4: Variación de la CE en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	37
Gráfico 3-4: Variación del OD en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	39
Gráfico 4-4: Variación de temperatura en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca..	40
Gráfico 5-4: Variación de turbidez en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca.....	41
Gráfico 6-4: Variación de SS en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	42
Gráfico 7-4: Variación de Nitratos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca.....	43
Gráfico 8-4: Variación de Nitritos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	44
Gráfico 9-4: Variación de Sulfatos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca.....	45
Gráfico 10-4: Variación de Fosfatos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	46
Gráfico 11-4: Variación de la DQO en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	47
Gráfico 12-4: Variación de la DBO ₅ en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	48
Gráfico 13-4: Variación de <i>E.coli</i> en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	49
Gráfico 14-4: Variación de Coliformes Fecales a lo largo de la microcuenca	50
Gráfico 15-4: Variación de CT en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca	51
Gráfico 16-4: Variación del caudal a lo largo del río Pachanlica.	52
Gráfico 17-4: Resultados del índice ABI a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica	54
Gráfico 18-4: Resultados del índice BMWP-Col a lo largo de la microcuenca	54
Gráfico 19-4: Valoración del ÍHF a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica	57
Gráfico 20-4: Valoración del Índice QBR a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica.....	58
Gráfico 21-4: Dendrograma de los macroinvertebrados acuáticos (época lluviosa)	59
Gráfico 22-4: Dendrograma de los de macroinvertebrados acuáticos (época de estiaje)	60
Gráfico 23-4: Valoración de los índices de diversidad en época lluviosa	61
Gráfico 24-4: Valoración de los índices de diversidad en época seca	63

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A:	FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL IHF
ANEXO B:	HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL PUNTO DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS
ANEXO C:	HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE QBR-AND
ANEXO D:	REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES
ANEXO E:	HOJA DE REGISTRO DE LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI
ANEXO F:	MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS IDENTIFICADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PACHANLICA
ANEXO G:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 1
ANEXO H:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 2
ANEXO I:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 3
ANEXO J:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 4
ANEXO K:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 5
ANEXO L:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 6
ANEXO M:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 7
ANEXO N:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 8
ANEXO O:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 9
ANEXO P:	FICHA DE DESCRIPCIÓN - PUNTO 10

ÍNDICE DE ABREVIATURAS

μS/cm	Micro Siems sobre centímetros (unidad de Conductividad)
ACC	Análisis de Correspondencia Canónica
ABI	Índice Biótico Andino
BMWP	Biological Monitoring Working Party
CE	Conductividad eléctrica
°C	Grados centígrados
CF	Coliformes Fecales
DBO₅	Demanda Bioquímica de Oxígeno
DQO	Demanda Química de Oxígeno
EPA	Environment Protection Agency (Agencia de Protección Ambiental)
HCPT	Honorable Consejo Provincial de Tungurahua
IHF	Índice de Hábitat Fluvial
INEN	Instituto Ecuatoriano de Normalización
UFC/100mL	Unidades Formadoras de Colonias por cada 100 mililitros
m.s.n.m	Metros sobre el nivel del mar
m³/s	Metro cúbico por segundo
mg/L	Miligramos por litro
M.O	Materia Orgánica
OD	Oxígeno Disuelto
OMS	Organización Mundial de la Salud
pH	Potencial de Hidrógeno
ppm	Partes por millón
QBR	Índice de Calidad del Bosque de Ribera
Q	Caudal
SST	Sólidos Suspendidos Totales
TULSMA	Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente

RESUMEN

El objetivo de la presente investigación fue evaluar la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos sobre el gradiente altitudinal de la microcuenca del río Pachanlica. Se determinaron diez puntos de monitoreo, los cuales se muestrearon en el período marzo – agosto 2022, correspondiente a una época lluviosa y de estiaje, en cada estación de muestreo se midieron parámetros físico químicos, microbiológicos y se estimaron índices ecológicos como: Índice de Calidad del Bosque de Ribera (QBR), Índice Biótico Andino (ABI), Índice de Hábitat Fluvial (IHF), junto con índices de diversidad: Shannon - Wiener, Margalef, Simpson. Se aplicaron protocolos de recolección e identificación de macroinvertebrados acuáticos y métodos de estandarización para el análisis de la calidad del agua. De acuerdo con la aplicación de los índices de diversidad en los macroinvertebrados acuáticos identificados presentaron una abundancia de 1211 especies en una época lluviosa y 1067 especies en una época de estiaje, siendo las familias más predominantes *Oligochaeta* (38%) y *Chironomidae* (50%), estos individuos tienen un puntaje de ABI Y BMWP de 1 y 2 respectivamente lo que indica la mala calidad del agua que muestra la microcuenca. Los índices ecológicos presentan una mayor degradación obteniendo rangos de calidad de buena a pobre en los primeros puntos de muestreo y de mala a muy crítica en los últimos tramos contrastándose con la calidad físico química y microbiológica del agua a lo largo del sistema fluvial. Con los resultados obtenidos en la investigación se comprueba que el rango altitudinal es determinante en la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos del ecosistema acuático viéndose reducido a menor altitud, esto se asocia principalmente a las actividades antropogénicas. Por lo que se recomienda tomar medidas ambientales necesarias para reducir la contaminación y de esta manera mejorar la calidad del agua de la microcuenca del río Pachanlica.

Palabras clave: < GRADIENTE ALTITUDINAL >, < ÍNDICE DE CALIDAD DEL BOSQUE DE RIBERA (QBR) >, < ÍNDICE BIÓTICO ANDINO (ABI) >, < ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (IHF) >, < ÍNDICE DE SIMPSON >.

0030-DBRA-UPT-2023



ABSTRACT

This research aimed to evaluate the biological diversity of aquatic macroinvertebrates on the altitudinal gradient of the Pachanlica river micro-watershed. Ten monitoring points were determined and sampled in March - August 2022, corresponding to a rainy and dry season. At each sampling station, physical, chemical and microbiological parameters were measured, and ecological indices were estimated, such as the Quality index of the Riparian Forest (QBR), Andean Biotic Index (ABI), Fluvial Habitat Index (IMF), along with diversity indices: Shannon - Wiener, Margalef, Simpson. Protocols for collecting and identifying aquatic macroinvertebrates and standardisation methods for analysing water quality were applied. According to the application of the diversity indices in the identified aquatic macroinvertebrates, they presented an abundance of 1211 species in the rainy season and 1067 species in the dry season, with the most predominant families being Oligochaeta (38%) and Chironomidae (50%)., these individuals have an ABI and BMWP score of 1 and 2, respectively, which indicates the poor quality of the water in the micro-basin. The ecological indices present a more significant degradation, obtaining quality ranges from good to poor in the first sampling points and from bad to very critical in the last sections, contrasting with the water's physical, chemical and microbiological quality throughout the fluvial system. With the results obtained in the investigation, it is verified that the altitudinal range is a determinant in the biological diversity of aquatic macroinvertebrates of the aquatic ecosystem, being reduced at lower altitudes; this is mainly associated with anthropogenic activities. Therefore, it is recommended to take the necessary environmental measures to reduce pollution and thus improve the water quality of the Pachanlica river micro-basin.

Keywords: < ALTITUDINAL GRADIENT> <QUALITY INDEX OF RIVERSIDE FOREST (QBR)> <ANDEAN BIOTIC INDEX (ABI)> <RIVER HABITAT INDEX (IHF)> <SIMPSON INDEX>.



Ing. Paul Obregón.Mgs

0601927122

INTRODUCCIÓN

El agua es un elemento básico de la vida, impulsa el crecimiento económico y sustenta ecosistemas saludables, sin embargo, este recurso se ve afectado por el crecimiento industrial y demográfico produciendo de esta manera impactos negativos al ambiente. El principal problema que afecta a los cuerpos de agua es la contaminación antrópica, generada por las descargas de aguas residuales, entendiéndose a ésta como la incorporación de materias extrañas, microorganismos, productos químicos y residuos industriales al agua.

Los recursos hídricos son considerados muy importantes, debido a que a partir de este se desarrolla la vida, ayuda a satisfacer las necesidades básicas, desarrollar diferentes actividades agrícolas, industriales, domésticas, entre otras. Sin embargo, cada vez el agua está en descenso en el mundo, siendo la principal causa el mal uso y el desperdicio ocasionado por el ser humano, un ciclo del agua que sea bien gestionado beneficia a la producción de alimentos, a la generación de electricidad, a diversos usos industriales y a otras actividades que realice la sociedad.

El aumento de la concentración de contaminantes en las fuentes hídricas genera la investigación de nuevas metodologías, que sean diferentes al análisis físico, químico y microbiológico para la determinación de la calidad del agua de sistemas fluviales, una de estas metodologías es la aplicación de bioindicadores como los macroinvertebrados acuáticos que ayudan en la identificación de las perturbaciones presentes en los cuerpos de agua, debido a que estos organismos controlan la productividad primaria en los ecosistemas acuáticos (López, 2019, p.271).

La microcuenca del río Pachanlica, nace a una altitud de 3465 msnm, está atravesada por los cantones: Mocha, Quero, Cevallos y Pelileo pertenecientes a la provincia de Tungurahua y culmina desembocando a una altura de 2292 msnm en el río Ambato (Ante y Pilatasig, 2020, p. 26). Durante todo este trayecto conforme ha ido creciendo la población, se ha generado a lo largo de la microcuenca diferentes actividades antrópicas como por ejemplo: la ganadería, la agricultura, la deforestación, en donde la falta de plantas de tratamiento de aguas residuales hace que la mayoría de las descargas sean hacia la microcuenca, ocasionando problemas al mismo, como la presencia de fuertes olores en ciertos puntos de la microcuenca, alteraciones en el desarrollo de la diversidad biológica y sobre todo afecciones en la calidad del agua.

El presente proyecto de investigación pretende evaluar la diversidad biológica de los macroinvertebrados acuáticos y como estos se ven afectados por el gradiente altitudinal, mediante las diferentes metodologías para macroinvertebrados y los índices para la determinación de la calidad del agua respectivamente. Los resultados obtenidos contribuirán a entender la dinámica del sistema fluvial, generando información reciente acerca de la calidad del agua.

CAPÍTULO I

1. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Planteamiento del Problema

El presente proyecto de investigación se realiza en la provincia de Tungurahua, donde se encuentra la microcuenca del río Pachanlica, en la cual se pretende demostrar las graves afecciones en la calidad del agua que existe debido a que está siendo afectada por las diferentes actividades antrópicas como: el crecimiento demográfico, industrial, el uso de sustancias químicas no biodegradables, la disposición final inadecuada de residuos y desechos peligrosos, que incrementan la concentración de sustancias nocivas, generando que la diversidad biológica en especial de macroinvertebrados acuáticos vaya en descenso en lugares donde se presenta mayor contaminación, además según varios autores determinan que la cantidad de macroinvertebrados acuáticos que existen o estén presentes en un sistema fluvial están estrechamente relacionados con el gradiente altitudinal. Valorar la dinámica altitudinal sobre la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos permitirá identificar zonas de riesgo y priorización para procesos de restauración y remediación, fundamentados en criterios objetivos como principio de la política ambiental ecuatoriana. A su vez le permitirá al Honorable Consejo Provincial de Tungurahua generar políticas públicas que garanticen la conservación del recurso hídrico priorizando zonas de interés turístico como la cascada “Jun Jun”

1.2. Limitaciones y delimitaciones

1.2.1. Limitaciones

- El presente proyecto de investigación solamente comprende un tiempo de marzo hasta agosto del presente año.
- Para realizar los respectivos análisis de los parámetros químicos y microbiológicos, se cuenta con una deficiencia en cuanto a equipos y reactivos.
- El proyecto de investigación se centra solamente en el análisis de nutrientes, parámetros físico-químicos, microbiológicos y la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y como estos se ven influenciados por el gradiente altitudinal.

1.2.2. Delimitación Temporal

Los datos que se consideran para realizar el Trabajo de Integración Curricular propuesto, están comprendidos entre los meses de marzo y septiembre del presente año; abarca datos de parámetros físico-químicos y microbiológicos de la microcuenca del río Pachanlica, además se genera información acerca de la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos y como estos se ven influenciados por el gradiente altitudinal de la zona.

1.2.3. Delimitación espacial

El proyecto de investigación propuesto se centra en la microcuenca del río Pachanlica, que pasa por los cantones: Mocha, Quero, Cevallos y San Pedro de Pelileo, pertenecientes a la provincia de Tungurahua, cuya extensión es de 52 kilómetros.

1.2.4. Delimitación Académica

El Trabajo de Integración Curricular planteado cumple con los parámetros exigidos por la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo (ESPOCH) entorno al grado de investigación y al esquema de presentación para proyectos de investigación; para ello se sustenta bibliografías, textos y estudios anteriores realizados acerca de la microcuenca, todo ello para proporcionar conceptos y teorías que sirven de base para el proyecto de investigación.

1.3. Problema General de Investigación

¿Baja variabilidad de la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del Río Pachanlica de la provincia de Tungurahua según su gradiente altitudinal?

1.4. Problemas específicos de investigación

- ¿Mala calidad del agua presente en la microcuenca del río Pachanlica según los parámetros físico- químicos y microbiológicos?
- ¿Existencia de una baja diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Pachanlica según los índices bióticos?
- ¿Diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos presentes en la microcuenca del Río Pachanlica se ven afectados por el gradiente altitudinal?

1.5. Objetivos

1.5.1. Objetivo General

- Evaluar la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos sobre el gradiente altitudinal de la microcuenca del río Pachanlica, Provincia Tungurahua.

1.5.2. Objetivos Específicos

- Analizar la Calidad del Agua de la microcuenca del río Pachanlica mediante parámetros físico- químicos y microbiológicos.
- Determinar la aplicabilidad de los índices bióticos y de diversidad de macroinvertebrados acuáticos presentes en la microcuenca del río Pachanlica
- Valorar la dinámica altitudinal sobre la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos del sistema fluvial del Pachanlica

1.6. Justificación

1.6.1. Justificación Teórica

El agua es un elemento básico de la vida, impulsa el crecimiento económico sustenta ecosistemas saludables, sin embargo, este recurso se ve afectado por el crecimiento industrial y demográfico, produciendo de esta manera impactos negativos al ambiente. Uno de los problemas que más aqueja en los cuerpos de agua es la contaminación de los mismos, por las descargas de aguas residuales, refiriéndose a esta como la integración de materias extrañas a un sistema lacustre, además de microorganismos, productos químicos y residuos industriales.

1.6.2. Justificación Metodológica

La distribución y composición de las comunidades de los organismos se encuentra definida por diversos factores que operan como filtros, los cuales ayudan a promover la presencia de una u otras especies, lo que darán como resultado la composición de la fauna que se encuentra en un habitat o localidad. Mediante esta investigación se ha reconocido como una variable muy influyente a la altitud, debido a que con esta se pretende analizar la diversidad

biológica que existe en ciertos puntos estratégicos seleccionados a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica, mediante la utilización de bioindicadores (macroinvertebrados acuáticos), parámetros físico químicos y microbiológicos, debido a que estos factores son determinantes en la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos en los Andes ecuatorianos.

1.6.3. Justificación Práctica

Los estudios que se van a realizar en esta investigación permitirán identificar zonas de riesgo y priorización para procesos de restauración y remediación, fundamentados en criterios objetivos como principio de la política ambiental ecuatoriana. De tal manera proporcionara información indispensable para la determinación de impactos ambientales, sociales y económicos que permitan la gestión y conservación del recurso hídrico, contribuyendo así a procesos que permitirá al Honorable Consejo Provincial de Tungurahua generar políticas públicas que garanticen la conservación del recurso hídrico priorizando zonas de interés turístico como la cascada “Jun Jun”. La presente investigación propuesta está vinculada con el proyecto de Sistemas Lacustres Altoandinos del centro del Ecuador como sumideros de Dióxido de carbono propuesto por el grupo de investigación GIDAC cuyos resultados permitirán el fortalecimiento de la investigación

1.7. Hipótesis

1.7.1. Hipótesis General:

- **Variable dependiente:** Diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos
- **Variable independiente:** Gradiente altitudinal

1.7.2. Hipótesis nula (H₀):

El gradiente altitudinal influye en la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Pachanlica.

1.7.3. Hipótesis alternativa (H₁):

El gradiente altitudinal no influye en la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos en la microcuenca del río Pachanlica.

CAPÍTULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de investigación

El agua es un recurso hídrico primordial para que exista la vida en el planeta. A partir de la Revolución Industrial y el aumento de la población, ha sido posible identificar los primeros impactos generados sobre las fuentes hídricas. Varias actividades antrópicas como la explotación petrolera, la agricultura, la minería y las descargas indiscriminadas de los desechos en los diferentes sistemas lacustres, son solo algunas de las actividades que han incidido de forma directa en los mantos freáticos y cuencas de donde nace este líquido vital. La principal causa es por la intervención del hombre en el desarrollo de actividades económicas, de igual manera el mal uso de la tierra y la carencia de estrategias que permitan un uso y manejo eficiente del agua. En un artículo publicado por (Moreta, 2009, p.56) indica que, en Tungurahua desde 2006, la Agencia de Aguas de Ambato, la fundación Global Water For Sustainability y la Universidad de Florida realizaron una investigación para determinar el grado de contaminación en la cuenca del río Pastaza, que contiene a los ríos, Patate, Pachanlica, Ambato y Chambo.

El río Pachanlica cuenta con un fuerte caudal y separa al sector de las playas de Cevallos y la parroquia de Benítez Pelileo, esta zona ha sido utilizada como un botadero de basura, los habitantes del sector mencionan que las aguas de la microcuenca del río son utilizadas para lavar ropa en el sector, perjudicando la calidad del agua mediante el uso de detergentes.

En el proyecto de investigación “DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES E ÍNDICES EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON– WEAVER DEL RÍO PACHANLICA, 2020” realizado en la Universidad Técnica de Cotopaxi por (Ante y Pilatasig, 2020, p.16), identificaron que la contaminación del río es provocada por descargas de aguas residuales, el avance de la frontera agrícola y crecimiento poblacional. La calidad de agua en su afloramiento mediante el índice BMWP/Col, muestra que se encuentra ligeramente contaminada, pero en el punto intermedio y final del cauce se encuentran en clase (IV) calidad crítica.

Al no existir información con mayor detalle sobre la influencia del gradiente altitudinal sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos existentes en la microcuenca del río Pachanlica, el presente proyecto de investigación pretende facilitar una herramienta informativa acerca de dicha variabilidad existente en la microcuenca y de esta manera aportar en el control y disminución de la contaminación ambiental en varios puntos críticos.

2.2. Marco conceptual

2.2.1. Bioindicadores

Los bioindicadores son muy importantes a la hora de querer obtener información acerca de las condiciones de un medio específico, debido a que son organismos o comunidades en los que su existencia, sus características estructurales, su funcionamiento y sus reacciones, dependen del medio en el que se desarrollan y cambian al momento en el que se modifican o se alteran las condiciones del medio que los rodea (Tapia et al, 2018, p.163).

2.2.2. Biomonitorio

Se considera como una parte muy importante para realizar una evaluación biológica o también conocida como evaluación ecológica, dicha evaluación permite establecer el impacto de la contaminación sobre los seres vivos en el ambiente, hace referencia a la utilización de bioindicadores como son los macroinvertebrados acuáticos para realizar un análisis de la calidad del agua de un lugar determinado, son muestreos que se los realizan de manera continua, estos se lo realizan con el fin de efectuar un control de calidad con el paso del tiempo (Zhao et al, 2020, p.124).

2.2.3. Cuenca Hidrográfica

Es el lugar territorial de forma natural que contribuye al flujo de todas las aguas de los ríos, lagos, quebradas, lagunas, de los deshielos de los nevados, precipitaciones, entre otros. Brindan servicios vinculados con el recurso agua, como por ejemplo el abastecimiento de agua para la población, actividades agrícolas y ganaderas (Núñez, 2011, p. 11)

2.2.4. Calidad del agua

Son aquellas características físicas, químicas y biológicas del agua, de la cual se deben mantener de manera íntegra el balance natural de sus parámetros (Anrango et al., 2008, p. 121). La calidad del agua es un factor importante para el desarrollo de las diferentes actividades para los seres vivos y cuando es alterada puede provocar diferentes reacciones en el organismo de los seres vivos, alteraciones en los diferentes ecosistemas acuáticos e incluso hasta la muerte de los mismos.

2.2.5. Contaminación del agua

El agua se encuentra contaminada cuando se ve alterado o modificado su composición con respecto a su estado natural, perdiendo sus condiciones aptas para uso (Álvarez, 2016, p. 112).

2.2.5.1. Contaminación de origen natural

La fuente de contaminación natural es aquella que se genera por actividades propias de la naturaleza, ya sea por las erupciones volcánicas, tsunamis, terremotos, entre otros. Estos contaminantes no provocan altas concentraciones, al menos que se den en sitios fijos, relacionados con los depósitos minerales (Álvarez, 2016, p. 120).

2.2.5.2. Contaminación de origen artificial

Definiéndose como el resultado de las diversas actividades humanas que provoca la alteración original de los componentes del sistema fluvial, mediante las descargas de sustancias tóxicas en un lapso de tiempo corto. El sistema al que se encuentra afectando provoca que se vuelva incapaz de aguantar, provocando de esta manera que los medios de supervivencia disminuyan considerablemente, la biodiversidad desaparezca y se genere costos muy elevados para su remediación (Menchaca y Alvarado, 2011, p.85).

2.2.6. Compuestos orgánicos

Son los compuestos que se logran disolver en el agua, este tipo de contaminación proviene principalmente de las actividades ganaderas, vertidos, insecticidas, plaguicidas, escurrimientos industriales y agrícolas, entre otras (Fuentes et al., 2015, p. 253).

2.2.7. Gradiente altitudinal

El gradiente altitudinal ayuda a determinar la diversidad, estructura y composición de las diferentes comunidades biológicas que van cambiando de acuerdo a la escala o altitud a la que se encuentran, siendo la elevación un factor importante en la variación de la temperatura y precipitación (Cuyckens et al, 2015, p. 137). Permittiéndonos conocer las características y biodiversidad de los sistemas fluviales altoandinos, conforme al gradiente altitudinal en el que se lo vaya a analizar.

2.2.8. Macroinvertebrados acuáticos

Se les puede considerar macroinvertebrados a los invertebrados que viven en el agua, que presentan un tamaño superior a 500 μm , además son empleados hoy en día para realizar una caracterización biológica e integral de la calidad de sistemas fluviales, sirviendo como base para mantener un adecuado control y sobre todo una conservación adecuada de los ecosistemas acuáticos (Vásquez et al., 2016, p. 8).

2.2.9. Microcuenca

Dentro de las cuencas se llevan a cabo diferentes procesos del ciclo hidrológico, por ende, si existe algún tipo de alteración podría modificar los mecanismos en la dinámica de este proceso (Cotler et al., 2010, p. 210). Las microcuencas son aquellas que nacen de pequeñas vertientes originando riachuelos y quebradas donde se van juntando con otras corrientes para de esta manera ir formando los que es una cuenca hidrográfica, el tamaño de las mismas es menor a las 50 m^2 aproximadamente (Vásquez et al., 2016, p. 8).

2.2.10. Microorganismos patógenos

Son considerados microorganismos los parásitos, virus y bacterias, que su lugar de procedencia son los desechos orgánicos y además son capaces de generar diferentes enfermedades. Estos microorganismos son trasladados en el agua mediante las heces fecales y ciertos residuos orgánicos que son generados por los seres humanos en el desarrollo de sus diferentes actividades y para determinar la calidad del agua se utiliza como indicador el número de bacterias coliformes presentes en los cuerpos de agua (Sanchón, 2011, p. 10).

2.2.11. Nutrientes vegetales inorgánicos

Al existir un exceso de nutrientes vegetales puede provocar un crecimiento abundante en las plantas acuáticas. Las plantas para poder desarrollarse van a requerir de nutrientes como son los fosfatos y nitratos, pero si se les da una cantidad excesiva de los mismos puede generar un desmesurado crecimiento, provocando que necesiten ingerir una mayor cantidad de O_2 , generando cambios en su medio en el cual se desarrollan y así genera un proceso llamado eutrofización de las fuentes hídricas (Fuentes et al., 2015, p. 253).

2.2.12. Sedimentos y materiales suspendidos

Los materiales suspendidos hacen referencia a aquellas partículas que se mantienen sobre el agua, provocando la acumulación. La mayor parte de partículas son arracadas del suelo y movilizadas hacia las fuentes de agua, generando turbidez y de esta manera dificultando que vida de algunos organismos se desarrolle, convirtiéndose así en una de las mayores fuentes de contaminación del agua, ocasiona que se rellenen los lagos y la obstrucción de canales y ríos (Sanchón, 2011, p. 15).

2.2.13. Sustancias químicas orgánicas

Este tipo de sustancias son producidas por el ser humano y además contienen carbono, para que las moléculas orgánicas puedan descomponerse en el agua se necesita de ciertas bacterias que actúen en ella, pero para ello requieren de oxígeno, además de que al ser creados artificialmente estos compuestos son muy difíciles de degradar, y si en el agua se vierte sin depurar, el oxígeno se acaba y con ellos mata a toda forma de vida existente (Sanchón, 2011, p. 12).

2.2.14. Sustancias químicas inorgánicas

Se trata de sustancias como el mercurio, plomo, ácidos y sales, que cuando entran en contacto con el agua pueden llegar a causar grandes daños en los diferentes sistemas acuáticos, provocando la disminución de la biodiversidad de la zona (Sanchón, 2011, p. 12). Estos son provenientes de diferentes sectores, por ejemplo: en los vertidos agrícolas, industriales e incluso domésticos.

2.2.15. Sustancias radioactivas

Este tipo de sustancias son generadas por las centrales termonucleares, en donde si se encuentran en contacto con el agua o algún otro medio puede llegar a ser muy peligroso ya que puede llegar a alterar todo el ecosistema y a matar a todo tipo de vida que se encuentre a su alrededor. Los isótopos radioactivos son solubles en el agua, estas sustancias pueden llegar a realizar procesos acumulativos en toda la cadena trófica, llegando a concentraciones mucho más altas de las que se encontraban al inicio en el agua y esto debido al proceso de bioacumulación que se va generando (Sanchón, 2011, p. 16).

2.3. Referencias Teóricas

2.3.1. Contaminación de los sistemas acuáticos generado por actividades antrópicas

El agua al ser un recurso elemental para la vida se lo debe asegurar en los lugares donde se lo puede encontrar ya sea en los lagos, lagunas, ríos, arroyos y otros sistemas acuáticos, cuidando que estos se encuentren libres de algún tipo de contaminación, ya sea esta de origen doméstico o por causa de las industrias (Herrea et al., 2012, p. 44). La contaminación se genera cuando se introduce materias o formas de energía que, de modo directo o indirecto, provoquen una alteración perjudicial de su calidad (Gait y Pierotto, 2010, p. 53), presentando efectos perjudiciales para la salud de los seres vivos que lo consuman si tienen cambios químicos, físicos o biológicos.

El crecimiento y desarrollo industrial que se ha venido originando en los últimos años por parte de la sociedad ha generado que los recursos hídricos se vayan contaminando cada vez más y más, siendo el ser humano la causa principal. El agua es el recurso que se encuentra altamente contaminada, debido a que se ve alterado o modificado su composición con respecto a su estado natural, perdiendo sus condiciones aptas para uso (Álvarez, 2016, p. 112). Las actividades que el hombre ha venido desarrollando de manera industrial ha provocado que se utilice una mayor cantidad de agua para cada uno de sus procesos, además de residuos los cuales van a parar con el pasar del tiempo ha generado que se conviertan en principales fuentes de contaminación.

De acuerdo con (Álvarez, 2016, p. 112) las principales fuentes de contaminación de origen antrópico son:

- Los vertidos que se realizan en zonas urbanas, entre las cuales se tienen las de limpieza, domiciliaria y las aguas negras.
- La contaminación que se genera por las actividades ganaderas, son enviadas a las fuentes hídricas por medio de un proceso denominado escorrentía, todas las materias fecales son acarreadas al ecosistema.
- Los vertidos que se producen de las actividades agrícolas ya que aquí utilizan diferentes tipos de fertilizantes inorgánicos, estiércol, orines, plaguicidas, herbicidas, entre otros.
- En los vertidos industriales como son en las de refinado de petróleo, en las cuales se genera cianuro, grasas, fenoles, entre otros.

2.3.2. Efecto de las actividades antrópicas sobre la calidad del agua en sistemas fluviales

Las actividades que son generadas antrópica mente en los sistemas fluviales tienen la capacidad de transformar, de manera irreversible el estado de estos ecosistemas; en aguas que conservan su naturaleza única en cierto equilibrio entre la vegetación y la fauna betónica, el cual se ve quebrantado al momento que ingresan sustancias extrañas al afluente lo que provoca la desaparición de algunas especies o la reproducción excesiva de otras (Gronerth, 2017, p.32).

La contaminación del agua también genera afecciones en las poblaciones debido a que algunos municipios no realizan el debido tratamiento a las aguas residuales domésticas e industriales antes de ser vertidas a los ríos; las aguas de estos ríos están compuestas por metales pesados y otros elementos tóxicos, sin embargo, esta agua es empleada para consumo humano y actividades agropecuarias, lo cual afecta la productividad, la calidad de los alimentos y la salud de las personas. La escasez y la calidad del agua se ha convertido en una gran problemática debido a que afecta a la salud, producción de alimentos, estabilidad social y política (Lagger et al, 2000, p. 348). Convirtiéndose de gran importancia el cuidado y manejo adecuado de este recurso, además de mantener un control debido de los límites permisibles para cada una de las diferentes actividades a desarrollarse con el mismo.

