



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

**EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO
JIMBITONO DE LA COMUNIDAD JIMBITONO, PROVINCIA DE
MORONA SANTIAGO**

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA:

JENNIFER MARICELA KARAKRAS SHARUP

Macas – Ecuador

2022



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA INGENIERÍA AMBIENTAL

EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO
JIMBITONO DE LA COMUNIDAD JIMBITONO, PROVINCIA DE
MORONA SANTIAGO

Trabajo de Integración Curricular

Tipo: Proyecto Técnico

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: JENNIFER MARICELA KARAKRAS SHARUP

DIRECTOR: Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano

Macas – Ecuador

2022

© 2022, Jennifer Maricela Karákras Sharup

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

Yo, Jennifer Maricela Karákras, declaro que el presente Trabajo de Integración Curricular es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

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

Macas, 09 de diciembre de 2022

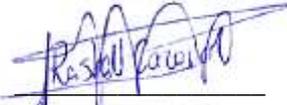


Jennifer Maricela Karákras Sharup

1401239353

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

El Tribunal del Trabajo de Integración Curricular certifica que: El Trabajo de Integración Curricular; Tipo: Proyecto Técnico, **EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JIMBITONO DE LA COMUNIDAD DE JIMBITONO, PROVINCIA DE MORONA SANTIAGO**, realizado por la señorita: **JENNIFER MARICELA KARÁKRAS SHARUP**, 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. Ximena Rashell Cazorla Vinueza. MSc. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL		2022-12-09
Ing. Patricio Vladimir Méndez Zambrano. MSc. DIRECTOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-09
Ing. Rogelio Estalin Ureta Valdez. MSc. ASESOR DEL TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR		2022-12-09

DEDICATORIA

Dedico esta investigación a mi familia por el apoyo incondicional, paciencia y comprensión que me han brindado durante esta etapa de mi vida, en especial a mi madre Sonia Karákras quien ha sido un pilar fundamental para llegar a este punto. A mis amigos Stalyn Juca y Samantha Jaramillo por su amistad absoluta y que no permitieron que desfallezca en este proceso. A mis compañeros y amigos de carrera, Angie Morán, Anghela Rodríguez, Anthony Castillo y Valeria Arévalo por su valiosa amistad, por los buenos y no tan buenos momentos académicos y personales que hemos pasado y superado juntos, así como también por hacer de la universidad una etapa agradable y memorable para mí. Y, por último, pero no menos importante, a mi amado gato Sherlock, mi fiel compañero en todos estos años de carrera y desvelos, quien fue mi inspiración para seguir a pesar de las circunstancias en los últimos dos años.

Jennifer

AGRADECIMIENTO

Un sincero agradecimiento a mi familia y amigos por su ayuda y colaboración en la elaboración de esta investigación. A mi director y miembro de investigación que con sus observaciones e ideas permitieron finalizar con éxito este trabajo. Gracias a Alexandra Elbakyan, creadora de Sci Hub por permitir el acceso a información científica de calidad de forma gratuita. A todos aquellos que me brindaron una mano amiga y palabras de aliento para continuar mi carrera, ¡Gracias Totales!

Jennifer

ÍNDICE DE CONTENIDO

ÍNDICE DE TABLAS.....	xi
ÍNDICE DE ILUSTRACIONES.....	xii
ÍNDICE DE ANEXOS	xiii
RESUMEN.....	xiv
SUMMARY	xv
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA	3
1.1 Planteamiento del Problema	3
1.2 Justificación	3
1.3 Objetivos	5
1.3.1 Objetivo General.....	5
1.3.2 Objetivos Específicos.....	5

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO	6
2.1 Antecedentes de la Investigación.....	6
2.2 Referencias teórica.....	7
2.2.1 <i>Calidad del agua</i>	7
2.2.2 <i>Río</i>	7
2.2.3 <i>Contaminación del agua</i>	7
2.2.4 <i>Bioindicadores</i>	7
2.2.5 <i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	7
2.2.6 <i>Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos</i>	8
2.2.7 <i>Alimento de los macroinvertebrados acuáticos</i>	9
2.2.8 <i>Ecosistemas acuáticos</i>	9
2.2.9 <i>Monitoreo biológico</i>	9
2.2.10 <i>Índice de calidad del agua ICA-NSF</i>	9
2.2.11 <i>Índice BMWP/Col</i>	10
2.2.12 <i>Análisis canónico de correspondencia (ACC)</i>	10

2.3	Bases conceptuales	10
2.3.1	<i>Agua</i>	10
2.3.2	<i>Pozas</i>	10
2.3.3	<i>Ribera</i>	11
2.3.4	<i>Orilla</i>	11
2.3.5	<i>Sustrato</i>	11
2.3.6	<i>Corrientes</i>	11
2.3.7	<i>Tipos de contaminación</i>	11
2.3.7.1	<i>Fuente natural</i>	11
2.3.7.2	<i>Fuente antropogénica</i>	11
2.3.8	<i>Ventajas y desventajas de los macroinvertebrados en el monitoreo de la calidad del agua</i>	12
2.3.9	<i>Sensibilidad de los macroinvertebrados</i>	12
2.3.10	<i>Tipo de biomonitoreo</i>	13
2.3.11	<i>Parámetros fisicoquímicos y biológicos</i>	13
2.3.12	<i>Tipos de bioindicadores</i>	13
2.4	Base legal	14
2.4.1	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	14
2.4.2	<i>Ley Orgánica de Recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua</i>	15

CAPITULO III

3.	MARCO METODOLÓGICO	16
3.1	Localización del proyecto	16
3.1.1	<i>Ubicación cartográfica y geográfica</i>	16
3.1.2	<i>Macrolocalización</i>	16
3.1.3	<i>Microlocalización</i>	16
3.1.4	<i>Determinación de las estaciones de monitoreo</i>	17
3.2	Ingeniería del proyecto	18
3.2.1	<i>Determinación de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice de calidad de agua ICA – NSF</i>	18
3.2.1.1	<i>Recolección de las muestras de agua</i>	18
3.2.1.2	<i>Medición IN SITU de parámetros fisicoquímicos</i>	19
3.2.1.3	<i>Conservación de las muestras de agua</i>	20
3.2.1.4	<i>Análisis de nitratos</i>	20

3.2.1.5	<i>Análisis de fosfatos</i>	21
3.2.1.6	<i>Análisis de coliformes fecales</i>	22
3.2.1.7	<i>Análisis de Demanda Biológica de Oxígeno – DBO5</i>	22
3.2.1.8	<i>Análisis de sólidos totales disueltos (STD)</i>	23
3.2.1.9	<i>Análisis de turbidez</i>	23
3.2.1.10	<i>Cálculo del índice ICA – NSF mediante el software IQA data 2015</i>	24
3.2.2	<i>Comprobación de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice BMWP/Col</i>	25
3.2.2.1	<i>Recolección de las muestras de macroinvertebrados</i>	25
3.2.2.2	<i>Equipos y materiales para recolección de macroinvertebrados</i>	25
3.2.2.3	<i>Muestreo de macroinvertebrados</i>	26
3.2.2.4	<i>Limpieza y conservación de las muestras</i>	26
3.2.2.5	<i>Equipos y materiales de laboratorio para identificar macroinvertebrados acuáticos</i> 26	
3.2.2.6	<i>Tratamiento e identificación de muestras de macroinvertebrados acuáticos</i>	27
3.2.2.7	<i>Cálculo del índice BMWP/Col</i>	27
3.2.3	<i>Manejo y correlación de datos con el programa PAST</i>	28

CAPITULO IV

4.	ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS	30
4.1	Resultados del ICA según la NSF en las estaciones de monitoreo P1RJ, P2RJ Y P3RJ	30
4.1.1	<i>Resultados del índice ICA en el mes de mayo, estaciones P1RJ, P2RJ, P3RJ</i>	30
4.1.2	<i>Resultados del índice ICA en el mes de junio, estaciones P1RJ, P2R, P3RJ</i>	31
4.1.3	<i>Resultados del índice ICA del mes julio, estaciones P1RJ, P2RJ, P3RJ</i>	32
4.1.4	<i>Resultado general de la calidad del en las tres estaciones durante el periodo de estudio</i>	33
4.2	Resultados de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice biológico BMWP/Col	35
4.2.1	<i>Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo de estudio</i>	37
4.2.2	<i>Valoración de índice BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante el periodo de estudio</i>	38

4.2.2.1	<i>Estación P1RJ – Mayo</i>	38
4.2.2.2	<i>Estación P1RJ – Junio</i>	40
4.2.2.3	<i>Estación P1RJ – Julio</i>	41
4.2.2.4	<i>Estación P2RJ – Mayo</i>	43
4.2.2.5	<i>Estación P2RJ – Junio</i>	44
4.2.2.6	<i>Estación P2RJ – Julio</i>	46
4.2.2.7	<i>Estación P3RJ – Mayo</i>	48
4.2.2.8	<i>Estación P3RJ – Junio</i>	49
4.2.2.9	<i>Estación P3RJ – Julio</i>	51
4.2.3	Resultados del promedio general del índice BMWP/Col	52
4.3	Resultados del Análisis de Correlación Canónica entre los parámetros fisicoquímicos y los bioindicadores	53
4.3.1	<i>ACC de la correlación entre parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de mayo</i>	53
4.3.2	<i>ACC de la correlación entre parámetros físicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de junio</i>	56
4.3.3	<i>ACC de la correlación entre parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de julio</i>	58
4.4	Propuesta	60
4.4.1	Propuesta del plan de manejo de la microcuenca del río Jimbitono	60
4.4.1.1	<i>Programa de Prevención y Mitigación de Impactos</i>	61
4.4.1.2	<i>Programa de Manejo de Recursos Naturales</i>	61
4.4.1.3	<i>Programa de Participación Ciudadana, Desarrollo Comunitario y Educación Ambiental</i>	61

CAPITULO V

CONCLUSIONES.....	67
RECOMENDACIONES.....	70

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-2: Clases de la calidad del agua según el índice BMWP/Col	10
Tabla 2-2: Ventajas y desventajas del uso de macroinvertebrados en el monitoreo	12
Tabla 3-2: Sensibilidad de los macroinvertebrados	12
Tabla 1-3: Coordenadas de los puntos de monitoreo del río Jimbitono.....	16
Tabla 2-3: Parámetros fisicoquímicos según el índice ICA - NSF	18
Tabla 3-3: Equipos y materiales para uso en campo.....	19
Tabla 4-3: Equipos y materiales para uso en laboratorio.....	20
Tabla 5-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos-índice BMWP/Col	27
Tabla 6-3: Clases de calidad del agua según el índice BMWP/Col	28
Tabla 1-4: Determinación del índice ICA en el mes de mayo en las tres estaciones	30
Tabla 2-4: Determinación del índice de la calidad del agua en las estaciones en junio.....	32
Tabla 3-4: Determinación del índice de calidad del agua en las estaciones de muestreo julio...33	
Tabla 4-4: Resultados del índice ICA en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ	33
Tabla 5-4: Abundancia total de diferentes órdenes de macroinvertebrados en el río Jimbitono 35	
Tabla 6-4: Abundancia de especímenes por familias taxonómicas.....	37
Tabla 7-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P1RJ en el mes de mayo	38
Tabla 8-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P1RJ en el mes de junio.....	40
Tabla 9-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P1RJ en el mes de julio	41
Tabla 10-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de mayo.....	43
Tabla 11-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de junio.....	45
Tabla 12-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de junio.....	46
Tabla 13-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de mayo	48
Tabla 14-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de junio.....	49
Tabla 15-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de julio	51
Tabla 16-4: Promedio general del índice BMWP/Col en las tres estaciones de monitoreo.....	52
Tabla 17-4: Estrategias para la calidad del agua.....	60
Tabla 18-4: Programa de prevención y mitigación de impactos ambientales.....	62
Tabla 19-4: Programa de manejo de recursos naturales.....	63
Tabla 20-4: Programa de participación ciudadana, desarrollo comunitario y educación ambiental	64

ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

Ilustración 1-2:	Tipos de macroinvertebrados presentes en ríos	8
Ilustración 1-3:	Ubicación de los puntos de monitoreo en el tramo seleccionado de estudio .	17
Ilustración 2-3:	Interfaz del software IQA data con los datos del punto de muestreo P1RJ ...	24
Ilustración 3-3:	Resultados de las muestras de agua y su clasificación según el índice ICA..	25
Ilustración 4-3:	Interfaz del programa PAST con datos para realizar el ACC	29
Ilustración 1-4:	Variación del ICA en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ, durante el estudio	34
Ilustración 2-4:	Distribución porcentual de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el estudio	36
Ilustración 3-4:	Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de mayo	39
Ilustración 4-4:	Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de junio	41
Ilustración 5-4:	Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de julio	42
Ilustración 6-4:	Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de mayo	44
Ilustración 7-4:	Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de junio	46
Ilustración 8-4:	Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de julio	47
Ilustración 9-4:	Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de mayo	49
Ilustración 10-4:	Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de junio	50
Ilustración 11-4:	Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de julio	52
Ilustración 12-4:	Análisis canónico de correspondencia de la correlación entre los parámetros físicoquímicos y los macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mayo	55

ÍNDICE DE ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ, P2RJ, P3RJ DEL MES DE MAYO

ANEXO B: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ, P2RJ, P3RJ DEL MES DE JUNIO

ANEXO C: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ, P2RJ, P3RJ DEL MES DE JULIO

ANEXO D: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO*

ANEXO F: ESTACIÓN DE MONITOREO P2RJ EN EL RÍO JIMBITONO

ANEXO G: ESTACIÓN DE MONITOREO P3RJ EN EL RÍO JIMBITONO

ANEXO H: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN EL RÍO JIMBITONO

RESUMEN

El presente estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua del río Jimbitono en la comunidad de Jimbitono, aplicando los índices ICA y BMWP/Col, así como también empleando el análisis canónico de correspondencia. El tramo de estudio abarcó 3 km donde se ubicaron tres estaciones de estudio identificadas como Punto Río Jimbitono (P1RJ, P2RJ, P3RJ) durante los meses de mayo, junio y julio, comprendiendo las zonas altas, media y baja del río, las cuales se analizaron en época lluviosa y de estiaje. Las muestras de agua se recolectaron de acuerdo con las normas INEN 2169 e INEN 2176, se tomaron 3 muestras por estación. El monitoreo de macroinvertebrados se llevó a cabo empleando redes Surber y la técnica de sampling, las muestras se preservaron en alcohol al 70%. Los índices ICA y BMWP/Col dieron como resultado valores regulares y buenos a la microcuenca. Los parámetros fisicoquímicos con mayor concentración que modificaron principalmente la calidad del agua fueron los nitratos [4.8 ppm], fosfatos [2.31 ppm] y coliformes fecales [>1000 UFC] en los puntos P2RJ y P3RJ en el mes de junio y julio, dichos parámetros sobrepasaron los valores de la tabla 6 del Acuerdo Ministerial 097. Las familias de macroinvertebrados más abundantes fueron: *Leptophlebiidae* (11.49%), *Hydropsychidae* (10.59%), *Naucoridae* (6.98%) y *Corydalidae* (4.50%) que son indicadoras de aguas ligeramente contaminadas. Al finalizar el estudio se determinó que la actividad agrícola, ganadera y turismo efectuadas en las riberas del río Jimbitono intervienen directamente en la alteración de la calidad del agua. Se recomendó la aplicación de un plan de manejo de la microcuenca para prevenir la contaminación progresiva del río, así como la recuperación de la flora de ribera y delimitación del territorio ocupado para actividades agropecuarias.

Palabras clave: <MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS>, <ANÁLISIS CANÓNICO DE CORRESPONDENCIA>, <BIOINDICADORES>, <ÍNDICE ICA>, <PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS>, <JIMBITONO >, < CALIDAD DEL AGUA>.

0347-DBRA-UPT-2023



SUMMARY

The main objective of the current study was to evaluate the water quality of Jimbitono River located in the Jimbitono community through the application applying the ICA and BMWP/Col indices; as well as using canonical correspondence analysis. The study section covered 3 km where three study stations identified as Jimbitono River Point (P1RJ, P2RJ, P3RJ) that were located during the months of May, June and July taking into consideration the upper, middle and lower zones of the river being analyzed during the rainy and dry seasons. On the other hand, it collected water samples in accordance with INEN 2169 and INEN 2176 standards taking 3 samples per station. Macroinvertebrate monitoring was carried out using Surber nets and the sampling technique whose samples were preserved in 70% alcohol. The ICA and BMWP/Col indices gave regular and good values for the micro-watershed. The physicochemical parameters with the highest concentration that mainly modified water quality were nitrates [4.8 ppm], phosphates [2.31 ppm] and fecal coliforms [>1000 UFC] at points P2RJ and P3RJ during the months June and July exceeding the values in the Chart 6 of Ministerial Agreement 097. The most abundant macroinvertebrate families were Leptophlebiidae (11.49%), Hydropsychidae (10.59%), Naucoridae (6.98%) and Corydalidae (4.50%) that are indicative of slightly polluted waters. At the end of the study, it was determined that the agricultural, livestock and tourism activities carried out on the banks of the Jimbitono River are directly involved in the alteration of water quality. Finally, it recommended the implementation of a management plan for the micro-watershed to prevent the progressive contamination of the river; as well as the recovery of the riverbank flora and the delimitation of the territory occupied for agricultural and livestock activities.

Keywords: <AQUATIC MACROINVERTEBRATES>, <CANONICAL CORRESPONDENCE ANALYSIS>, <BIOINDICATORS>, <ICA INDEX>, <PHYSICOCHEMICAL PARAMETERS>, <JIMBITON>, <WATER QUALITY>.