La calidad del agua de un recurso hídrico es el conjunto de características físicas, químicas, biológicas (Chapman, 1992, p. 325). Pero por lo general se lo define de acuerdo al uso potencial comparando estas características con valores estándares que se consideran requisitos para las diferentes actividades y de esta manera el poder asegurar su uso correcto (Campos y Lavaggi, 2020, p. 75).

Los sistemas acuáticos muestran diversos servicios ecosistémicos, entre ellos se destaca el abastecimiento de agua potable, riego, consumo animal, recreación y purificación de las aguas. Su mala gestión de las fuentes hídricas puede alterar la calidad del agua, provocando procesos de eutrofización, desequilibrios tróficos sobre aguas subterráneas, entre otros (Molden et al., 2007, p. 6).

2.3.3. Evaluación físico-química y microbiológica de la calidad del agua en ríos

Los parámetros físico-químicos y microbiológicos ayudan a obtener información mediante la evaluación del estado en el cual se encuentran las aguas. Según (Loné, 2016, p. 1) estos parámetros se los consideran como indicadores de calidad del agua y pueden clasificarse de la siguiente manera:

Parámetros Físicos: Dentro de este grupo de parámetros se encuentra la turbidez que es una propiedad óptica para disipar y absorber la luz, esto ayuda a tener una proximidad de materia coloidal, mineral y orgánico que existe en el agua como una señal de contaminación (Moreno, 2016, p. 8), grandes cantidades de turbidez ayudan a los microorganismos de los efectos que produce en ellos la desinfección, además de estimularlos para su proliferación bacteriana (Marco et al., 2004, p. 35), otro parámetro importante que ayuda a determinar la calidad del agua es la temperatura que ayuda a determinar la adaptación que tienen las especies en diferentes lugares debido a que altera sus diversas funciones vitales y siendo la altitud un factor importante en la variabilidad de la temperatura del agua (Fernández y Johnston, 2006, p. 28). También dentro de este grupo se considera a la conductividad el cual ayuda a determinar la concentración de las sales solubles que se encuentran en el agua y como estas se logran disolver en los iones de carga positiva y negativa las cuales tienen la propiedad de conducir la electricidad (Aguilar y Navarro, 2018, p. 40), el potencial hídrico es otro parámetro que ayuda a identificar el grado de acidez o basicidad en la que se encuentra algún tipo de solución acuosa. Siendo una medida de iones H^+ e hidróxido en el agua, es por ende que cuanto más bajo sea el pH, resulta ser más ácido y por el contrario si llega a ser alto nos indica que es básica (Baylón et al., 2018, p. 119) y por último dentro de este grupo están los sólidos disueltos, dicho parámetro hace referencia al incremento de la salinidad en el agua, generando de esta manera cambios en los procesos que se conocen como osmorregulación de los organismos acuáticos.

Parámetros Químicos: en primer lugar, se encuentran los cloruros que de acuerdo al catión que este coligado el cloruro y a las concentraciones que están por encima de los 250 mg/L, este le otorga al agua un sabor particular, posterior a este se encuentra la dureza que normalmente un agua que se considera “dura” es un agua que tiene una elevada concentración de sales y por el contrario el agua “blanda” tiene contenido de sales en muy poca cantidad (Prato et al, 2022, p.156). La Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5) también se encuentra dentro de este grupo se define como la cantidad de oxígeno requerido por las bacterias para llevar a cabo el proceso de degradación de la materia orgánica, se usa unos periodos de incubación de cinco días para este parámetro y como último parámetro esta la Demanda Química de Oxígeno (DQO) en este proceso se toma la materia orgánica que está presente en una muestra de agua y se la somete a la presencia de un agente oxidante fuerte como es el caso de ácido sulfúrico en presencia de un catalizador, este es el que acelera la reacción con el fin de transformar toda esa materia orgánica en dióxido de carbono, agua y otros compuestos inorgánicos (Gilpavas et al, 2018, pp.157-167).

Parámetros microbiológicos: uno de ellos son los coliformes fecales, el grupo de coliformes fecales son bacterias aerobias Gram negativas, provocando el color intenso en sus análisis en

el microscopio el término coliforme se encuentra entre los géneros *Escherichia*, *Enterobacter*, *Citrobacter* y *Kleibsell*, los coliformes presentan formas de barras o bastones, son alargados y miden aproximadamente entre 3 y 5 micras (Morillo et al, 2019, p. 943). Dentro del grupo del género *Escherichia*, está la más conocida y la más estudiada como es *E.coli*, dicha cepa ha generado genes que contienen toxinas que son muy dañinas para el ser humano, ya que causan afecciones en su salud, es por esta esta razón que no debe existir *E.coli* en las aguas, ni en alimentos

Parámetros Biológicos: son aquellos organismos a los que se les denomina indicadores biológicos o más conocidos como bioindicadores de la calidad del agua, los cuales ayudan a informar el estado en el cual se encuentra las fuentes acuáticas, en donde desarrollan su ciclo biológico. Entre ellos se tienen algunos indicadores como son: los macroinvertebrados, diatomeas, peces, entre otros.

En la siguiente figura se puede apreciar de manera resumida los parámetros que se emplean para realizar un análisis de la calidad del agua, cuando un sistema fluvial se encuentra contaminado.

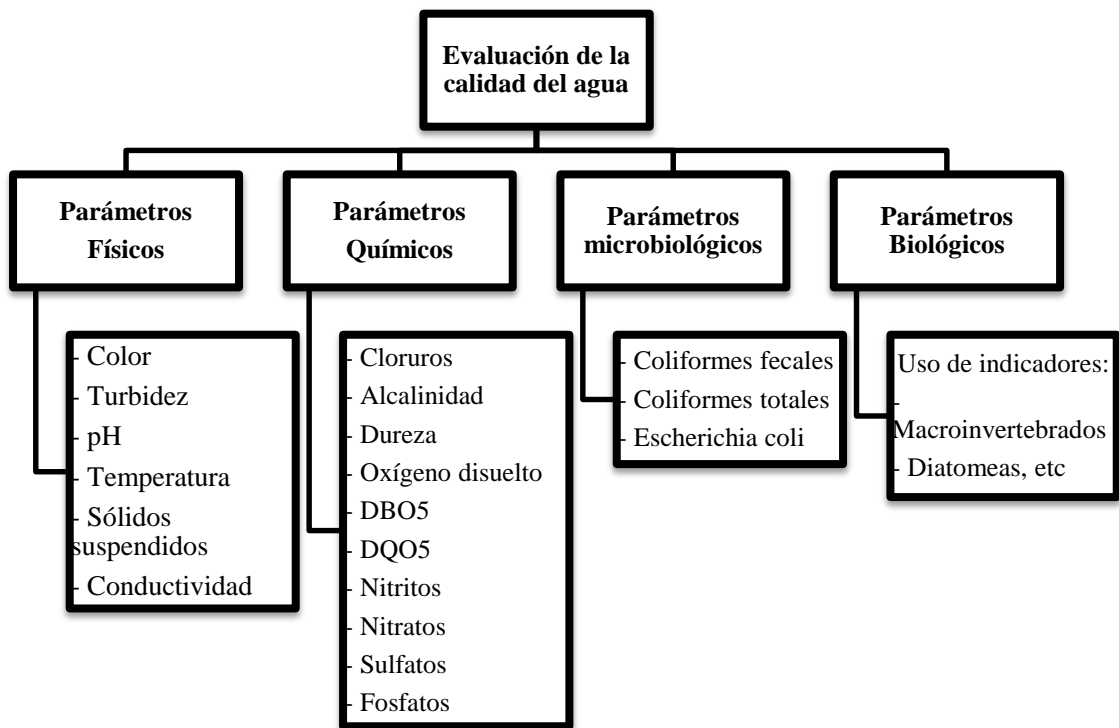


Figura 1-2. Parámetros empleados para realizar una evaluación de la calidad del agua

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

2.3.4. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua*

Debido a la presencia de contaminación en ecosistemas acuáticos, por origen antropogénico creados por actividades que va desde la artesanía, trabajo doméstico, la minería y manufactura, se emplean bioindicadores biológicos como son los macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad de dichos ecosistemas, debido a que estos organismos presentan una gran diversidad de respuesta con respecto a los gradientes ambientales, además estos organismos al ser sedentarios se puede realizar un análisis espacial en cuanto a la contaminación (Peña, 2019, p.22).

2.3.5. *Principales grupos de macroinvertebrados acuáticos en ecosistemas fluviales*

Son organismos que pueden medir de entre 2 mm hasta 30 cm, por esta razón se les pueden observar a simple vista, son un grupo de organismos que no contienen hueso por lo que se les denomina invertebrados y acuáticos se les designa porque viven en aguas de esteros, de ríos, de lagos o de lagunas (López et al, 2022, p. 288).

Dentro del grupo de macroinvertebrados acuáticos están los animales que son como esponjas, animales planos, las sanguijuelas, los oligoquetos, los moluscos o crustáceos, hasta se puede integrar a los cangrejos. Dentro del grupo de los insectos los que se encuentra en mayor abundancia son los que están en estado de huevo y en estado de larva. Son empleados para entender la salud de los ecosistemas acuáticos (Ramírez et al, 2018, p. 1257).

2.3.6. *Estado de la calidad del agua a través del Índice Biótico (BMWP/Col)*

Para el uso de este método se requiere de macroinvertebrados acuáticos, debido a que estos son denominados como bioindicadores de la calidad del agua, este índice es considerado un método simple y sobre todo rápido. Consiste en dar valoraciones a los organismos, que va de 1 a 10 esto va a depender de la contaminación que se haya generado en el lugar de estudio, el valor 10 se les asigna a los organismos que son más sensibles, por el contrario, se asigna un valor de 1 a los organismos que son más tolerantes a las condiciones del medio, por lo tanto mientras menor sea el valor del índice biótico, se dice que la calidad del agua es mala, por ello se espera que se presenten valores altos del índice (Ochieng et al, 2020, p.30).

A continuación, en la tabla 1-2 se presenta de manera general los puntajes de cada familia de macroinvertebrados acuáticos, según el Índice Biótico presentado.

Tabla 1-2: Puntajes de cada familia de macroinvertebrados acuáticos según el Índice BMWP/Col

Familia	Puntaje
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemerae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudohelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, 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, Sciomyzidae.</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: (Roldán, 2003. p.30)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022

En la tabla 2-2 se presentan las clases de calidad, significación de los valores del BMWP y los colores utilizados en representaciones cartográficas, estos valores permiten identificar la calidad del agua de un ecosistema fluvial.

Tabla 2-2: Calidad biológica del agua según el Índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	Descripción	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: (Roldán, 2003. p.30)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022

2.3.7. Estado de la calidad del agua a través del Índice Biológico Andino (ABI)

Es un método que se analiza de manera cualitativa, se emplean para ríos con altitudes de 2000 msnm, es importante este parámetro debido a que se cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados acuáticos para dicha zona, este índice va asignando valores de acuerdo a como los organismos reaccionan ante la contaminación que se presente, de esta manera se le asigna el valor de 10 demuestra que son sensibles y los valores de 1 indican que son organismos tolerantes a los cambios del medio (Correa et al, 2020, p.124).

Tabla 3-2: Puntuaciones para familias de macroinvertebrados acuáticos según el índice ABI.

Orden	Familia	Puntuación
<i>Tricladida</i>	Planariidae	5
<i>Hirudinea</i>	-	3
<i>Oligochaeta</i>	-	1
<i>Gastropoda</i>	Ancylidae	6
	Physidae	3
	Hydrobiidae	3
	Lymnaeidae	3
	Planorbidae	3
	Sphaeriidae	3
<i>Bivalvia</i>		
<i>Amphipoda</i>	Hyalellidae	6
<i>Ostracoda</i>		3
<i>Hydracarina</i>		4
<i>Ephemeroptera</i>	Baetidae	4
	Leptophlebiidae	10
	Leptohyphidae	7
	Oligoneuridae	10
<i>Odonata</i>	Aeshnidae	6
	Gomphidae	8
	Libellulidae	6
	Coenagrionidae	6
	Calopterygidae	8
	Polythoridae	10
<i>Plecoptera</i>	Perlidae	10
	Gripopterygidae	10
<i>Heteroptera</i>	Veliidae	5
	Gerridae	5
<i>Trichoptera</i>	Corixidae	5
	Notonectidae	5
	Belostomatidae	4
	Naucoridae	5
	Helicopsychidae	10
	Calamoceratidae	10
	Odontoceridae	10

Fuente: (Acosta, 2009.p.18)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022.

Una de las ventajas y la principal de utilizar el índice ABI es que toma a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de un sistema fluvial, a partir de información taxonómica que se presenta a escala de Familia y es determinado para las franjas altas, además la metodología planteada emplea datos cualitativos, siendo de esta manera una alternativa económica, sobre todo sencilla y que requiere de poco tiempo, a continuación, se presenta la tabla con los puntajes para calidad del agua según el índice ABI

Tabla 4-2: Puntajes para calidad del agua según el índice ABI.

Calidad de Agua	Puntuación	Color
Excelente	> 96	Azul
Buena	59-96	Verde
Moderada	35-58	Amarillo
Pobre	14-34	Naranja
Mala	< 14	Rojo

Fuente: (Acosta, 2009.p.26)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022

2.3.8. Estado de la calidad del agua a través del Índice de hábitat fluvial (IHF)

Este método se centra en las características físicas que están en relación con la diversidad de los hábitats, éstas van a depender de la hidrología y del sustrato que existe, la heterogeneidad de las distintas especies y de las características del ecosistema fluvial hace que influya en la determinación de la calidad del agua (Trama et al, 2020, pp.149-168). Dicho índice analiza los siguientes parámetros:

Tabla 5-2: Ponderaciones para parámetros del índice de hábitat fluvial

PARÁMETROS
Inclusión de rápidos/pozas
Frecuencia de rápidos
Composición del sustrato
Regímenes de velocidad/profundidad
Porcentaje de sombra del cauce
Elementos de Heterogeneidad
Cobertura de vegetación acuática

Fuente: (Silva Haun & Arancibia Fortes, 2015, p.34)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022

La puntuación final del IHF corresponde a la suma de los valores de cada apartado y no puede ser superior a 100. Los valores menores a 40 en el IHF, señalan graves limitaciones en la calidad del medio para que se desarrollen las comunidades bentónicas, mientras que valores superiores a 75 indican un nivel de calidad óptimo (Acosta et al, 2009, p.35). Se establecieron tres rangos de calidad como se observa:

Tabla 6-2: Puntajes de la calidad según el índice de hábitat fluvial.

Clase	Nivel de calidad	Valor IHF	Color
I	Muy buena (adecuado)	>60	Azul
II	Buena (con limitaciones)	40 – 60	Verde
III	No llega a buena calidad	< 40	Rojo

Fuente: (Acosta et al; 2009, p.35)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022

2.3.9. Estado de la calidad del agua a través del Índice de Calidad de Ribera (IQR)

Se basa en la riqueza y en la diversidad tanto de flora como de fauna, influyendo estos factores en la calidad del ecosistema fluvial, se puede decir que este índice se lo aplica de manera rápida y sencilla que integra aspectos biológicos, como morfológicos del lecho del río y sus llanuras aluviales y los emplea para la evaluación de la calidad ambiental de las riberas (Gamarrá et al, 2018, pp.653-678). La aplicación de dicho índice permite tener conocimiento del estado de conservación que presentan las riberas fluviales y reflejar estos resultados en cartografías de calidad, para de esta manera lograr localizar los tramos que se encuentran mejor conservados y relacionar el estado de cada tramo con los impactos generados en esa zona, ya sea a escala de cuenca vertiente, tramo de río o finalmente como hábitat fluvial.

Tabla 7-2: Puntajes de la calidad del agua según el índice de calidad de ribera (IQR)

Nivel de calidad	Puntuación	Color
Bosque de ribera sin alteraciones, calidad muy buena, estado natural	> 95	Azul
Bosque ligeramente perturbado, 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, p.55)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022.

2.3.10. Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial

Los sistemas fluviales cuentan con la presencia de macroinvertebrados acuáticos, siendo estos uno de los principales componentes biológicos, se considera que son responsables del flujo de energía desde los creadores primarios a horizontes superiores, varios autores atribuyen que el gradiente altitudinal influye en la cantidad de macroinvertebrados acuáticos existentes en cada sitio fijado, se relacionan mucho con las variables de temperatura y oxígeno disuelto que tienden a disminuir cuanto mayor sea la altitud, además se menciona que a mayor altitud existirá mayor diversidad biológica debido a que en zonas altas no existe mucha intervención antrópica, por el contrario en las zonas bajas donde existe mayor intervención se puede decir que existe menor diversidad biológica (Gamboa et al, 2009, p. 120). El conocimiento acerca de la diversidad y de la distribución de los macroinvertebrados acuáticos con respecto al gradiente altitudinal contribuye a realizar acciones de gestión, sobre todo acciones adecuadas para la conservación de los ecosistemas acuáticos.

2.3.11. Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua, mediante el Índice de diversidad de Shannon-Weaver

Este método toma en cuenta la abundancia de cada especie y la distribución uniforme de las mismas, además este índice asume que la muestra es la representación de todas las especies que están en abundancia, tomando en cuenta todas las especies que se muestrearon en el ecosistema acuático (Urdanigo et al, 2019, p. 878). Se puede mencionar que, si una comunidad de especies es muy homogénea, se le da un valor de entre 0,5 a 5 siendo un valor dentro de lo normal, los valores de 2 y 3 se dice que representan valores inferiores y el valor menor a 2 están por debajo de límite. Toma en cuenta individuos en este caso a los macroinvertebrados que se muestrean al azar, a partir de una población, todas las especies que están presentes en una comunidad son representadas en una muestra. A continuación, en la tabla 8-2 se observa la evaluación de diversidad asignado en el índice de Shannon

Tabla 8-2. Evaluación de diversidad según Shannon.

Índice de Shannon	Diversidad
3,5 – 5	Alta
1,6 – 3	Media
0 – 1,5	Poca

Fuente: (Cardno, 2016, p.23)

Realizado por: Araujo, J. & Calle, N.,2022.

La fórmula para determinar el índice de Shannon - Weaver es la siguiente:

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

Donde:

S= número de especies (la riqueza de especies)

P_i= cantidad de individuos de la especie i respecto al total de individuos

n_i= número de individuos de la especie

N= número total de individuos de todas las especies.

2.3.12. Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua, mediante el Índice de dominancia de Simpson

Este índice considera la proporción de individuos de cada especie esto con respecto al total de los individuos que estén presentes en una muestra, en si este índice identifica si en una zona determinada existen especies dominantes y se les da una menor importancia a las especies que se encuentren con una abundancia menor o que sean las especies más raras (Barreto et al, 2018, p.107). Este índice toma valores entre 0 y 1, en donde los valores que están cercanos a cero representan una existencia dominante de especies, por el contrario, valores cercanos a uno indican una distribución equitativa.

La fórmula para determinar el índice de Simpson es la siguiente:

$$D = 1 - \sum \left(\frac{n_i}{N}\right)^2$$

Donde:

n_i= Número de individuos de la especie de la muestra

N = Número total de individuos de la muestra

2.3.13. Cuantificación de la biodiversidad de las especies que habitan en un cuerpo de agua, mediante el Índice de Margalef

Tiene la capacidad de relacionar el número existente de especies con el número total de individuos de un medio, si esta supuesta relación no termina siendo cierta, entonces se opta por variar con el tamaño de la muestra de una manera desconocida (Barreto et al, 2018, p.107).

Este índice toma en consideración que valores inferiores a dos, asignan a una diversidad baja, mientras que valores superiores a cinco son indicativos de una diversidad alta que se presente en la zona de estudio.

La fórmula para determinar el índice de Margalef es la siguiente:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln N}$$

Donde:

S = Número de especies

N = Número total de individuos

De acuerdo a la información obtenida, los macroinvertebrados acuáticos que se encuentran en un sistema fluvial pueden ser analizados mediante el uso de diversos índices, a continuación, en la figura 2-2 se observa de manera más detallada los índices empleados:

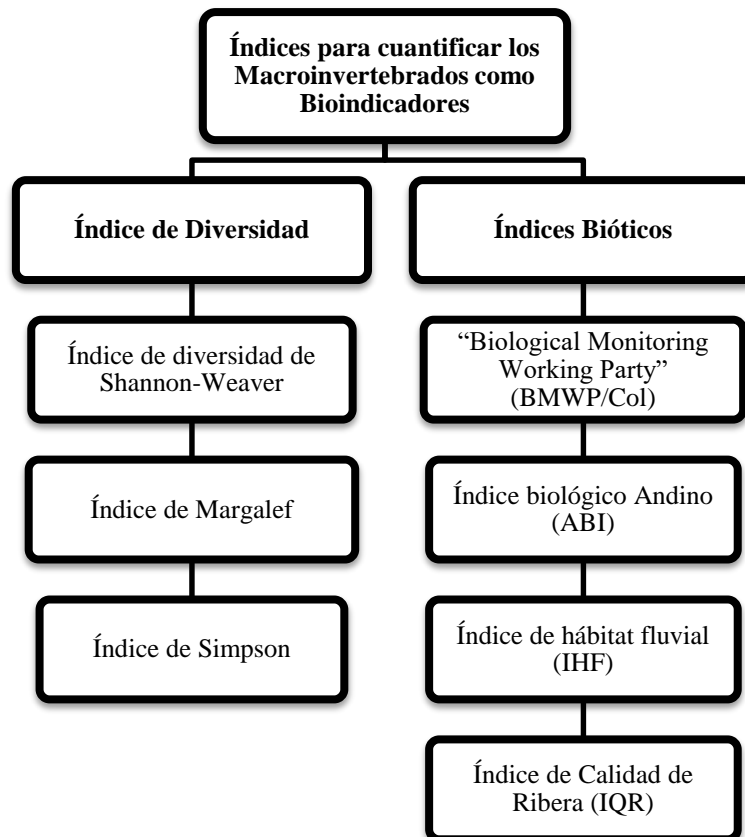


Figura 2-2. Índices bióticos y de diversidad

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

CAPÍTULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1. Área de estudio

El área de estudio abarca la microcuenca del río Pachanlica que se encuentra situado en la provincia de Tungurahua atravesando los cantones Mocha, Quero, Cevallos y San Pedro de Pelileo. La microcuenca inicia en la Provincia de Tungurahua en el sector denominado 12 de octubre en el cantón Mocha con coordenadas UTM X: 755600E; Y: 9839143N. del sistema WGS 84, zona 17S a una altura de 3485 msnm y finaliza en el sector de Chiquicha cantón San Pedro de Pelileo cuyas coordenadas UTM son: X: 772719E; Y: 9863232N en el sistema WGS 84, zona 17S a una altura de 2207 msnm.

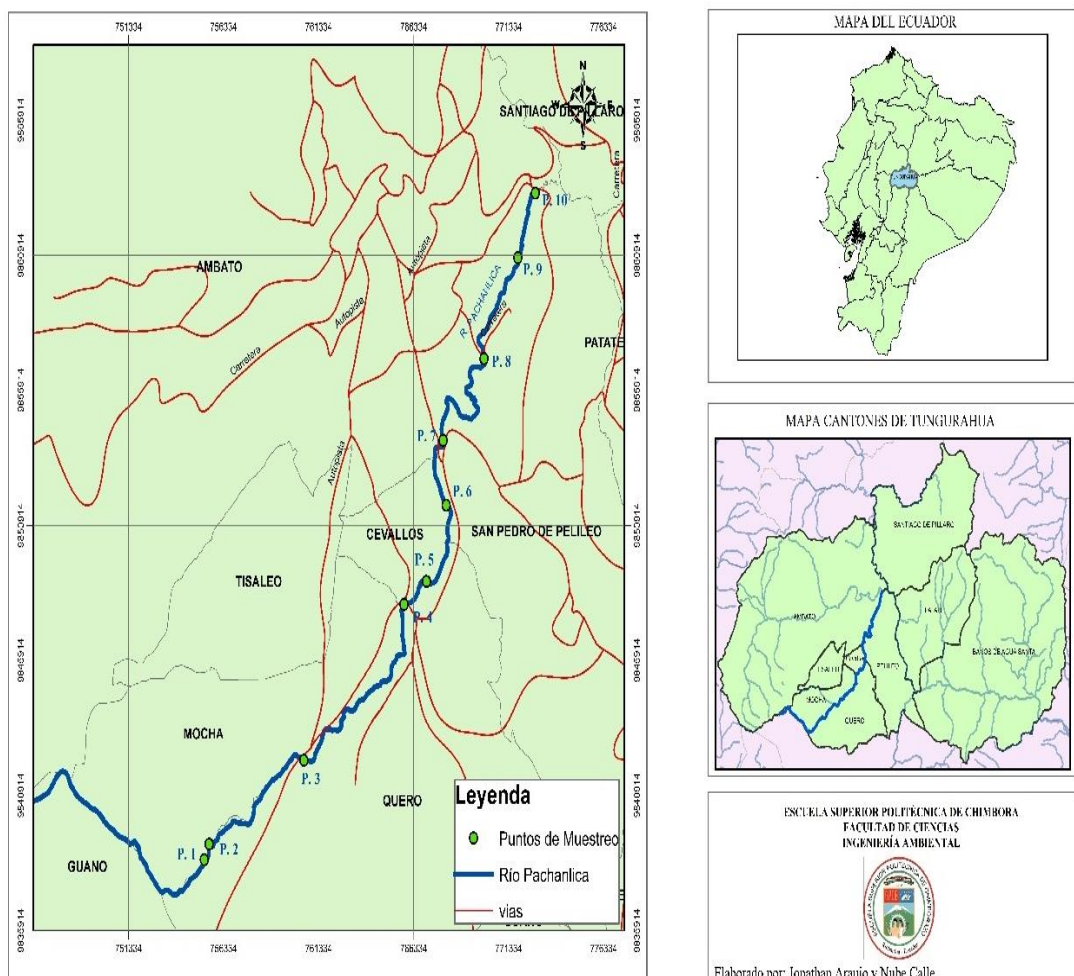


Figura 1-3. Ubicación de los puntos de monitoreo

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022.

3.2. Puntos de muestreo

Los puntos identificados para el muestreo en la microcuenca son elegidos de forma aleatoria, tomando en cuenta los distintos hábitats que se encuentran en un transecto de aproximadamente 200 metros. Se obtienen un total de diez puntos de muestreo, en cada punto se realiza una muestra compuesta tomada a intervalos predeterminados cuyas coordenadas se encuentran detalladas a continuación:

Tabla 1-3. Coordenadas geográficas de los puntos de muestreo

Puntos de muestreo			
Puntos	Código	Coordenadas Geográficas	
		Longitud X	Latitud Y
1	P1	755324	9838536
2	P2	755579	9839111
3	P3	760562	9842219
4	P4	765832	9847987
5	P5	767012	9848840
6	P6	768053	9851664
7	P7	767891	9854063
8	P8	770044	9857089
9	P9	771822	9860825
10	P10	772741	9863219

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022.

3.3. Componente abiótico

3.3.1. Clima

Para determinar el clima de la provincia se han tomado datos sobre temperatura, precipitación, altitud y humedad, en la estación Agro meteorológica Querochaca ubicada en el cantón Cevallos, predios de la universidad técnica de Ambato, facultad de ingeniería Agronómica. La provincia de Tungurahua tiene una temperatura promedio de 17° C. Predominando el clima templado seco, con influencia estacional por los vientos del cañón del Pastaza. Las lluvias anuales no alcanzan los 500 milímetros y la sequía es más marcada entre los meses de junio y septiembre (HGPT, 2019, p. 4).

3.3.1.1. Temperatura

La provincia de Tungurahua registra una variedad de temperaturas debido a su altitud que va de 1200 a 5000 msnm, teniendo temperaturas medias que varían entre los -4°C en los puntos más altos y 20°C en los más bajos. Siendo el mes de noviembre el de mayor temperatura y en julio se presenta el mes más frío (HGPT, 2019, p. 5).

3.3.1.2. Precipitación

En la zona del valle interandino la unidad geográfica de la microcuenca del Río Pachanlica presenta una precipitación anual entre 400 mm y 600 mm, concentrándose la temporada más lluviosa en el periodo de: marzo a junio y de octubre a noviembre (HGPT, 2019, p. 4).

3.3.1.3. Humedad relativa

En la zona se presenta un promedio mensual de humedad relativa de un mínimo de 65.14% y llegando a una máxima de 84.46% (Sánchez, 2022).

3.3.1.4. Pisos climáticos

Dentro de la zona se presentan una variedad de pisos climáticos que son propios de las regiones interandinas, existe un predominio del clima mesodérmico seco, este se ve modificado por los vientos que ingresan por el cañón del río Pastaza (HGPT, 2019, p. 54).

3.3.2. Agua

En la provincia de Tungurahua se encuentra la microcuenca del río Pachanlica que tiene su origen en las faldas del Carihuairazo, en su largo recorrido aguas abajo se alimenta de vertientes, además dichas aguas sirven para diferentes canales de riego. La unidad hidrográfica forma parte de la microcuenca del río Ambato cuya extensión es de 37558,66 ha, la misma se encuentra formada por varias quebradas y por ríos muy importantes entre estos se hallan: Río Mocha, Río Curiquingue y Río Quero, los ríos antes mencionados en conjunto con varias quebradas dan lugar al río Pachanlica (HGPT, 2019, p. 69).