By: Martínez Paredes Leonardo Mauricio

INTRODUCCIÓN

El agua superficial es propensa a la contaminación resultante de actividades antropogénicas, como las industrias, agricultura y expansión de zonas urbanas (Hairrom et al. 2021, p.2; Helson & Williams 2013). La agricultura insostenible Ilustración como una grave amenaza para la salud humana y la naturaleza, ya que es el mayor productor de aguas residuales por volumen y agente del cambio climático (FAO 2020); Bedoya et al. 2017, p.213). El sector agrícola utiliza el 70% del agua dulce disponible en el mundo, alrededor del 30% del agua utilizada en la agricultura se dirige a la producción animal (un tercio a la ganadería bovina). (La Industria Cárnica Latinoamericana 2019, p.12; Villalobos et al. 2017, p.5). Forde et al. (2019, p.38) menciona que de los 35,000 a 50,000 km³ de agua dulce disponible en el mundo, solo un tercio puede aprovecharse para las necesidades humanas, esto a causa del aumento de las actividades antropogénicas. Guerrero Legarreta (2010, p.131) Indica que los problemas del agua desde la óptica del presente siglo dejan de limitarse a lo técnico y comprenden lo económico, lo político y lo social.

El índice (BMWP) se introdujo en 1980 para proporcionar una relación de la calidad del agua del río para Inglaterra y Gales basado en macroinvertebrados acuáticos, se realizaron modificaciones del índice para su uso en otros países (Paisley et al. 2014, pp.887-888). El uso de bioindicadores disminuye los costos y aporta información relevante en el monitoreo de calidad del agua (Ríos-Tobón et al. 2017, p.238). Los macroinvertebrados como bioindicadores, juegan un papel importante en el manejo adecuado del recurso hídrico (Terneus & Yanez-Moreta 2018, p.39). Al elegir bioindicadores, se suelen utilizar taxones de especies cuya presencia advierte una característica específica de un sitio, sin necesidad de recurrir a análisis de laboratorio más elaborados y costosos (González et al. 2014, p.627). Los factores como el pH, elevación, profundidad y temperatura participan en la distribución, diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos a diferencia de los ríos con menor altitud mayor profundidad y ancho donde se encuentran menos taxones y se correlaciona con una baja calidad del agua (Cabrera et al. 2021, p.16).

Urdanigo et al. (2019, p.862) expresa que el uso de la tierra con áreas de bosques nativos convertidos a la ganadería y agricultura es uno de los principales factores que afectan a la vegetación ribereña y a las comunidades acuáticas del Ecuador, las cuales pueden asociarse a la alteración de los parámetros fisicoquímicos. Los cuerpos hídricos están sujetos a una presión en función de la demanda de agua y la desigual distribución que se observa mayormente en las áreas rurales de la región sierra y Amazonía (Galárraga Sánchez 2004). Actualmente la normativa ambiental ecuatoriana referente a la protección del recurso agua es más rigurosa y estricta, lo que exige su calidad de

acuerdo con el uso deseado (Chacón 2017, p.3). Morona Santiago ha sufrido fuertes perturbaciones en sus ríos en los últimos 30 años, ya sea por la actividad minera o por las aguas residuales de las comunidades, mismas que han alterado la ecología de los cuerpos hídricos, recurso indispensable para el desarrollo agropecuario, forestal y cultural. (Miranda 2018, p.2)

El río Jimbitono es importante para la comunidad de Jimbitono, debido a que en sus riberas se desarrollan actividades ganaderas y agrícolas. La comunidad no posee sistema de alcantarillado ni agua potable, las aguas servidas de los hogares son vertidas en pozos sépticos, ciertos tramos de la microcuenca son utilizados para recreación. Estas acciones podrían causar un deterioro al hábitat de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y modificar la calidad del agua, lo cual resultaría en una alteración de los ecosistemas aunados a este cuerpo de agua y en sí a la comunidad que hace uso directo del río, por lo que resulta imperativo realizar el estudio fisicoquímico y biológico para determinar y comprobar la calidad de agua que consume la comunidad.

De acuerdo con la problemática ya mencionada el presente estudio tiene como finalidad determinar la calidad agua de este cuerpo hídrico, para lo cual la investigación constará de cinco capítulos, el capítulo cinco expondrá una propuesta para la solución del problema de estudio.

CAPÍTULO I

1. DIAGNÓSTICO DEL PROBLEMA

1.1 Planteamiento del Problema

La parroquia General Proaño se encuentra ubicada en el cantón Morona, provincia de Morona Santiago, dentro de sus actividades principales se detallan la ganadería y agricultura; el agua es fundamental para el desarrollo de dichas actividades, en este sector existen cuatro cuerpos hídricos que atraviesan el territorio de la comunidad de Jimbitono, los cuales son fuentes principales para el desarrollo de las actividades agropecuarias. Por tradición y costumbre las fincas ubicadas en la parroquia de General Proaño son usadas principalmente para la cría de ganado bovino, siendo una de las fortalezas económicas de las familias de la parroquia. (GAD General Proaño 2019, p.110)

El río Jimbitono es una fuente hídrica importante, en especial para el sector, debido a que en sus riberas se desarrollan actividades agropecuarias. La población de Jimbitono Alto no posee sistema de alcantarillado, las aguas servidas de los hogares son vertidos en pozos sépticos, además, ciertos tramos de la microcuenca son utilizados como balneario teniendo una gran afluencia de visitantes por el fácil acceso.

Estas acciones podrían causar un deterioro al hábitat de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos y modificar la calidad del agua, lo cual representa una afectación directa de los ecosistemas asociados a este cuerpo de agua y en sí a la comunidad que hace uso directo del río. Por consiguiente, la problemática se enfoca en las diversas actividades que se llevan a cabo a lo largo del río Jimbitono y que resultan una amenaza para los pobladores y el entorno natural que causan una inestabilidad del ecosistema acuático.

1.2 Justificación

En las riberas del río Jimbitono la comunidad realiza actividades agropecuarias, descargas de aguas residuales, uso recreativo y doméstico que intervienen en la alteración del equilibrio natural del río y los ecosistemas asociados que afectan de forma directa e indirecta a la fuente de agua principal de la comunidad, representando un grave riesgo para la salud de los habitantes de Jimbitono.

La belleza natural y paisajística que brinda la microcuenca a la comunidad y que es aprovechada por propios y extraños con fines recreativos gracias al singular clima que posee la zona; igual que, es de utilidad para aquellos pobladores que no poseen el servicio básico de agua potable y aprovechan el lecho fluvial para satisfacer su necesidad de consumo, son razones muy importantes, por ello, resulta imperativo realizar monitoreos que permitan evaluar la calidad del cuerpo hídrico y tomar acciones sobre las actividades que se realizan a su alrededor para prevenir su progresiva alteración.

La evaluación de la calidad del agua del río Jimbitono permitirá determinar el estado de salud de la microcuenca y demostrar que las actividades antropogénicas (ganadería, agricultura, recreación) intervienen en su calidad, la ganadería es la actividad más extendida a lo largo del tramo estudiado por cuanto es la que más incidirá en los parámetros a estudiarse. Asimismo, el presente estudio servirá como línea base para futuras investigaciones del río Jimbitono y será una guía en la toma de decisiones a corto o largo plazo por la comunidad, de acuerdo con sus requerimientos como la conservación del recurso hídrico o la toma de acciones para prevenir el deterioro de los ecosistemas y la salud humana, teniendo en cuenta que la normativa ambiental ecuatoriana referente a la protección del recurso agua es más rigurosa y estricta, lo que exige su calidad de acuerdo con el uso deseado (Chacón 2017, p.3).

Para realizar lo propuesto, el método para determinar la calidad del agua consiste en realizar monitoreos periódicos en la microcuenca, el análisis de los 9 parámetros que estudia el Índice de Calidad de Agua (ICA) propuesto por la National Sanitation Foundation (NSF) y el estudio de macroinvertebrados acuáticos en base al Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col) con lo que se realizó una correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los bioindicadores.

Hasta la fecha no existe base legal en el país para determinar la calidad del agua en base a los macroinvertebrados acuáticos lo que representa un vacío científico y legal. Por tanto, el monitoreo de macroinvertebrados acuáticos contribuirá a determinar los taxones más predominantes en el cuerpo hídrico y cómo su presencia está relacionada a los valores de los parámetros fisicoquímicos, de igual modo la investigación referente a macroinvertebrados permitirá extender la información para que en un futuro se elabore un índice biológico especializado para los ríos de nuestra provincia y del país, para lograr dar un peso protagónico en la determinación de calidad de los cuerpos hídricos a estos bioindicadores y otorgar una herramienta eficaz.

1.3 Objetivos

1.3.1 Objetivo General

Evaluar la calidad del agua del río Jimbitono de la comunidad de Jimbitono en la provincia de Morona Santiago.

1.3.2 Objetivos Específicos

- Determinar la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice de calidad de agua ICA-NSF.
- Comprobar la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice BMWP/Col.
- Correlacionar las variables fisicoquímicas con los bioindicadores de la calidad del agua.

CAPITULO II

2. MARCO TEÓRICO

2.1 Antecedentes de la Investigación

En su investigación (Ramírez & Gutiérrez-Fonseca 2014, p.9) señala que los macroinvertebrados (insectos, decápodos, etc.) son uno de los grupos más diversos de los ambientes de agua dulce de América Latina, donde la muchos de estos alcanzan su máxima diversidad dentro del gradiente latitudinal comprendido por la región, por ello han sido foco de gran cantidad de estudios. (Bersosa-Vaca & Ulloa-Vaca 2018, p.6-7) mencionan en su artículo de revisión que la utilización de bioindicadores basados en la presencia y abundancia de macroinvertebrados es de los métodos más utilizados en estudios realizados en el país, esto por ser un método sencillo, rápido y proporciona información valiosa para evaluar la calidad del sistema acuícola, los índices bióticos unimétricos BMWP/Col y ETP se manejan con mayor frecuencia.

La investigación sobre variaciones en las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y calidad biológica de los ríos Aguarico y Coca (Cabrera et al. 2021, p.16) manifiestan que la elevación, el pH, la profundidad y la temperatura ayudan a explicar la distribución y abundancia de taxones y rasgos. La caracterización de la calidad del agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo (Rodríguez et al. 2016, p.503) manifiestan que la mayor presencia de taxones del orden Ephemeroptera y Trichoptera con condiciones óptimas de agua se relaciona con aguas transparentes, oligotróficas, con una alta oxigenación debido a un fondo rocoso, baja profundidad del lecho y rápidas corrientes.

(Criollo Panza 2018, p.64) indica en su estudio realizado en el río Quebrada del cantón Morona, que la calidad del agua del cuerpo hídrico se ve afectado por la mayor presencia de microorganismos patógenos y presencia de material particulado a causa de vertimientos de origen doméstico, ganadero y agrícola. El monitoreo con macroinvertebrados realizado en el río Copueno en el tramo Paccha – Jardín del Upano (Chacón 2017, p.44) señala que las temporadas lluviosas provocan una carga de compuestos orgánicos e inorgánicos a causa del lavado y escorrentías superficiales colindantes a la microcuenca, dando como efecto variaciones en las condiciones del río y por ende a la calidad biológica del área de estudio. (Rodríguez-Vega et al. 2022, p.520) en su estudio realizado en el río Upano tramo ciudad de Macas mediante macroinvertebrados mencionan que la reducción de la calidad biológica se debió a la escaza

presencia de familias de macroinvertebrados, esto a causa de la alteración morfológica del cauce en ciertas épocas del año provocando la pérdida de los hábitats de los taxones.

2.2 Referencias teórica

2.2.1 *Calidad del agua*

Se estima como una medida de la idoneidad del agua para un uso particular en función de características físicas, químicas y biológicas seleccionadas (Water Science School 2018). Por otra parte Hassan Omer (2020, p.1) expresa que es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas y/o cualquier necesidad o propósito humano.

2.2.2 *Río*

Cauce natural continuo con caudales más o menos grandes, alimentado por distintos cursos menores nacidos de manantiales, lagos o glaciares diferentes, el cual, por efecto de la fuerza de gravedad, desemboca hacia el mar, lago, delta interior o hacia un río más grande. (Fraume Restrepo 2007, p. 392; Galván Meraz 2009, p.192).

2.2.3 *Contaminación del agua*

Vertidos, derrames, desechos y depósitos directos o indirectos de toda clase de materiales susceptible de provocar un incremento de la degradación de las aguas, que modifique sus características físicas, químicas o bacteriológicas (Galván Meraz 2009, p.82). Verma 2021, p.36 indica que el agua está contaminada cuando componentes o condiciones nocivos están presentes en tal cantidad que no se puede utilizar para un uso particular.

2.2.4 *Bioindicadores*

Especies que por sus características (sensibilidad a las perturbaciones ambientales, distribución, abundancia, dispersión, éxito reproductivo, entre otras) puede ser utilizadas como estimadoras del estatus de otras especies o condiciones ambientales de interés. (González et al. 2014, p.24)

2.2.5 *Macroinvertebrados acuáticos*

Invertebrados que pueden ser vistos a simple vista o ser retenidos por una malla de aproximadamente 125 μm (Hanson et al. 2010, p.3) En su guía (Carrera y Fierro 2001, p.28) manifiesta que son excelentes organismos que proporcionan señales sobre calidad del agua ya que algunos requieren un excelente estado del agua, mientras que otros se adaptan al medio que otros organismos no soportarían, como se muestra en la Ilustración 1-2.

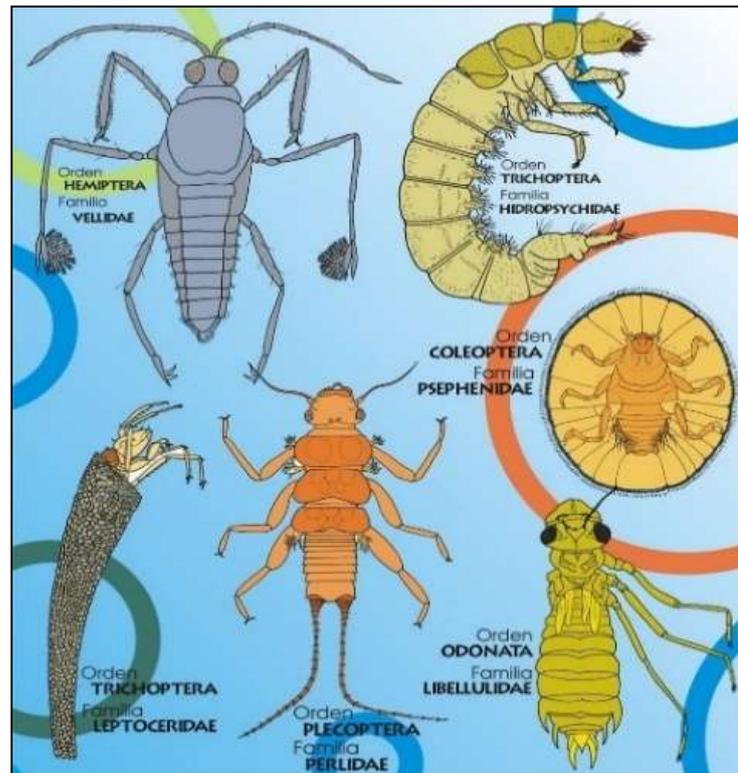


Ilustración 1-2: Tipos de macroinvertebrados presentes en ríos

Fuente: (Celis 2009, p.60)

2.2.6 *Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos*

Los macroinvertebrados pueden habitar en:

- En hojas flotantes y en sus restos,
- En troncos caídos y en descomposición,
- En el lodo o en la arena del fondo del río,
- Sobre o debajo de las piedras,
- Donde el agua es más correntosa y
- En lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos. (Carrera y Fierro 2001, p.28)

2.2.7 Alimento de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:

- plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas,
- otros invertebrados y peces,
- pequeños restos de comida en descomposición y elementos
- nutritivos del suelo,
- animales en descomposición,
- elementos nutritivos del agua y sangre de otros animales. (Carrera y Fierro 2001, p.29)

2.2.8 Ecosistemas acuáticos

Comprenden la porción más grande de la biosfera e incluyen tanto ecosistemas marinos como de agua dulce (Wang y D'Odorico 2013); sustentan una amplia gama de organismos, incluidos microorganismos, invertebrados, insectos, plantas y peces. (Marshall 2013)

2.2.9 Monitoreo biológico

Se refiere al uso de técnicas científicas para estudiar o evaluar los impactos ambientales que causan sustancias sintéticas o naturales, en base al muestreo y análisis de un individuo (Páez-Osuna y Osuna-Martínez 2011). También conocido como biomonitoreo, se trata de una evaluación a un medio natural (bosques, ríos, etc.) cuando se busca determinar que está siendo alterado sus condiciones naturales, es decir, se analizan las modificaciones del entorno a través de los organismos (plantas, macroinvertebrados).

2.2.10 Índice de calidad del agua ICA-NSF

El Índice de Calidad del Agua de la Fundación Nacional de Saneamiento (NSFWQI) o también conocido como ICA-NSF es el índice de calidad del agua más respetado y utilizado en los Estados Unidos. Este índice es una herramienta vital en el análisis de los programas y políticas locales, regionales de monitoreo y protección del agua (Iowa Department of Natural Resources Geological Survey 2006); el índice consta de ocho parámetros fisicoquímicos y uno biológico que mediante un rango de valores nos indica la calidad del agua desde muy mala a excelente. (Castro et al. 2014, p.115)

2.2.11 Índice BMWP/Col

El Biological Monitoring Working Party es considerado un método simple y rápido para la evaluación de la calidad del agua, utilizando macroinvertebrados como bioindicadores en donde se analizan los niveles de familia en cuanto a su presencia y ausencia en el cuerpo de agua, el puntaje va de 1 a 10 según la tolerancia de estos a la contaminación orgánica, siendo 10 el más sensible y 1 el más tolerante (Roldán 2016, p.261), véase tabla 1-2. El BMWP/Col es una adaptación del índice BMWP como una aproximación para valorar los ecosistemas acuáticos por contaminación orgánica, puede determinar el estado ecológico de un sistema lótico. (Meneses et al. 2019, p.300)

Tabla 1-2: Clases de la calidad del agua según el índice BMWP/Col

Clase	Índice BMWP/Col	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	>100	Buena	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	<15	Muy Crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán 2003, p. 31)

Realizado por: Jennifer Karákras Sh. 2022

2.2.12 Análisis canónico de correspondencia (ACC)

Es un método multivariante que permite explicar las relaciones entre los grupos biológicos de especies y su entorno a través de la obtención de dimensiones del subespacio por regresión a partir de variables externas. (ter Braak & Verdonschot 1995; Greenacre 2008)

2.3 Bases conceptuales

2.3.1 Agua

Recurso renovable, finito, que se distribuye en el planeta a través del ciclo hidrológico. (Fernandez Cirelli 2012, p.148)

2.3.2 Pozas

Zonas del río donde la circulación del agua es lenta y es más profundo, por lo general posee sedimentos. (Carrera y Fierro 2001, p.22)

2.3.3 Ribera

Margen y orilla del mar o río. Tierra cercana a los ríos, aunque no esté a su margen. (Fraume Restrepo 2007, p.392)

2.3.4 Orilla

Extremo o borde de una superficie, faja de tierra inmediata al agua de un río, lago, mar, etc.(Thema Equipo Editorial 2013)

2.3.5 Sustrato

Material depositado en el fondo o lecho del río, puede ser de arcilla, piedras, rocas, arena, etc. (Carrera y Fierro 2001, p.22)

2.3.6 Corrientes

Movimiento horizontal del agua. Se clasifican en corrientes de marea y corrientes oceánicas. Las primeras son producidas por las mismas fuerzas que provocan las mareas. Las corrientes oceánicas, o corrientes propiamente dichas, constituyen los movimientos de un sistema circulatorio general. (Fraume Restrepo 2007, p.125)

2.3.7 Tipos de contaminación

2.3.7.1 Fuente natural

Las inundaciones, riadas, avalanchas, erupciones volcánicas y flujos de lodo provocan la contaminación de las fuentes de agua cada año; las fuertes lluvias causan grandes flujos de lodo y deslizamientos de tierra hacia aguas cercanas. (Cortés 2021)

2.3.7.2 Fuente antropogénica

A través de las actividades sociales y económicas sin un control adecuado llegan a alterar las

condiciones naturales del agua, mediante descarga de residuos sólidos o líquidos a los cuerpos hídricos. (Menchaca 2017)

2.3.8 *Ventajas y desventajas de los macroinvertebrados en el monitoreo de la calidad del agua*

Los macroinvertebrados como cualquier otro método de determinación de la calidad del agua presenta ciertas ventajas que facilitan el estudio, pero también desventajas que podrían retrasarlo como se muestra en la tabla 2-2.

Tabla 2-2: Ventajas y desventajas del uso de macroinvertebrados en el monitoreo de la calidad del agua

Ventajas	Desventajas
Son afectados por perturbaciones ambientales en todo tipo de aguas y hábitats	Las especies o poblaciones y las escalas de valores utilizadas en bioindicación no son de aplicación universal
La taxonomía de varios grupos es conocida y su identificación es relativamente menos compleja	Es una comunidad heterogénea y la taxonomía de algunos grupos no es bien conocida
Son de amplia distribución, abundantes y de fácil recolección por su tamaño que los hace visible a simple vista.	Otros factores de la calidad de agua pueden afectar la distribución y abundancia de los organismos
Las técnicas de muestreo están bien desarrolladas y se puede hacer con equipos simples y poco costosos	Los macroinvertebrados no son sensibles a algunas perturbaciones como los patógenos de origen humano

Fuente: (Cantera Kintz, Carvajal y Castro 2009)

Realizado por: Karákras, Jennifer 2022

2.3.9 *Sensibilidad de los macroinvertebrados*

Los macroinvertebrados y su sensibilidad a los contaminantes son un factor importante para la determinación de la calidad de agua, según la sensibilidad se divide en cinco grupos como se indica en la tabla 3-2.

Tabla 3-2: Sensibilidad de los macroinvertebrados

Sensibilidad	Calidad del agua	Calificación
No acepta contaminantes	Muy buena	9-10
Acepta muy pocos contaminantes	Buena	7-8
Acepta poco contaminantes	Regular	5-6
Acepta mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Fuente: (Carrera y Fierro 2001, p.30)

Realizado por: Karákras, Jennifer 2022

2.3.10 Tipo de biomonitoreo

(González et al. 2014, p.721) menciona que en base a los enfoques principales: presencia del contaminante y la evaluación de su efecto, existen cuatro tipos de biomonitoreo, siendo el tipo 2 el más utilizado:

- Tipo 1: como el monitoreo de cambios en la comunidad a lo largo de un gradiente de contaminación.
- Tipo 2: involucra la medición de la bioacumulación en los organismos en sitios en los que varía el nivel de la contaminación.
- Tipo 3: intenta definir los efectos sobre los organismos utilizando herramientas tales como los marcadores bioquímicos en especies selectas.
- Tipo 4: que involucra la detección de resistencia genética en las poblaciones de áreas contaminadas.

2.3.11 Parámetros fisicoquímicos y biológicos

Los parámetros fisicoquímicos dan información sobre la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los parámetros biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables, por lo que muchos investigadores recomiendan la utilización de ambos en la evaluación del recurso hídrico. (Orozco et al. 2011, p. 281)

2.3.12 Tipos de bioindicadores

- *Bioindicador microbiano*: se utilizan para indicar la salud de los ecosistemas terrestres y acuáticos, los microorganismos son sensibles a pequeñas cantidades de tóxicos o contaminantes por lo que reaccionan ante los cambios de la calidad del ecosistema, un ejemplo de estos bioindicadores es: bacterias, hongos, cianobacterias. (Pattanayak & Das 2020, p.340)
- *Bioindicador vegetal*: varias especies de plantas ayudan a reducir la contaminación en mayor medida; los líquenes, la relación de mutualismo entre algas y hongos crecen mayormente en los troncos de las plantas del bosque, la más leve modificación en la calidad del aire, clima y estructura del bosque se puede identificar por la reacción de los líquenes al estrés ambiental. (Pattanayak & Das 2020, p.340)
- *Bioindicador animal*: los animales juegan un papel importante en la identificación de un

ambiente contaminado al reaccionar de varias maneras a las alteraciones, la densidad poblacional y la cadena alimenticia son los principales afectados cuando existen perturbaciones en el medio; las ranas son importantes bioindicadores de modificaciones en el ecosistema acuático y terrestre. (Pattanayak & Das 2020, p.341)

- *Bioindicador planctónico*: son excelentes en el seguimiento de contaminación de cuerpos de agua, principalmente de lagos; son referidos como los mejores indicadores para determinar la calidad del agua; pueden ayudar a la descomposición de desechos orgánicos, pero la acumulación de F y N aumenta la población de plancton lo que empobrece el agua. (Pattanayak & Das 2020, p.341)
- *Fitoplancton*: plantas acuáticas usadas como indicadores ya que su población disminuye por la contaminación del agua.
- *Zooplancton*: animales microscópicos presentes cerca de la superficie de los cuerpos de agua, sus condiciones de vida son estrictas por lo que la modificación de alguno de estos nos permite determinar la calidad del agua por su baja densidad poblacional.

2.4 Base legal

2.4.1 Constitución de la República del Ecuador

Título I: Elementos Constitutivos Del Estado

Art. 3.- “Son deberes primordiales del Estado: Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.”(Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador 2008, p.23)

Título II: Derechos

Art. 12.- “El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.”(Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador de 2008, p.29)

Art. 14.- “Se reconoce el derecho de la población a vivir en un ambiente sano y ecológicamente equilibrado, que garantice la sostenibilidad y el buen vivir, Sumak Kawsay.” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador 2008, p.29)

Título VI: Régimen De Desarrollo

Art. 276, numeral 4.- “Recuperar y conservar la naturaleza y mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de

calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador 2008, p.135)

Título VII: Régimen del Buen Vivir

Art 411.- “El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.” (Asamblea Nacional Constituyente de Ecuador 2008, p. 182)

2.4.2 Ley Orgánica de Recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua

Capitulo III: Derechos de la Naturaleza

Art. 64.- Conservación del agua. La naturaleza o Pacha Mama tiene derecho a la conservación de las aguas con sus propiedades como soporte esencial para todas las formas de vida. En la conservación del agua, la naturaleza tiene derecho a:

- b) El mantenimiento del caudal ecológico como garantía de preservación de los ecosistemas y la biodiversidad;
- c) La preservación de la dinámica natural del ciclo integral del agua o ciclo hidrológico; d) La protección de las cuencas hidrográficas y los ecosistemas de toda contaminación; y, e) La restauración y recuperación de los ecosistemas por efecto de los desequilibrios producidos por la contaminación de las aguas y la erosión de los suelos. (Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2015, p.26)

Capítulo VI: Garantías Preventivas

Art. 82.- Participación y veeduría ciudadana. Las personas, pueblos y nacionalidades y colectivos sociales, podrán realizar procesos de veedurías, observatorios y otros mecanismos de control social sobre la calidad del agua y de los planes y programas de prevención y control de la contaminación, de conformidad con la Ley.(Asamblea Nacional de la República del Ecuador 2015, p.31)

CAPITULO III

3. MARCO METODOLÓGICO

3.1 Localización del proyecto

3.1.1 Ubicación cartográfica y geográfica

El presente estudio se desarrolló en un tramo del río Jimbitono, comprendido en el sector Brisas del Balaquepe y Jimbitono Alto de la comunidad de Jimbitono, tomando como referencia la propiedad del señor José Chamorro para el punto 1, propiedad de la Sra. Vilma Gallardo para el punto 2 y propiedad del señor Bosco Pinchupá para el punto 3.

3.1.2 Macrolocalización

La investigación se desarrolló en la provincia de Morona Santiago, cantón Morona, parroquia General Proaño, comunidad Jimbitono. La comunidad de Jimbitono se encuentra situada en la parte noroeste del territorio parroquial, se considera el asentamiento humano más importante después de la cabecera parroquial, presenta un bioclima húmedo subtropical, con rangos de temperatura entre los 18 °C a 20 °C y precipitaciones de 2500 a 3000 mm anuales (GAD General Proaño 2019, p.133). El río Jimbitono objeto en estudio contribuye con sus aguas a la microcuenca del río Jurumbaino, el cual vierte sus aguas hacia la subcuenca del río Upano y esta forma parte de la cuenca del río Santiago.

3.1.3 Microlocalización

La evaluación de la calidad del agua mediante los índices ICA y BMWP/Col se llevó a cabo a lo largo del río Jimbitono, en el tramo comprendido entre los predios del Sr. Ángel Chamorro y Sr. Bosco Pinchupá, con una longitud de 1 a 1,5 km entre puntos. El tramo en estudio se encuentra georreferenciado entre los siguientes puntos. Véase tabla 1-3.

Tabla 1-3: Coordenadas de los puntos de monitoreo del río Jimbitono

PUNTO	Y	X	ALTITUD
P1RJ	9748377	814142	1204
P2RJ	9748753	814934	1159
P3RJ	9748865	816162	1118

Realizado por: Jennifer Karákras Sh. 2022

3.1.4 Determinación de las estaciones de monitoreo

En función del tramo considerado del río Jimbitono se establecieron 3 estaciones de muestreo. Las estaciones de muestreo se establecieron a lo largo del río con fundamento en los siguientes aspectos:

- Accesibilidad a los puntos de muestreo
- Ubicación de los focos de contaminación
- Criterio del investigador

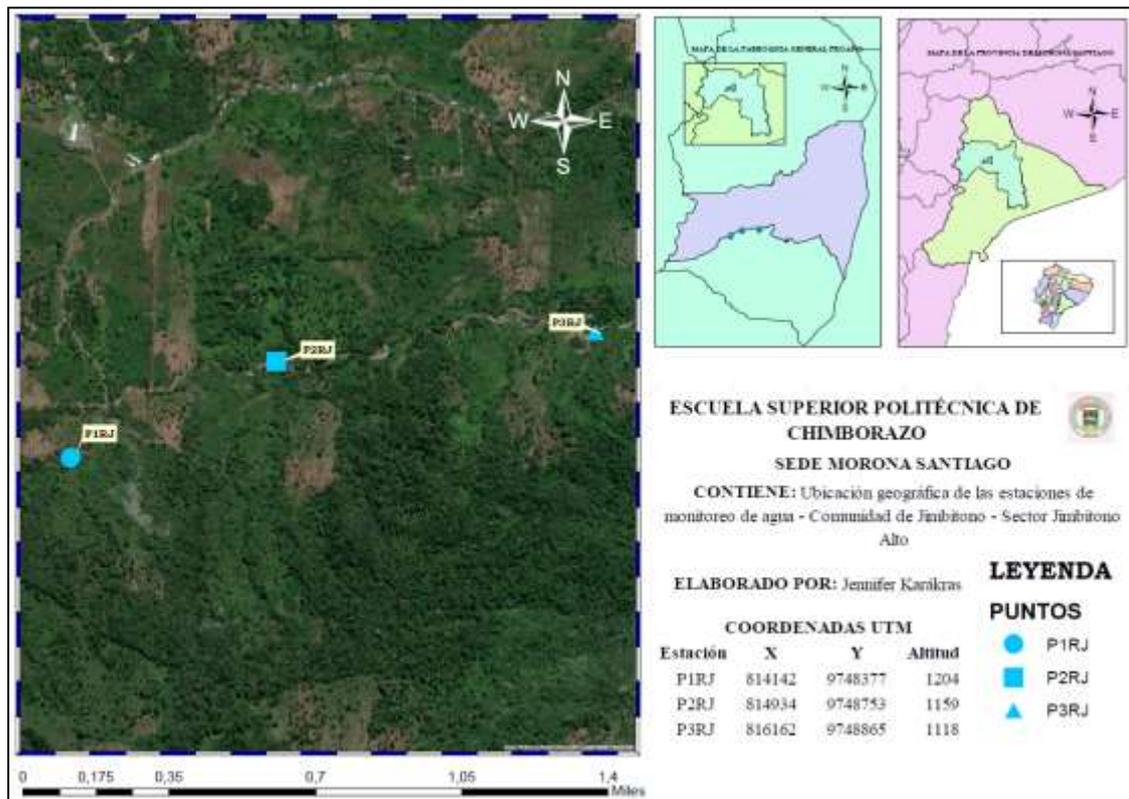


Ilustración 1-3: Ubicación de los puntos de monitoreo en el tramo seleccionado de estudio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Se ubicaron tres puntos a lo largo del río Jimbitono, donde se evidenciaron tramos usados para recreación y una frontera agroganadera al límite a lo largo del curso hídrico, a partir del punto dos se evidencia una fuerte intervención antropogénica en la modificación de la estructura de la microcuenca, unos 300 metros arriba del punto dos se realizaron excavaciones para aumentar la profundidad del afluente y es utilizado como balneario natural de ingreso libre; cada punto de muestreo se ubicó en zonas de corriente. A continuación, se realizó una descripción de las tres estaciones estudiadas.

- El primer punto (P1RJ) considerado como el blanco se encuentra en la parte alta de la microcuenca, el cual presenta vegetación ribereña de entre 4 a 5 metros en cada orilla, el pasto que colinda con la vegetación es pasto gramalote, muy utilizado para la ganadería de la zona. El ancho del río en el primer punto es de 4.20 metros.
- El segundo punto (P2RJ) se ingresa por la propiedad de la señora Vilma Gallardo, en donde se evidenció una fuerte intervención antropogénica (agropecuaria), el pastizal está al límite de la microcuenca, el ancho del río se ha visto modificado por maquinaria y parte de su material pétreo se ha utilizado en la construcción de la carretera de ingreso al punto. El ancho del río en este punto es de 15,20 metros, pero solo 7,10 metros son cubiertos por el agua del río.
- El tercer punto (P3RJ) se localiza en la propiedad del señor Bosco Pinchupá, al igual que el punto dos se presencié una alteración en la estructura del río, la actividad ganadera se realiza colindante al río, la estructura del río se ha modificado con maquinaria aumentando su ancho y profundidad para ser utilizado como balneario. El ancho del río en el punto de muestreo es de 10,10 metros.

3.2 Ingeniería del proyecto

3.2.1 *Determinación de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice de calidad de agua ICA – NSF*

3.2.1.1 *Recolección de las muestras de agua*

La recolección de muestras de agua del río Jimbitono se realizó siguiendo las directrices de las normas INEN 2169 e INEN 2176, la primera norma hace referencia al muestreo, manejo y conservación de muestras, la segunda norma indicó la técnica de muestreo. Los nueve parámetros a determinar según el Índice de Calidad del Agua (ICA-NSF) se indican en la tabla 2 – 3.

Tabla 2-3: Parámetros fisicoquímicos según el índice ICA - NSF

Parámetro	Peso
Coliformes fecales (CF)	0,15
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO5)	0,10
Nitratos (NO)	0,10
Fosfatos	0,10

Oxígeno disuelto (OD)	0,17
Cambio de temperatura	0,10
Sólidos disueltos (STD)	0,08
Turbidez	0,08
Potencial de hidrógeno (pH)	0,12

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Fuente: (Mendez et al., 2020, p.740)

Se recolectaron muestras puntuales que según la norma (Norma Técnica Ecuatoriana 2013:b) son muestras individuales, recogidas de forma manual o automática, para aguas en la superficie, a una profundidad específica y en el fondo, el volumen de muestra por estación fue de 0,8 litros; la norma indica que son apropiadas las botellas de polietileno y las de vidrio de borosilicato para la toma de muestras en las que se realizará el análisis de los parámetros físicos y químicos de las aguas naturales, para el estudio se emplearon botellas de polietileno de 100 y 500 ml de boca ancha con tapa hermética.