3.3.3. Caudal

Al inicio de la microcuenca del río Pachanlica, el río Mocha, distribuye su caudal en un 60% a la provincia de Chimborazo y en un 40% a la provincia de Tungurahua, su caudal aguas abajo, a la altura del cantón Mocha, tiene un caudal promedio de $1 \text{ m}^3/\text{s}$, en donde el agua se distribuye en diferentes canales provocando que el río en este punto se encuentre seco (HGPT, 2019, p. 18). En la parte media de la microcuenca del Pachanlica se identifica que en la temporada donde se genera un caudal mínimo, provocando que el río se seque, pero a lo largo del mismo existe afloramiento de aguas subterráneas lo que permite que aparezcan varios canales como: Mondongo, Albornoz Baja, Sevilla Chica, Los Cruces, La Victoria, García Moreno, Pachanlica, Albornoz Naranjo y Troya Huasinga, en donde ciertos casos se toman el 100% de los caudales de cada punto de cada acequia (HGPT, 2019, p. 18). Aguas abajo el río empieza a recuperarse por las aguas subterráneas existentes, juntándose finalmente con el río Ambato, con un caudal promedio de $1.5 \text{ m}^3/\text{s}$. Después de la junta entre el río Ambato y el Pachanlica, el afluente tiene un caudal promedio de $3.5 \text{ m}^3/\text{s}$.

3.3.4. Suelo

Se pueden distinguir tres tipos de suelos:

- a) Ubicado al extremo occidental en las riberas de la microcuenca del río Pachanlica, posee un suelo denominado franco arenoso el cual presenta grandes cantidades de rocas
- b) Se encuentran ubicados en los relieves interandinos los suelos denominados entisoles, estos se caracterizan por ser suelos de ceniza arenosos profundos, arena media a gruesa, materia orgánica en poca cantidad (menor al 1%) y presenta un pH de entre 6 a 7
- c) El tercer tipo de suelo se encuentran ubicados en relieves de climas fríos, estos son denominados Inceptisoles, las características que presentan es que son suelos de color negro y profundos, contienen arena fina a media con una presencia de limo, el pH va en un rango de 6 a 7 (HGPT, 2019, p. 18).

3.4. Componente biótico

En la actualidad en la microcuenca no se cuenta con una vegetación nativa, esto debido a que ha sido reemplazada por actividades humanas, existe una flora de tipo arbustiva y plantas de tipo herbáceo, las mismas son empleadas para alimentos de los animales que se encuentran en la zona como es el ganado vacuno, bobino, equino, caprino, entre otros.

En algunos casos dicha flora también sirve de alimento para especies de animales menores como es el caso de cuyes o de conejos. Con respecto a la fauna en esta zona los animales más representativos son los mamíferos silvestres, estos se encuentran en zonas altas que aún no están explotadas por el hombre, también existe la presencia de animales domésticos como es el caso de ganado vacuno y porcino que en la mayoría de los casos son utilizados para la comercialización y finalmente existen especies menores como es el caso de cuyes y conejos que además de servir para comercializarlas, las emplean como alimentos para las comunidades (HGPT, 2019, p. 18).

3.5. Componente socio económico

De acuerdo al último censo realizado en el año 2010, la población Tungurahuese es de 504583 habitantes, se considera como una de las provincias más pobladas del país con un 3.5 % del total de habitantes, dentro del total de habitantes el 59,26% corresponde a una población rural y un 40,73% a una población urbana. Los cantones que presentan una mayor población Urbano-Rural es el cantón Ambato y Pelileo, estos también presentan el mayor número de actividades productivas con relación al resto de cantones (HGPT, 2019, p. 18).

- **Salud:** entre las principales enfermedades que presentan los habitantes de la provincia están: infecciones digestivas, respiratorias y diarreicas en niños menores de 4 años de edad, además presentan parasitosis en las poblaciones de todas las edades, infecciones en las vías urinarias, problemas de artritis en los adultos y en algunos casos enfermedades pulmonares crónicas y desnutriciones leves en la mayoría de la población.
- **Educación:** los cantones que pertenecen a la Unidad Hidrográfica de la microcuenca del río Pachanlica, el cantón Quero posee un mayor número de analfabetismo con un porcentaje de 9,9% en donde hombres representan un 7,7 % y las mujeres un 2,2 %. El cantón que menor analfabetismo presentan es Cevallos con un 4,2% donde el porcentaje de hombres es mayor con un 2,9 % y de las mujeres un 1,3% (HGPT, 2019, p. 18).

3.6. Enfoque de la investigación

La metodología de investigación es mixta, consiste en recopilar, analizar e integrar tanto la investigación cuantitativa como cualitativa. De manera cuantitativa se integra el análisis de los parámetros (pH, conductividad, DBO, DQO, nitritos, nitratos, sulfatos, fosfatos, entre otros). La investigación cualitativa se da mediante el uso de los diferentes índices (IHF, ABI, IQR, entre otros), se centra en cada una de las diferentes interpretaciones.

3.7. Nivel de Investigación

Este proyecto de investigación, según su nivel se considera descriptivo debido a que se busca tener una información clara sobre el estado de la situación actual de la calidad del agua de la microcuenca del río Pachanlica, mediante el análisis de variables físico químicas, microbiológicas y biológicas, dichas variables son muy útiles para evaluar la calidad del agua y de esta manera establecer planes para su gestión.

3.8. Diseño de investigación

Según el diseño de investigación, se considera una investigación experimental de tipo experimentos puros en donde se emplea para relacionar la causa (mala calidad del agua) y el efecto (disminución de la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos) de la situación actual de la microcuenca, además se observa el efecto que causa la variable independiente en este caso es el gradiente altitudinal sobre la variable dependiente que es la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos.

3.9. Tipo de estudio

Para el presente proyecto de investigación se emplea el tipo de estudio que según el método de investigación es mixta, según el objetivo es teórica, según el nivel de profundización es descriptiva debido a que se busca tener una información clara sobre el estado de la situación actual de la calidad del agua de la microcuenca, según la manipulación de variables es no experimental debido a que la matriz de información proviene de una fuente secundaria, según el tipo de inferencia inductiva porque genera conocimiento a partir de la recolección de datos, según el periodo es longitudinal puesto que se va a realizar observaciones en un tiempo establecido para identificar los cambios en las variables analizadas, el tiempo comprendido es entre Marzo a Agosto, meses que comprenden épocas de lluvia y sequía.

3.10. Población y Planificación, selección y cálculo del tamaño de la muestra

3.10.1. Población de estudio

De acuerdo a la investigación la población de estudio corresponde a la microcuenca del río Pachanlica, que abarca una longitud de 52 km, sus aguas se unen al río Ambato para luego de dos kilómetros de recorrido confluir con el río Cutuchi y dar origen al río Patate

3.10.2. Selección de la muestra

El tamaño de la muestra es la microcuenca del río Pachanlica. Se consideran los siguientes argumentos para elegir la muestra:

- **Accesibilidad.** - los puntos de muestreo seleccionados deben tener fácil acceso, si es posible con vías de acceso vehicular, esto facilita obtener las muestras y sobre todo transportarlas hacia los laboratorios.
- **Representatividad.** - se toman en cuenta puntos de muestreo estratégicos, obteniendo puntos en donde se presentes descargas directas de efluentes, además se consideran puntos en donde se dan actividades de ganadería y agricultura, puntos que presenten asentamientos humanos y puntos en donde no se encuentren asentamientos.
- **Seguridad.** - en este criterio se analiza que los puntos de muestreo tengan las condiciones meteorológicas adecuadas para garantizar la seguridad de las personas que realizan el muestreo, de esta manera se evitan riesgos de accidentes y lesiones. Se recomienda para muestreos en ríos prestar atención a las crecientes, deslizamiento y arrastres que se producen especialmente en épocas de lluvia.

3.10.3. Cálculo del tamaño de la muestra

La selección de la muestra se toma en cuenta mediante un proceso sistemático por conglomerados debido a que nos ayuda a analizar una población en particular mediante la bifurcación de los grupos que existe (Casal y Mateu, 2003, p.5). En este método empleado la población de estudio es dividida en estratos y se procede a seleccionar la muestra para cada estrato existente, luego se toma una muestra aleatoria simple de cada uno de los estratos. Para lo cual se procede a realizar una muestra aleatoria simple con cada uno de los estratos, calculando mediante la n muestral. Se utilizo criterios de: 95% de confianza, 5% de error y un coeficiente de varianza de 11.5%. Aplicando las siguientes ecuaciones para su respectivo cálculo:

$$N = \left(\frac{Z^\alpha}{2}\right)^2 * \sigma^2 * N$$
$$n = (N - 1) * e^2 + \left(\frac{Z^\alpha}{2}\right)^2 * \sigma^2$$

Donde:

n = población

Error = 0.05

$\frac{Z^\alpha}{2} = 1.96$ que corresponde al 95% de confiabilidad

3.11. Muestreo

Para realizar el muestreo del presente Proyecto de Investigación, las técnicas a utilizar son:

- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2226:2000 para la recolección, manejo y conservación de las muestras
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2169: 98 para la Calidad del agua. Muestreo. Diseño de los programas de muestreo
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 2176: 1998 para la Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN 1105: 1983 Aguas. Muestreo para examen microbiológico
- Norma Técnica Ecuatoriana INEN-ISO 10523 Calidad del agua. Determinación del pH (ISO 10523:208, IDT)

3.11.1. Recolección y toma de muestras

A continuación, se detalla el procedimiento a seguir para la recolección y toma de muestras tanto para parámetros físico- químicos, microbiológicos y biológicos

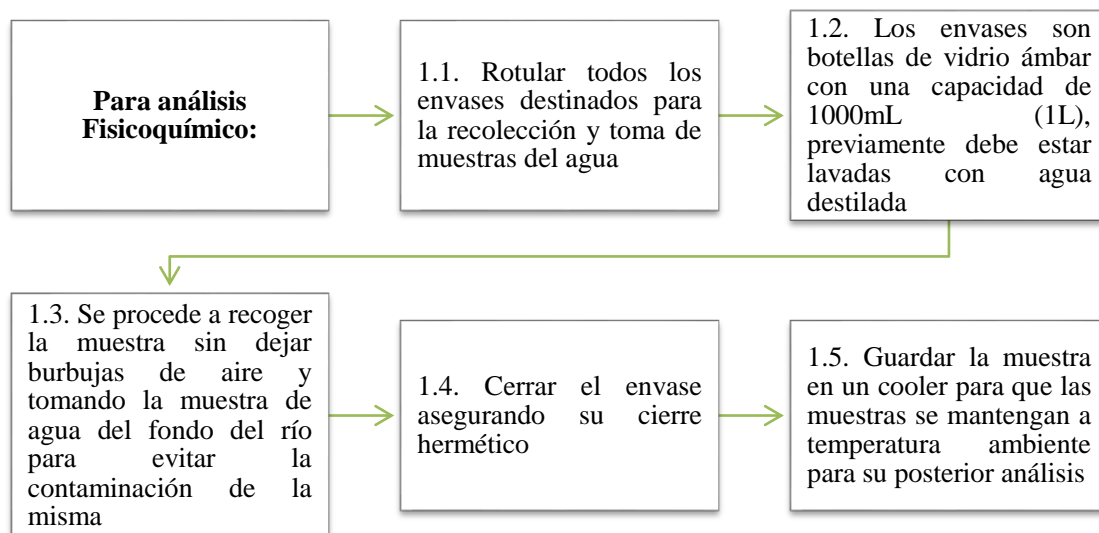


Figura 2-3. Procedimiento para la recolección y toma de muestras para un análisis físico químico

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022.

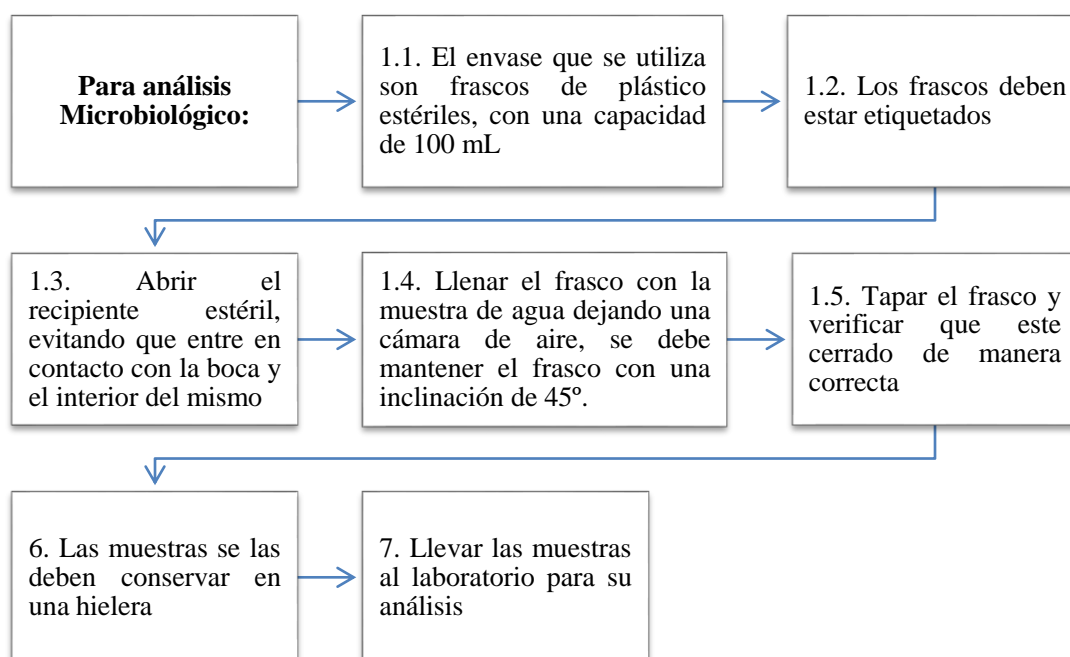
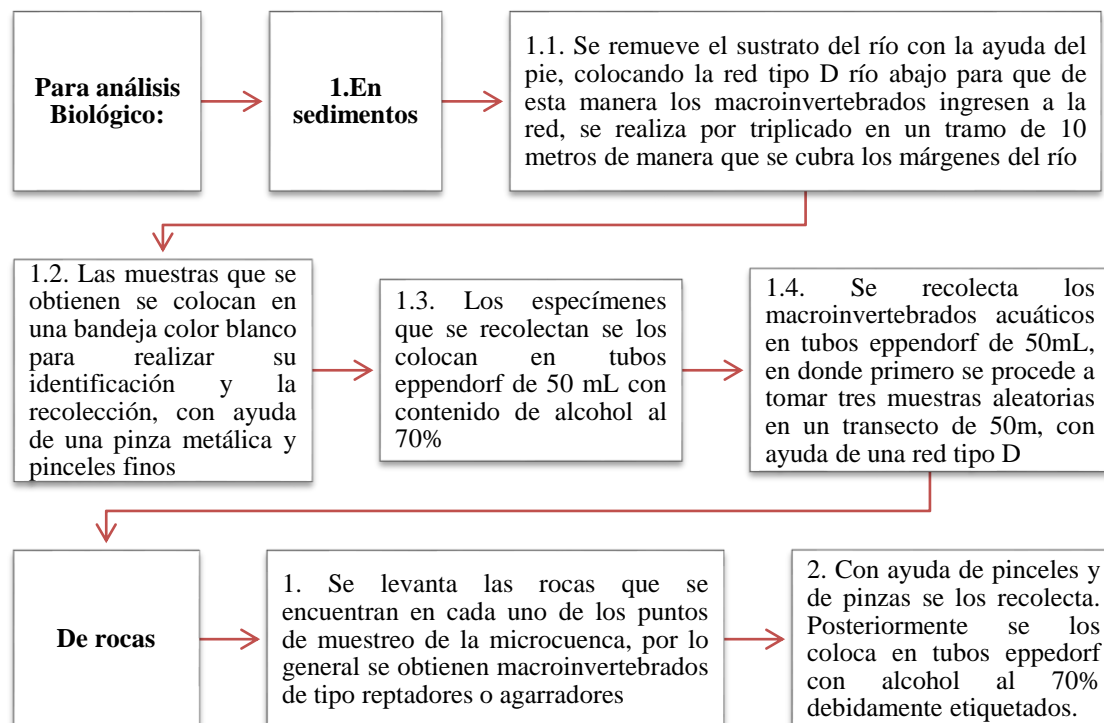


Figura 3-3. Procedimiento para la recolección y toma de muestras para un análisis microbiológico

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022.

Figura 4-3. Procedimiento para la recolección y toma de muestras biológico



Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022.

3.11.2. Conservación y transporte de muestras

- ✚ **Para análisis fisicoquímico:** Se las debe conservar a temperatura ambiente, esto se realiza porque algunas especies químicas como nitratos, nitritos y sulfatos pueden sufrir transformaciones por acción microbiana, otro aspecto importante es mantenerlas al resguardo de la luz y finalmente se las lleva a laboratorio para su respectivo análisis.
- ✚ **Para análisis Microbiológico:** Es importante mantener las muestras en un cooler con hielos para que dichas muestras se mantengan en conservación, debido a que temperaturas mayores pueden provocar la multiplicación de los microorganismos e invalidan la muestra, por lo tanto, arrojan resultados erróneos. Para realizar el análisis es necesario que no se tarden más de 24 horas en trasladarlas al laboratorio
- ✚ **Para análisis Biológico:** Los macroinvertebrados acuáticos recolectados ya sea de sedimentos o de rocas se los deben mantener conservados en alcohol al 70% para su posterior traslado al laboratorio de calidad del agua de la ESPOCH, en donde se identifica las familias presentes de macroinvertebrados.

3.11.3. Análisis in-situ

Según (Castillo, 2005), los análisis que se realizan in situ corresponden a los parámetros que presentan una naturaleza cambiante, por esta razón deben ser tomados en campo, para ello se utiliza un multiparámetro AZ- 86031 de la marca M&A INSTRUMENTS, el cual mide la temperatura en grados centígrados (°C), Potencial Hídrico (pH), Oxígeno Disuelto en porcentaje (%) y conductividad en micro siemens (μS). A continuación, se presenta la figura 7-3 con los parámetros que corresponden al análisis in situ:

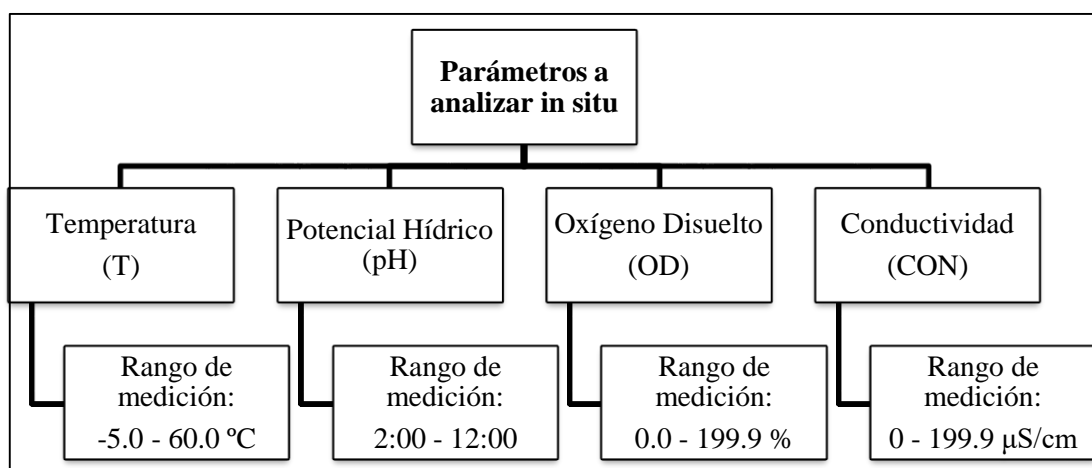


Figura 5-3: Parámetros a analizar in situ

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

3.11.4. Análisis de laboratorio

Se requiere de un laboratorio para realizar el análisis de parámetros físico-químicos, microbiológicos y biológicos para la determinación de la calidad del agua de la microcuenca.

3.11.4.1. Análisis de parámetros físico-químicos

Corresponden a los que se determinan mediante el uso de técnicas analíticas, se requiere de un fotómetro multiparamétrico HI83399-01 de la marca HANNA para realizar el análisis de parámetros como: nitritos, nitratos y fosfatos, para realizar el análisis de los sulfatos se emplea un espectrofotómetro UV de la marca Thermo Scientific™, para el análisis de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) y del parámetro conocido como Sólidos en Suspensión se requiere de un DRB200: bloque de reactor digital de la marca HACH, para el análisis de la turbidez se emplea un turbidímetro portátil de la marca HACH y finalmente para el parámetro conocido como Demanda Bioquímica de Oxígeno se emplea el BOD Trak II Apparatus de la marca HACH.

Tabla 2-3: Parámetros físico químicos a analizar

Análisis de parámetros físicoquímicos			
Parámetro	Método	Rango	Unidad
Turbidez	Método 2130A. Nefelométrico	0.0 a 1000	NTU
Sólidos Suspendidos	Standard Methods 2540B	20 a 1500	mg/L
Nitritos	Standard Methods No 4500-NO3	0.0 a 150	mg/L
Nitratos	Standard Methods No 4500-NO2-B	0.0 a 30	mg/L
Fosfatos	Standard Methods No 4500-P B5	0.0 a 2.50	mg/L
Sulfatos	APHA Method 4500-SO42	- 0.1 a 3.0	mg/L
DQO	Standard Methods No. 5220 D	20 a 1500	mg/L
DBO ₅	Standard Methods No. 5210 B	0.0 a 700	mg/L

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

3.11.4.2. Análisis de parámetros microbiológicos

Corresponden a la estimación de parámetros que involucran a los coliformes fecales, coliformes totales y *Escherichia Coli* (*E.coli*), para esto se emplean placas cromógenas Compact Dry que es comúnmente usado para este tipo de análisis, además de que facilita la identificación y el recuento de las colonias

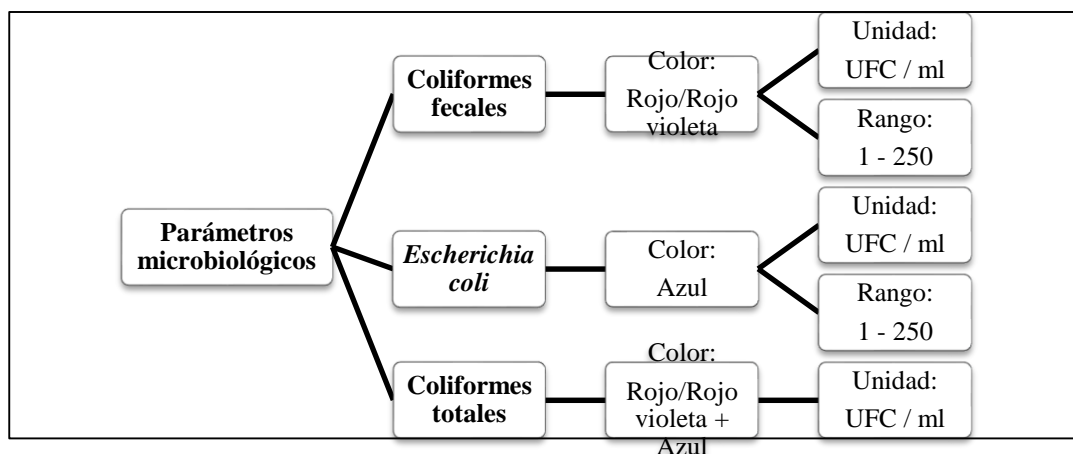


Figura 6-3. Parámetros microbiológicos

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

3.11.4.3. Análisis biológico

Este análisis corresponde al estudio de los macroinvertebrados acuáticos obtenidos de los diez puntos de muestreo, son considerados como organismos que se encuentran en sedimentos, rocas y en cualquier tipo de sustrato (truncos, hojas, macrófitos) de los sistemas fluviales, al ser considerados como los mejores indicadores biológicos para determinar las condiciones en las que se encuentra un recurso hídrico en este proyecto de investigación se opta por emplear estos organismos, en las muestras conservadas en alcohol se proceden a colocarlas en cajas Petri para su posterior observación con ayuda del estereomicroscopio serie SMZ – 140 de la marca Labomersa, además se requieren de pinzas entomológicas y una aguja para realizar la identificación de los especímenes que se recolectan, luego con la ayuda de claves taxonómicas se los va clasificando de acuerdo a su orden y su familia.

3.11.5. Análisis de índices ecológicos

Debido a que en la microcuenca se dan varias actividades antropogénicas, entre ellas se distinguen el agua que es empleada principalmente para riego de los cultivos, además se emplea para recreación, lavado de ropa, para abrevaderos de ganado y otras actividades, la sobreexplotación que se observa de la misma y el mal uso son las razones para determinar la calidad del agua de la microcuenca del río Pachanlica para ello se emplean siete índices ecológicos, estos índices son: Índice de Diversidad de Shannon – Weaver, Índice de Margalef, Índice de Simpson, Índice Biológico Andino (ABI), Índice de Hábitat Fluvial (IHF), índice de calidad de Ribera (IQR) y “Biological Monitoring Working Party” (BMWP/Col).

3.11.6. Análisis estadísticos

Los métodos estadísticos que se emplean para realizar el presente Proyecto de Investigación se clasifican en:

3.11.6.1. Análisis estadísticos Descriptivos

El proceso que corresponde a un estudio estadístico descriptivo, se lo puede subdividir en cinco pasos sucesivos: (a) consiste en la recolección de los datos, (b) la organización de los datos, (c) la representación de los datos que se agrupan, (d) se realiza un análisis final y finalmente (e) la interpretación de los valores obtenidos.

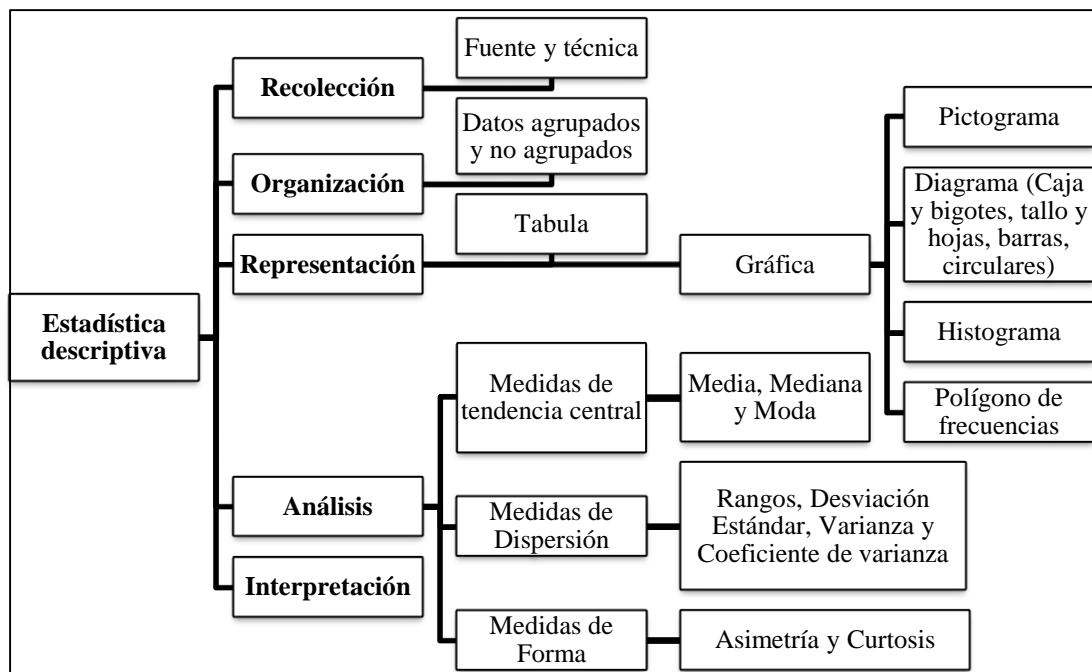


Figura 7-3. Análisis estadísticos descriptivos

Realizado por: Araujo, J & Calle, N. 2022

3.11.6.2. Análisis Estadísticos Inferenciales

Consiste en un conjunto de métodos, estos permiten conocer como está distribuida la población, a partir de la información recopilada de las muestras recogidas. Dentro de la investigación se realiza una correlación de dos variables, en donde la prueba más empleada es el coeficiente de correlación de Pearson que consiste en una expresión numérica que indica el grado de relación existente entre dos variables.

CAPÍTULO IV

4. MARCO DE ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

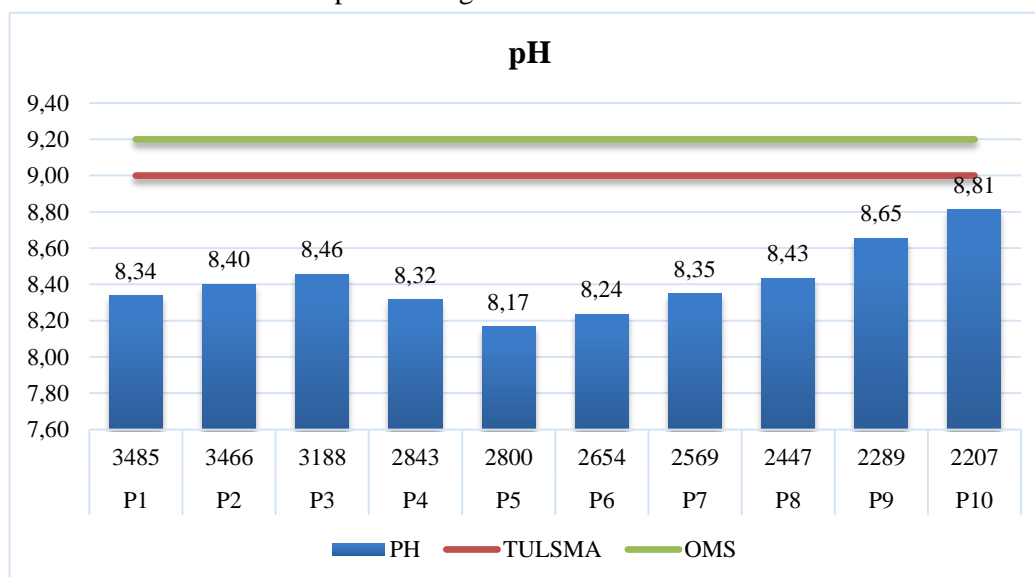
4.1. Resultados de análisis fisicoquímicos y microbiológicos

Es esencial conocer y sobre todo entender las variables ambientales que modifican las características naturales que presenta la microcuenca del río Pachanlica, como es el caso de las propiedades físicas, químicas y microbiológicas, debido a la naturaleza que presentan cada uno de estos parámetros son más difíciles de tratarlos, llegando a afectar de esta manera a la salud de los seres vivos y de los ecosistemas. Los parámetros analizados corresponden a: Temperatura, Oxígeno Disuelto, pH, Sólidos Suspendidos, Nitritos, Nitratos, Fosfatos, Sulfatos, Coliformes Fecales, *E.coli*, Coliformes Totales, Turbidez, Conductividad Eléctrica, Demanda Bioquímica de Oxígeno y Demanda Química de Oxígeno.