La norma señala que el contacto entre la muestra y la persona debe ser mínima, se recomienda utilizar guantes; las muestras se tomaron a la mitad del río y se realizó un triple lavado del envase con agua del río para homogenizarlo a las condiciones del medio, las muestras fueron colectadas en la superficie del río y después fueron almacenadas en la hielera hasta su análisis en el laboratorio de física de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo sede Macas para los análisis correspondientes.

Tabla 3-3: Equipos y materiales para uso en campo

Equipos	Materiales
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Equipo APERA para medir OD y temperatura ➤ Equipo PHYME Cobra 4 para medir pH 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Frascos de polietileno de 100 y 500 ml ➤ Hielera, fundas de hielo ➤ Etiquetas, lápiz ➤ Agua destilada

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

3.2.1.2 Medición IN SITU de parámetros fisicoquímicos

Los parámetros de oxígeno disuelto y temperatura fueron medidos con el equipo APERA, el cual mediante una sonda que se introduce en el agua mide en porcentaje el oxígeno disuelto y en grados

Celsius la temperatura, se realizaron cinco repeticiones en cada punto para una mayor confiabilidad en el resultado. La medición del potencial de hidrógeno (pH) se realizó con el equipo PHYME Cobra 4 que por medio de una sonda que se introduce en el agua se midieron los valores, igualmente se realizaron 5 repeticiones por estación de muestreo. Es importante recalcar que las mediciones se realizaron en la mitad del río, nunca en las orillas de los puntos de muestreo.

3.2.1.3 Conservación de las muestras de agua

Para la conservación de las muestras se aplicó el simple enfriamiento (en baño de hielo o en refrigerador a temperaturas entre 2°C y 5°C) en un lugar obscuro, de acuerdo con la norma en muchos casos, es suficiente para conservar la muestra durante su traslado al laboratorio y por un corto período de tiempo antes del análisis. (Norma Técnica Ecuatoriana 2013 a: p.5)

Tabla 4-3: Equipos y materiales para uso en laboratorio

Materiales	Equipos
<ul style="list-style-type: none"> ➤ Guantes y bata de laboratorio ➤ Agua destilada ➤ Parafilm ➤ Cajas Petri ➤ Cajas petriPAD ➤ Kitasato ➤ Bureta ➤ Pipeta ➤ Piseta ➤ Balón de 432 ml ➤ Embudo de vidrio ➤ Vasos de precipitación 50 ml ➤ Pastillas magnéticas ➤ Fotómetro HANNA ➤ Reactivos HANNA para nitratos HI93728-0 ➤ Reactivos HANNA para fosfatos LR HI93713-01 ➤ Frascos con tapa hermética 10 ml ➤ Nitrification Inhibidor WTW - Gotero ➤ Pastillas de hidróxido de sodio 	<ul style="list-style-type: none"> ➤ Bomba de vacío ➤ Botellas digestoras de DBO5 ➤ Incubadora ➤ Estufa ➤ Balanza analítica ➤ Incubadora para DBO5 ➤ Contador de colonias

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

3.2.1.4 Análisis de nitratos

Se utilizó el método 10.51. NITRATE de (Hanna Instruments Inc. 2022, pp. 172-173) que mediante la adaptación del método de reducción de cadmio calcula la concentración de nitratos, el proceso se describe a continuación.

- Se seleccionó el método Nitrate en el fotómetro HANNA
- Con ayuda de una pipeta de 10 ml se tomó agua de la muestra y se le agregó al frasco (hasta la marca). Se colocó el tapón de plástico y la tapa.
- Se introdujo en el soporte del fotómetro y se cerró la tapa.
- Se pulsó el botón ZERO hasta que la pantalla mostrará "-0,0-" de esta forma obtuvimos nuestro blanco y quedó listo para la medición.
- Se retiró el frasco y se añadió un paquete de reactivo de nitrato HI93728-0.
- Se volvió a colocar el tapón de plástico y la tapa. Se agitó vigorosamente hacia arriba y hacia abajo durante exactamente 10 segundos. Se continuó mezclando, invirtiendo la cubeta suavemente durante 50 segundos, teniendo cuidado de no inducir burbujas de aire. El polvo no se debe disolver completamente.
- Se introdujo nuevamente el frasco con el reactivo en el soporte y se cerró la tapa.
- Se pulsó el botón TIMER y la pantalla mostró la cuenta atrás antes de la medición que fueron 4 minutos y 30 segundos y pulse READ. Cuando el temporizador terminó el medidor realizó la lectura. El instrumento muestra los resultados en mg/l de nitrato-nitrógeno (NO₃-N).

3.2.1.5 *Análisis de fosfatos*

Se aplicó el método 10.68. PHOSPHATE LOW RANGE de (Hanna Instruments Inc. 2022, pp. 223-224) que mediante la adaptación del método del ácido ascórbico determina la concentración de fosfatos, el proceso se describe a continuación.

- Se seleccionó el método Phosphate LR en el fotómetro HANNA
- Se colocó 10 ml de muestra para enjuagar el frasco, se colocó el tapón de plástico y la tapa. Agitando el frasco varias veces con la muestra sin reaccionar
- Con ayuda de una pipeta de 10 ml se tomó agua de la muestra y se le agregó al frasco (hasta la marca). Se colocó el tapón de plástico y la tapa.
- Se introdujo en el soporte del fotómetro y se cerró la tapa.
- Se pulsó el botón ZERO hasta que la pantalla mostrará "-0,0-" de esta forma obtuvimos nuestro blanco y quedó listo para la medición.
- Se retiró el frasco y se añadió un paquete de reactivo de bajo rango de fosfato HI93713-01.
- Se volvió a colocar el tapón de plástico y la tapa. Se agitó suavemente durante 2 minutos. El polvo se debe disolver completamente.
- Se introdujo nuevamente el frasco con el reactivo en el soporte y se cerró la tapa.

- Se pulsó el botón TIMER y la pantalla mostró la cuenta atrás antes de la medición que fueron 4 minutos y 30 segundos y pulse READ. Cuando el temporizador terminó el medidor realizó la lectura. El instrumento muestra los resultados en mg/l de fosfato (PO_4^{3-}).

3.2.1.6 *Análisis de coliformes fecales*

Para este procedimiento se utilizaron: una bomba de vacío, Kitasato, bureta de 100 ml, algodón, embudo, 3 cajas petriPAD, incubadora y contador de colonias se siguió el siguiente proceso.

- Se colocó una porción de algodón en el embudo, esto sirvió como filtro de impureza de la muestra.
- El embudo se colocó sobre la bureta y recolectaron 100 ml de muestra
- Se colocó la caja petriPAD a la boca del Kitasato y se aseguró con Parafilm, mediante un tubo se conectó el Kitasato a la bomba de vacío.
- Los 100 ml de muestra se colocaron en la caja petriPAD y se procedió a generar vacío en el Kitasato para que la muestra se filtre a través de la caja, se hizo este proceso hasta que toda la muestra se filtró, pero sin dejar muy seca el filtro de la caja.
- La caja fue retirada del Kitasato, se procedió a colocar de forma uniforme el reactivo nutritivo sobre el filtro de la caja, se tapó y se dejó reposar por 20 min
- Pasado los 20 min las cajas petriPAD rotuladas por punto de muestreo se colocaron volteadas en la incubadora a 37 grados Celsius durante dos días.
- Para el conteo de coliformes se utilizó el contador de colonias y una aguja, se aplicó la técnica de los 4 cuadrantes la cual consiste en dividir en 4 partes iguales la caja petriPAD y contar únicamente 1 cuadrante, posteriormente se multiplica x 4, de esta forma se obtuvo el número total de colonias por caja. La aguja se empleó para punzar cada punto presente en el cuadrante que representa una colonia y que el contador de colonias registre el número de estas.

3.2.1.7 *Análisis de Demanda Biológica de Oxígeno – DBO5*

Para la determinación se utilizaron balón de 432ml, embudo, pastillas magnéticas, botellas ámbar Oxitop, pastillas de sosa cáustica, desnitrificante. Se siguió el siguiente proceso:

- Se midieron 432 ml de muestra de agua, aforando al ras del balón.
- Se colocaron los 432 ml en la botella ámbar y posteriormente se colocó una pastilla magnética.
- Se agregan 3 gotas de agente desnitrificante
- Se colocó el filtro de caucho y se agrega una pastilla de sosa cáustica

- Se aseguró la botella con el cabezal y se configuró para que realice las mediciones con el volumen muestra colocado y el número de días.
- El resultado se visualiza el día 5 en mg/l.

3.2.1.8 *Análisis de sólidos totales disueltos (STD)*

La determinación de los STD se llevó a cabo mediante el método 2540 B. Total Solids Dried at 103-105°C (APHA, AWWA, WEF 1999, pp.216-218) para ello se utilizaron 3 cajas petri, pipeta de 25 ml, estufa y balanza analítica. El procedimiento fue el siguiente:

- Se lavaron las cajas petri con agua y jabón, se secaron con una franela limpia
- Se colocaron en la estufa a 105 grados Celsius durante noventa minutos, se dejaron enfriar.
- Se pesaron las cajas en la balanza analítica y se anotó su peso (peso 1= w1)
- Con la pipeta se tomaron 25 ml de muestra de agua de cada punto de muestreo y se colocó en cada caja petri.
- Las cajas con las muestras fueron colocadas en la estufa a 105 grados Celsius durante tres horas, transcurrido el tiempo se dejaron enfriar dentro de la estufa.
- Se pesó cada caja y se anotó el nuevo peso para cada punto de muestreo (peso 2 = w2)
- Se aplicó la siguiente fórmula para el cálculo de los sólidos totales.

$$\text{mg total solids/L} = \frac{(A-B)*1000}{\text{sample volume,mL (Vm)}} \quad \text{Ecuación 1}$$

Donde:

ST= Sólidos totales

W2= peso del residuo seco + plato, mg

W1= peso del plato, mg

Vm= Volumen de la muestra de agua (25 ml)

- El resultado quedó en g/ml por lo que fue necesario realizar una transformación de unidades a mg/l o ppm.

3.2.1.9 *Análisis de turbidez*

La muestra de agua para determinar la turbidez fue enviada al laboratorio L&V en la ciudad de Ambato, el parámetro se analizó con el método 2130 B del libro Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater, los resultados se presentaron en unidades UTN. Ver resultados en el anexo A, anexo B y anexo C, correspondientes a cada mes de monitoreo.

3.2.1.10 Cálculo del índice ICA – NSF mediante el software IQA data 2015

El cálculo del índice NSFQI o también conocido como ICA-NSF se realizó con el programa IQA 2015 de (Posselt et al., 2015). Los resultados de los parámetros fisicoquímicos analizados en el laboratorio se ingresaron en el programa en las unidades requeridas. Además, se ingresaron otros datos como altitud, coordenadas, condición climática del día de toma de cada muestra cómo se puede apreciar en la Ilustración 1 - 3. El resultado de la calidad del agua de cada punto se visualiza en valor numérico y clasificación buena, regular o mala, según corresponda. Véase Ilustración 3-3.

The screenshot shows the 'Registro de Muestras' (Sample Registration) window. It includes fields for 'Código' (1), 'Ciudad' (MACAS), 'Condiciones climáticas' (Chubvas espesas), 'Cuenca Hidrográfica' (Río Santiago), 'Cuenca Hidrográfica' (Río Santiago), 'Fecha' (19/ 5 /2022), 'Hora' (9:00), 'Local' (PIRU MAYO), and 'Coordenadas (Long., Lat.)' (79.1758298442067, -2.272792). The 'Observación' field contains 'LLUMAS INTENSAS DOS DIAS ANTES DEL MONITOREO'. A table lists 15 parameters with their units and values. A 'Nota' (Note) box on the right provides instructions on how to use the quality index selection and data entry.

Código	Variable	Unidad	Valor
200	Oxígeno disuelto	mg / L O ₂	9,880
301	Coliformes fecales	NMP/100ml	27,000
302	Demanda bioquímica de oxígeno	mg / L O ₂	0,700
303	Fósforo total	mg / L P	0,220
401	Nitrógeno total Kjeldahl	mg / L N	
402	Nitrógeno amoniacal	mg / L NH ₃ - N	
403	Nitritos	mg / L NO ₂ - N	
404	Nitros	mg / L de NO ₃ - N	4,800
405	Nitrógeno total (TKN + NO ₂ + NO ₃)	mg / L N	A 4,800
501	Saturación de oxígeno	%	A 121,148
502	pH	-	7,160
503	Sólidos totales disueltos	mg / L	80,000

Nota:
 Usted debe seleccionar qual es el índice de calidad que se aplicará a la muestra.
 Después de esta fase, se dará cuenta que algunas celdas están marcadas en rojo. Esto indica que el ICA seleccionado requiere que el valor de la variable como obligatoria.
 Las variables marcadas con "A" no deben ser excluidas, a que ellas son calculadas a partir de otras variables.
 Para incluir el valor de la variable basta ingresar el valor directamente en la tabla.
 Use una coma (",") para separar decimales.

Clasificación Buena (72,39) ICA utiliza= NSF

Ilustración 2-3: Interfaz del software IQA data con los datos del punto de muestreo PIRJ

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

IQAData.:: ÍNDICE DE CALIDAD DEL AGUA			
UNISC - Universidade de Santa Cruz do Sul			
Dirección: Av. Independência, 2293			
Barrio: Universitário			
Ciudad: Santa Cruz do Sul		Código postal: 96815-900	
Síto: www.unisc.br		Teléfono: (51) 3717-7300	
Departamento: Eng. Produção			
Contacto: Adilson		E-mail: adilson@unisc.br	
Muestras de agua			
Local:	P1RJ-MAYO	Fecha:	19/05/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	9:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	72,39
Altitud (m):	1204	Clasificación:	Buena
Local:	P2RJ-MAYO	Fecha:	19/05/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	13:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	72,65
Altitud (m):	1159	Clasificación:	Buena
Local:	P3RJ-MAYO	Fecha:	19/05/2022
Corpo Hidrico:	Río Jimbitono	Hora:	17:00:00
Bacia Hidrográfica:	Río Santiago	ICA:	NSF
Ciudad:	MACAS	Resultados:	73,49
Altitud (m):	1118	Clasificación:	Buena

Ilustración 3-3: Resultados de las muestras de agua y su clasificación según el índice ICA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

3.2.2 *Comprobación de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice BMWP/Col*

3.2.2.1 *Recolección de las muestras de macroinvertebrados*

Para la recolección de los macroinvertebrados se emplearon redes Surber, las cuales son ideales de acuerdo con las condiciones del río en estudio como es la poca profundidad y caudal, el tiempo para coleccionar los macroinvertebrados fue de 50 minutos por punto. La red Surber es una red sujeta a un marco metálico que se coloca en el fondo del río y se remueve el sustrato, se utiliza en ríos de poca profundidad con aguas más o menos torrentosas, donde el agua no supere los 45 cm o el borde superior de una bota de caucho; no recomendado para ríos con aguas tranquilas o donde el fondo sea de arena o lodo. (Carrera y Fierro 2001, p. 38)

Como consideración personal se separaron los macroinvertebrados en dos envases diferentes según su tamaño, los más pequeños para identificarlos con ayuda del estereoscopio y los de mayor tamaño la identificación se realizó con el empleo de una lupa de 60 mm de diámetro.

3.2.2.2 *Equipos y materiales para recolección de macroinvertebrados*

- Botas de caucho, ropa impermeable

- Redes de muestreo tipo Surber
- Bandejas separadoras de macroinvertebrados
- Pinzas entomológicas.
- Frascos plásticos con tapón hermético.
- Bolígrafo o rotulador permanente
- Etiquetas
- Alcohol 70%
- Libreta de anotaciones

3.2.2.3 *Muestreo de macroinvertebrados*

Para el muestreo de macros se manejó el método de lavado, el cual trata de colocar la red Surber con un ojo de malla de 1mm contra corriente sobre el cauce del río y remover las rocas y sustrato que se encuentra del del cuadro durante un minuto, todo el material removido será depositado en la red por efecto de la corriente. (Arce & Leiva 2009, p.28)

Después se lavó el contenido de la red y se colocó en las bandejas separadoras blancas, los macroinvertebrados fueron almacenados en frascos de 100 ml con alcohol al 70%, las muestras fueron trasladadas al Laboratorio de biología de la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo con sede en Macas, donde los macroinvertebrados fueron extraídos con pinzas y colocados en cajas Petri con alcohol para su posterior identificación a través del estereoscopio.

3.2.2.4 *Limpieza y conservación de las muestras*

Las muestras deben conservarse en alcohol etílico al 70%, la cantidad utilizada del preservante debe ser suficiente para que cubra toda la muestra recolectada, los frascos deben estar rotulados con datos de localidad, cuenca, fecha, colector. (Ministerio de Ambiente de Perú 2014, p. 41).

3.2.2.5 *Equipos y materiales de laboratorio para identificar macroinvertebrados acuáticos*

- Equipos de protección personal (guantes, mascarilla, mandil).
- Lavatorio.
- Bandeja separadora de macroinvertebrados
- Placas Petri.
- Pinzas entomológicas.

- Estereoscopio
- Etiquetas

3.2.2.6 Tratamiento e identificación de muestras de macroinvertebrados acuáticos

El lavado de las muestras se realizó con agua destilada para retirar sedimentos o restos de vegetación que se quedaron del muestreo. Posteriormente se colocaron los macroinvertebrados en cajas Petri para su identificación empleando el estereoscopio y clasificarlos según grupo taxonómico y familia a la que pertenecían, para ello se utilizaron láminas de identificación y artículos de los autores: (Hahn-vonHessberg et al. 2009, pp.104-105); (Gutiérrez-Fonseca 2010); (Hanson et al., 2010); (Bland 2012); (García et al., 2012); (Ladrera 2012); (Sánchez y García 2018, pp. 52-59).

3.2.2.7 Cálculo del índice BMWP/Col

El índice biológico propuesto por (Roldán 2003) toma como referente la sensibilidad de las familias de macroinvertebrados frente a los contaminantes catalogados en 10 niveles de tolerancia, donde los taxones intolerantes a la alteración de la calidad del agua presentan los máximos valores, por su parte los taxones tolerantes a los contaminantes del agua poseen bajos valores, como se puede apreciar en la tabla 5-3.

Tabla 5-3: Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos-índice BMWP/Col

Familias	Puntuación
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae, Corduliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae, Gammaridae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae, Dugesiidae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Noteridae, Limoniidae	4

Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae, Bithyniidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae, Oligochaeta	1

Fuente: (Roldán 2003, p. 31)

Realizado por: Jennifer Karákras Sh. 2022

Para el cálculo del índice se elaboró una matriz, donde se colocaron las familias encontradas y su valor de tolerancia según la tabla 2-1. Esta metodología se aplicó para cada estación de muestreo. A continuación, se sumaron los valores de tolerancia, como se indica en la siguiente ecuación:

$$\text{BMWP/Col} = T_1 + T_2 + T_3 \dots T_n \quad \text{Ecuación 2}$$

Donde:

T: nivel de tolerancia de cada familia

1,2,3...n: Familias

El resultado obtenido se comparó con los valores asignados en la tabla 6 - 3 (Clase de calidad de agua según el índice BMWP/Col) permitiendo la interpretación de la calidad del agua del río Jimbitono a través de la presencia o ausencia de los macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 6-3: Clases de calidad del agua según el índice BMWP/Col

Clase	Índice BMWP/Col	Calidad	Características	Color Cartográfico
I	>100	Buena	Aguas muy limpias a limpias	Azul
II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	36-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	<15	Muy Crítica	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: (Roldán 2003, p. 32)

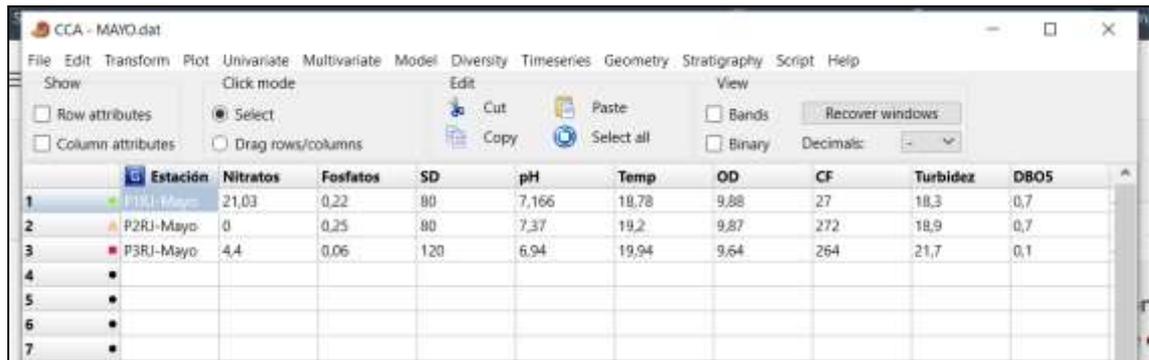
Realizado por: Jennifer Karákras Sh. 2022

3.2.3 Manejo y correlación de datos con el programa PAST

Al ingresar al programa muestra por defecto una hoja de trabajo, similar a una hoja de Excel. Los ejes de ordenación son combinaciones lineales de las variables ambientales. El análisis canónico de correspondencia es, por lo tanto, un ejemplo de análisis de gradiente directo, donde el gradiente

en las variables ambientales se conoce a priori y las abundancias de especies (o presencia/ausencia) se consideran una respuesta a este gradiente.

Los valores de los parámetros fisicoquímicos y biológicos, así como de los macroinvertebrados se ingresaron, cada punto de muestreo ocupó una fila en la hoja de cálculo. Las variables ambientales se ingresaron en las primeras columnas, seguidas de los datos de abundancia (el programa solicitará el número de variables ambientales), véase ilustración 5-4.



The screenshot shows the PAST software interface with a data table. The table has 11 columns: Estación, Nitratos, Fosfatos, SD, pH, Temp, OD, CF, Turbidez, and DBO5. The first three rows contain data for stations P1RI-Mayo, P2RI-Mayo, and P3RI-Mayo. Rows 4 through 7 are empty.

	Estación	Nitratos	Fosfatos	SD	pH	Temp	OD	CF	Turbidez	DBO5
1	P1RI-Mayo	21,03	0,22	80	7,166	18,78	9,88	27	18,3	0,7
2	P2RI-Mayo	0	0,25	80	7,37	19,2	9,87	272	18,9	0,7
3	P3RI-Mayo	4,4	0,06	120	6,94	19,94	9,64	264	21,7	0,1
4										
5										
6										
7										

Ilustración 4-3: Interfaz del programa PAST con datos para realizar el ACC

Realizado por: Jennifer, Karákras, 2022.

Luego de ingresar los datos en el orden indicado, se ingresó a la opción **Multivariate**, luego se elige la opción **Ordination**, posteriormente se despliegan varias opciones, se dio clic en la pestaña de CCA, automáticamente el software realiza el procedimiento, el resultado es un plano bidimensional en donde se posicionan los bioindicadores según su relación con los factores fisicoquímicos, como se muestra en la ilustración 1- 4. Se realizaron interpretaciones según el gráfico y el valor propio de cada eje (x, y).

CAPITULO IV

4. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

4.1 Resultados del ICA según la NSF en las estaciones de monitoreo P1RJ, P2RJ Y P3RJ

4.1.1 Resultados del índice ICA en el mes de mayo, estaciones P1RJ, P2RJ, P3RJ.

En el monitoreo realizado en mayo los coliformes fecales fueron el parámetro más significativo en las tres estaciones según el software IQADData, lo que influyó en la disminución de los valores del índice, es importante señalar que en las estaciones P2RJ y P3RJ los valores sobrepasaron el límite máximo permisible según tabla 6 del TULSMA del (Ministerio del Ambiente 2015, p.12).

Los valores del potencial de hidrógeno se mantuvieron entre 6,94 y 7,36. La demanda biológica de oxígeno no presentó valores superiores a 1mg/l, lo cual según Orozco et al. (2011, p. 79) representan aguas puras. La concentración de nitratos en la estación P1RJ fue la más alta de las tres estaciones monitoreadas durante los tres meses con un valor de 4,8 mg/l, sin embargo, no indujo una disminución significativa en el valor del índice ICA según los resultados del software.

Las concentraciones de fosfatos en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ influyeron en la disminución del valor del índice, según Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua (SEGOB 2001) los fosfatos totales no deben exceder de 0.05 mg/l en afluentes o lagos para prevenir el desarrollo de especies biológicas indeseables y para controlar la eutroficación acelerada, es importante señalar que durante la realización del monitoreo hubo la presencia de lluvias lo que provocó un aumento del caudal, causando una dilución de los nutrientes y sedimentos de los terrenos colindantes mediante escorrentía superficial, dando como resultado una calidad de agua aparentemente buena, asimismo provocando que el parámetro de turbiedad influyera en la calidad de agua de la estación P3RJ. Véase table 1 – 4.

Tabla 1-4: Determinación del índice ICA en el mes de mayo en las tres estaciones

ICA -19/Mayo/2022								
Parámetro	Unidades	Peso	Estación P1RJ		Estación P2RJ		Estación P3RJ	
			Resultados	Q-valor	Resultados	Q	Resultados	Q
Cambio de T°	°C	0,10	-0,78	90,04	-1,20	88,44	-1,94	85,63
Oxígeno disuelto	mg/l O ₂	0,17	9,88	89,42	9,87	89,25	9,64	90,17

Coliformes fecales	NMP/100ml	0,16	27	57,98	272	34,81	264	35,07
DBO5	mg/l O ₂	0,11	0,7	100,00	0,7	100,00	0,1	100,00
Fosfatos	mg/l PO ₄ ³⁻	0,10	0,22	59,51	0,25	53,99	0,06	88,96
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	0,10	4,8	37,49	0	98,00	1	77,19
pH	Unidades	0,11	7,17	90,28	7,37	91,96	6,94	86,54
STD	mg/l	0,07	80	84,79	80	84,79	120	81,11
Turbidez	NTU	0,08	18,3	65,68	18,9	64,89	21,7	61,35
VALOR DEL ÍNDICE				72,39		72,65		73,49
CLASIFICACIÓN				Buena		Buena		Buena

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.1.2 Resultados del índice ICA en el mes de junio, estaciones P1RJ, P2R, P3RJ

Los monitoreos del mes de junio fueron realizados con una condición climática favorable, por lo que sus resultados no se vieron modificados a causa del aumento de caudal o dilución de nutrientes, el valor de la estación P3RJ fue el más bajo de las tres estaciones durante el periodo de estudio.

Las coliformes fecales fueron nuevamente el parámetro que influenció significativamente los valores del índice para las tres estaciones, las estaciones P2RJ y P3RJ presentaron concentraciones superiores a los 1000 NMP/100 ml, es decir, cinco veces más que la concentración máxima permisible según la tabla 6 del TULSMA, incluso superan el valor permisible para fuentes de agua de consumo humano según la tabla 1 de la norma anteriormente mencionada, de acuerdo con (Barahona et al. 2017, p.) la presencia de actividades ganaderas, asentamientos humanos y baja cobertura vegetal condicionan la existencia de bacterias indicadoras de contaminación fecal. Según (Tello 2013, p.60; Sinaga et al. 2016, p.52) la concentración de fósforo (fosfatos) incrementa la población de coliformes.

Las concentraciones de fosfatos durante el mes de junio en las tres estaciones fueron las más elevadas de todo el estudio con concentraciones de 1,47 a 2,31 mg/l PO₄³⁻, Sharpley & Withers (1994) indica que los procesos de eutrofización comienzan cuando se supera el límite de fosfatos que es de 0,05 mg/l, estas concentraciones se atribuyen al desarrollo de actividades agrícolas y ganaderas en la zona, por su parte Curillo (2017, p.74) menciona que las fuertes precipitaciones provocan el arrastre de excremento de ganado y productos agrícolas hacia el cuerpo hídrico, por lo cual se puede asociar los resultados de fosfatos con la presencia de fuertes precipitaciones dos días antes del monitoreo. El potencial de hidrógeno (pH) de la estación P1RJ fue el más bajo de las tres estaciones durante el periodo de monitoreo, con un valor de 6,03 que es menor al pH establecido de 6.5 – 9 en la tabla 2 referente a la preservación de vida acuática y silvestre y la tabla 6 del TULSMA. Véase tabla 2 – 4.

Tabla 2-4: Determinación del índice de la calidad del agua en las estaciones en junio

ICA -11/Junio/2022								
Parámetro	Unidades	Peso	Estación P1RJ		Estación P2RJ		Estación P3RJ	
			Resultados	Q	Resultados	Q	Resultados	Q
Cambio de T°	°C	0,10	1,68	102,24	0,94	110,28	-0,18	92,32
Oxígeno disuelto	mg/l O ₂	0,17	11,07	80,74	10,92	81,09	10,36	84,28
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,16	181	38,49	1416	21,88	1232	22,84
DBO5	mg/l O ₂	0,11	1,2	87,06	0,6	100	0	100
Fosfatos	mg/l PO ₄ ³⁻	0,10	1,61	13,54	1,47	15,02	2,31	7,41
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	0,10	0	98,00	0	98	0	98
pH	Unidades	0,11	6,03	54,86	6,66	76,22	6,63	75,14
STD	Mg/l	0,07	80	84,79	80	84,79	80	84,79
Turbidez	NTU	0,08	14,7	70,71	16,8	67,72	17,3	67,03
VALOR DEL ÍNDICE				60,08		58,67		54,30
CLASIFICACIÓN				Regular		Regular		Regular

Realizado por: Jennifer Karákras. 2022

4.1.3 Resultados del índice ICA del mes julio, estaciones P1RJ, P2RJ, P3RJ.

Los parámetros más influyentes fueron las coliformes fecales y los fosfatos, debido a que la concentración de fosfatos es directamente proporcional a la concentración de coliformes fecales, estos parámetros influenciaron en más del 50% el valor del índice ICA para las tres estaciones de acuerdo con los resultados del software IQADdata. Los valores de coliformes fecales estuvieron entre 468 y 628 NMP/100 ml, valores fuera del rango establecido en la tabla 6 del TULSMA. La concentración de fosfatos presentó valores de entre 0,34 y 0,71 mg/l PO₄³⁻, de igual manera sobre pasan el valor límite de 0,05 mg/l PO₄³⁻ que indican el inicio de procesos de eutrofización (Sharpley & Withers 1994). Es relevante señalar que durante el monitoreo hubo lluvias dispersas lo que pudo haber ocasionado una dilución de los nutrientes (Fosfatos, nitratos) por lo que, aunque son menores que las concentraciones del mes de junio siguen siendo altos e indican procesos iniciales de eutrofización.

Las concentraciones de oxígeno disuelto fueron superiores al rango de 5 – 6 ppm O₂ indicado por Universidad Complutense de Madrid (2015, p.3) para aguas dulces que permitan la vida acuática para todas las especies. Los valores de pH se situaron entre 6,71 y 7,36 teniendo pequeñas variaciones en comparación de los valores de pH de junio, esto pudo ocurrir debido al aumento de caudal y sedimentos que perturbaron la medición mediante la sonda.

Tabla 3-4: Determinación del índice de calidad del agua en las estaciones de muestreo en julio

ICA -02/Julio/2022								
Parámetro	Unidades	Peso	Estación P1RJ		Estación P2RJ		Estación P3RJ	
			Resultados	Q	Resultados	Q	Resultados	Q
Cambio de T°	°C	0,10	-0,60	90,72	-0,80	89,96	-1,34	87,91
Oxígeno disuelto	mg/l O ₂	0,17	10,61	84,13	11,05	80,45	11,1	79,36
Coliformes fecales	NMP/100ml	0,16	576	28,51	468	30,19	628	27,83
DBO5	mg/l O ₂	0,11	0	100	0	100	0	100
Fosfatos	mg/l PO ₄ ³⁻	0,10	0,34	39,44	0,5	33,06	0,71	25,75
Nitratos	mg/l NO ₃ ⁻	0,10	0	93,42	0	91,76	0	91,76
pH	Unidades	0,11	6,71	78,03	7,35	91,80	7,36	91,88
STD	Mg/l	0,07	80	85,58	120	81,11	120	81,11
Turbidez	NTU	0,08	16,1	68,70	15,7	69,27	16,8	67,72
VALOR DEL ÍNDICE				66,50		66,24		63,36
CLASIFICACIÓN				Regular		Regular		Regular

Realizado por: Jennifer Karákras. 2022

4.1.4 Resultado general de la calidad del en las tres estaciones durante el periodo de estudio

En la tabla 4 - 4 se indican los resultados del índice ICA de la NSF en las tres estaciones de monitoreo, donde se pueden distinguir los valores dentro del rango de calidad Regular para el río Jimbitono, tanto a nivel estacional como temporal. En el Gráfico 1 – 4 se puede observar que existe una variación significativa en los valores de calidad promedio, presentando una tendencia decreciente desde la estación P1RJ a la estación P3RJ, dando como resultado el valor de calidad Regular para los meses de mayo, junio y julio.

Tabla 4-4: Resultados del índice ICA en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ, durante el estudio

ICA en las estaciones P1RJ, P2RJ Y P3RJ					
Estaciones	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN
P1RJ	72,39	60,08	66,50	66,32	REGULAR
P2RJ	72,65	58,67	66,24	65,85	REGULAR
P3RJ	73,49	54,30	63,36	63,72	REGULAR

Realizado por: Jennifer Karákras. 2022

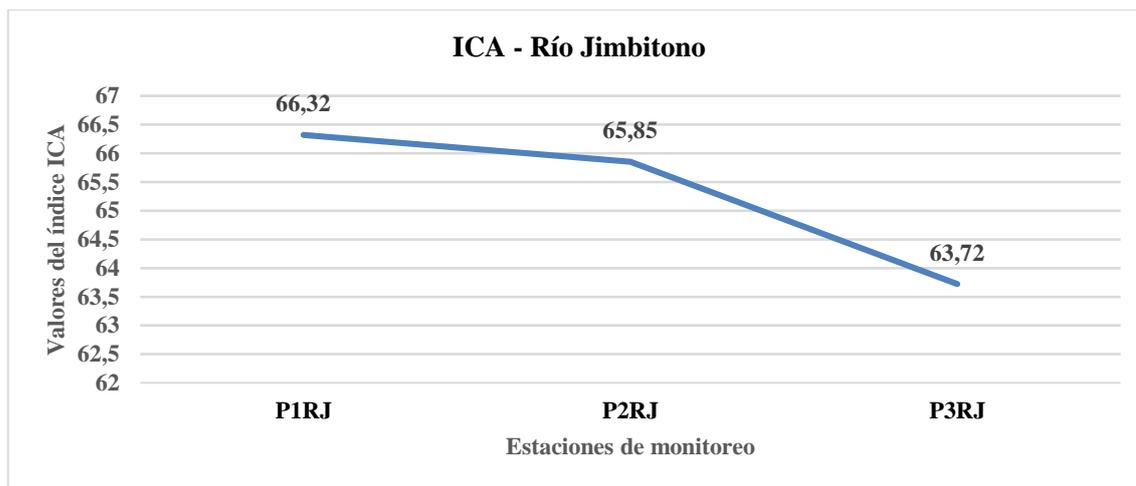


Ilustración 1-4: Variación del ICA en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ, durante el periodo de estudio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Las alteraciones de los parámetros fisicoquímicos se asocian naturalmente a descargas de fuentes puntuales o difusas de contaminantes, las descargas difusas se tratan de fuentes individuales simples encaminadas a un cuerpo de agua como la escorrentía en áreas de actividades agropecuarias, cuyo drenaje transporta partículas orgánicas e inorgánicas del suelo, nutrientes, plaguicidas y herbicidas a los cuerpos de agua contiguos. (Instituto de Hidrología 2001, p.158).