4.1.1. Potencial Hídrico (pH)

El pH es un parámetro que depende mucho del equilibrio carbónico y de la actividad vital de cada microorganismo acuático, la disolución de CO₂, de carbonatos y la inmovilización de bicarbonatos afectan en los valores de pH de cualquier sistema lacustre (Roldán Pérez & Ramírez Restrepo, 2008).

Gráfico 1-4: Variación del pH a lo largo de la microcuenca



Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022.

En el gráfico 1-4, se observa una variación poco significativa del valor de pH ubicado en los 10 puntos de muestreo, a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica se presentan datos de

pH básico en todos los puntos, el valor más bajo se encuentra en el punto 5 a una altura de 2800 msnm, con un valor de 8.17 este valor está ligado a la presencia de actividades agrícolas y ganaderas en la zona. En los puntos donde se genera un incremento de pH es a 2289 msnm y 2207 msnm, con un valor de 8.65 y 8.81 respectivamente, estas variaciones se presentan por los diferentes asentamientos humanos y actividades industriales que existe a lo largo del río. Además, en ningún punto se evidencia valores que sobrepasen los límites permisibles de descarga a un cuerpo de agua dulce establecidos por el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 12 y la Organización Mundial de la Salud (OMS), la misma que nos indica un valor máximo permisible de 9 y 9.2 respectivamente.

4.1.2. Conductividad Eléctrica ($\mu\text{S/cm}$)

La conductividad eléctrica se ve afectada por la presencia de sólidos inorgánicos que se encuentran disueltos como los cloruros, nitratos, sulfatos, entre otros. Este parámetro es un buen indicador de la contaminación inorgánica y de la condición actual que presenta el sistema fluvial, está muy correlacionada con el parámetro de sólidos en suspensión, por lo tanto, estos dos parámetros tienen patrones similares (Marín, 2010, p.56).

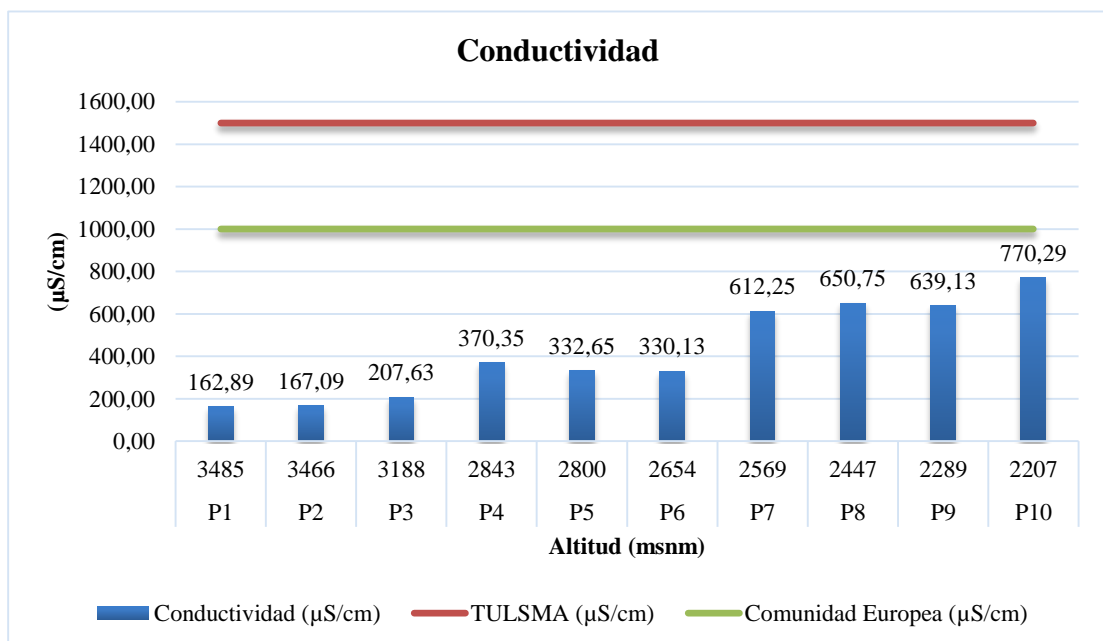


Gráfico 2-4: Variación de conductividad en los diferentes puntos de muestreo

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Los valores obtenidos de conductividad eléctrica durante los 4 monitoreos oscilan entre 162.89 y 770.29 $\mu\text{S/cm}$, en el gráfico 2-4 se observa el crecimiento que existe desde una altura de 3485 msnm hacia el último punto con una altura de 2207 msnm, indicando estos valores la

presencia de sales inorgánicas, además lo que influye en los valores de la conductividad es la geología de las zonas de estudio y la presencia de tierras y rocas que descargan iones en las aguas de la microcuenca. El aumento de temperatura que existe por el descenso que tiene el trayecto del río es un factor que influye en el aumento progresivo de los valores de conductividad ya que a mayor temperatura mayor será la conductividad y esto se puede observar en el gráfico 4-4 en donde se ve el incremento progresivo de la temperatura al igual que los valores que se muestran de la conductividad (Coronas et al, 2018, p. 4000), otro factor que influye en el aumento o la disminución de la conductividad son los sólidos suspendidos, mientras mayor sea el valor de conductividad mayor es el valor de la cantidad de los sólidos en suspensión porque son proporcionales, se dice que en aguas donde no contienen cantidades de sales o minerales se presentan valores de conductividad bajos, lo que se observa en los primeros puntos muestreados. Los valores comparados con el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 12 y la Comunidad Europea muestran que ninguno supera los valores máximos permisibles de 1500 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y 1000 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente.

4.1.3. Oxígeno Disuelto

La cantidad de Oxígeno Disuelto se considera como un indicador de la calidad del agua que presenta la microcuenca, este parámetro cuando presenta valores bajos indica la contaminación con materia orgánica y la incapacidad para mantener organismos acuáticos en un cuerpo de agua; el proceso denominado fotosíntesis que se da por medio de las plantas acuáticas, forma parte del oxígeno disuelto presente en la microcuenca. Según (Bosch, 1999), existen varios factores que influyen en la variación de los porcentajes de oxígeno disuelto, dependiendo de las condiciones de equilibrio que se presenten en el medio, entre estos se encuentran:

- ✚ La morfología que presente la microcuenca
- ✚ Los cambios de temperatura
- ✚ El consumo elevado de oxígeno por parte de los microorganismos
- ✚ Los procesos acelerados de eutrofización

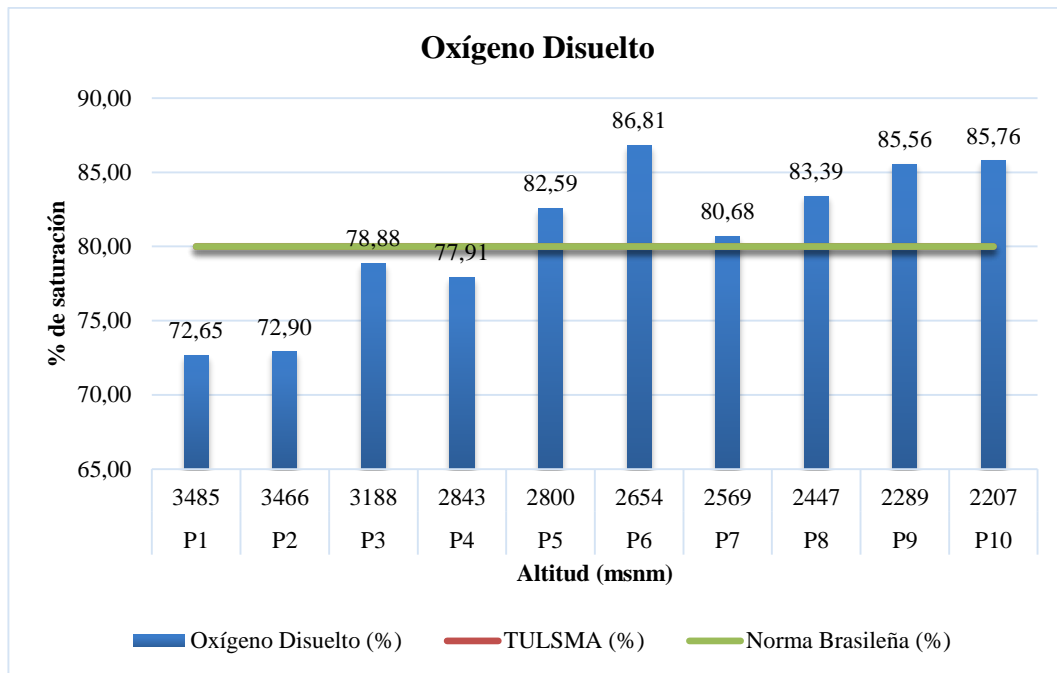


Gráfico 3-4: Variación de oxígeno disuelto en los diferentes puntos de muestreo.

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

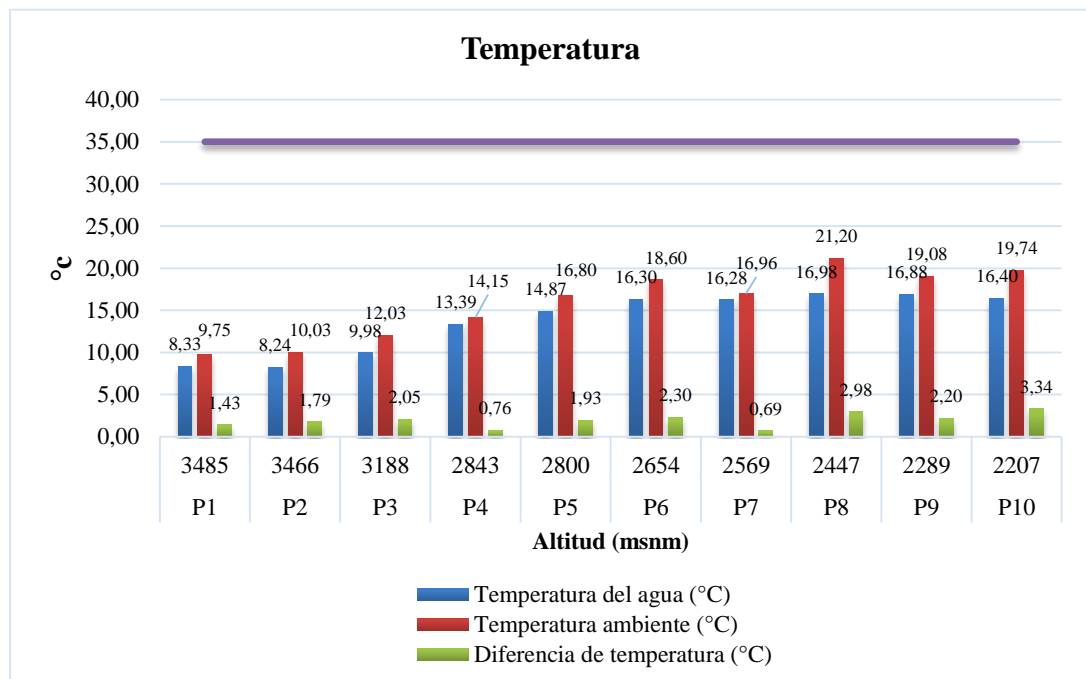
Los valores de Oxígeno Disuelto en conjunto con la temperatura, los procesos químicos y biológicos logran determinar la distribución y riqueza que tienen los macroinvertebrados acuáticos (Custodio y Chanamé, 2016, p. 40). Este parámetro en el agua es vital para realizar el metabolismo de todos los organismos que realizan una respiración aeróbica (Muñoz et al. 2015, pp. 59-74). Este parámetro está relacionado con la temperatura, debido a que, al aumentar la temperatura, se disminuye la cantidad de oxígeno disuelto, se puede observar en el gráfico 3-4 que a mayor cantidad de oxígeno que se presentan en los puntos muestreados menor es la cantidad de temperatura (gráfico 4-4).

El oxígeno varía desde el punto más alto con un valor de 72,65% hasta el punto más bajo que presenta un valor de 85,76%. Mediante el TULSMA y la Norma Brasileña se dice que el porcentaje de oxígeno debe ser mayor al 80%, en lo cual los últimos puntos cumplen con lo establecido y los primeros puntos (P1, P2, P3 Y P4), se encuentran por debajo de lo mencionado, los bajos valores de oxígeno se deben a los vertimientos de aguas residuales de origen doméstico (desechos humanos y de animales), industrial y arrastres de sedimentos, estas concentraciones bajas de oxígeno pueden generar muerte de organismos acuáticos, reducción en el crecimiento de los mismos y cambios que se presenten en las diferentes especies, también la altitud influye en los resultados obtenidos de la cantidad de oxígeno porque en lugares más altos, menor es el contenido de oxígeno.

4.1.4. Temperatura

Los datos que se obtienen de la temperatura sirven como reseñas auxiliares para realizar otras determinaciones como es el caso de parámetros como la Conductividad Eléctrica, el Oxígeno Disuelto y la actividad biológica, a medida que este parámetro va cambiando va influyendo también en las alteraciones del desarrollo de la flora y la fauna presentes en la microcuenca. La Temperatura del agua influye en la cantidad de O₂, esto se debe porque a mayor temperatura se acelera los procesos de remoción de materia orgánica y el proceso fotosintético (Roldán, 2012).

Gráfico 4-4: Variación de temperatura en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca



Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

El incremento de la temperatura ambiental y la temperatura del agua se observa en el gráfico 4-4. Esto se debe principalmente a la disminución progresiva de la altitud que va desde los 3485 msnm hasta 2207 msnm. También se ve influenciado por el incremento progresivo de los niveles de turbidez como se observa en el gráfico 5-4, debido a que las partículas suspendidas absorben toda la radiación generando un aumento en la temperatura y provocando que se dé un desequilibrio ecológico en la flora y fauna acuática (Montoya et al. 2011, pp. 137-138). Los valores de la temperatura también se ven influenciados por los valores de pH que se presenten, debido a que, si hay un incremento de la temperatura, habrá una disminución del pH. De acuerdo con el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 12, la temperatura máxima para un cuerpo de agua dulce es de 35 °C, por lo tanto, se puede observar que ningún punto de muestreo sobrepasa los límites permisibles establecidos.

4.1.5. Turbidez

Las actividades del hombre como la construcción de obras de ingeniería, agricultura y deforestación intensiva, se convierten estas en fuentes de sedimentos que se depositan en el fondo del agua y destruyen hábitats de las especies, este parámetro se considera como un factor ambiental de los ecosistemas acuáticos, esto se debe a que la actividad fotosintética depende de la penetración de la luz solar (Ábrego et al. 2017, pp.84-93).

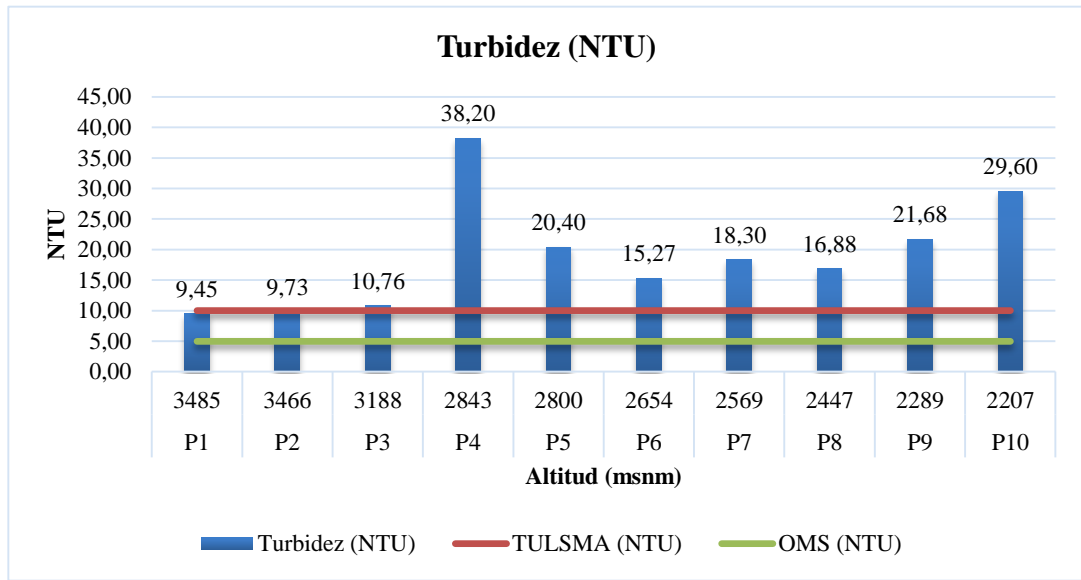


Gráfico 5-4: Variación de turbidez en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

La turbidez es la falta de transparencia de un líquido debido a la existencia de sólidos o partículas suspendidas, se encuentra relacionada con los sólidos en suspensión y esto se observa al comparar la gráfica 6-4 de sólidos en suspensión con la de turbidez, logrando determinar que en los puntos donde se presenta niveles altos de sólidos en suspensión también se presentan valores altos de turbiedad (Ábrego et al. 2017, pp.84-93). Los valores obtenidos de turbidez en todo el recorrido de la microcuenca se presentan valores bajos a una altura de 3485 msnm con un valor de 9.45 NTU, conforme va avanzando el río y por el arrastre generado por la corriente de material particulado, intervención humana y las diferentes actividades tanto ganaderas como agrícolas, se genera un aumento en los niveles de turbidez hasta valores de 38.20 NTU a una altura de 2843 msnm. El TULSMA establece como límite máximo permisible de turbidez de 10 NTU, evidenciándose que solamente en los dos primeros puntos de muestreo se cumple con lo establecido. En base a la Organización Mundial de la Salud (OMS), todos los puntos sobrepasan el límite máximo permisible que es de 5 NTU lo que indica que no es apta para consumo humano.

4.1.6. Sólidos en Suspensión

Se encuentran en las aguas superficiales debido a que estos son transportados por la acción de arrastre y de soporte del movimiento del agua, las altas concentraciones de este parámetro impiden que la luz solar penetre en el agua y que la vegetación presente en estos ecosistemas no pueda realizar los procesos de fotosíntesis con normalidad (Boman et al., 2015).

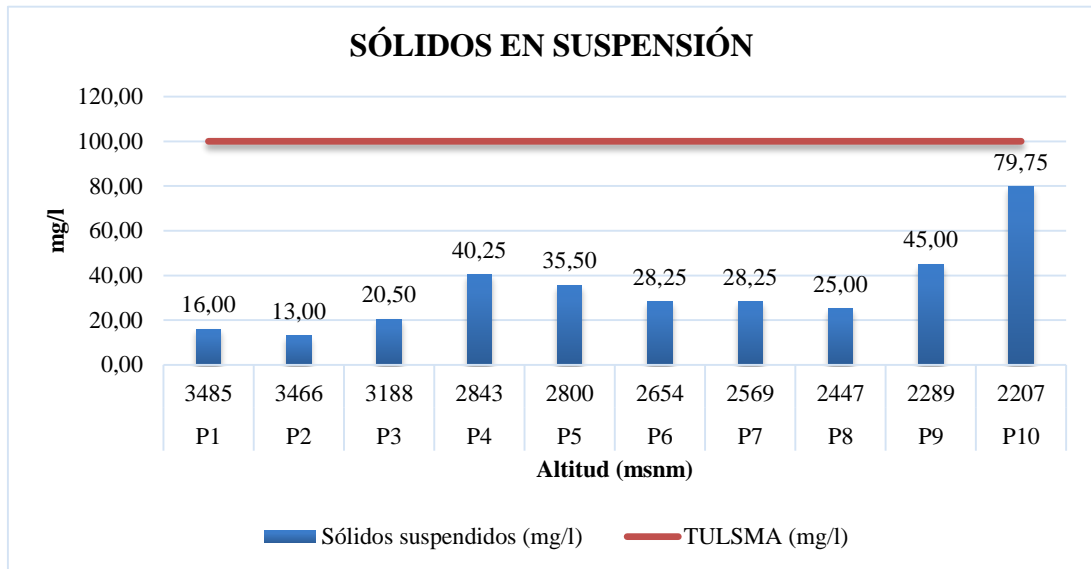


Gráfico 6-4: Variación de SS en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Los valores obtenidos de sólidos suspendidos están relacionados con la presencia de partículas de sedimento, barro de las corrientes de tierra, desechos industriales y de drenaje (Enrique & Cabrera 2017, p. 27). Mediante el gráfico 6-4 se puede observar que la conductividad es directamente proporcional a la concentración de sólidos en suspensión, es decir cuanto más sea la concentración de estas partículas en el agua, mayor será la capacidad de transmitir electricidad (Sánchez et al. 2021, p. 29). En el punto 1 y punto 2 de la microcuenca se presentan valores de 16 mg/l y 13 mg/l siendo estos los datos más bajos y conforme se va avanzando se genera un aumento progresivo hasta llegar al punto final (2207 msnm) con un valor de 79.75 mg/l extremadamente alto y cercano a sobrepasar el límite de 100 mg/l establecido en el TULSMA, Libro VI, Anexo I, tabla 12, esto se debe a las diferentes actividades agrícolas que se realizan en esta zona y por el arrastre de los diferentes sólidos, además los niveles altos de sólidos en suspensión presentes en la microcuenca se le atribuye a los procesos de lixiviación y de escorrentía.

4.1.7. Nitratos (NO_3^-)

Las concentraciones de nitratos en el agua se originan por la liberación de materia orgánica cuando esta se descompone por ayuda de las bacterias que están presentes en el suelo, también por las disoluciones de rocas y de los efluentes industriales. Según (Roldán-Pérez, 2016a) la principal fuente de nitratos es la agricultura, debido a que se emplean abonos y los fertilizantes nitrogenados.

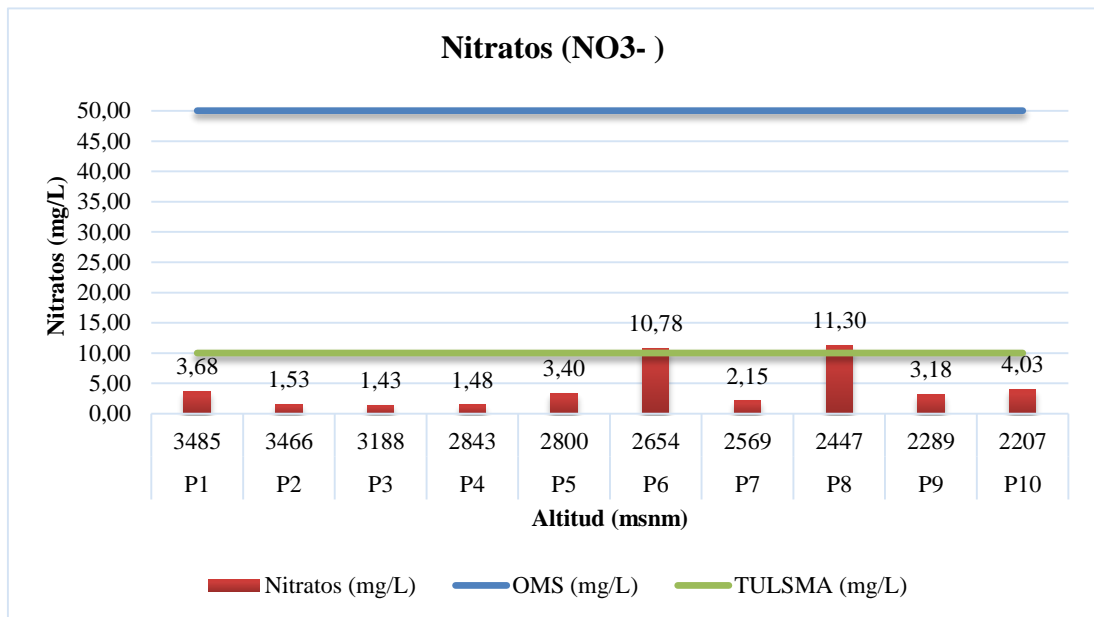


Gráfico 7-4: Variación de nitrato en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el gráfico se puede observar que en los puntos 6 y 8 se presentan los resultados más altos en la cantidad de nitratos, arrojando valores de 10,78 mg/L y 11,30 mg/L respectivamente, dichas concentraciones no se encuentran dentro de los límites permisibles según lo establecido por el TULSMA, las altas concentraciones de nitratos se debe a las actividades antrópicas, en el punto 6 el recurso hídrico es utilizado para atender las necesidades básicas de las familias (lavado de ropa) y en el punto 8 se presentan descargas de aguas residuales tanto de origen doméstico, como de origen industrial. Los valores existentes en los demás puntos de muestreo no sobrepasan el límite máximo permisible, sin embargo, se muestran cantidades considerables, esto se debe a la presencia de actividades de agricultura y ganadería, en donde se emplean fertilizantes químicos y orgánicos, dichos fertilizantes contienen cantidades de compuestos nitrogenados, como los nitratos, los que con la lluvia son escurridos y filtrados en las capas del suelo, llegando al sistema fluvial (Chiriboga & Mac Aleese, 2005).

4.1.8. Nitritos (NO_2^-)

Este parámetro indica la contaminación que se presenta por materia fecal reciente, el nitrito se encuentra en estado de oxidación intermedio entre el nitrato y el amoníaco, valores superiores a 0.1 mg/L pueden llegar a ser tóxicos para los organismos presentes en el ecosistema acuático, las concentraciones de nitritos en el agua superficial son bajas, sin embargo, pueden existir valores altos debido a la contaminación industrial y a las aguas residuales domésticas (Roldán-Pérez, 2016a).

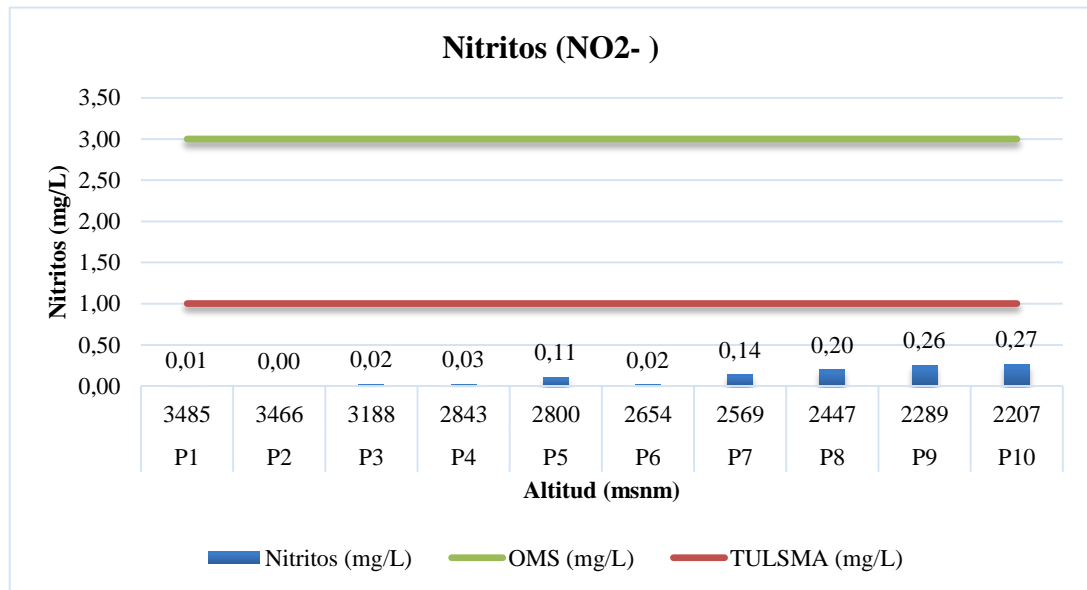


Gráfico 8-4: Variación de nitrito en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Las concentraciones de nitritos en los diez puntos muestreados no sobrepasan los límites máximos permisibles tanto para los parámetros establecidos por la Organización Mundial de la Salud, como para lo que se estable en el TULSMA, en los primeros puntos de muestreo los valores de nitritos no superan el 0,1 mg/L, esto indica que a pesar de que exista contaminación fecal reciente debido a las actividades ganaderas, las aguas se encuentran bien oxigenadas, por el contrario, se puede observar que a partir del punto 5 hasta el punto 10, los valores de nitritos van en aumento de 0,11 mg/L a 0,27 mg/L, esto se relaciona con la presencia de descargas de efluentes provenientes de origen doméstico e industrial, poniendo énfasis en los centros de faenamiento existentes en los puntos de muestreo. Según (Espinosa J, 2011), estas aguas residuales provenientes de camales están contenidas de aminos, proteínas y compuestos orgánicos nitrogenados y son eliminadas directamente a la microcuenca, sin ningún tratamiento previo, a ello se atribuye las cantidades existentes de nitritos en el sistema fluvial, principalmente en los últimos puntos de muestreo.

4.1.9. Sulfatos

Se hallan repartidos en bajas concentraciones en los sistemas fluviales en todas las aguas, Las concentraciones de sulfatos llegan a las aguas subterráneas por medio de las formaciones rocosas y de suelos que retienen minerales sulfatados (Marín, 2010, p.56).