La Universidad Politécnica de Cartagena (2015, p.4) indica que la composición química natural de las aguas suele verse afectada por actividades antropogénicas como la agricultura, ganaderías e industrias, teniendo como consecuencia la incorporación de sustancias de diferente naturaleza a través del paso de las aguas por terrenos tratados con agroquímicos o contaminados. En las tres estaciones de estudio se evidenció como actividad principal la ganadería, sin embargo, en la estación P1RJ considerada como el blanco del estudio aún conservaba la flora de ribera por lo cual, sus valores de calidad se mantuvieron en una clasificación regular cercana a buena en comparación con las estaciones P2RJ Y P3RJ donde la flora de ribera ha sido reemplazada por pastos.

Sanchez Garzón (2019, p.7) menciona que, si se alteran las propiedades fisicoquímicas del agua, esto afecta directamente la flora y fauna acuática lo cual influye en los ecosistemas acuáticos debido a que éstas desempeñan un papel importante en su conservación y mantenimiento de la cadena trófica presente en el medio. En las estaciones P2RJ y P3RJ la presencia de flora acuática fue casi nula, esto debido al fuerte impacto de las actividades antropogénicas como la alteración de la estructura de la microcuenca y la actividad ganadera constante, en estos puntos se pudo evidenciar que los pastos *Axonopus scoparius* y *Pennisetum purpureum* utilizados para la alimentación del ganado vacuno han despojado de espacio a la flora de ribera.

Los parámetros asociados a la disminución de la calidad del agua del río Jimbitono, son la presencia de coliformes fecales, concentración de fosfatos, nitratos, pH y turbidez, los cuales varían en cantidades significativas a través del tiempo. Estos parámetros pueden estar relacionados a factores antropogénicos como la deposición de excretas de ganado vacuno, composición fisicoquímica del suelo, el arrastre de compuestos orgánicos mediante escorrentía superficial, así como la potencial infiltración de aguas negras de pozos sépticos, la actividad agropecuaria en las zonas de monitoreo puede estar perturbando las concentraciones de estos parámetros.

4.2 Resultados de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice biológico BMWP/Col

En el tramo seleccionado para el estudio de la calidad del agua del río Jimbitono, se recolectaron alrededor de 444 especímenes, repartidos en 5 clases, 13 órdenes y 31 familias, como se muestra en las tablas 5 – 4 y 6 – 4.

Tabla 5-4: Abundancia total de las diferentes órdenes de macroinvertebrados presentes en el río Jimbitono

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS		NÚMERO DE INDIVIDUOS	PORCENTAJE (%) DE ABUNDANCIA POR ORDEN
CLASE	ORDEN		
Aracnida	Trombidiforme	1	0,23
Hirudinea	Rhynchobdellida	2	0,45
Insecta	Coleoptera	30	6,76
	Diptera	20	4,50
	Ephemeroptera	117	26,35
	Hemíptera	48	10,81
	Megaloptera	20	4,50
	Odonata	90	20,27
	Plecoptera	36	8,11
	Trichoptera	63	14,19
Malacostra	Decapoda	13	2,93
	Amphipoda	1	0,23
Turbellaria	Tricladida	3	0,68
TOTAL		444	100

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

Dentro de las clases halladas en la microcuenca en estudio tenemos la Aracnida que representa un 0,13% del total de macroinvertebrados encontrados, además de Hirudinea (0,45%), Turbellaria (0,68%), Malacostra (3,16%) e Insecta (95,49%), siendo esta última la que mayor abundancia presentó debido al número de órdenes y familias que posee.

Dentro de los órdenes encontrados están: Trombidiforme, Rhynchobdellida, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Hemíptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera, Decapoda, Amphipoda y Tricladida. Los órdenes que mayor abundancia presentaron corresponden a Ephemeroptera con un total de 117 individuos que representa el 26,35% de abundancia, seguido del orden Odonata con un total de 90 especímenes lo cual representa el 20,27% y finalmente el orden Trichoptera con 63 individuos recolectados que corresponde al 14,19%.

Por el contrario, las órdenes Trombidiforme y Amphipoda representan tan solo el 0,23% del total, pues solo un espécimen de cada orden pudo ser identificado, esto se puede apreciar con mayor detalle en el Gráfico 2 – 4.

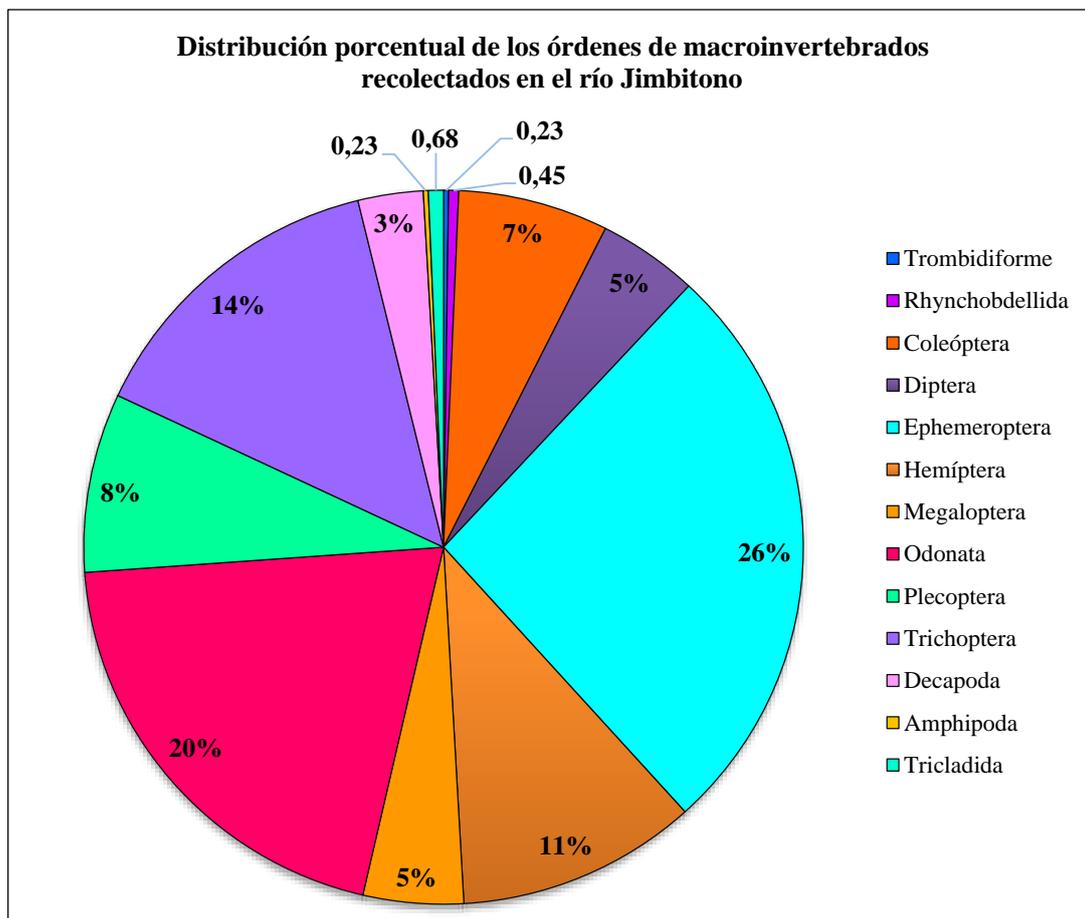


Ilustración 2-4: Distribución porcentual de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el estudio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

4.2.1 *Análisis de las familias taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo de estudio*

Durante el monitoreo realizado en la microcuenca en estudio, se recolectaron un total de 31 familias taxonómicas, donde la de mayor presencia corresponde a la familia Leptophlebiidae, perteneciente al orden de las Ephemeropteras, la cual se caracteriza por ser indicadora de buena calidad del agua debido a que su nivel de tolerancia a la contaminación según el índice BMWP/Col es de 9, es decir, no tolera aguas con contaminación. Del total de individuos recolectados, 51 corresponden a la familia antes mencionada, lo que equivale al 11,49% de la abundancia total, seguido muy de cerca por la familia Hydropsychidae (O. Trichoptera) y Perlidae (O. Plecoptera), indicadores de buena y mediana calidad (tolerancia de 7 y 10), y cuyos porcentajes de abundancia oscilan entre el 10,50% y 8,11% respectivamente.

La familia Tipulidae, perteneciente a la orden Díptera, es un indicador de aguas en mal estado, y alcanza un total de 18 ejemplares, lo cual representa al 4,05% del total de especímenes. Es importante destacar que la mayor abundancia de organismos en el tramo de estudio, pertenecen al orden de las Ephemeropteras, lo que en teoría indicaría que el tramo de la microcuenca en estudio presenta una calidad del agua Aceptable. Véase tabla 6 – 4 y Gráfico 3 – 4.

Tabla 6 - 4: Abundancia de especímenes por familias taxonómicas

CLASIFICACIÓN TAXONÓMICA DE LOS MACROINVERTEBRADOS				
CLASE	ORDEN	FAMILIA	NÚMERO DE INDIVIDUOS	ABUNDANCIA
Aracnida	Trombidiforme	Hydracarina	1	0,23
Hirudinea	Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	2	0,45
Insecta	Coleoptera	Dryopidae	17	3,83
		Elmidae	13	2,93
	Diptera	Empidae	2	0,45
		Tipulidae	18	4,05
	Ephemeroptera	Oligonueridae	4	0,90
		Leptohyphidae	15	3,38
		Leptophlebiidae	51	11,49
		Baetidae	23	5,18
		Heptageniidae	24	5,41
	Hemíptera	Naucoridae	31	6,98
		Veliidae	1	0,23
		Belostomatidae	1	0,23
		Gerridae	15	3,38
	Megaloptera		Corydalidae	20

	Odonata	Aeshnidae	13	2,93
		Calopterygidae	17	3,83
		Libellulidae	14	3,15
		Coenagrionidae	1	0,23
		Gomphidae	24	5,41
		Polythoridae	21	4,73
	Plecoptera	Perlidae	36	8,11
	Trichoptera	Hydropsychidae	47	10,59
		Leptoceridae	12	2,70
		Lepidostomatidae	1	0,23
Glossosomatidae		3	0,68	
Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae	7	1,58
		Pseudothelphusidae	6	1,35
	Amphipoda	Hyalellidae	1	0,23
Turbellaria	Tricladida	Dugesiiidae	3	0,68
		TOTAL	444	100

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.2.2 Valoración de índice BMWP/Col en las estaciones de muestreo durante el periodo de estudio

4.2.2.1 Estación PIRJ – Mayo

En la tabla 7 – 4 y el Gráfico 4 – 4, se puede observar que en la valoración del índice BMWP/Col las familias de mayor puntuación fueron: Gomphidae, Polythoridae y Perlidae de puntaje 10, mientras que las familias con menor puntuación fueron: Aeshnidae y Libellulidae de puntaje 6. Durante el monitoreo de macroinvertebrados el aumento de caudal dificultó en cierta medida la recolección de estos, la familia Gomphidae, Polythoridae (O. Odonata) y Perlidae (O. Plecoptera) fueron los especímenes en mayor abundancia, cabe recalcar que son indicadores de buena calidad.

La presencia de la familia Gomphidae en el punto de monitoreo se debe a las características del lugar como fue el sustrato compuesto por hojarasca y arena donde estos especímenes se entierran, son estacionales en su etapa adulta y permanentes en su etapa de ninfa, son intolerantes a la contaminación. (Ramírez 2010, pp. 117-118)

Tabla 7-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación PIRJ en el mes de mayo

ESTACIÓN PIRJ (19 – Mayo - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	4	7

2	Trichoptera	Leptoceridae	1	8
3	Decapoda	Palaemonidae	2	8
4	Decapoda	Pseudothelphusidae	2	8
5	Hemíptera	Naucoridae	2	8
6	Hemíptera	Gerridae	3	8
7	Odonata	Aeshnidae	2	6
8	Odonata	Calopterygidae	2	7
9	Odonata	Libellulidae	2	6
10	Odonata	Gomphidae	5	10
11	Odonata	Polythoridae	1	10
12	Plecoptera	Perlidae	4	10
13	Ephemeroptera	Baetidae	2	7
14	Ephemeroptera	Heptageniidae	3	7
15	Coleoptera	Dryopidae	1	7
VALOR TOTAL			36	116
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

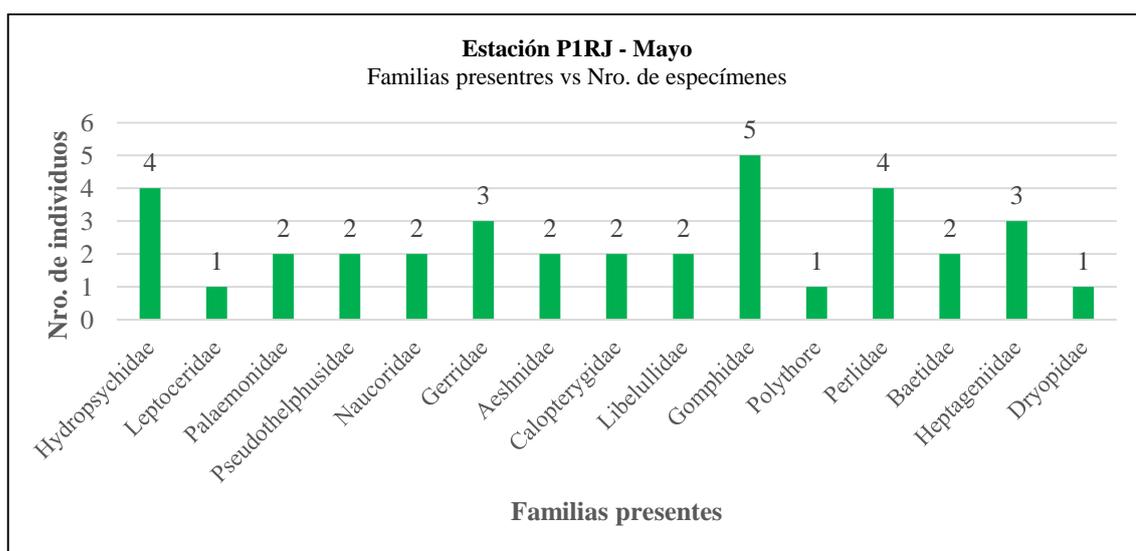


Ilustración 3-4: Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de mayo

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

Ramírez (2010, p.125) indica que la familia Polythoridae habita quebradas sombreadas de bosques y en zonas de rápidos con rocas y hojarasca, a su vez requieren de buena oxigenación del agua para su existencia, el punto P1RJ presenta estas características al conservar la flora de ribera creando el hábitat perfecto para esta familia. Según González et al. (2018, p.49) las ninfas de la familia Perlidae viven en ambientes lóticos de aguas rápidas, frías, turbulentas y muy oxigenadas, se hallan debajo de piedras, ramas y hojas, son esenciales para los ecosistemas acuáticos debido a que son controladores de otros macroinvertebrados y a su vez sirven de alimento para los peces.

En base a la presencia de estos individuos y a la calificación del índice BMWP/Col el punto P1RJ obtuvo una calificación de 112, es decir, agua de buena calidad.

4.2.2.2 Estación P1RJ – Junio

En el mes de junio se recolectaron 19 familias en la estación P1RJ, siendo el mes con más familias halladas como se puede apreciar en la tabla 8 – 4 y Gráfico 5 – 4, los taxones de buena calificación encontrados fueron: Gomphidae, Polythoridae, Perlidae y Oligoneuriidae, la presencia de los tres primeros especímenes se justifica en las características del punto de monitoreo como lo es la presencia de sustrato de hojarasca, arena, zonas sombreadas, rápidos y excelente oxigenación; la familia Oligoneuriidae presenta similares condiciones de hábitat, puesto que suelen habitar en ríos limpios y quebradas con corrientes rápidas y son intolerantes a la contaminación. (Flowers & De la Rosa 2010, p.81)

Tabla 8-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P1RJ en el mes de junio

ESTACIÓN P1RJ (11 – Junio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	6	7
2	Trichoptera	Leptoceridae	2	8
3	Decapoda	Palaemonidae	1	8
4	Decapoda	Pseudothelphusidae	2	8
5	Hemíptera	Naucoridae	2	8
6	Hemíptera	Calopterygidae	1	7
7	Odonata	Libellulidae	1	6
8	Odonata	Gomphidae	4	10
9	Odonata	Polythoridae	9	10
10	Diptera	Tipulidae	3	3
11	Plecoptera	Perlidae	1	10
12	Ephemeroptera	Oligonueridae	1	9
13	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	1	7
14	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	9
15	Ephemeroptera	Heptageniidae	1	7
16	Megaloptera	Corydalidae	1	6
17	Coleoptera	Dryopidae	1	7
18	Coleoptera	Elmidae	7	6
19	Tricladida	Dugesidae	1	5
VALOR TOTAL			47	140
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

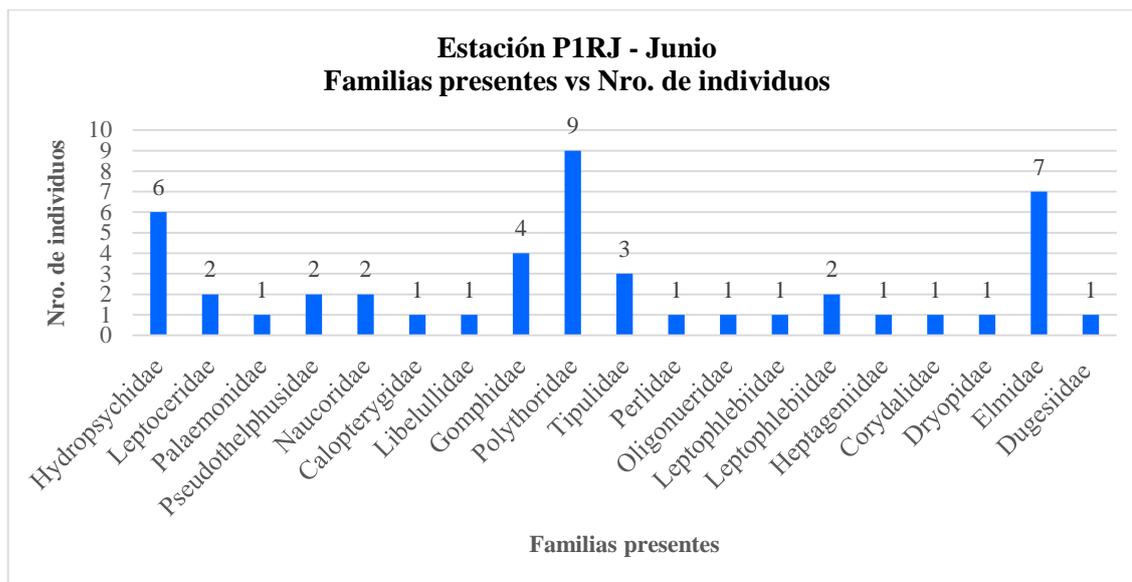


Ilustración 4-4: Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de junio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Por otro lado, las familias con más individuos recolectados fueron: Hydropsychidae y Elmidae, las cuales poseen un valor de 7 según el índice biótico, se caracterizan por tolerar cambios en las condiciones ambientales, su alimentación se basa en la materia orgánica, detritus suspendidos y habitan en zonas de corrientes (Mosquera-Murillo 2019, p.222; Springer et al. 2010, pp. 20-21). Su presencia puede estar asociada a las fuertes precipitaciones que se dieron dos días antes del monitoreo.

4.2.2.3 Estación P1RJ – Julio

En el mes de julio se recolectaron nuevamente especímenes de la familia Polythoridae y Perlidae reafirmando que el punto P1RJ cumple con las condiciones de hábitat para que estos taxones existan, sin embargo, también se evidenció la presencia en mayor cantidad de la familia Leptohyphidae (O. Ephemeroptera) el cual es un indicador de aguas modernamente contaminadas ya que pueden tolerar esas condiciones, aunque su presencia puede deberse a otras condiciones como las fuertes precipitaciones provocando su arrastre desde otros puntos, zonas con rápidos o al cambio de temperatura; las ninfas viven entre las piedras, hojarasca sumergida y en vegetación acuáticas condiciones que provee el punto P1RJ. (Flowers & De la Rosa 2010, pp. 64-68)

Tabla 9-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P1RJ en el mes de julio

ESTACIÓN P1RJ (02 – Julio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	6	7

2	Trichoptera	Leptoceridae	7	8
3	Trichoptera	Glossosomatidae	1	7
4	Decapoda	Palaemonidae	1	8
5	Hemíptera	Libellulidae	1	6
6	Hemíptera	Polythoridae	3	10
7	Odonata	Empidae	2	4
8	Odonata	Tipulidae	5	3
9	Plecoptera	Perlidae	7	10
10	Ephemeroptera	Leptohiphidae	10	7
11	Ephemeroptera	Baetidae	2	7
12	Ephemeroptera	Heptageniidae	4	7
13	Megaloptera	Corydalidae	1	6
14	Coleoptera	Dryopidae	8	6
15	Coleoptera	Elmidae	2	6
16	Trombidiforme	Hydracarina	1	8
VALOR TOTAL			61	103
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

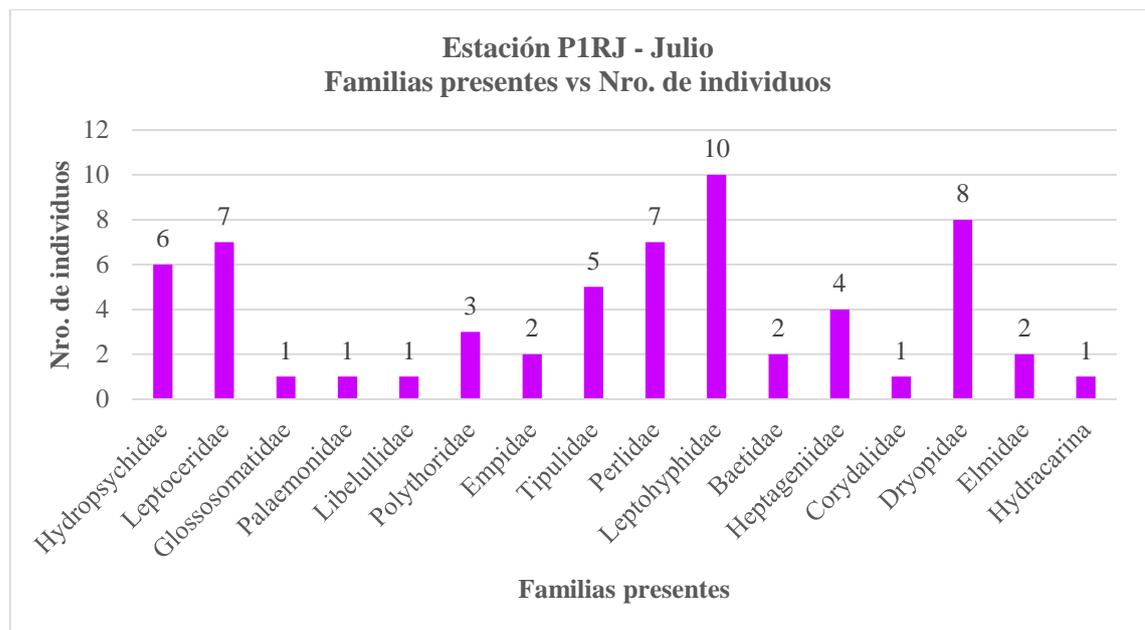


Ilustración 5-4: Abundancia de familias en la estación P1RJ en el mes de julio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

La familia Dryopidae (O. Coleoptera) y Leptoceridae (O. Trichoptera) fueron de las familias con mayores individuos hallados, estas familias se caracterizan por habitar en zonas con sustratos de hojarasca. Springer (2010, p.152) expresa que las larvas de Leptoceridae son cosmopolitas, viven en ambientes lénticos o lóxicos y se alimentan de la materia orgánica suspendida; Abdiel (2018, p.43) indica que las larvas o ninfas de la familia Dryopidae pueden ser utilizadas como indicadores de

la calidad del agua debido a que respiran el oxígeno disuelto en agua, asimismo indica que puede ser asociados en la medición de otros parámetros de contaminación en los ecosistemas acuáticos. La presencia de estas familias puede asociarse al aumento del caudal por las fuertes precipitaciones en la zona dos días antes del monitoreo, debido a que al vivir en sustratos con hojarasca pudieron ser arrastrados hasta el punto.

4.2.2.4 Estación P2RJ – Mayo

En la tabla 10 – 4 y el Gráfico 7 – 4 se pueden apreciar las familias recolectadas en el punto P2RJ, se pudo evidenciar la presencia de las familias Oligoneuriidae, Polythoridae y Perlidae su presencia fue asociada al aumento del caudal y precipitaciones durante el monitoreo, puesto que el punto P2RJ no cumple con las condiciones de hábitat para que estas familias puedan subsistir, la casi nula presencia de vegetación de ribera hace imposible su desarrollo en la zona. Se recolectaron mayormente familias con mayor tolerancia a la contaminación, la familia Naucoridae se distingue por habitar zonas lóxicas de los cuerpos hídricos con arena y piedras que los ayudan a protegerse de la corriente (Herrera 2012, p.29); los especímenes de Hydropsychidae se caracterizan por ser filtradoras de la materia orgánica fina suspendida (Springer 2010, p.152) la misma que está presente en el punto a causa de la actividad ganadera colindante al cuerpo hídrico, éstas pueden tolerar cierto grado de contaminación.

La familia Corydalidae suele encontrarse en arroyos con aguas calcáreas y frías o en ríos con cierta turbidez y menor concentración de oxígeno disuelto (Contreras-Ramos 2009, p.235) características que posee el punto P2RJ debido a que su estructura fue modificada el caudal de la microcuenca no se distribuye uniformemente y forma zonas lenticas donde la concentración de oxígeno disuelto es menor. Las condiciones del medio son propicias para que familias tolerantes a la contaminación puedan desarrollarse.

Tabla 10-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de mayo

ESTACIÓN P2RJ (19– Mayo - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	3	7
2	Hemíptera	Naucoridae	1	7
3	Odonata	Aeshnidae	1	6
4	Odonata	Libellulidae	1	6
5	Odonata	Polythoridae	2	10
6	Plecoptera	Perlidae	1	10
7	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	1	10

8	Ephemeroptera	Heptageniidae	2	7
9	Megaloptera	Corydalidae	2	6
10	Coleoptera	Dryopidae	2	7
VALOR TOTAL			16	68
CALIDAD				ACEPTABLE

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

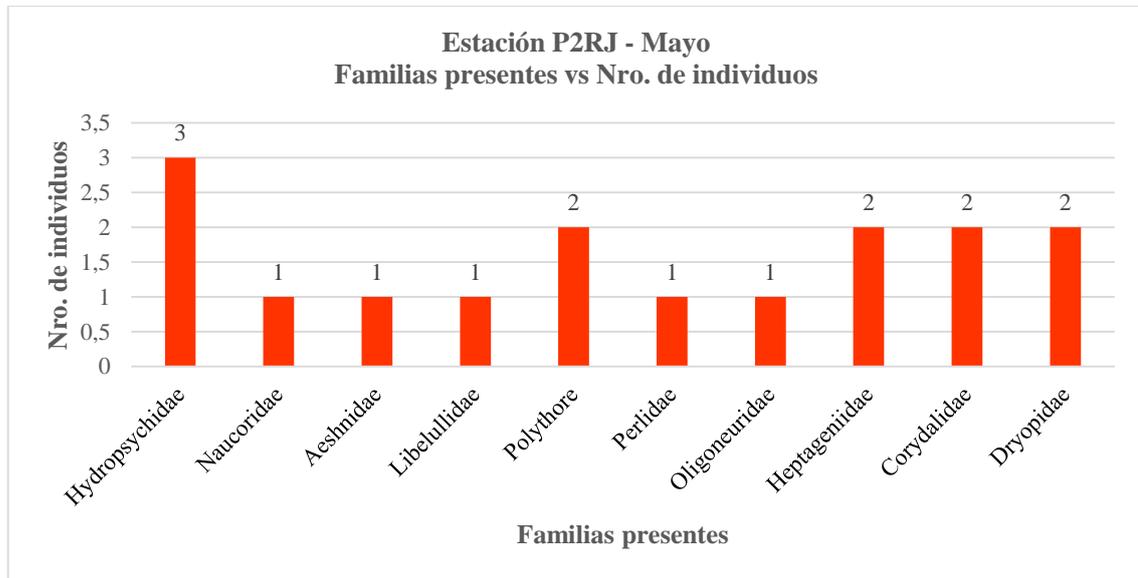


Ilustración 6-4: Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de mayo

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.2.2.5 Estación P2RJ – Junio

Para el mes junio se recolectaron 18 familias taxonómicas, de las cuales prevalecen las familias recolectadas en mayo como son: Corydalidae, Hydropsychidae, Libellulidae, Aeshnidae y Dryopidae que son especímenes caracterizados por tolerar cierto grado de contaminación como ya se mencionó en el mes de mayo para el punto P2RJ. La presencia de las familias Perlidae y Oligoneuriidae se asociaron a las fuertes precipitaciones en la zona días antes del monitoreo, puesto que la zona no posee las condiciones de hábitat para que estas puedan desarrollarse.

Según Flowers & De la Rosa (2010, p.80) menciona que la existencia de la familia Leptophlebiidae aunque no acepta aguas con contaminantes esta puede encontrarse en ríos llenos de sedimento que pasan por áreas cultivadas y al ser del tipo necton puede desplazarse a zonas intervenidas por el hombre.

El espécimen de la familia Belostomatidae a pesar de no ser un buen indicador de la calidad del agua cumple un papel fundamental en el ecosistema e influye indirectamente en la salud humana, esto debido a que dentro de su alimentación se encuentran las larvas de mosquitos que causan el paludismo, dengue, zika y chikungunya que se desarrollan en ambientes acuáticos donde son presas de los belostomátidos, ayudando a regular el tamaño de las poblaciones de mosquitos. (Reynoso-Velasco & Novelo-Gutiérrez 2013)

La familia Tipulidae se caracteriza por su preferencia alimenticia que es la materia orgánica particulada gruesa, el detritus y otros organismos (Hanson, Springer y Ramirez 2010) al tener un valor muy bajo según el índice biótico esta indica que puede tolerar condiciones de contaminación muy altos e indica una calidad del agua mala (Carrera & Fierro 2001, p.30). En este punto a pesar de poseer familias con bajos valores según el índice biótico tiene una calificación de agua buena por la cantidad de familias recolectadas. Véase tabla 11 – 4 y Gráfico 8 – 4.

Tabla 11-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de junio

ESTACIÓN P2RJ (11 – Junio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	5	7
2	Trichoptera	Leptoceridae	1	8
3	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	8
4	Hemíptera	Naucoridae	3	7
5	Hemíptera	Belostomatidae	1	5
6	Odonata	Aeshnidae	3	6
7	Odonata	Calopterygidae	2	7
8	Odonata	Libellulidae	1	5
9	Odonata	Coenagrionidae	1	7
10	Diptera	Tipulidae	5	3
11	Plecoptera	Perlidae	6	10
12	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	2	9
13	Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	7
14	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	6	9
15	Ephemeroptera	Heptageniidae	1	7
16	Megaloptera	Corydalidae	8	6
17	Coleoptera	Dryopidae	3	7
18	Coleoptera	Elmidae	3	6
VALOR TOTAL			55	125
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

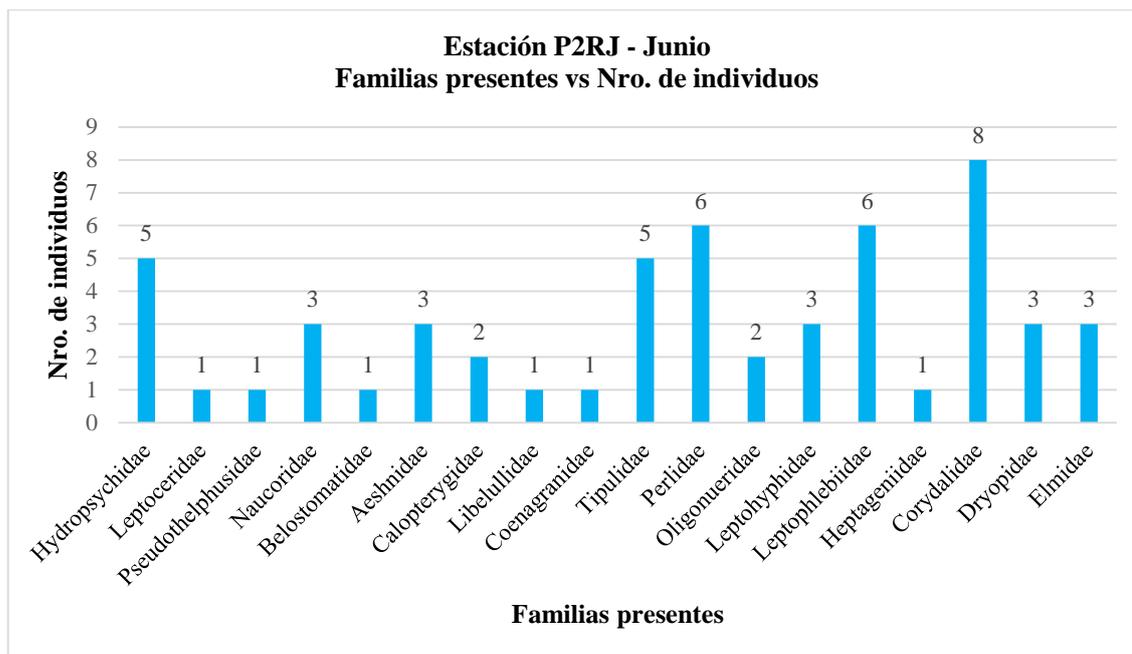


Ilustración 7-4: Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de junio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.2.2.6 Estación P2RJ – Julio

De acuerdo a la tabla 12 – 4 y Gráfico 9 – 4 se recolectaron 17 familias taxonómicas, sin embargo, es importante señalar que las condiciones climáticas (fuertes precipitaciones) durante el monitoreo pudieron favorecer la recolección de esta cantidad de macroinvertebrados en vista de que el punto P2RJ ha sido intervenido por el hombre no posee un hábitat propicio para el desarrollo natural de familias como Coenagraniidae, Perlidae y Oligoneuriidae las cuales son exigentes en condiciones ambientales para vivir.