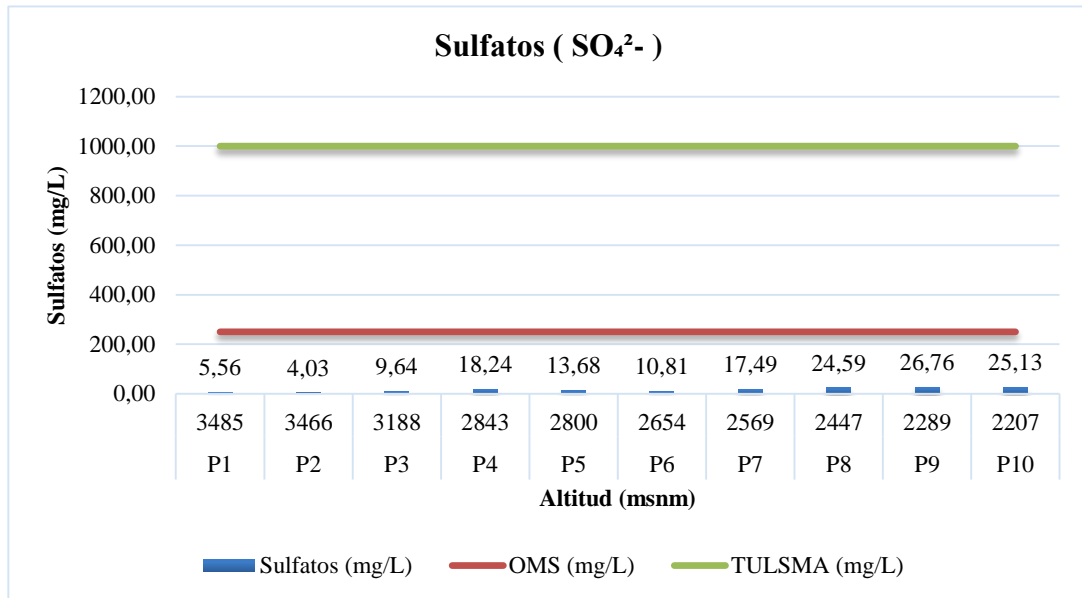


Gráfico 9-4: Variación de sulfatos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Como se puede observar en el gráfico todos los valores de sulfatos en los puntos muestreados se encuentran dentro de los límites permisibles, tomando en cuenta lo que se establece en la Organización Mundial de la Salud y lo que se establece en el TULSMA, las concentraciones bajas presentes en la microcuenca se deben a que los sulfatos se hallan de forma natural en la misma, la mayoría de sulfatos son altamente solubles en el agua y en disolventes polares porque se consideran sustancias iónicas, sin embargo, en algunos puntos se pueden observar cantidades altas del ion con valores de entre 9 mg/L a 26 mg/L, esto se debe a que en dichos puntos se presentan descargas directas de efluentes provenientes de industrias de origen doméstico, textil y de cueros, las descargas producen olores desagradables en las zonas de estudio por la liberación de sulfuro de hidrógeno, esto consecuencia de la descomposición de la materia orgánica. También la presencia de sulfatos se le atribuye a la utilización de fertilizantes agrícolas que contienen iones sulfato, el azufre llega a ser asimilable directamente a la planta o en muchos casos al ser el azufre muy soluble tienden a desaparecer, siendo llevados por el agua de riego o de la lluvia y finalmente ingresan al acuífero por la infiltración (Samanta et al, 2019).

4.1.10. Fosfatos (PO_4^{3-})

La presencia de iones fosfato en el agua se deben a cantidades altas de aguas residuales y de aguas de riego agrícola, este parámetro en cantidades relativamente altas estimula el proceso de eutrofización, afectando la calidad del agua (Sawyer et al., 2001).

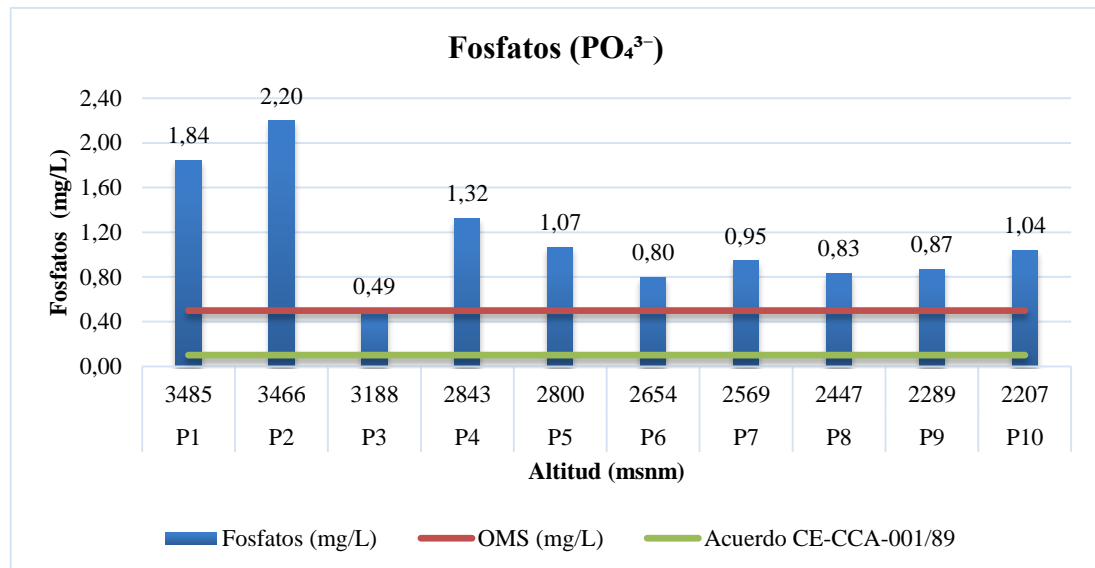


Gráfico 10-4: Variación de fosfatos en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el Ecuador al no existir normas que establezcan los límites permisibles para las concentraciones de fosfatos dentro de cuerpos de agua, se toma como referencia el Acuerdo CE-CCA-001/89 en donde se establecen Criterios Ecológicos de Calidad del Agua. Además, se toma en cuenta los valores de los límites máximos permisibles establecidos por la OMS. En el gráfico se puede observar que en los diez puntos de muestreo la cantidad de fosfatos sobrepasan los límites permisibles, esto indica que el agua de la microcuenca no es apta para consumo humano; los valores más altos alcanzados se dan en el punto de muestreo 1 y 2 en donde se presentan actividades de agricultura y ganadería, siendo las principales fuentes de generación de fosfatos los desechos de los animales, fertilizantes y plaguicidas usados especialmente en los cultivos para la alimentación animal, estos llegan al agua mediante descargas, escorrentías o incluso por deyecciones directas de los animales. A partir del punto 4 hasta el punto 10 de muestreo, las concentraciones altas de fosfatos se deben a los detergentes que contienen fosfatos de sodio, provenientes de las actividades antrópicas (Velázquez-Machuca et al, 2010). La elevada concentración de fosfatos presenta un riesgo para la microcuenca, puesto que provoca un crecimiento de plantas acuáticas en exceso, de esta manera contribuye a la disminución de oxígeno y variación del pH, este proceso se denomina eutrofización.

4.1.11. Demanda Química de Oxígeno

Se considera el parámetro más efectivo para determinar la calidad del agua, establece la cantidad del oxidante químico que se requiere para oxidar los materiales contenidos en el agua (Roldán, 2012).

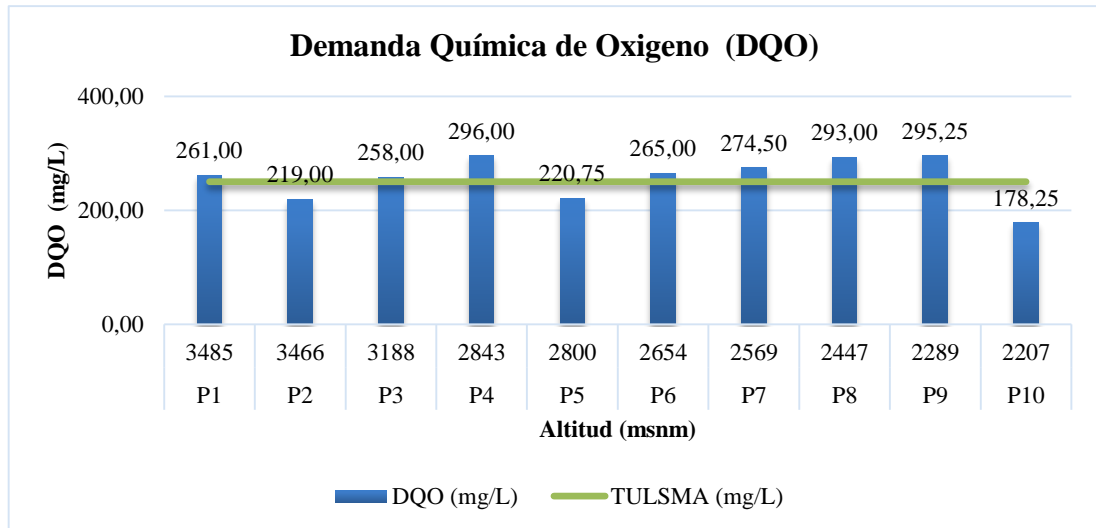


Gráfico 11-4: Variación de la DQO en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el gráfico se puede observar que la mayoría de los valores determinados de la Demanda Química de Oxígeno (DQO) sobrepasan el límite máximo permisible determinado por el TULSMA, esto significa que en todos los puntos de muestreo existe una necesidad de oxígeno para poder realizar la oxidación de la materia orgánica mediante una digestión química fuerte, provocando de esta manera alteraciones al ecosistema acuático; cuanto mayor es la cantidad de DQO mayor es el nivel de contaminación que presenta la microcuenca (Metcalf & Eddy, 2002). En los primeros puntos de muestreo se observan valores entre 219 mg/L a 296 mg/L, estos valores tan altos de DQO se le puede atribuir a que en dichos puntos existen actividades agrícolas y ganaderas, estas actividades generan altas cantidades de desechos que no cuentan con una disposición final adecuada; los animales presentes en esta zona generan deyecciones con altos contenidos de DQO, contribuyendo de esta manera a la contaminación del recurso natural. Los valores presentados en los últimos puntos varían entre los 178 mg/L hasta los 285 mg/L, estos valores de DQO se debe a que las aguas residuales provenientes de industrias de cuero y textil son vertidas de manera directa en las aguas de la microcuenca, sin ningún tipo de tratamiento, estas industrias destacan por sus altas concentraciones de DQO, además de que contienen sustancias peligrosas (sulfuros, aceites y grasas) en sus procesos, generando problemas de contaminación en ecosistemas acuáticos.

4.1.12. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Este parámetro químico es definido como la cantidad de oxígeno que requieren los microorganismos para establecer el material orgánico presente en el residual, esto se realiza en condiciones aerobias (Roldán, 2012).

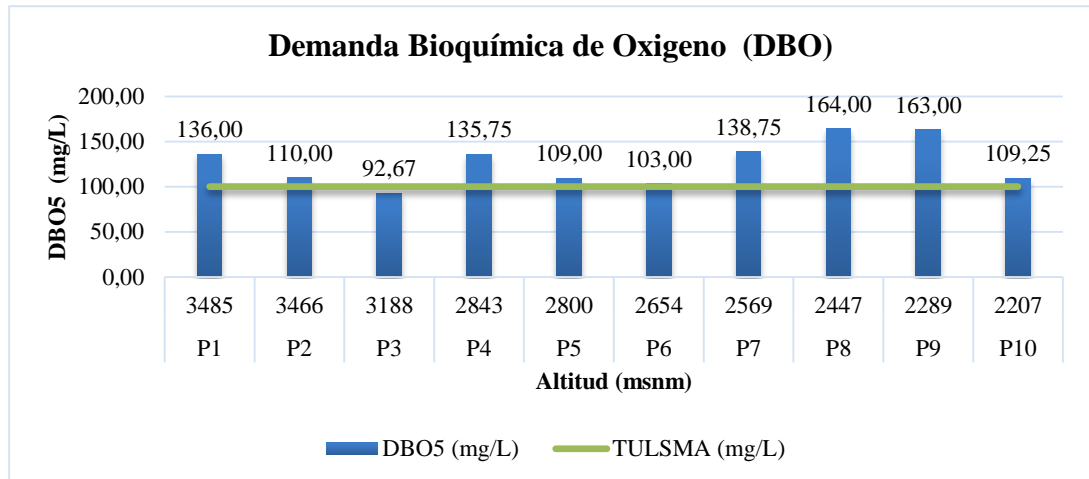


Gráfico 12-4: Variación de la DBO₅ en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca

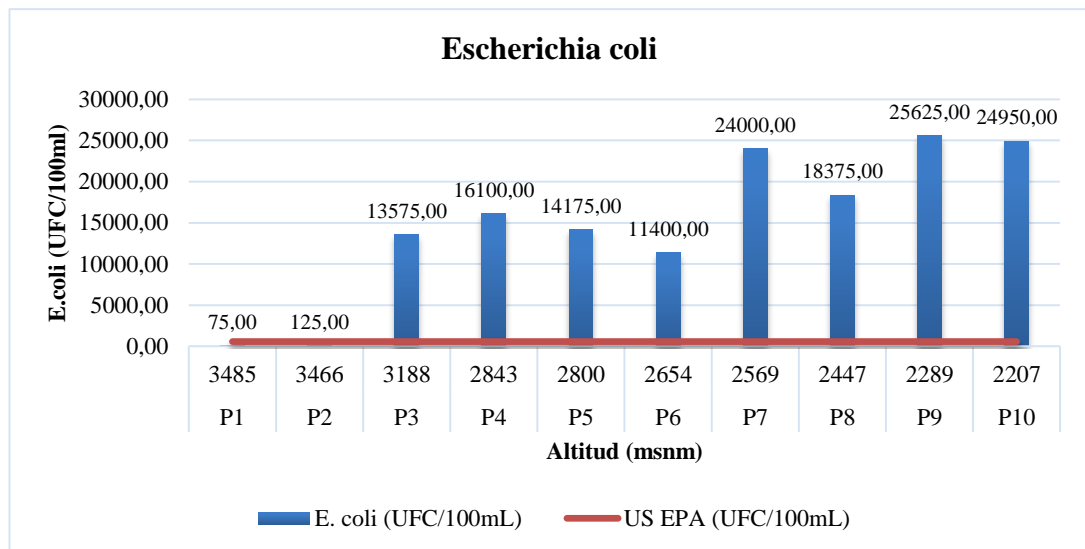
Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Como se observa en el gráfico, la cantidad de Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅) en todos los puntos muestreados sobrepasan el límite que es establecido por el TULSMA, presentando valores con concentraciones mayores a 100 mg/L, a excepción del punto 3 de muestreo que presenta un valor de 92,67 mg/L. Los valores altos de DBO₅ requieren de elevadas concentraciones de oxígeno, lo que ocasiona que exista una alteración dentro del ecosistema de la microcuenca, cuanto mayor es la concentración de este parámetro mayor es la contaminación del sistema fluvial (Romero, 2009). Las concentraciones altas de DBO₅ en los primeros puntos se debe a las actividades antropogénicas que se realizan como es el caso de la ganadería y la agricultura; incluso estas aguas contaminadas son empleadas para el regadío de los productos agrícolas y se emplean como bebida para los animales, ocasionando graves efectos para la salud humana y para la biodiversidad presente en la microcuenca. En los demás puntos de muestreo se puede afirmar que las cantidades altas de DBO₅ se deben a las desembocaduras de aguas residuales con cargas orgánicas provenientes de domicilios y de industrias, produciendo una serie de reacciones químicas con desechos sólidos que son los causantes de los malos olores, provocando una disminución del oxígeno en la microcuenca. Como se puede observar los valores de DQO siempre son más altos que los valores de DBO₅ puesto que la mayoría de las sustancias orgánicas presentes en las aguas residuales se pueden oxidar químicamente, pero por el contrario no lo pueden hacer biológicamente.

4.1.13. *Escherichia coli*

Este parámetro sirve para determinar la calidad microbiológica de sistemas acuáticos, Según (Janke et al., 2006) *E. coli* no es la causante de enfermedades, la importancia de su determinación radica en que se considera como un organismo indicador y señala el riesgo de algunos organismos peligrosos que estén en las aguas, debido a la existencia de contaminación fecal.

Gráfico 13-4: Variación de *E.coli* en los diferentes puntos a lo largo de la microcuenca



Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

Como se observa en el gráfico 13-4 el parámetro de *Escherichia Coli* está por encima de los límites permisibles establecidos por la US EPA (United States Environmental Protection Agency), los niveles de *E. coli* no debe exceder de 575 unidades formadoras de colonias (UFC) por cada 100 ml de agua, en los dos primeros puntos de muestreo P1 y P2 se obtienen valores de 75 UFC/100mL y 125 UFC/100mL respectivamente, estas cantidades no superan los límites máximos permisibles, sin embargo estas concentraciones se debe a que en dichos puntos se dan actividades de agricultura y ganadería, en donde el estiércol es utilizado como fertilizante y es acarreado a la microcuenca por acción de la escorrentía. Los valores de *E. coli* a partir del punto tres de muestreo P3 van en aumento debido a que en estos puntos la contaminación por aguas residuales de origen (industrial y doméstico) y por residuos de animales es mayor, las fuentes de contaminación fecales ya sea de animales o de humanos presentan graves riesgos para la salud a causa de la existencia de agentes patógenos en este tipo de residuos, pueden llegar a provocar gastroenteritis e incluso originar la muerte, además al decir que existe estas altas cantidades de *E.coli* en las aguas de la microcuenca también sugiere la presencia de otros microorganismos que son altamente patógenos como es el caso de la *Salmonella*, *Shigella*, *Klebsiella*, *Listeria*, entre otros.

4.1.14. Coliformes fecales

Las bacterias coliformes se les denomina como organismos indicadores, debido a que indican la presencia de bacterias que llegan a causar enfermedades en sistemas acuáticos, estas bacterias se encuentran en el tracto intestinal de animales y humanos (Sawyer et al., 2001).

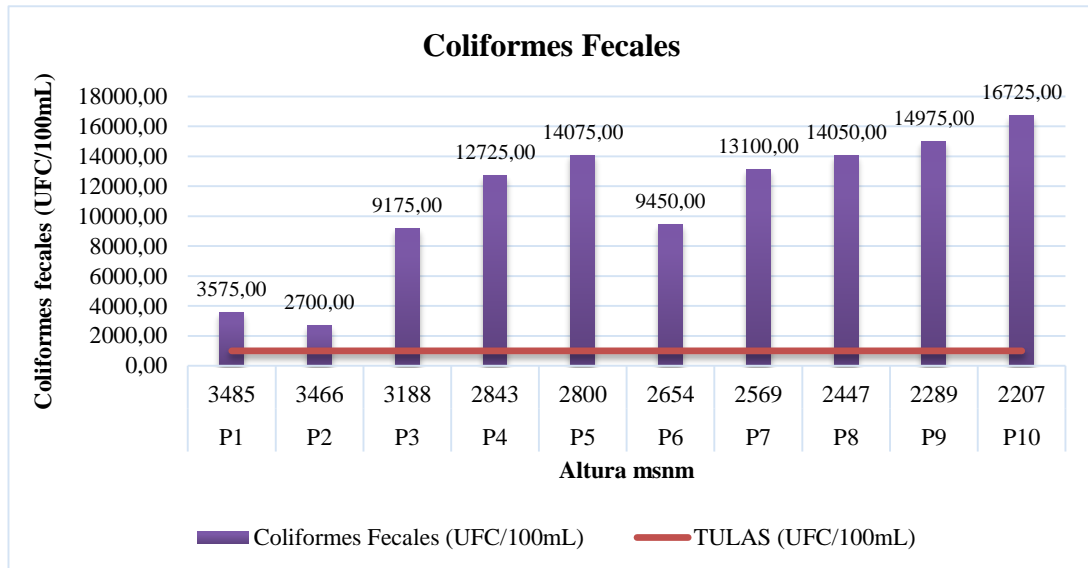


Gráfico 14-4: Variación de Coliformes Fecales en los diferentes puntos de muestreo

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Para realizar la respectiva comparativa entre los valores obtenidos de coliformes fecales y la norma que establece los límites máximos permisibles, se toma en cuenta el TULAS: Tabla 8 Criterios de Calidad para aguas de uso pecuario, que establece que los coliformes deben obtener valores menores a 1000 UFC/100mL, esta norma fue expedida, sin embargo, se toma en cuenta esta reseña debido al método empleado para el análisis, cuya técnica arroja resultados en Unidades Formadoras de Colonia (UFC/mL), esto indica que ningún valor determinado se encuentra dentro de los límites permisibles. En el gráfico se puede observar que a medida que va disminuyendo la altitud, las concentraciones de coliformes fecales van en aumento, presentando valores de 2700 a 16725 UFC/mL, la presencia de dichas bacterias indican una contaminación fecal esto se debe a las actividades antrópicas de la zona como es la ganadería y la agricultura, conjuntamente se depositan aguas residuales de origen doméstico e industriales de manera directa a la microcuenca, asimismo existen factores como la humedad, materia orgánica y pH que influyen en la reproducción de los coliformes; las concentraciones que se obtienen evidencian que existen microorganismos patógenos en el sistema fluvial lo que indica que estas aguas no son aptas para consumo humano, puesto que su causa enfermedades como la gastroenteritis, disentería y algunos virus.

4.1.15. Coliformes Totales

Se le puede encontrar en el medio con mayor frecuencia ya sea en el suelo o en aguas superficiales, por lo tanto no llegan a ser siempre intestinales, las concentraciones de coliformes totales indican que las aguas están contaminadas con aguas residuales o algún tipo de desecho (Díaz et al., 2003).

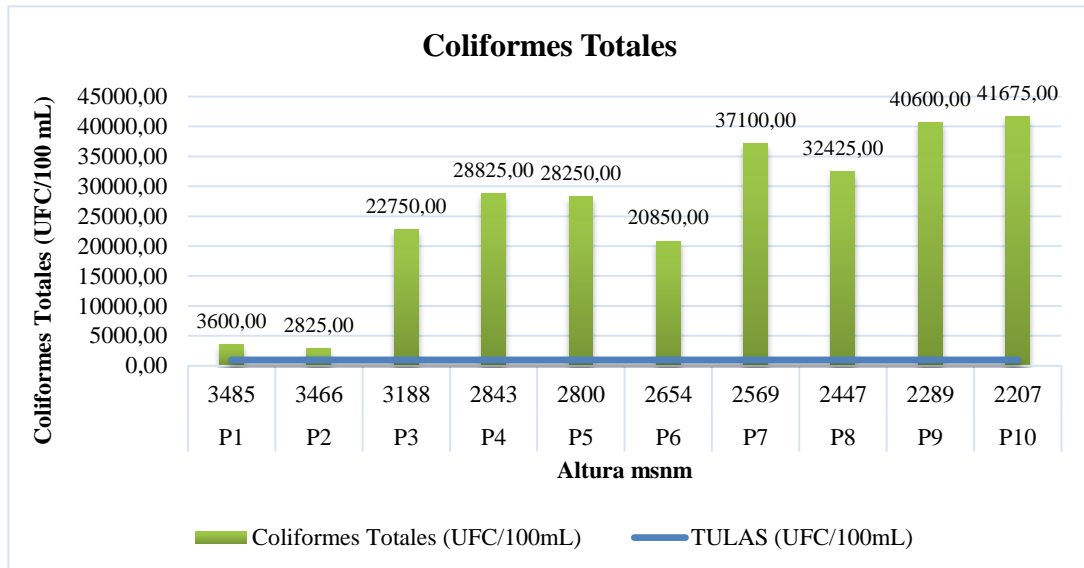


Gráfico 15-4: Variación de Coliformes Totales en los diferentes puntos muestreados

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Para realizar la respectiva comparativa entre los valores obtenidos de coliformes totales y la norma que establece los límites máximos permisibles, se toma en cuenta el TULAS: Tabla 6. Criterios de calidad para aguas de uso agrícola, que establece un límite de 1000 UFC/100mL, esta norma fue expedida, sin embargo, se toma en cuenta esta reseña debido al método empleado para el análisis, cuya técnica arroja resultados en Unidades Formadoras de Colonia (UFC/mL). Por lo tanto, se afirma que ninguno de los puntos muestreados se encuentra dentro de los límites permisibles.

En el gráfico 15-4 se puede observar las concentraciones altas de coliformes totales que proyectan valores de 2825 a 41675 UFC/100 mL, esto indica que la microcuenca es una fuente hídrica que contiene altos índices de contaminación antropogénica fecal, estos valores se puede atribuir a las actividades humanas que se presentan a lo largo de la microcuenca, como es el caso de la ganadería, agricultura, presencia de aguas servidas de origen industrial y domésticas que son eliminadas directamente a la microcuenca sin ningún tipo de tratamiento. Según la ONU concentraciones mayores a 1000 UFC/100 mL llegan a presentar un riesgo muy alto para la salud, causando enfermedades agudas al hombre, como es el caso de una gastroenteritis que es causante de diarreas y vómitos.

4.2. Resultados de la estimación de caudales

Conocer el comportamiento de los caudales a lo largo de la microcuenca es un dato básico e indispensable, se lo considera como un volumen de agua que atraviesa una superficie en un tiempo definido. En el gráfico se muestra el comportamiento del caudal en la microcuenca del río Pachanlica durante la época lluviosa y seca.

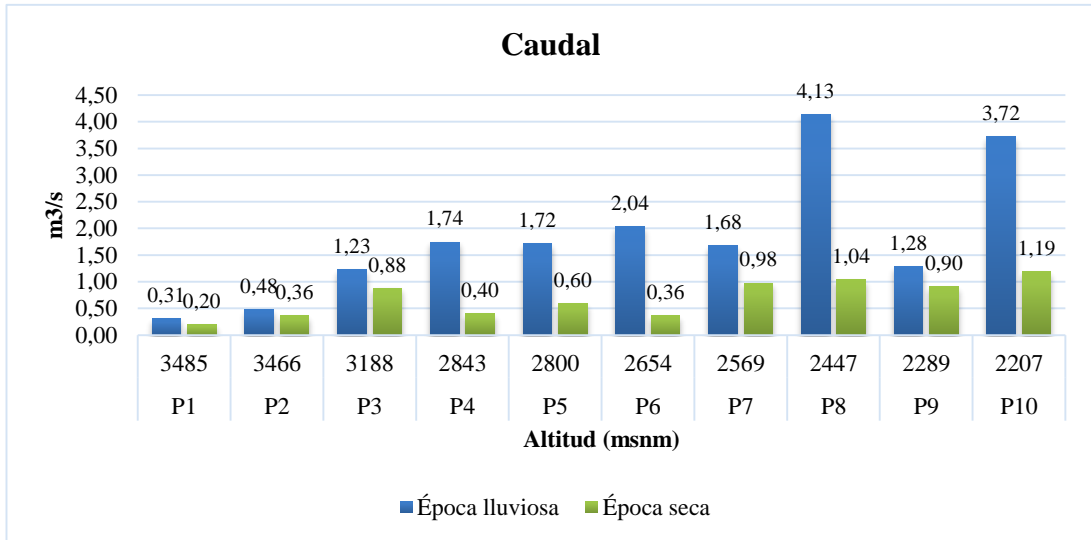


Gráfico 16-4: Variación del caudal a lo largo del río Pachanlica.

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el gráfico se puede observar que en época lluviosa a una altitud de 3485 msnm y 3466 msnm presenta caudales bajos de $0,31 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,48 \text{ m}^3/\text{s}$ en comparación con los puntos 8 y 10 donde se produce un mayor aumento de caudal de $4,13 \text{ m}^3/\text{s}$ y $3,72 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, siendo los más altos a lo largo de la microcuenca, las variaciones de caudales se debe a que en ciertos puntos el agua del ecosistema es llevada a canales para usarlo como agua de riego generando de esta manera una disminución del afluente y por ende un bajo nivel de caudal. Los valores resultantes del caudal también guardan relación con otros parámetros como es el caso de los coliformes fecales y totales, que a medida que aumenta el caudal, también aumenta la carga contaminante de materia fecal, esto se debe a que existe mayor número de descargas provenientes de aguas negras y grises.

Las bajas precipitaciones que existe en época seca o de estiaje generan una notable disminución del caudal a diferencia de la época lluviosa, los puntos que presentan un mayor caudal son el 8 y 9 con $1,28 \text{ m}^3/\text{s}$ y $1,19 \text{ m}^3/\text{s}$ respectivamente, los puntos con los caudales más bajos de $0,20 \text{ m}^3/\text{s}$ y $0,36 \text{ m}^3/\text{s}$ son el punto 1 y 2. Las disminuciones que se presentan con respecto al caudal también se le puede atribuir a las actividades antrópicas como es el caso de la construcción de represas y el desvío del agua para irrigaciones agrícolas.

4.3. Resultados de índices biológicos

Son empleados para determinar la calidad del agua de un ecosistema acuático mediante el análisis de la composición biológica, en estos índices se emplean macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, a continuación, se detalla los resultados obtenidos de los diferentes índices aplicados al presente proyecto de investigación.

4.3.1. Índice Biológico Andino (ABI)

Es una herramienta que ha sido empleada para evaluar la calidad del agua de la microcuenca, permite catalogar la calidad ecológica de un ecosistema, apoyado del índice original BMWP y es aplicable a ríos altoandinos con alturas superiores a 2000 msnm, se debe tomar en cuenta que este índice toma en consideración una menor cantidad de familias de macroinvertebrados, esto se debe a que a mayores alturas hay una restricción de la distribución de organismos. En la tabla 1-4 se muestran los resultados obtenidos en cada punto de muestreo del Índice Biológico Andino.

Tabla 1-4: Resultados obtenidos del Índice ABI

Índice ABI			
Puntos de muestreo	Altitud (msnm)	Época Lluviosa	Época estiaje
P1	3485	54	42
P2	3466	69	42
P3	3188	34	21
P4	2843	11	6
P5	2800	7	6
P6	2654	20	11
P7	2569	20	11
P8	2447	5	5
P9	2289	16	22
P10	2207	20	22

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022.

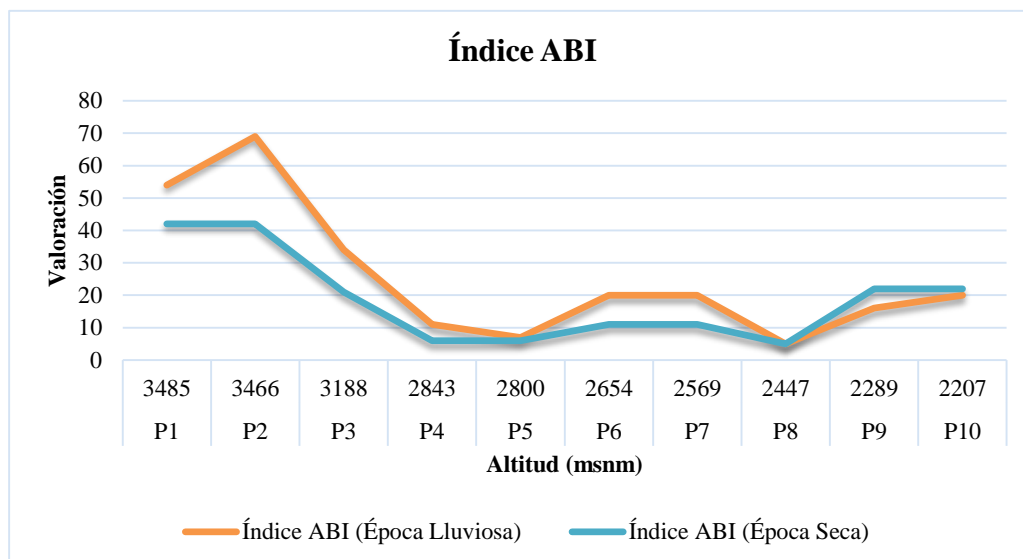


Gráfico 17-4: Resultados del índice ABI a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

Mediante el gráfico se puede observar que en época lluviosa los valores que se obtienen en los primeros puntos muestreados van en un rango de 35 a 96 lo que indica según el índice calculado que el agua de la microcuenca se encuentra entre buena y moderada calidad, esto se debe a que dichos puntos se encuentran cercanos al nacimiento de la microcuenca y solo existe pequeñas actividades de ganadería que no afectan notablemente la calidad del agua en este sector, además se evidencia que en esta zona existe una gran cantidad y diversidad de macroinvertebrados acuáticos a comparación con el resto del trayecto, las familias que más se destacan es *Gripopterygidae* y *Blepharoceridae* en donde el valor que se le asigna según el índice ABI es de 10 lo que denota que el agua se encuentra en buena calidad, guardando relación con lo mencionado anteriormente; a partir del punto 3 de muestreo los valores obtenidos varían drásticamente entre 14 a 34 lo que indica que la calidad del agua de la microcuenca está en un concepto entre mala y pobre de acuerdo al índice calculado, en estos puntos las especies que más destacan son las familias de *Oligochaeta* y *Chironomidae* cuyo puntaje según el ABI es de 1 y 2 respectivamente, estos resultados denotan una pésima calidad del río.

En época seca se incrementan los puntos que presentan valores bajos en comparación con la época lluviosa, a partir del punto 4 presentan puntuaciones inferiores a 14, lo que indica que la calidad del agua es mala, esto debido a las altas concentraciones de contaminación generado principalmente por actividades agropecuarias, asentamientos poblaciones y otras actividades humanas que existen a lo largo de este tramo generando una disminución notable en cuanto a la diversidad de macroinvertebrados acuáticos.

4.3.2. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWP-COL)

Consiste en la identificación de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua que son poco profundos, motivo por el cual se emplea para el río Pachanlica.

Tabla 2-4: Resultados obtenidos del Índice BMWP/COL

Índice BMWP/COL			
Puntos de muestreo	Altitud (msnm)	Época Lluviosa	Época estiaje
P1	3485	67	47
P2	3466	77	47
P3	3188	40	23
P4	2843	12	9
P5	2800	7	9
P6	2654	21	11
P7	2569	21	11
P8	2447	5	5
P9	2289	20	29
P10	2207	21	29

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

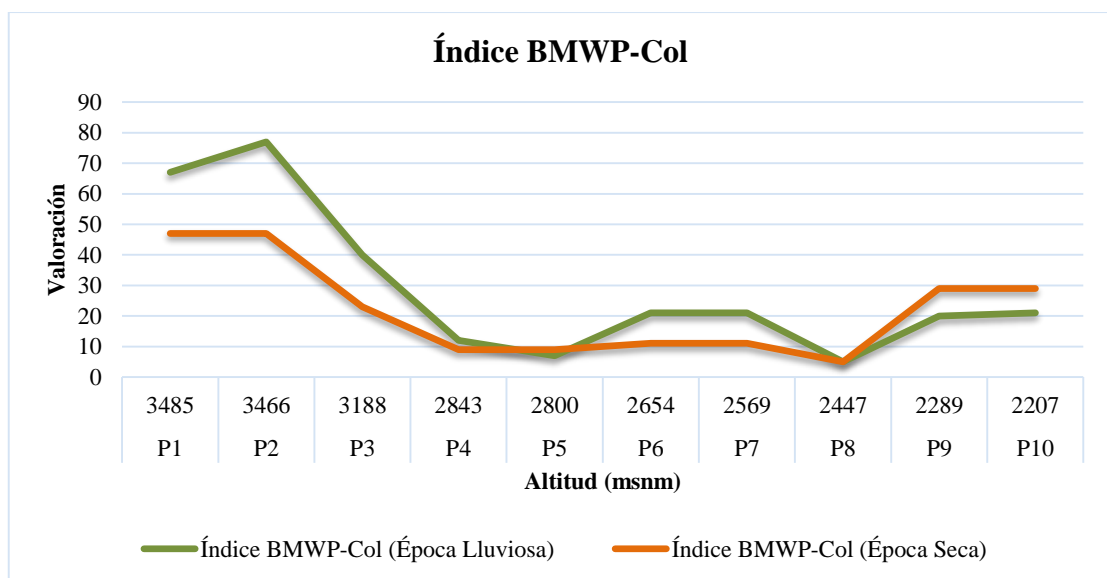


Gráfico 18-4: Resultados del índice BMWP-Col a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022.

El índice BMWP/COL de calidad del agua es uno de los más empleados al ser una adaptación para evaluar ecosistemas acuáticos ya sea por contaminación orgánica, que junto con otros parámetros

como es el caso de los parámetros físico químicos y microbiológicos detallados se pueden conocer la calidad de estos sistemas acuáticos. Según los valores que se le asigna al índice BMWP-Col (Tabla 2-2) en época lluviosa los dos primeros puntos tienen una calidad del agua aceptable de clase II, es decir, aguas ligeramente contaminadas, el punto tres tiene una calidad dudosa con un valor de 40, lo que indica que son aguas moderadamente contaminadas, conforme se sigue la trayectoria del río va disminuyendo la calidad debido a las diferentes descargas de aguas residuales y actividades antropogénicas que se realizan en todo el recorrido, a partir del punto 4 se toman valores que van de un rango de 35 a 15 lo que indica que esas aguas son aguas muy contaminadas (clase IV) y aguas fuertemente contaminadas (clase V), esto se relaciona con la cantidad de familias presentes en la microcuenca y los puntajes que se les asigna en donde las más dominantes en esta época son las familias *Oligochaetas* y *Chironomidaes*, en la medición de este parámetro se consideran o se les asigna grados de sensibilidad, dichos macroinvertebrados presentan valores de 1 y 2 lo que indica aguas contaminadas en la microcuenca.

En época seca, el punto 1 y 2 presentan una calidad de agua aceptable, en comparación con los puntos 3 y 9 en donde presentan una calidad crítica de aguas muy contaminadas de clase IV, esta mala calidad del agua que presenta la microcuenca trae como consecuencia la poca diversidad de macroinvertebrados acuáticos encontrados en estos lugares, esto se genera debido a los altos niveles de contaminación que se produce por las diferentes asentamientos humanos, obras civiles, entre otras actividades antropogénicas que contribuyen a la contaminación de la microcuenca y se puede observar aguas abajo de la microcuenca una disminución de macroinvertebrados bentónicos debido a los vertimientos de aguas negras y grises, dichos componentes contaminan las aguas superficiales con metales pesados, disolventes, aceites, detergentes, grasas, sustancias radioactivas, fertilizantes, entre otros compuestos químicos que llegan a ser perjudiciales a ciertas concentraciones para organismos presentes en la microcuenca. Mediante el gráfico se logra apreciar una diversidad mayor de macroinvertebrados bentónicos a medida que la altura va en aumento, esto puede indicar que en los primeros puntos de monitoreo en donde aún no existe mucha intervención por el hombre y no hay muchos asentamientos humanos el agua se encuentra en un nivel medio de contaminación, sin embargo el agua que se presenta en esas zonas no es conveniente para consumo humano, animal o para riego de cultivos, debido a que pueden llegar a causar enfermedades a todos los moradores del sector e incluso a personas que se dirigen al río como una actividad recreativa, especialmente en el punto 5, donde se encuentra ubicada la cascada Jun-Jun.

4.4. Resultados de Índices ecológicos

Permite la evaluación de las características físicas del cauce y de la ribera, un buen estado del entorno natural se refleja en la calidad ecológica, por ello se emplea el uso de índices que ayudan a la calificación de los estados ecológicas de los ríos.

4.4.1. Índice de Hábitat Fluvial (IHF)

Este índice valora la capacidad del hábitat físico para residir una fauna determinada. A continuación, en el siguiente gráfico se aprecia los resultados obtenidos del índice IHF.

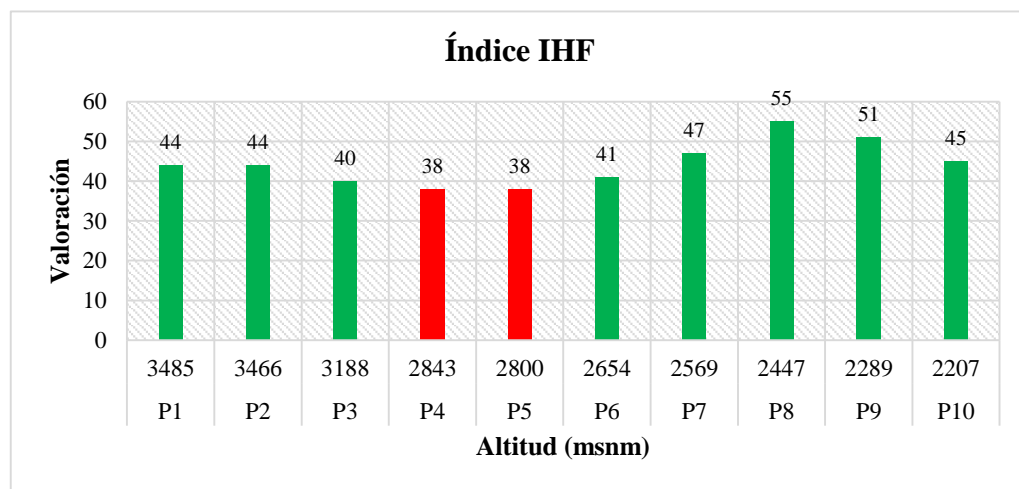


Gráfico 19-4: Valoración del IHF a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica

Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

La heterogeneidad del hábitat fluvial es uno de los principales factores para la existencia de macro invertebrados acuáticos, es decir que un IHF alto indica que esa zona alberga una gran diversidad de especies, debido a que la presencia de bosque, genera en los ríos un aporte de material vegetal, hojas, entre otros, provocando que influyan o no los aspectos físicos en los patrones de biodiversidad (Trama et al. 2020, p. 6). Los puntos de muestreo que presentan coloraciones verdes como es el caso del punto 1,2,8,9 y 10 son los que presentan una mayor valoración con un puntaje de entre 40 a 60, esto indica que el nivel de calidad del Hábitat fluvial es poco diverso, esto guarda relación con la diversidad de especies de macroinvertebrados acuáticos que se encontraron en estas zonas, las descargas directas que se dan de aguas residuales de origen industrial y doméstico, las construcciones civiles y actividades agropecuarias que se dan en la zona de estudio afectan de manera directa a la poca diversidad existente en la microcuenca.

El Índice de Hábitat Fluvial resultante en el punto 4 y 5 de muestreo arrojan resultados menores a 40 lo que indica que el nivel de calidad del hábitat fluvial presenta serias

limitaciones, esto se debe a las descargas directas de aguas negras que se presentan en estos puntos, de manera especial en el punto 4 que es considerado como un basurero público, estos son causantes de problemas al ambiente afectando de manera específica al agua, suelo e incluso al aire contaminando la zona con materiales inertes y con microorganismos patógenos que a la larga llegan a ser las causantes de enfermedades tanto en organismos acuáticos, como a personas que viven cerca a estos sectores.

4.4.2. Índice de Calidad de Ribera (QBR)

Son indicadores de la gestión antrópica del territorio, en donde se consideran actividades como agricultura, ganadería, construcción de vías, entre otras actividades, a este índice se denomina como elemento clave para la calificación del estado ecológico de los ríos.

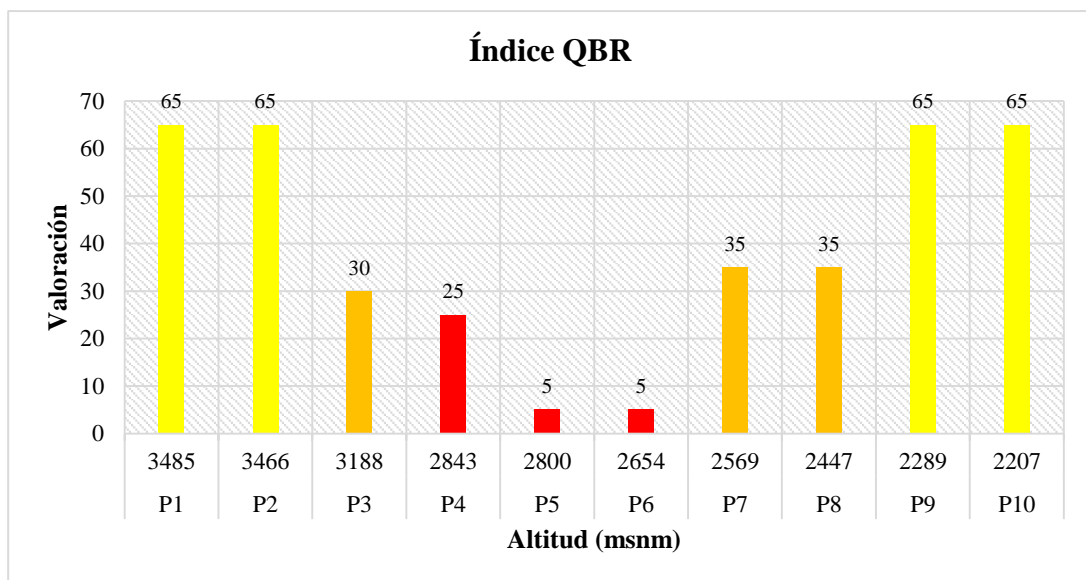


Gráfico 20-4: Valoración del Índice QBR a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

La evaluación ambiental del Índice de Calidad del Bosque de Ribera a lo largo de la microcuenca del río Pachanlica se observa en la gráfica, en donde se observa que los puntos de muestreo que toman coloraciones amarillas como es el caso del punto 1,2,9 y 10 indica que presentan un nivel de calidad intermedio (QBR, 51-75), los puntos que presentan coloraciones naranjas como es el punto 3,7 y 8 tienen una alteración fuerte de mala calidad con valores que varían entre 30-35 y finalmente las zonas que presentaron una calidad pésima con valores de 25,5 y 5 son los puntos 4,5 y 6 las cuales presentan coloraciones rojas.

Las alteraciones fuertes de mala calidad se deben a que predomina la presencia de vegetación introducida, una baja conectividad entre el bosque de ribera y el bosque forestal adyacente y

la presencia de basura en sus alrededores provocando una valoración baja en cuanto al análisis del índice QBR. Esto coincide con los diseños de los índices, debido a que se afirma que ambos se encuentran relacionados, es decir que, si se obtiene valores altos o bajos de QBR, también van ser altos o bajos los del IHF. La calidad pésima del bosque de ribera se atribuye a las actividades antropogénicas provocadas en las zonas de estudio como es el caso de actividades agropecuarios, urbanísticas, turísticas e incluso recreacionales.

4.5. Resultados de Índices de diversidad

La asociación de especies de macroinvertebrados acuáticos presentes en la Microcuenca del río Pachanlica, está compuesta por 9 órdenes, 18 familias y un total de 1211 individuos en la época lluviosa, mientras que, para una época de estiaje se encontraron 8 órdenes, 12 familias y 1067 individuos. ANEXO E. Se emplea el índice de disimilitud de Bray-Curtis (BC), debido a que mediante un análisis estadístico permite cuantificar la disimilitud en la composición de las familias presentes en sitios diferentes. A continuación, se observan los dendogramas obtenidos por el índice de disimilitud de Bray-Curtis (BC).

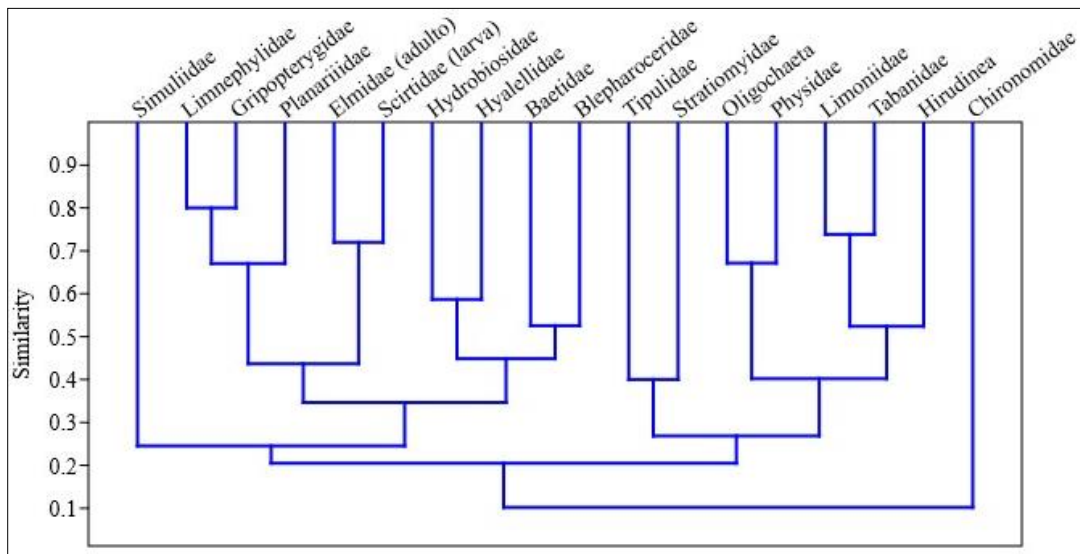


Gráfico 21-4: Dendrograma de las familias de macroinvertebrados en una época lluviosa

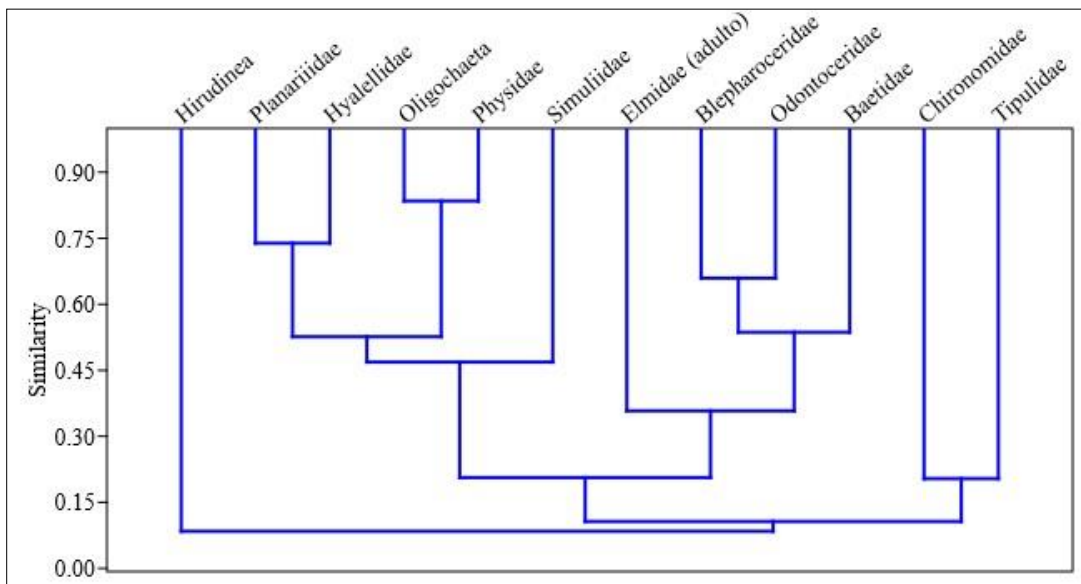
Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el resultado empleando el índice de Bray-Curtis se pueden diferenciar todas las familias de macroinvertebrados que se encuentran presentes en la microcuenca del río Pachanlica. Como se puede observar en el gráfico 21-4 este índice arroja como datos de salida números que están comprendidos entre 0 y 1, en donde se dice que un valor cercano o igual a cero, significa que las familias son parecidas o en su defecto iguales estadísticamente, por el

contrario, cuando presenta valores cercanos o iguales a uno, significa que las familias analizadas son muy diferentes.

Las familias que más abundan o las más representativas en los puntos de muestreo es *Chironomidae* y *Simuliidae* pertenecientes al orden de Dípteras, cuya puntuación en el Índice Biótico Andino es 2 y 5 respectivamente, lo que indica que las aguas de la microcuenca se encuentran en una mala calidad, otras familias que también destacan su abundancia en un 60% es la familia de *Tipuliidae* y *Stratiomyidae* estas presentan un ABI de 5 y 4 correspondientemente, se observa que la mayoría de familias son pertenecientes al orden de dípteras, la abundancia y la distribución de estos organismos depende de las condiciones ambientales, parámetros físico químicos, microbio biológicos y factores ecológicos del río Pachanlica. Se puede mencionar que el macroinvertebrado acuático que es capaz de adaptarse a los diferentes cambios de las variables que se presentan a lo largo de la microcuenca es la familia *Chironomidae* al ser la más abundante.

Gráfico 22-4: Dendrograma de las familias de macroinvertebrados en época de estiaje



Realizado por: Araujo, J & Calle, N., 2022

En el gráfico se puede observar que en una época de estiaje o de sequía en los diez puntos muestreados la familia que más domina es *Hirudinea* cuyo puntaje en el índice ABI es de 3 lo que indica que la calidad de las aguas de la microcuenca se encuentra en malas condiciones, también se aprecia la formación de un conglomerado que abarca a dos familias *Chironomidae* y *Tipulidae* los valores de ABI de estos dos organismos es 2 y 5 respectivamente, de igual manera estos dos puntajes representan a una mala calidad del agua.

4.5.1. Índice de SHANNON- WIENER, SIMPSON y MARGALEF

✚ Primer monitoreo

El primer muestreo pertenece a una época lluviosa, en la tabla 3-4 se puede observar los resultados obtenidos de los índices de Shannon, Simpson y Margalef, correspondientes a los diez puntos de muestreo:

Tabla 3-4: Resultados obtenidos los índices de diversidad en época lluviosa

Puntos de muestreo	Altitud (msnm)	Simpson	Shannon	Margalef
P1	3485	0,81	2,04	2,14
P2	3466	0,86	2,29	2,73
P3	3188	0,80	1,89	2,00
P4	2843	0,71	1,41	0,96
P5	2800	0,71	1,61	1,50
P6	2654	0,64	1,36	1,16
P7	2569	0,65	1,44	1,39
P8	2447	0,46	1,01	1,18
P9	2289	0,58	1,33	1,86
P10	2207	0,65	1,58	2,09

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

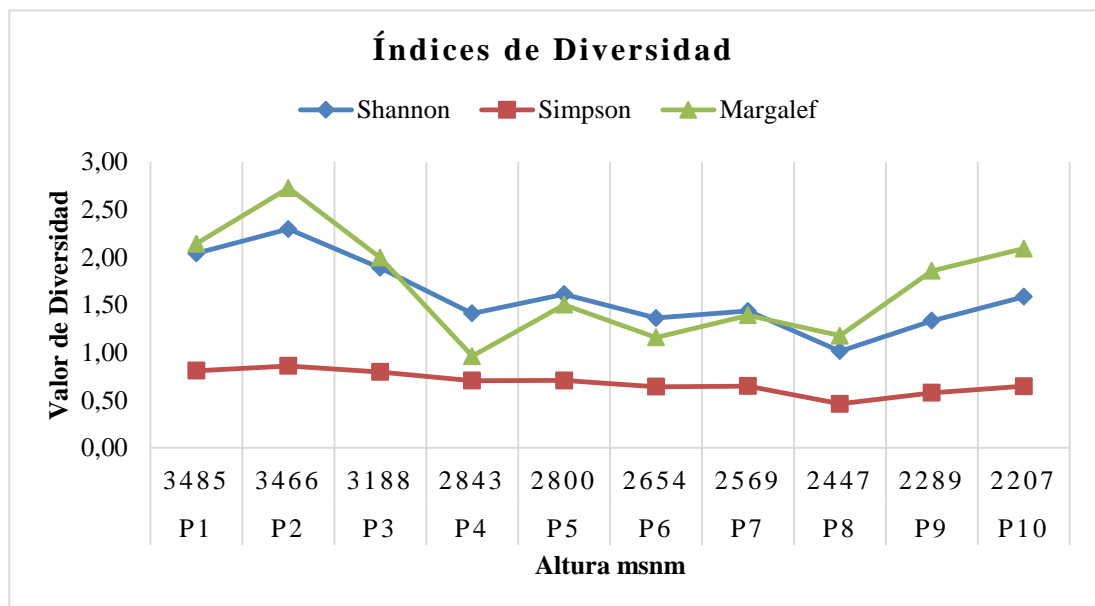


Gráfico 23-4: Valoración de los índices de diversidad en una época lluviosa

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

Los índices de diversidad son medidas de varianza de una distribución de una abundancia de especies, los índices más empleados son Simpson, Shannon y Margalef que se encuentran representados en el gráfico 23-4, los índices mencionados ayudan a demostrar los cambios que se experimenta en la diversidad de macroinvertebrados debido a las perturbaciones que se presentan en el ecosistema acuático.

De acuerdo al gráfico, se puede observar que para el índice de Simpson en cada punto de muestreo según las puntuaciones que se obtienen, se puede afirmar que el punto 8 es el único que se encuentra con una diversidad baja, dando como resultado un valor de 0,46, esto indica que según el índice calculado el punto en donde existe mayor intervención por actividades antropogénicas es el punto 8, sin embargo, los demás puntos presentan una diversidad media porque los valores obtenidos van en un rango de 0,6 a 0,9 lo que indica que dichos tramos presentaron un mayor número de macroinvertebrados acuáticos. Con respecto al índice de Shannon para cada punto de muestreo, se puede evidenciar que según la puntuación a partir del tramo 4 de muestreo la diversidad va en descenso hasta llegar al punto 10, presentando rangos de 1,4 hasta 1,59 lo que representa que a mayor altitud existe menor cantidad de diversidad biológica, esto se le puede atribuir a las intervenciones humanas que se presentan sobre este ecosistema, por el contrario, los primeros puntos de muestreo se encuentran con una diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nivel medio, esto se debe a que en estos trayectos la microcuenca presenta microhábitats que permiten la colonización de un mayor número de taxones, asimismo la disponibilidad de materia orgánica alóctona que se presente en el río y la composición del lecho intervienen en la variedad de macroinvertebrados que puedan existir en hábitats específicos, se deduce que a mayor número de individuos mayor será la diversidad que se presente en una comunidad. Finalmente, el índice de Margalef indica que valores inferiores a dos son considerados como zonas con baja diversidad, por lo tanto se afirma que según los datos obtenidos a partir del punto 3 de muestreo los valores son inferiores a dos, se relaciona con los índices antes mencionados que presentan una diversidad baja a partir del punto 3, esto debido a que a partir de este punto empiezan a presentarse mayor número de actividades antrópicas como es el caso de las descargas de aguas residuales que se muestran en la microcuenca de manera directa, dichas aguas negras son provenientes de fábricas, camales, domicilios que se encuentran aledañas a las zonas de estudio, también se da la descarga directa de aguas grises, estas contienen un bajo contenido de materia fecal, sin embargo presentan una elevada contaminación, estas actividades presentan un riesgo para la diversidad de macroinvertebrados acuáticos y para todos los organismos presentes en el sistema fluvial.

✚ Segundo monitoreo

El segundo monitoreo corresponde a una época de estiaje o sequía, la tabla 4-4 muestra los resultados obtenidos de los índices de Shannon, Simpson y Margalef, obtenidos de los diez puntos de muestreo

Tabla 4-4: Resultados obtenidos los índices de diversidad en época seca

Puntos de muestreo	Altitud (msnm)	Simpson	Shannon	Margalef
P1	3485	0,81	1,77	1,34
P2	3466	0,81	1,78	1,31
P3	3188	0,53	1,03	0,91
P4	2843	0,59	1,20	0,93
P5	2800	0,47	1,03	1,15
P6	2654	0,23	0,50	0,58
P7	2569	0,75	1,56	1,18
P8	2447	0,69	1,49	1,32
P9	2289	0,83	1,85	1,38
P10	2207	0,84	1,85	1,40

Realizado por: Araujo, J & Calle, N.,2022

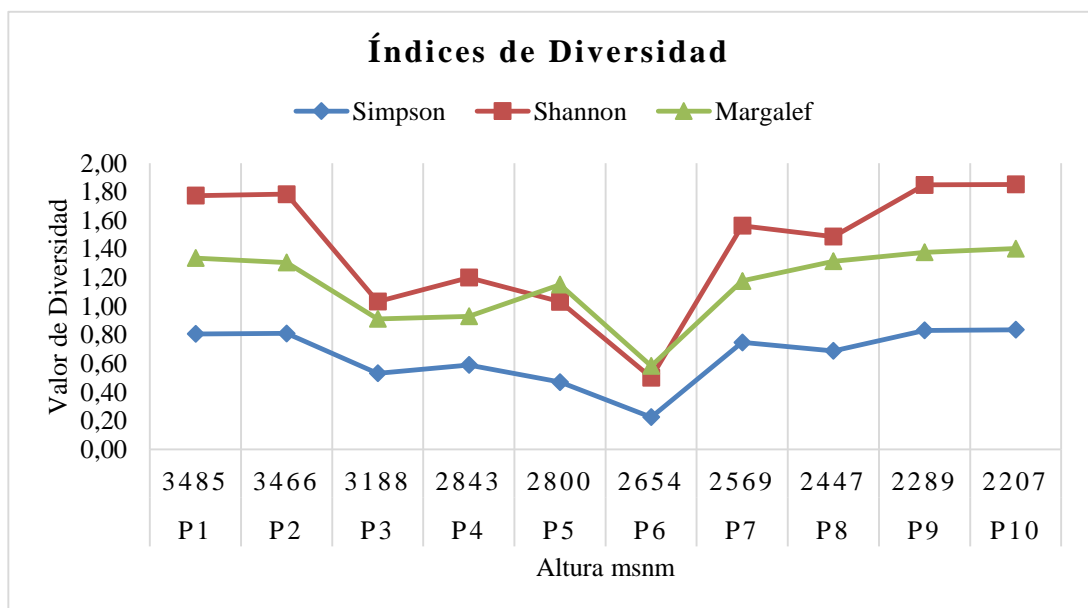


Gráfico 24-4: Valoración de los índices de diversidad en una época seca

En el gráfico 24-4 se puede observar los resultados obtenidos de la diversidad de macroinvertebrados acuáticos presenten en la microcuenca del río Pachanlica a partir del cálculo de los índices de diversidad: Shannon, Simpson y Margalef, de acuerdo al índice de Simpson en el gráfico se aprecia que en el punto 6 de muestreo presenta un valor de 0,23 siendo el menor puntaje obtenido con respecto a todos los demás, esto indica que en este punto existe poca o baja diversidad de macroinvertebrados bentónicos, se debe a las descargas de aguas residuales que se presenta, seguido de factores físico químicos y microbiológicos que no favorecen el crecimiento y el desarrollo de los organismos acuáticos, además ningún puntaje toma un valor mayor a 1 lo que indica que la variedad de microorganismos presentes en la zona de estudio va entre una baja a media, llegando a obtener valores en un rango de 0,50 a 0,80. En cuanto al índice de Shannon según los valores asignados por el mismo se dice que en el punto 6 con un puntaje de 0,50 hay una menor diversidad en relación a los demás puntos muestreados, los demás tramos presentan valores que van de un rango entre 1 a 1,50 indicando que la diversidad en toda la microcuenca es baja. Finalmente, el índice de Margalef calculado indica que los diez puntos muestreados presentan una baja diversidad, poniendo énfasis en el tramo 6 que se encuentra con un valor menor de 0,58, mientras que los demás puntos toman valores de 0,90 a 1,40.

Los resultados obtenidos dan a notar las consecuencias que traen las actividades humanas como es el caso de la ganadería, agricultura, industria, construcción, urbanización, entre otras, debido a que son las causantes de que existan concentraciones altas de algunos contaminantes tóxicos que a corto o largo plazo llegan a ser perjudiciales para la salud humana y animal. Los macroinvertebrados bentónicos son organismos que sobreviven a ciertas condiciones ambientales por esta razón en las zonas muestreadas al ser muy contaminadas existe solamente una baja variedad de las mismas, dos muestreos realizados no son suficientes para establecer la calidad definitiva de la microcuenca, sin embargo, con este análisis (taxonomía y abundancia) de las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos se determina que la calidad del agua es mala porque la cantidad de organismos presentes en el ecosistema acuático es baja, en consecuencia de las condiciones tanto físicas, químicas, microbiológicas que se presenta en el sistema fluvial.

CONCLUSIONES

- ✚ Se determina que la calidad del agua de la microcuenca del río Pachanlica en referencia a sus parámetros ambientales físico químicos presentan variaciones significativas, las aguas de este ecosistema acuático contiene un enriquecimiento de nutrientes elevado, con cargas contaminantes que superan los 16400 ppm de DBO5, mientras que los parámetros microbiológicos determinan una elevada carga microbiológica resaltando la presencia de *E.coli* y coliformes fecales el comportamiento tanto de los parámetros físico químicos como microbiológicos destacan en esta investigación que van incrementándose en relación a la altitud en la que se encuentre el río Pachanlica, siendo evidente el incremento de procesos de contaminación aguas abajo derivadas de actividades antrópicas de origen tanto industrial como doméstico, los parámetros analizados que no cumplen con los valores establecidos por la OMS indican que estas aguas no son aptas para consumo humano.
- ✚ La valoración de los índices correspondientes a diversidad: Shannon, Simpson y Margalef y los índices ecológicos: ABI y BMWP/COL guardan correspondencia con los resultados físicoquímicos y microbiológicos determinando que el estado de la microcuenca del río Pachanlica mantiene un incremento de la calidad del agua de media a baja, reflejado en la baja biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos y alta abundancia de familias de macroinvertebrados como: *Chironomidae* y *Baetidae* que mantienen bajos puntajes tanto en ABI como en BMWP/COL. En cuanto a los índices IHF y QBR demuestran alteraciones significativas ocasionadas por infraestructuras civiles y sanitarias, alteraciones del cauce y actividades agropecuarias.
- ✚ Se evalúa que el rango altitudinal es determinante en la diversidad biológica de macroinvertebrados acuáticos del sistema fluvial del Pachanlica viéndose reducido a menor altitud por los siguientes factores: el incremento del caudal, crecimiento de la frontera agrícola, descargas puntuales y difusas de aguas residuales. La familia *Chironomidae* destaca en los diez puntos de monitoreo con una abundancia de 1079 individuos lo cual corrobora la baja calidad temporal y espacial en el que se encuentra este recurso hídrico.

RECOMENDACIONES

- ✓ Se recomienda realizar un mayor número de muestreos durante diferentes épocas del año con respecto a los macroinvertebrados acuáticos en sistemas fluviales para que los resultados que se obtengan posean una mayor confiabilidad.
- ✓ Debido a las cargas altas de contaminantes químicos y microbiológicos presentes en la microcuenca del río Pachanlica se recomienda al Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua tomar medidas ambientales para reducir la contaminación del ecosistema acuático.
- ✓ Crear un Plan de Manejo Ambiental (PMA) con sus respectivos programas para la prevención y mitigación de los impactos ambientales que se producen en la microcuenca para lograr su conservación.
- ✓ Promover alternativas a los moradores del sector de manera especial a los agricultores para reducir el uso de los plaguicidas, una opción es emplear el método conocido como “Biobeds” aprovechar comunidades de microorganismos que están presentes en sustratos sólidos para lograr la degradación de los compuestos químicos que resultan tóxicos para la salud de los agricultores como para los organismos que se encuentran en el ambiente.
- ✓ El Honorable Consejo Provincial de Tungurahua en conjunto con las comunidades administradoras de agua, EMAPA, GAD`s parroquiales deben impulsar talleres de aprendizaje y sensibilización en educación ambiental a los habitantes del río Pachanlica, así mismo se requiere el establecimiento de mecanismos de comunicación, retribución de recursos y la formulación de políticas para la gestión de las aguas residuales que son eliminadas como descargas directas al río sin ningún tipo de tratamiento.

BIBLIOGRAFÍA

ÁBREGO, Ramón, et al. Evaluación de un filtro biológico con material de soporte inorgánico rocas–a una escala de laboratorio. *Revista de Iniciación Científica*, 2017, vol. 3, no 2, p. 84-93.

ACOSTA, Raúl, 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*, 2009, vol. 28, no 1, p. 035-64.

AGUILAR SEQUEIROS, Oscar; NAVARRO ALFARO, Brillith. Evaluación de la calidad de agua para consumo humano de la comunidad de Llañucancha del distrito de Abancay, provincia de Abancay [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis) Universidad Tecnológica de los Andes, Abancay, Perú. 2018. pp. 40-41. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: [https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/130/3/Tesis-Evaluaci%
c3%b3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf](https://repositorio.utea.edu.pe/bitstream/utea/130/3/Tesis-Evaluaci%c3%b3n%20de%20la%20calidad%20de%20agua%20para%20consumo%20humano.pdf)

ALVAREZ MARTINEZ, Oscar. La hidrosfera y el ciclo del agua. La contaminación del agua. Métodos de análisis y depuración y el problema de la escasez de agua. *Publicaciones Didácticas* [en línea], 2016, vol. 72, no 1, p. 112-116. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.researchgate.net/profile/Manuel-Rodriguez-80/publication/263925744.pdf>

ARANGO, María Cecilia, et al. Calidad del agua de las quebradas la Cristalina y la Risaralda, San Luis, Antioquia. *Revista Eia* [en línea], 2008, no 9, p. 121-141. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/eia/n9/n9a10.pdf>

BARRETO-GARCIA, Oscar A; et al. Estudio comparativo de macroinvertebrados en hojarasca y suelo en bosque caducifolio y áreas perturbadas por vías de comunicación. *Ideas* [en línea]. 2018, vol.36, n.1 [citado 2022-06-05], pp.105-113. Disponible en: http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-34292018000100105&lng=es&nrm=iso. ISSN 0718-3429. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-34292018000100105>.

BAYLÓN CORITOMA, Maribel, et al. Evaluación de la diversidad de algas fitoplanctónicas como indicadores de la calidad del agua en lagunas altoandinas del departamento de Pasco (Perú). *Ecología Aplicada* [en línea], 2018, vol. 17, no 1, p. 119-132. [Consulta: 2022-06-04]. ISSN 1726-2216. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000100013

CAMPOS, Analía Mosqueira; LAVAGGI, María Laura. Diagnóstico participativo de calidad de agua como herramienta para la gestión ambiental. El caso del Municipio de Vichadero, Rivera, Uruguay. *Tekoporá. Revista Latinoamericana de Humanidades Ambientales y Estudios Territoriales* [en línea]. ISSN 2697-2719, 2020, vol. 2, no 1, p. 75. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.revistatekopora.cure.edu.uy/index.php/reet/article/view/32/27>

CENTENO CALDERON, Luis Gabriel; et al. Efecto de un consorcio microbiano en la eficacia del tratamiento de aguas residuales, Trujillo, Perú. *Arnaldoa* [online]. 2019, vol.26, n.1 [citado 2022-06-04], pp.433-446. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992019000100023&lng=es&nrm=iso. ISSN 1815-8242. <http://dx.doi.org/10.22497/arnaldoa.261.26123>.

CHAMIZO GARCÍA, Horacio A.; MORA ALVARADO, Darner A. Estudio ecológico de las enfermedades de transmisión hídrica en la cuenca hidrográfica superficial del río Grande de Tárcoles. *Revista Costarricense de Salud Pública* [en línea], 2006, vol. 15, no 29, p. 8. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?pid=S1409-14292006000200003&script=sci_arttext

CHAPMAN, Débora. *Evaluaciones de la calidad del agua: una guía para el uso de la biota, los sedimentos y el agua en el monitoreo ambiental* [en línea]. 2da edición. Londres: Prensa CRC, 1992. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781003062103/water-quality-assessments-deborah-chapman>

CHICAS, José Miguel Sermeño, et al. Metodología estandarizada de muestreo multi-habitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador. *Cuidad Universitaria* [en línea], 2010. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/2992/1/METODOLOGIA%20ESTANDARIZADA%20MUESTREO%20INVERTEBRADOS%20ACUATICOS.pdf>

CHIRIBOGA, Roberto. & MAC ALEESE, Juliette. *Guía metodológica de inventario de los recursos hídricos: Calidad del agua*. Folleto temático, 2016, p.23.

CIRELLI, A. Fernandez; DU MORTIER, Cecile. Evaluación de la condición del agua para consumo humano en Latinoamérica. *Tecnologías solares para la desinfección y descontaminación del agua. Solar Safe Water* [en línea], 2005, p. 11-26. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: https://www.psa.es/es/projects/solarsafewater/documents/libro/01_Capitulo_01.pdf

CIRELLI, Alicia Fernández. El agua: un recurso esencial. *Química viva* [en línea], 2012, vol. 11, no 3, p. 147-170. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>

CORONAS, Angela M^a Blanco, et al. Efectos producidos por la marea oceanográfica sobre la temperatura y la conductividad eléctrica del agua en el acuífero costero de Motril-Salobreña. En *Agua subterránea, medioambiente, salud y patrimonio: Congreso Ibérico sobre Agua subterránea, medio ambiente, salud y patrimonio*. Grupo Español, 2018. p. 393-403.

CORREA, Ingrit; SEGNINI, Samuel; CHACÓN, María; BIANCHI, Guillermo; CASADO, Roberto; & ROMERO, Raquel. Condición ecológica en ríos de los páramos andinos de Venezuela [en línea]. 2020, vol.3, n.1 [citado el 05-06-2022], p.124. Disponible en: https://www.researchgate.net/profile/Sinatra-Salazar/publication/346474223_Rios_en_la_cuenca_Caribe_oriental_y_drenajes_a_los_golfos_de_Cariaco_y_Paria/links/5fc42e8d299bf104cf93d6e3/Rios-en-la-cuenca-Caribe-oriental-y-drenajes-a-los-golfos-de-Cariaco-y-Paria.pdf#page=113 ISBN Obra completa: 978-980-12-9274-6

COTLER, Helena, et al. Las cuencas hidrográficas de México: priorización y toma de decisiones. *Las cuencas hidrográficas de México: diagnóstico y priorización* [en línea], 2010, vol. 1, p. 210. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: <http://www2.inecc.gob.mx/publicaciones2/libros/639/priorizacion.pdf>

CUSTODIO VILLANUEVA, María; CHANAMÉ ZAPATA, Fernán Cosme. Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. *Scientia Agropecuaria*, 2016, vol. 7, no 1, p. 33-44. [Consulta: 08 septiembre 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S2077-99172016000100004&script=sci_arttext

CUYCKENS, Griet An Erica; MALIZIA, Lucio Ricardo; BLUNDO, Cecilia. Composición, diversidad y estructura de comunidades de árboles en un gradiente altitudinal de selvas subtropicales de montaña (Serranías de Zapla, Jujuy, Argentina). *Madera y bosques* [en línea], 2015, vol. 21, no 3, p. 137-148. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1405-04712015000300010

DIAZ MEJIA, Wiltson; et al. “Determinación del Coagulante que Permita la Máxima Remoción de Fosfatos en Agua Cruda del Río Otún.” *Scientia et Technica* [en línea]. 2007, XIII (34), 607-612 [Consulta: 21 de noviembre 2022]. ISSN: 0122-1701. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=84934103>

ENRIQUE, F. y CABRERA, J. ESTUDIO DE LOS SÓLIDOS SUSPENDIDOS EN EL AGUA DEL RIO TABACAY Y SU VINCULACIÓN CON LA COBERTURA VEGETAL Y USOS DEL SUELO EN LA MICROCUENCA. Trabajo de titulación previo a la obtención del Título de Ingeniería Civil AUTOR. [en línea].2017. S.l.: Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/28542/1/Trabajo%20de%20titulacio%20n.pdf>.

ESPINOSA, José. Tratamiento de aguas residuales de Matadero con elevado contenido en Sangre mediante la combinación de Procesos anaerobio de película fija (BAPF) y aerobio de membrana (MBR) (Tesis Doctoral). España: Universidad de Burgos. 2011

FERNÁNDEZ, Gladys; JOHNSTON, Myrna. Crecimiento y temperatura. *Squeo, FA y Cardemil, L. Fisiología Vegetal. Chile: Ediciones Universidad de La Serena* [en línea], 2006, p. 28. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: <http://intranet.exa.unne.edu.ar/biologia/fisiologia.vegetal/Crecimientoytemperatura.pdf>

FUENTES RIVAS, Rosa María, et al. Caracterización de la materia orgánica disuelta en agua subterránea del Valle de Toluca mediante espectrofotometría de fluorescencia 3D. *Revista internacional de contaminación Ambiental* [en línea], 2015, vol. 31, no 3, p. 253-264. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992015000300005

GAIT, Nilda; PIEROTTO, M. Contaminación y contaminantes del agua. *PRESIDENTA DE LA NACIÓN* [en línea], 2010, p. 53. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://bancos.salud.gob.ar/sites/default/files/2018-10/0000000271cnt-s12-manual-universitario-salud-ambiental-infantil.pdf#page=49>

GAMARRA TORRES, Óscar Andrés; et al. Calidad del bosque de ribera en la cuenca del río Utcubamba, Amazonas, Perú. *Arnaldo* [en línea]. 2018, vol.25, n.2 [citado el 05-06-2022], pp.653-678. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S2413-32992018000200018&lng=en&nrm=iso. ISSN 1815-8242. <http://dx.doi.org/http://doi.org/10.22497/arnaldoa.252.25218>.

GAMBOA, Maribet; REYES, Rosa y ARRIVILLAGA, Jazzmin. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Bol Mal Salud Amb* [online]. 2008, vol.48, n.2 [citado 2022-06-13], p.120. Disponible en: http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&nrm=iso. ISSN 1690-4648.

GARCIA RODRIGUEZ, Gabriela; et al. APLICACIÓN DE DOS METODOLOGÍAS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DE CUERPOS SUPERFICIALES DESTINADOS A LA PESCA EN EL SUR DEL ESTADO DE VERACRUZ, MÉXICO. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2021, vol.37 [citado 2022-06-04], 53681. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992021000100107&lng=es&nrm=iso>. Epub 17-Ene-2022. ISSN 0188-4999. <https://doi.org/10.20937/rica.53681>.

GARCÍA RODRÍGUEZ, Manuel. *Hidrogeología básica: las aguas subterráneas y su flujo* [en línea]. España-Madrid: Cenoposiciones, 2009. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: https://www.amazon.com.mx/Aprendiendo-hidrogeolog%C3%ADa-Manuel-Garc%C3%ADa-Rodr%C3%ADguez-ebook/dp/B08TX752T3#detailBullets_feature_div

GILPAVAS, Edison; et al. TRATAMIENTO DE AGUAS RESIDUALES DE LA INDUSTRIA TEXTIL MEDIANTE COAGULACIÓN QUÍMICA ACOPLADA A PROCESOS FENTON INTENSIFICADOS CON ULTRASONIDO DE BAJA FRECUENCIA. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2018, vol.34, n.1 [citado 2022-06-04], pp.157-167. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992018000100157&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0188-4999. <https://doi.org/10.20937/rica.2018.34.01.14>.

GRONERTH SAAVEDRA, Merling. Tratamiento de Aguas Residuales en el Camal de Ahuashiyacu [en línea] (Trabajo de titulación). Universidad Nacional de San Martín, Facultad de Ingeniería Agroindustrial. Tarapoto – Perú. 2017. pp. 32. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://repositorio.unsm.edu.pe/bitstream/handle/11458/2578/FIAI%20-%20Merling%20Gronerth%20Saavedra.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

HERNANDEZ ALVAREZ, Urdelys; PINEDO HERNANDEZ, José; PATERNINA-URIBE, Roberth; & MARRUGO NEGRETE, José Luis. Evaluación de calidad del agua en la Quebrada Jui, afluente del río Sinú, Colombia. *rev.udcaactual.divulg.cient.* [en línea]. 2021, vol.24, n.1 [citado el 05-06-2022], e1678. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0123-42262021000100024&lng=en&nrm=iso>. Epub 21 de abril de 2021. ISSN 0123-4226. <https://doi.org/10.31910/rudca.v24.n1.2021.1678> .

HERRERA, Pedro, et al. ¿Cuál es el costo de la contaminación ambiental minera sobre los recursos hídricos en el Perú? *Consortio de Investigación Económica y Social-CIES-Pontifica*

Universidad Católica del Perú [en línea], 2012, p. 44. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://cies.org.pe/sites/default/files/files/articulos/economiaysociedad/06-herrera.pdf>

Honorable Gobierno Provincial de Tungurahua. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DE TUNGURAHUA* 2019. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: <https://multimedia.planificacion.gob.ec/PDOT/descargas.html>.

JANKE, R., R. MOSCOU, and M. Powell. Citizen science water quality testing series, PK-13 W-6 total coliform and E. coli bacteria. Kansas State University. Kansas State University Agricultural Experimental Station and Cooperative Extension Service. <http://www.ksre.ksu.edu/library/h20q12/pk13w6.pdf> (Consulta: abril 21, 2010).

LAGGER, J. R., et al. La importancia de la calidad del agua en producción lechera. *Veterinaria Argentina* [en línea], 2000, vol. 27, no 165, p. 348. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: https://produccion-animal.com.ar/agua_bebida/32-calidad_agua_en_produccion_lechera.pdf

LEANO SANABRIA, Juan Jacobo; & PEREZ BARRIGA, Deysi. Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *RevActaNova*. [en línea]. 2020, vol.9, n.4 [citado el 05-06-2022], pp.567-591. Disponible en: http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100007&lng=en&nrm=iso. ISSN 1683-0789.

LONÉ, Pedro. *Indicadores de calidad del agua* [blog]. 2016. [Consulta: 05 junio 2022]. Disponible en: <https://www.iagua.es/blogs/pedro-pablo-lone/indicadores-calidad-agua>.

LÓPEZ MENDOZA, S; et al. Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). *Ing. Desarro*. [online]. 2019, vol.37, n.2 [cited 2022-06-05], pp.269-288. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0122-34612019000200269&lng=en&nrm=iso. ISSN 0122-3461. <https://doi.org/10.14482/inde.37.2.6281>.

MARCÓ, Leandro, et al. La turbidez como indicador básico de calidad de aguas potabilizadas a partir de fuentes superficiales. Propuestas a propósito del estudio del sistema de potabilización y distribución en la ciudad de Concepción del Uruguay (Entre Ríos, Argentina). *Higiene y Sanidad Ambiental* [en línea], 2004, vol. 4, no 11. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: [https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82\(2004\).pdf](https://saludpublica.ugr.es/sites/dpto/spublica/public/inline-files/bc510156890491c_Hig.Sanid_.Ambient.4.72-82(2004).pdf)

MENCHACA DÁVILA, María del Socorro; ALVARADO MICHI, Elba Lupita. Efectos antropogénicos provocados por los usuarios del agua en la microcuenca del Río Pixquiac. *Revista mexicana de ciencias agrícolas* [en línea], 2011, vol. 2, no SPE1, p. 85-96. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.mx/scielo.php?pid=S200709342011000700007&script=sci_abstract&tlng=pt

MENENDEZ GUTIERREZ, Carlos; & DUENAS MORENO, Jaime. Los procesos biológicos de tratamiento de aguas residuales desde una visión no convencional. *riha* [online]. 2018, vol.39, n.3 [citado 2022-06-04], pp.97-107. Disponible en: <http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000300097&lng=es&nrm=iso>. ISSN 1680-0338.

MENESES CAMPO, Yaneth; CASTRO REBOLLEDO, María Isabel; & JARAMILLO LONDONO, Angela María. COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS RÍOS ALTOANDINOS MEDIANTE EL USO DE LOS ÍNDICES BMWP/COL. Y ABI. *Acta biol.Colomb.* [en línea]. 2019, vol.24, n.2 [citado el 05-06-2022], pp.299-310. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0120-548X2019000200299&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0120-548X. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716> .

MEZA, Ana, et al. Calidad de agua y composición de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca alta del río Chinchiná. *Caldasía* [en línea], 2012, vol. 34, no 2, pp. 443-456. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0366-52322012000200013

MOLDEN, D., et al. Evaluación exhaustiva del manejo del Agua en Agricultura. *Agua para la Alimentación, Agua para la Vida.* Londres: Earthscan y Colombo: Instituto Internacional del Manejo del Agua [en línea], 2007, p. 6. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: https://www.iwmi.cgiar.org/assessment/files_new/synthesis/Summary_Spanish.pdf

MONGE, Sergio Abarca; BRENES, Bernardo Mora. Contaminación del agua. *Biocenosis* [en línea], 2007, vol. 20, no 1-2, p.137. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://revistas.uned.ac.cr/index.php/biocenosis/article/view/1311/1386>

MONTOYA, Carolina, et al. Efecto del incremento en la turbiedad del agua cruda sobre la eficiencia de procesos convencionales de potabilización. *Revista EIA*, 2011, no 16, p. 137-138.

MORENO PÉREZ, Sandy Celina. Disminución de la turbidez del agua del río Crisnejas en la comunidad de Chuquibamba-Cajabamba utilizando *Opuntia ficus indica*, *Aloe vera* y *Caesalpinia spinosa* [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis) Universidad César Vallejo, Trujillo, Perú. 2016. pp. 8-9. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: https://repositorio.ucv.edu.pe/bitstream/handle/20.500.12692/6854/moreno_ps.pdf?sequence=1&isAllowed=y

MORILLO SEMANATE, L.D; et al. REMOCIÓN DE TENSOACTIVOS Y COLIFORMES EN AGUAS RESIDUALES DOMÉSTICAS MEDIANTE PROCESOS FENTON. *Rev. Int. Contam. Ambient* [online]. 2019, vol.35, n.4 [citado 2022-06-04], pp.931-943. Disponible en: <http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-49992019000400931&lng=es&nrm=iso>. Epub 22-Dic-2020. ISSN 0188-4999. <https://doi.org/10.20937/rica.2019.35.04.12>.

MUÑOZ, Hipólito, et al. Relación entre oxígeno disuelto, precipitación pluvial y temperatura: río Zahuapan, Tlaxcala, México. *Tecnología y ciencias del agua*, 2015, vol. 6, no 5, p. 59-74.

MURILLO MONTOYA, et al. Utilización de macroinvertebrados acuáticos como herramienta para determinar la calidad del agua en la quebrada Santo Tomás, municipio de Pensilvania, Colombia. *Rev. acad. colombo. cienc. exacto. fis. nacional* [en línea]. 2018, vol.42, n.164 [citado el 5-06-2022], pp.212-220. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0370-39082018000300212&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0370-3908. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.655> .

NÚÑEZ, Mario Aguirre. La cuenca hidrográfica en la gestión integrada de los recursos hídricos. *Revista Virtual* [en línea], 2011, vol. 5, no 1, p.p. 11. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en: http://www.siagua.org/sites/default/files/documentos/documentos/cuencas_m_aguirre.pdf

OCHIENG, H; ODONG, R; & OKOT OKUMU, J. Comparison of temperate and tropical versions of Biological Monitoring Working Party (BMWP) index for assessing water quality of River Aturukuku in Eastern Uganda. *Environmental Science* [en línea], vol. 23, p.30. [Consulta: 5 junio 2022]. DOI 10.1016/j.gecco. 2020.e01183. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S2351989420307241>.

ORDOÑEZ GÁLVEZ, Juan Julio. *Cartilla técnica: Aguas subterráneas-acuíferos*. Sociedad Geográfica de Lima [en línea], 2011. [Consulta: 4 junio 2022]. Disponible en:

https://www.gwp.org/globalassets/global/gwp-sam_files/publicaciones/varios/cuenca_hidrologica.pdf

PEÑA, S. A; et al. Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en la quebrada La Calaboza (Yopal, Casanare). *Entre Ciencia e Ingeniería* [online]. 2019, vol.13, n.25 [cited 2022-06-05], pp.14-22. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1909-83672019000100014&lng=en&nrm=iso>. ISSN 1909-8367. <https://doi.org/10.31908/19098367.4010>.

PRATO, José G; et al. Uso de materiales litológicos oxídicos para la reducción de la dureza en aguas naturales. *Inf. tecnol.* [online]. 2022, vol.33, n.2 [citado 2022-06-04], pp.145-156. Disponible en: <http://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0718-07642022000200145&lng=es&nrm=iso>. ISSN 0718-0764. <http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642022000200145>

RAMÍREZ, Yuly Paulina; et al. Influencia de la ganadería en los macroinvertebrados acuáticos en microcuencas de los Andes centrales de Colombia. *Rev. biol. tropa* [en línea]. 2018, vol.66, n.3 [citado el 04-06-2022], pp.1244-1257. Disponible en: <http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000301244&lng=en&nrm=iso>. ISSN 0034-7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v66i3.30316>.

ROLDAN PEREZ, G., & RAMIREZ RESTREPO, J. La contaminación del agua. In *Fundamentos de limnología neotropical* (2a ed). Universidad de Antioquia, 2008. Recuperado de: <https://www.untumbes.edu.pe//vcs/biblioteca/document/varioslibros/0742>. *Fundamentos de limnología neotropical.pdf*

ROLDÁN, G. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia*. Uso del Método BMWP/Col. Colombia: Universidad de Antioquia, 2003, pp. 25-30

ROMERO CHÓEZ, Denisse Katherine. *Análisis microbiológicos (Coliformes totales y fecales), en aguas residuales generadas en Puerto Libertad que descargan en el Estero Salado*. Tesis de Licenciatura. Facultad de Ciencias Naturales. Universidad de Guayaquil, 2019. pp. 4-5.

SÁNCHEZ, C. Promedios mensuales | Red Hidrometeorologica de Tungurahua. *Tungurahua.gob.ec* [en línea], 2022. [Consulta: 15 agosto 2022]. Disponible en: https://rrnn.tungurahua.gob.ec/red/promedios_mensuales.

SANCHÓN, M.V. Tema 3.2.2 La contaminación ambiental. La contaminación del agua Salud Pública y Atención Primaria de Salud. [en línea], 2011. S.l.: [Consulta: 21 May 2022]. Disponible en:

https://ocw.unican.es/pluginfile.php/965/course/section/1088/3.2.2_contaminacion_ambiental_agua.pdf.

SANDOVAL ARREOLA, María Martha; & LAINES CANEPA, José Ramón. Moringa Oleífera una alternativa para sustituir coagulantes metálicos en el tratamiento de aguas superficiales. Ingeniería [online]. 2013, vol.17, n.2 [Citado 2022-06-04], pp.93-101. Disponible en: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=46730913001>. ISSN: 1665-529X

SAWYER, C., PERRY, L., & MACCARTY, G. Química para Ingeniería ambiental, 2001. (McGRAW-HIL).

SOLUCIONES MEDIOAMBIENTALES Y AGUAS, S.A. Sustancias contaminantes y sus efectos en la calidad del agua. *Aguasresiduales.info* [en línea], 2015. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/sustancias-contaminantes-y-sus-efectos-en-la-calidad-del-agua>.

TAPIA, L; et al. Invertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad del agua en las lagunas peruanas del Perú. *Ecol. apl.* [en línea]. 2018, vol.17, n.2 [citado el 04-06-2022], pp.149-163. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162018000200003&lng=en&nrm=iso. ISSN 1726-2216. <http://dx.doi.org/10.21704/rea.v17i2.1235>.

TRAMA, Florencia Andrea, et al. Índices de calidad de habitat y macroinvertebrados en siete Cuencas del Parque Nacional Yanachaga Chemillén y su Zona de Amortiguamiento: conservación y manejo del bosque ribereño en el Perú. *Revista peruana de biología*, 2020, vol. 27, no 2, p. 149-168.

TRUJILLO, Andrés Felipe Osorio; CAJIGAS, Marcelo Ernesto Martínez. Validación de un método para el análisis de color real en agua. *Revista de la Facultad de Ciencias* [en línea], 2018, vol. 7, no 1, p. 143-155. [Consulta: 04 junio 2022]. Disponible en: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/rfc/article/view/68086>

URDANIGO, Juan Pablo; et al. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba, Ecuador. *Rev. biol. tropa* [en línea]. 2019, vol.67, n.4 [citado el 05-06-2022], pp.861-878. Disponible en: http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-

7744. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v67i4.35190>.

VÁSQUEZ, Absalón, et al. Manejo y gestión de cuencas hidrográficas. *Universidad Nacional Agraria La Molina* [en línea], 2016. [Consulta: 24 mayo 2022]. Disponible en: <https://www.aguasresiduales.info/revista/blog/sustancias-contaminantes-y-sus-efectos-en-la-calidad-del-agua>

VELÁZQUEZ-MACHUCA, Martha; et al. *Longitudinal and temporal hydrochemical variations in the Duero River: Agro ciencia*. México: AC Colegio de Postgraduados, 2015. ISBN: 978-607-715-308-5, pp.211-217.

VERA BRAVO, Katherine Elizabeth; ZAMBRANO ZAMBRANO, Maricela Margarita. Evaluación del polvo de moringa (m. Oleífera) para remoción de sólidos suspendidos totales en agua residual del camal municipal de Calceta [En línea] (Trabajo de titulación) (Tesis) Escuela Superior Politécnica Agropecuaria de Manabí, Calceta, Ecuador. 2019. pp. 6-7. [Consulta: 2022-06-04]. Disponible en: <https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/996/1/TTMA42.pdf>

WORLD HEALTH ORGANIZATION, et al. *Protección de los ecosistemas por el bien de la población y del planeta* [en línea]. 2003. [Consulta: 21 de mayo 2022]. Disponible en: <https://www.un-ilibrary.org/content/books/9789210047036s007-c002/read>

ZHAO, R; HU, Y; LI, B; CHEN, M & REN, Z. Potential effects of internal physio-ecological changes on the online biomonitoring of water quality: The behavior responses with circadian rhythms of zebrafish (*Danio rerio*) to different chemicals. *Chemosphere* [en línea] 2020, vol. 239, p. 124. [Consulta: 5 junio 2022]. DOI 10.1016/j.chemosphere.2019.124752. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/abs/pii/S0045653519319897>

ANEXOS

ANEXO A: FICHA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE DE HÁBITAT FLUVIAL (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			
<i>somero: < 0,5 m</i>	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero.	10	
<i>lento: < 0,3 m/s</i>	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			
Hojarasca	> 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	
	Régimen velocidad / profundidad	10	
	Porcentaje de sombra en el cauce	10	
	Elementos de heterogeneidad	10	
	Cobertura de vegetación acuática	30	

ANEXO B: HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL PUNTO DE REFERENCIA EN RÍOS ANDINOS



Apartado	Poco	Medio	Mucho
CUENCA			
1.1 Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y Pinos especialmente)	5	3	1
1.2 Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3 Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4 Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5 Explotaciones mineras	5	3	1
1.6 Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
HIDROLOGÍA			
2.1 Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2 Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes < 10m	5	3	1
2.3 Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4 Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5 Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6 Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
TRAMO (Incluye ribera y zona inundación)			
3.1 Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2 Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3 Presencia de cultivos i/ovacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4 Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5 Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6 % Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
LECHO			
4.1 Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2 Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3 Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4 Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5 Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6 Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo de 24.

Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos en cada apartado.

ANEXO C: HOJA DE CAMPO PARA EVALUAR EL ÍNDICE QBR-AND

ÍNDICE QBR-And
Calidad de la ribera para
Comunidades arbóreas
Protocolo CERA



	Estación	
	Observador	
	Fecha	
La puntuación de cada uno de los 4 apartados no puede ser negativa ni exceder de 25 puntos		
Grado de cubierta de la zona de ribera		Puntuación bloque 1
Puntuación		
25	> 80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera (las plantas anuales no se contabilizan)	
10	50-80 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
5	10-50 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
0	< 10 % de cubierta vegetal de la zona de ribera	
+ 10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es total	
+ 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es superior al 50%	
- 5	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es entre el 25 y 50%	
-10	si la conectividad entre el bosque de ribera y el ecosistema forestal adyacente es inferior al 25%	
Estructura de la cubierta <i>(se contabiliza toda la zona de ribera)</i>		Puntuación bloque 2
Puntuación		
25	recubrimiento de árboles superior al 75 %	
10	recubrimiento de árboles entre el 50 y 75 % o recubrimiento de árboles entre el 25 y 50 % y en el resto de la cubierta los arbustos superan el 25 %	
5	recubrimiento de árboles inferior al 50 % y el resto de la cubierta con arbustos entre 10 y 25 %	
0	sin árboles y arbustos por debajo del 10 %	
+ 10	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es superior al 50 %	
+ 5	si en la orilla la concentración de helófitos o arbustos es entre 25 y 50 %	
+ 5	si existe una buena conexión entre la zona de arbustos y árboles con un sotobosque.	
- 5	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es > 50 %	
- 5	si los árboles y arbustos se distribuyen en manchas, sin una continuidad	
- 10	si existe una distribución regular (linealidad) en los pies de los árboles y el sotobosque es < 50 %	
Calidad de la cubierta		Puntuación bloque 3
Puntuación		
25	Todos los árboles de la zona de ribera autóctonos	
10	Como máximo un 25% de la cobertura es de especies de árboles introducidas	
5	26 a 50% de los árboles de ribera son especies introducidas	
0	Más del 51% de los árboles de la ribera son especies introducidas	
+ 10	>75% de los arbustos son de especies autóctonas.	
+ 5	51-75% o más de los arbustos de especies autóctonas	
- 5	26-50% de la cobertura de arbustos de especies autóctonas	
- 10	Menos del 25% de la cobertura de los arbustos de especies autóctonas	
Grado de naturalidad del canal fluvial		Puntuación bloque 4
Puntuación		
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	
Puntuación final (suma de las anteriores puntuaciones)		

ANEXO D: REGISTRO FOTOGRÁFICO DE LAS ACTIVIDADES



Medición de parámetros físico químicos



Medición de profundidad y velocidad del cauce



Toma de muestras de agua para análisis microbiológicos



Medición del ancho del río



Recolección de macroinvertebrados



















Cultivo de Coliformes

ANEXO E: HOJA DE REGISTRO DE LABORATORIO PARA EL ÍNDICE ABI

Matriz de Laboratorio			
Fecha:	6/5/2022		Sitio: Laboratorio de Calidad de Agua
Observador (a):	Araujo Jonathan y Calle Nube		
Orden	Familia	Cantidad	ABI
Acari	Hydrachnidia		
Amphipoda	Grammaridae		
Annelida	Oligochaeta	6	1
Coleoptera	Elmidae	8	5
	Scirtidae	3	5
	Psephenidae		
	Lampyridae		
Diptera	Chironomidae	82	2
	Simuliidae	5	5
	Tipulidae	6	5
	Blepharoceridae	7	10
	Muscidae		
	Ceratopogonidae		
	Tabanidae	9	4
Ephemeroptera	Stratiomyidae	11	4
Ephemeroptera	Baetidae	56	4
Hemiptera	Gerridae		
Hirudinea			
Nematoda			
Oligochaeta			
Plecoptera	Gripopterygidae	4	10
Trichoptera	Hydropsychidae		
	Leptoceridae		
	Hydrobiosidae	10	5
	Limnephylidae	11	7
	Hydroptilidae		
	Odontoceridae		
Tricida	Planariidae	5	5
Amphipoda	Hyalellidae	54	6
Coleoptera	Elmidae		
	Scirtidae		
	Staphylinidae		
Diptera	Chironomidae	478	2
	Tabanidae		
	Simuliidae	44	5
	Tipulidae		
	Ceratopogonidae		
	Blepharoceridae	5	4
	Muscidae		
	Empididae		
Limoniidae	5	4	
Ephemeroptera	Baetidae		
Ephemeroptera	Leptophlebiidae		
Gastropoda	Planorbidae		
Heteroptera	Corixidae		
	Gerridae		
Hydracarina			
Lepidoptera	Pyralidae		
Hirudinea			
Odonata	Libellulidae		
Oligochaeta			
Plecoptera	Gripopterygidae		
	Perlidae		
Trichoptera	Odontoceridae		
	Hydroptilidae		
	Limnephilidae		
	Hydrobiosidae		
	Leptoceridae		
	Glossosomatidae		
Turbellaria	Hydropsychidae		
Turbellaria	Planariidae		
Rhynchobdellida	Hirudinea	23	5
Basommatophora	Physidae	53	3

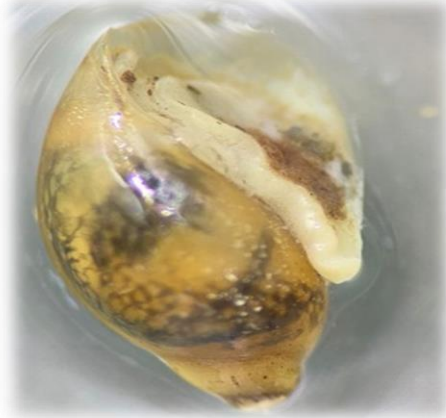
ANEXO F: MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS IDENTIFICADOS EN LA MICROCUENCA DEL RÍO PACHANLICA

			
<p>Familia: Hyalellidae</p>	<p>Familia: Baetidae</p>	<p>Familia: Hydrobiosidae</p>	<p>Familia: Chironomidae</p>
			
<p>Familia: Blephariceridae</p>	<p>Familia: Limnephilidae</p>	<p>Familia: Planariidae</p>	<p>Familia: Simuliidae</p>

			
<p>Familia: Elmidae</p>	<p>Familia: Scirtidae</p>	<p>Familia: Gripopterygidae</p>	<p>Familia: Hirudinea</p>
			
<p>Familia: Tipulidae</p>	<p>Familia: Oligochaeta</p>	<p>Familia: Limoniidae</p>	<p>Familia: Stratiomyidae</p>



Familia: Tabanidae


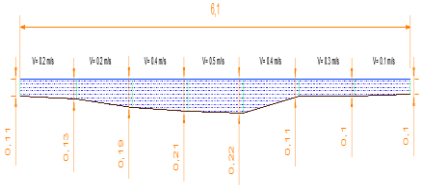



Familia: Physidae


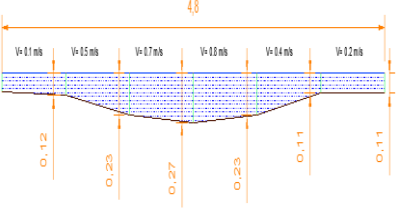



Familia: Odontoceridae


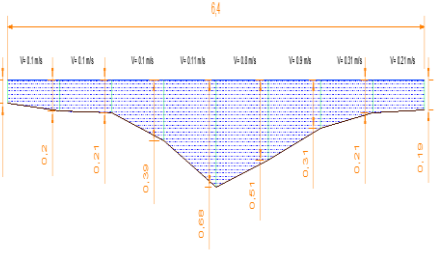

ANEXO G: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 1

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	755324				
Hora de inicio	7:00	Hora final		7:15	Latitud	9838536			
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	3485					
Cantón	Mocha		Ecosistema	Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque húmedo montano occidental y bosque húmedo de la costa					
Parroquia	Mocha		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado			
				x					
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
Se encuentra ubicado en la zona alta de la microcuenca del río Pachanlica en el sector 12 de Octubre, en este punto se desarrollan actividades ganaderas, además se identifican los siguientes órdenes de suelos: histosol, inceptisol presente en la zona de páramos, y mollisol presente en la zona central hacia noreste del cantón.			Tipo de sustrato	Fondo de roca					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	###	Ancho (m)		6,1	
				Seca	###			6,1	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	0,31				
Seca	0,20								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)				FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
Se conforma la zona con una vegetación de: Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque húmedo montano occidental y bosque húmedo de la costa.			Tipo	Actividades ganaderas					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas			
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And	IHF		ABI	
			Seca	Lluviosa	Calidad intermedia	Bueno (con limitaciones)		Seca	Lluviosa
Dudosa	Aceptable	Moderada	Moderada						


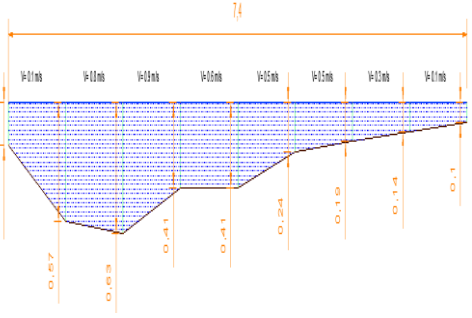

ANEXO H: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 2

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 			
Fecha			Coordenadas	Longitud	755579				
Hora de inicio	7:15	Hora final		7:35	Latitud		9839111		
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	3466					
Cantón	Mocha		Ecosistema	Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque húmedo					
Parroquia	Mocha		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado		Nublado		
Código del punto	P. 2			x					
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO			
Se encuentra ubicado en la zona alta de la microcuenca del río Pachanlica en el sector 12 de Octubre, en este punto se desarrollan actividades ganaderas, se identifican los siguientes órdenes de suelos: histosol, inceptisol presente en la zona de páramos, y mollisol presente en la zona central hacia noreste del cantón.			Tipo de sustrato	Grava fina					
			Equipo	Velocímetro	Método		sección velocidad		
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,18		Ancho (m)	4,8	
				Seca	0,18			4,8	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	0,48				
Seca	0,36								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO			
Se conforma la zona con una vegetación de: Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque húmedo montano occidental y bosque húmedo de la costa.			Tipo	Actividades ganaderas					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura		Excretas		
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And		IHF	ABI	
			Seca	Lluviosa	Calidad intermedia		Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa
Dudosa	Aceptable	Moderada	Buena						




ANEXO I: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 3

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 			
Fecha			Coordenadas	Longitud	760562				
Hora de inicio	8:00	Hora final		8:20	Latitud		9842219		
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	3188					
Cantón	Mocha		Ecosistema	Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque					
Parroquia	Mocha		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia			x		
Código del punto	P. 3			Soleado					
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO 			
Se encuentra ubicado en la zona alta de la microcuenca del río Pachanlica en el sector del puente de Mocha, en este punto se desarrollan actividades ganaderas y agrícolas, además se identifican los siguientes órdenes de suelos: histosol, inceptisol presente en la zona de páramos, y mollisol presente en la zona central hacia noreste del cantón.			Tipo de sustrato	Grava gruesa					
			Equipo	Velocímetro	Método		sección velocidad		
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,33		Ancho (m)	6,4	
				Seca	0,41			6,4	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,23				
Seca	0,88								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO 			
Se conforma la zona con una vegetación de: Páramo (páramo seco y páramo herbáceo), bosque húmedo montano occidental y bosque húmedo de la costa.			Tipo	Actividades ganaderas y agrícolas					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura		Excretas		
				x					
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And		IHF	ABI	
			Seca	Lluviosa	Mala calidad	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa	
Crítica	Dudosa	Pobre	Pobre						


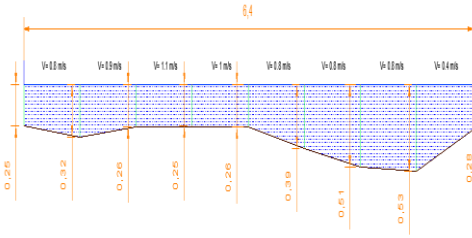

ANEXO J: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 4

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 			
Fecha			Coordenadas	Longitud	765832				
Hora de inicio	8:40	Hora final		9:10	Latitud		9847987		
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2843					
Cantón	Cevallos		Ecosistema	En el paisaje del ecosistema de bosque siempre verde montano del Norte de la Cordillera Oriental de					
Parroquia	Cevallos		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia			x		
Código del punto	P. 4			Soleado					
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
<p>El cantón Cevallos se enmarca dentro de la microcuenca del Pachanlica, principal río que sirve de límite sur oriental del cantón. En el paisaje del ecosistema montano se localiza el margen del río, el mismo que en la actualidad es un vertedero absolutamente contaminado que arrastra las aguas servidas y la basura de las partes altas. Este es un problema pues a pocos metros de la entrada del río al cantón, se lavan toneladas de zanahorias que luego son comercializadas y algún ganado también bebe de sus aguas.</p>			Tipo de sustrato	Fondo de roca					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,35	Ancho (m)		7,4	
				Seca	0,33			7,4	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,74				
Seca	0,40								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO			
<p>En la zona no existen áreas y bosques protegidos, solo se identifica pequeños bosques de eucalipto hacia los márgenes de el río Pachanlica.</p>			Tipo	Actividades ganaderas y agrícolas					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura		Excretas		
				x	x		x		
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And		IHF	ABI	
			Seca	Lluviosa	Calidad pésima		No llega a buena calidad	Seca	Lluviosa
Muy crítica	Muy crítica	Mala	Mala						



ANEXO K: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 5

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	767012				
Hora de inicio	9:15	Hora final		9:50	Latitud	9848840			
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2800					
Cantón	Cevallos		Ecosistema	En el paisaje del ecosistema de bosque siempre verde montano del Norte de la Cordillera Oriental de los Andes se localiza el margen del río					
Parroquia	Cevallos		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado			
Código del punto	P. 5					x			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
El cantón Cevallos se enmarca dentro de la microcuenca del Pachanlica, principal río que sirve de límite sur oriental del cantón. En el paisaje del ecosistema montano se localiza el margen del río, el mismo que en la actualidad es un vertedero absolutamente contaminado que arrastra las aguas servidas y la basura de las partes altas. Este es un problema pues a pocos metros de la entrada del río al cantón, se lavan toneladas de zanahorias que luego son comercializadas.			Tipo de sustrato	Fondo de roca					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,33	Ancho (m)		7,2	
				Seca	0,30			7,2	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,72				
Seca	0,60								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)				FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
En la zona no existen áreas y bosques protegidos, solo se identifica pequeños bosques de eucalipto hacia los márgenes de el río Pachanlica.			Tipo	Actividades turísticas					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas			
				x					
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And	IHF		ABI	
			Seca	Lluviosa	Calidad pésima	No llega a buena calidad		Seca	Lluviosa
Muy crítica	Muy crítica	Mala	Mala						


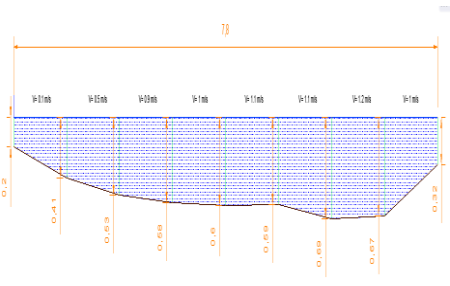

ANEXO L: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 6

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	768053				
Hora de inicio	10:15	Hora final		10:45	Latitud	9851664			
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2654					
Cantón	Pelileo		Ecosistema	Estas zonas se relacionan con los grandes conjuntos geomorfológicos presentes en el cantón así: el bosque húmedo montano, bosque muy húmedo y tanto el bosque seco y estepa espinosa montano bajo con los relieves interandinos.					
Parroquia	Benitez		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado			
						x			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
Este punto se encuentra ubicado en la parroquia Benítez se encuentra al occidente del cantón San Pedro de Pelileo en la provincia de Tungurahua. Dentro de la parroquia no se encuentran áreas con un alto valor naturalístico o ecológico debido a que la mayoría del territorios se destina a actividades productivas, especialmente agrícolas y pecuarias.			Tipo de sustrato	Grava fina					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,35	Ancho (m)		6,4	
				Seca	0,24			6,4	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	2,04				
	Seca	0,36							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)				FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
En la orilla del río donde se forma parte de la vegetación del ecosistema ribereño se encunnetran las flores son papilionáceas amarillas, sauce blanco, carrizo agrupadas en racimos y el cáliz bilabiado			Tipo	Actividades de lavado de ropa					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas			
				x					
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And	IHF		ABI	
Seca	Lluviosa	Degradación extrema, calidad pésima	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa				
Muy crítica	Crítica			Mala	Pobre				



ANEXO M: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 7

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 			
Fecha			Coordenadas	Longitud	767891				
Hora de inicio	10:50	Hora final 11:30		Latitud	9854063				
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2569					
Cantón	Ambato		Ecosistema	En esta zona se encuentra: el bosque húmedo montano, bosque muy húmedo, bosque seco y montano bajo.					
Parroquia	Totoras		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado		Nublado		
Código del punto	P. 7					x			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO			
Este punto se encuentra ubicado en la zona media de la microcuenca del río Pachanlica, se realiza principalmente actividades de cultivo de pasto, los cuales son utilizados en la crianza de especies menores y un pequeño número de especies de ganado vacuno existente. Además de existir industrias aguas arriba del sector.			Tipo de sustrato	Fondo de roca					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,49	Ancho (m)	5,2		
				Seca	0,18		5,2		
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,68				
Seca	0,98								
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO 			
Existen áreas representativas de vegetación nativa que han sido remplazadas por actividades humanas.			Tipo	Actividades agrícolas, ganaderas e industriales					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura		Excretas		
				x					
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And		IHF	ABI	
Seca	Lluviosa	Alteración fuerte, mala calidad	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa				
Muy crítica	Crítica			Mala	Pobre				



ANEXO N: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 8

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO									
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico			FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	770044				
Hora de inicio	11:45	Hora final 12:30		Latitud	9857089				
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2447					
Cantón	Ambato		Ecosistema	La diversidad de especies arbóreas es baja. Las familias Fabaceae y Mimosaceae dominan y las especies características son: Acacia macracantha, Croton wagneri, Caesalpinia spinosa, Dodonaea viscosa y Schinus molle.					
Parroquia	Picaihua		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos					
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL				DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
Este sector de Picaihua recibe las descargas de efluentes líquidos de la ciudad de Ambato, de igual forma no dispone de plantas de tratamientos para las aguas servidas las mismas que son descargadas directamente. Además existe a su alrededor siete industrias de curtiembre instaladas en la parroquia, contribuyen con mayor nivel de contaminación del recurso agua, pues el agua con contaminantes químicos es descargada directamente al sistema de alcantarillado de la parroquia.			Tipo de sustrato	Fondo de roca					
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad			
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,53	Ancho (m)		7,8	
				Seca	0,26			7,8	
Caudal (m3/s)	Lluviosa	4,13							
	Seca	1,04							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)				FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO		
En este punto solo existe un solo tipo de unidad o cobertura vegetal que es la vegetación seca interandina.			Tipo	Actividades ganaderas e industriales					
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas			
				x	x				
			ÍNDICES BIÓTICOS						
			BMWP/Col		QBR-And	IHF		ABI	
Seca	Lluviosa	Alteración fuerte, mala calidad	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa				
Muy crítica	Muy crítica			Mala	Mala				

ANEXO O: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 9

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	771822			
Hora de inicio	14:10	Hora final		14:45	Latitud		9860825	
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2289				
Cantón	Ambato		Ecosistema	Se presentan diversos ecosistemas frágiles, como son: la Estepa Espinosa Montano Bajo la cual forma llanuras, valles y barrancos muy secos.				
Parroquia	Chiquicha		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Código del punto	P. 9				x			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
<p>El punto se encuentra ubicado en la zona de Chiquicha a una altura de 2289 msnm en donde encontramos dos grandes órdenes de suelos que corresponden a los Inceptisoles y los Entisoles. Además presenta un solo piso climático: Ecuatorial Mesotérmico Seco, éste se ubica en el fondo de los valles del callejón interandino.</p>			Tipo de sustrato	grava fina				
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,54	Ancho (m)	3,6	
				Seca	0,40		3,6	
Caudal (m3/s)	Lluviosa	1,28						
	Seca	0,90						
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO 		
<p>En este sector donde se encuentra el punto 9 debido al sobrepastoreo, ha sufrido una reducción de su densidad y composición florísticas, provocando paisajes deteriorados y suelos erosionados. Las especies que se presentan son: Buganvilla, orquídeas, gladiolo, rosál, achupalla, retama, chilca, verbena, chanchilva, nachay, salmo, mosquera, amor seco, sigse, penco negro, palobobo, tipo, caballo chupa, muelle, sauce, chamana.</p>			Tipo	Actividades ganaderas y agrícolas				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
				x				
						ÍNDICES BIÓTICOS		
			BMWP/Col		QBR-And	IHF	ABI	
Seca	Lluviosa	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa			
Critica	Critica			Pobre	Pobre			

ANEXO P: FICHA DE DESCRIPCIÓN – PUNTO 10

FICHA DE DESCRIPCIÓN DE LA ZONA DE ESTUDIO								
Monitoreado por	Jonathan Araujo, Nube Calle		Sistema	Geográfico		FOTOGRAFÍA DEL PUNTO 		
Fecha			Coordenadas	Longitud	772741			
Hora de inicio	14:55	Hora final 15:50		Latitud	9863219			
Provincia	Tungurahua		Altitud (msnm)	2207				
Cantón	Ambato		Ecosistema	Se presentan diversos ecosistemas frágiles, como son: la Estepa Espinosa Montano Bajo la cual forma llanuras,				
Parroquia	Chiquicha		Colectores	Red tipo D, botellas de ambar de 1L y frascos estériles				
Nombre del río	Pachanlica		Condición climática	Lluvia	Soleado	Nublado		
Código del punto	P. 10				x			
DESCRIPCIÓN			DATOS DE CAUDAL			DIBUJO DEL MARGEN DEL RÍO		
<p>El punto se encuentra ubicado en la zona de Chiquicha a una altura de 2207 msnm en donde encontramos dos grandes órdenes de suelos que corresponden a los Inceptisoles y los Entisoles. Además presenta un solo piso climático: Ecuatorial Mesotérmico Seco, éste se ubica en el fondo de los valles del callejón interandino.</p>			Tipo de sustrato	Fondo roca				
			Equipo	Velocímetro	Método	sección velocidad		
			Profundidad (m)	Lluviosa	0,41	Ancho (m)	9	
				Seca	0,37		9	
			Caudal (m3/s)	Lluviosa	3,72			
Seca	1,19							
VEGETACIÓN DE RIBERA			IMPACTOS (Afectación antropogénica)			FOTOGRAFÍA DEL LECHO DEL RÍO 		
<p>En este sector donde se encuentra el punto 9 debido al sobrepastoreo, ha sufrido una reducción de su densidad y composición florísticas, provocando paisajes deteriorados y suelos erosionados. Las especies que se presentan son: Buganvilla, orquídeas, gladiolo, rosal, achupalla, retama, chilca, verbena, chanchilva, nachay, salmo, mosquera, amor seco, sigse, penco negro, palobobo, tipo, caballo chupa, muelle, sauce, chamana.</p>			Tipo	Actividades ganaderas y agrícolas				
			Residuos dentro del cauce	Escombros	Basura	Excretas		
				x	x			
						ÍNDICES BIÓTICOS		
			BMP/Col		QBR-And	IHF	ABI	
Seca	Lluviosa	Inicio de alteración importante, calidad intermedia	Bueno (con limitaciones)	Seca	Lluviosa			
Critica	Critica			Pobre	Pobre			



epoch

Dirección de Bibliotecas y
Recursos del Aprendizaje

**UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y
DOCUMENTAL**

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 23 / 01 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: JONATHAN STEVE ARAUJO GUERRERO NUBE BIBIANA CALLE CHIMA
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: CIENCIAS
Carrera: INGENIERÍA AMBIENTAL
Título a optar: INGENIERO/A AMBIENTAL
f. Analista de Biblioteca responsable: Lcdo. Holger Ramos, MSc.

0030-DBRA-UPT-2023