Tabla 12-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P2RJ en el mes de junio

ESTACIÓN P2RJ (02 – Julio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	2	7
2	Trichoptera	Leptoceridae	2	8
3	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	8
4	Hemíptera	Naucoridae	7	8
5	Hemíptera	Belostomatidae	3	8
6	Odonata	Aeshnidae	1	6
7	Odonata	Calopterygidae	2	6
8	Odonata	Libellulidae	1	5
9	Odonata	Coenagraniidae	6	10

10	Diptera	Tipulidae	1	3
11	Plecoptera	Perlidae	3	10
12	Ephemeroptera	Oligonueridae	6	9
13	Ephemeroptera	Leptohyphidae	2	7
14	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	2	7
15	Ephemeroptera	Heptageniidae	4	6
16	Megaloptera	Corydalidae	2	6
17	Coleoptera	Dryopidae	2	3
VALOR TOTAL			47	119
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

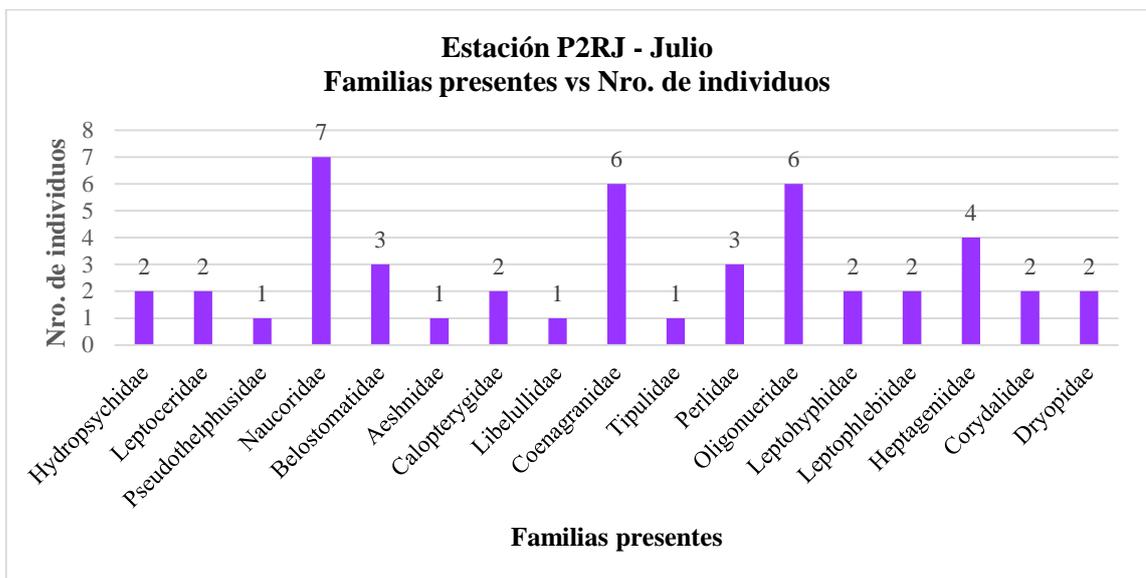


Ilustración 8-4: Abundancia de familias en la estación P2RJ en el mes de julio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Por otro lado, la presencia de familias como: Aeshnidae, Calopterygidae, Corydalidae, Heptageniidae, Hydropsychidae, Tipulidae son taxones que pueden tolerar aguas moderadamente contaminadas. Según (Ramírez 2010, p.124) la familia Calopterygidae habita en quebradas abiertas, en rápidos con materia orgánica o vegetación y pueden sobrevivir en contaminación de moderada a alta, de igual forma la familia Heptageniidae puede vivir en ríos tibios, lentos y con contaminación moderada (Flowers & De la Rosa 2010, pp.64-86).

En base a los resultados de la tabla 12 – 4 la presencia de las familias taxonómicas con valores moderados de contaminación indica que la zona de monitoreo se ha visto afectada por las actividades agropecuarias que se realizan en sus riberas, lo que ha creado un ambiente propicio para que estos taxones puedan desarrollarse.

4.2.2.7 Estación P3RJ – Mayo

Para la estación P3RJ en el mes de mayo se recolectaron 10 familias taxonómicas, donde predominaron especímenes de la familia Veliidae que son conocidos como patinadores de agua ya que habitan en el epineuston (Hanson et al. 2010, p.5); Molano-Rendón et al. (2008, p.56) indica que algunos géneros de esta familia prefieren las zonas lénticas. Las familias Baetidae y Heptageniidae (O. Ephemeroptera) tienden a tolerar cierto grado de contaminación así como el cambio de temperatura, suelen habitar en aguas con corriente y pueden soportar alteraciones de su hábitat (Flowers & De la Rosa 2010, pp.69-85); la estación P3RJ ha sido gravemente intervenida, se han realizado modificaciones en su estructura para crear zonas lénticas y profundas que son usadas como balnearios, se ha desviado su caudal y su material pétreo ha sido retirado, además se realizan actividades ganaderas colindando con las riberas de la microcuenca, todo esto ha causado un deterioro del ecosistema por lo que la presencia de familias tolerantes a la contaminación es más abundante. Véase tabla 14 – 4.

Tabla 13-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de mayo

ESTACIÓN P3RJ (19 – Mayo - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	4	7
2	Decapoda	Palaemonidae	1	8
3	Hemíptera	Naucoridae	4	8
4	Hemíptera	Gerridae	7	8
5	Odonata	Aeshnidae	1	6
6	Odonata	Calopterygidae	2	7
7	Odonata	Gomphidae	1	10
8	Plecoptera	Perlidae	2	10
9	Ephemeroptera	Baetidae	6	7
10	Ephemeroptera	Heptageniidae	6	7
VALOR TOTAL			34	77
CALIDAD				ACEPTABLE

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

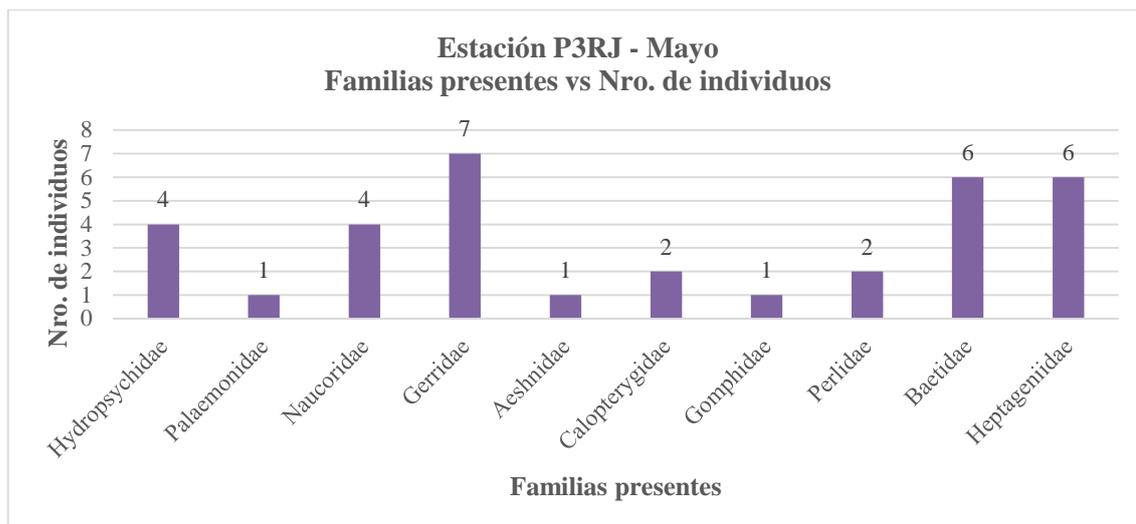


Ilustración 9-4: Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de mayo

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

La presencia de las familias Gomphidae, Palaemonidae y Perlidae se relaciona a las fuertes precipitaciones que se dieron durante en el monitoreo, pues la estación P3RJ no cumple con las condiciones para que estos taxones puedan desarrollarse.

4.2.2.8 Estación P3RJ – Junio

En el mes de junio la cantidad de taxones recolectados fue mayor que la del mes de mayo, esto se relacionó a las fuertes precipitaciones en la comunidad de Jimbitono, por lo que se evidenciaron familias como: Gomphidae, Palaemonidae, Perlidae y Pseudothelphusidae, las cuales presumiblemente fueron arrastradas junto con el sustrato por las corrientes de agua. Por otro lado, las familias Baetidae, Heptageniidae, Hydropsychidae, Naucoridae, Calopterygidae, y Libellulidae nuevamente se hicieron presentes, reafirmando que la estación P3RJ presenta las condiciones para que estos taxones puedan desarrollarse y que existe una moderada contaminación del cuerpo hídrico. Véase tabla 14 – 4 y Gráfico 11 – 4.

Tabla 14-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de junio

ESTACIÓN P3RJ (02 – Junio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	6	7
2	Trichoptera	Lepidostomatidae	1	8
3	Decapoda	Palaemonidae	1	8
4	Decapoda	Pseudothelphusidae	1	8
5	Hemíptera	Naucoridae	10	8

6	Odonata	Calopterygidae	6	7
7	Odonata	Libellulidae	3	6
8	Odonata	Gomphidae	9	10
9	Diptera	Tipulidae	2	3
10	Plecoptera	Perlidae	3	10
11	Ephemeroptera	Leptohyphidae	1	7
12	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	3	9
13	Ephemeroptera	Baetidae	10	7
14	Ephemeroptera	Heptageniidae	4	7
15	Tricladida	Dugesiidae	1	5
16	Amphipoda	Hyalellidae	1	7
VALOR TOTAL			62	117
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

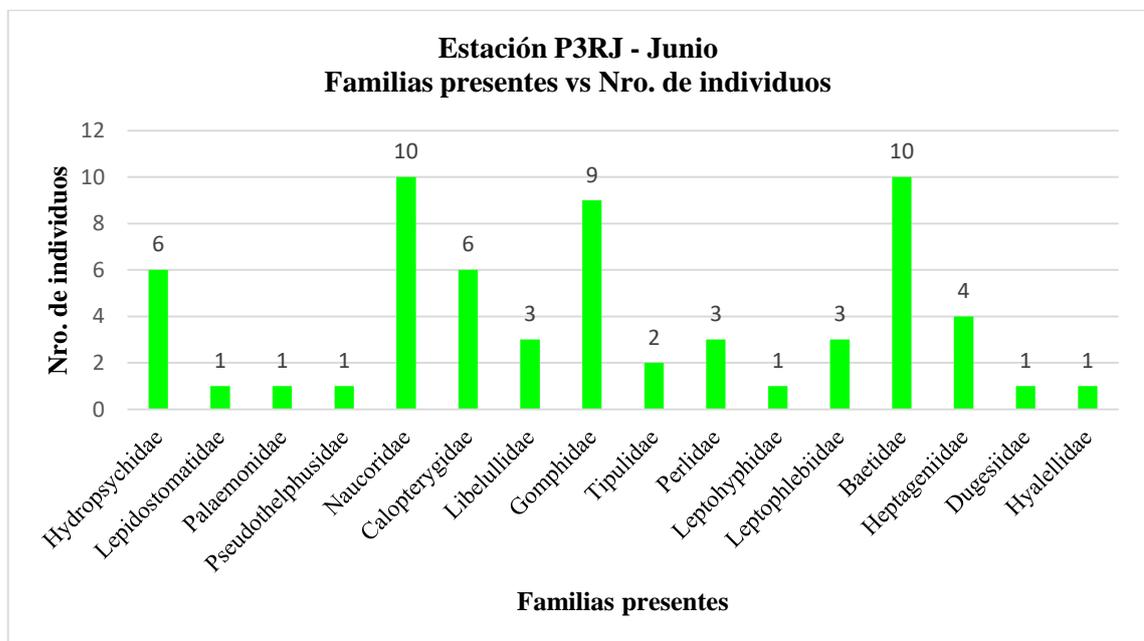


Ilustración 10-4: Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de junio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

También se evidenciaron 1 espécimen de las familias Dugesiidae y Hyalellidae, este último relacionado al aumento de la temperatura del agua como indica (Cordero-Ledergerber 2015, p.43) en su estudio. La familia Tipulidae indicadora de mala calidad del agua presentó dos individuos, mientras que la familia Lepidostomatidae presentó únicamente uno, de esta familia cabe destacar que su alimentación se basa de materia orgánica en descomposición y sus larvas forman caparzones de arena, acostumbran a vivir en zonas pedregosas y de corriente, condiciones que reúne la estación monitoreada en vista de que sustratos se compone principalmente de piedras.

La presencia de familias tolerantes a una moderada contaminación del agua indica que este ecosistema ha sufrido fuertes cambios, sin embargo, aún conserva su capacidad auto depuradora.

4.2.2.9 Estación P3RJ – Julio

Como se puede apreciar en la tabla 15 – 4 y el Gráfico 12 – 4, la presencia de la familia Leptophlebiidae en la estación de monitoreo fue muy alta a comparación de otras familias y estaciones, esto debido al incremento del caudal por las precipitaciones durante el monitoreo, por lo que se descarta su presencia como buena indicadora de la calidad del agua del punto P3RJ, además se debe mencionar que la estación no cumple con las condiciones para que esta familia pueda desarrollarse, estas consideraciones también se tomaron en cuenta para las familias Gomphidae y Perlidae, sin embargo, en el cálculo del índice BMWP/Col se tomaron en cuenta dando como resultado una calidad del agua Buena.

Tabla 15-4: Valoración del índice BMWP/Col en la estación P3RJ en el mes de julio

ESTACIÓN P3RJ (02 – Julio - 2022)				
Nro.	Orden	Familia	Abundancia	BMWP/Col
1	Trichoptera	Hydropsychidae	11	7
2	Trichoptera	Leptoceridae	1	8
3	Hemíptera	Naucoridae	2	7
4	Hemíptera	Veliidae	1	8
5	Hemíptera	Gerridae	2	8
6	Odonata	Aeshnidae	6	6
7	Odonata	Calopterygidae	3	7
8	Odonata	Libellulidae	3	6
9	Odonata	Gomphidae	4	10
10	Diptera	Tipulidae	2	3
11	Plecoptera	Perlidae	9	10
12	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	34	9
13	Ephemeroptera	Baetidae	1	7
14	Ephemeroptera	Heptageniidae	1	7
15	Megaloptera	Corydalidae	4	6
16	Coleoptera	Elmidae	1	6
17	Tricladida	Dugesidae	1	5
VALOR TOTAL			86	115
CALIDAD				BUENA

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

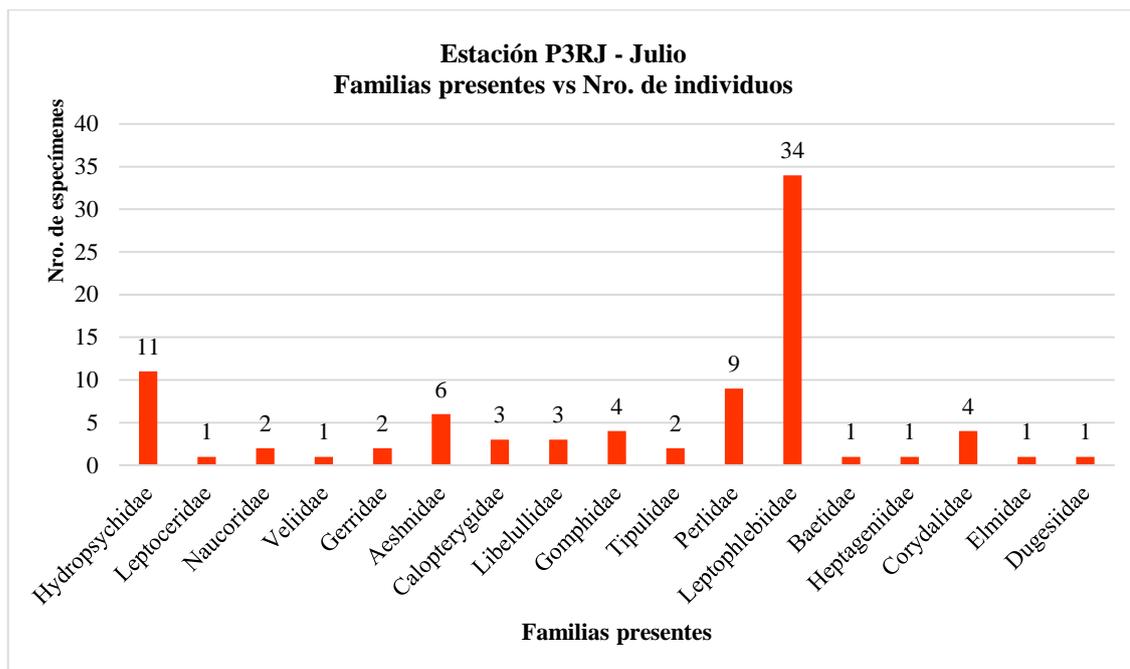


Ilustración 11-4: Abundancia de familias en la estación P3RJ en el mes de julio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

Según González et al. (2018, p.71) y Rincón et al. (2017, p.54) los Elmidae son macroinvertebrados que frecuentan zonas de corriente y poco profundas por lo que son conocidos como “escarabajos de los rápidos”, se alimentan de detritus y se desplazan por la grava fina y arena, su presencia en la zona se debe a que ciertos tramos de la microcuenca presenta estas características.

Al igual que en el mes de junio las familias Hydropsychidae, Tipulidae, Libellulidae, Dugesitidae fueron recolectadas pudiendo así confirmar que la calidad del agua de la estación P3RJ presenta una contaminación moderada.

4.2.3 Resultados del promedio general del índice BMWP/Col

Tabla 16-4: Promedio general del índice BMWP/Col en las tres estaciones de monitoreo durante el estudio

BMWP/Col en las estaciones P1RJ, P2RJ Y P3RJ						
Estaciones	MAYO	JUNIO	JULIO	PROMEDIO	CLASIFICACIÓN	CLASE
P1RJ	116	140	103	119,67	BUENA	I
P2RJ	68	125	119	104,00	BUENA	I
P3RJ	77	117	115	103,00	BUENA	I

Realizado por: Jennifer Karákras

4.3 Resultados del Análisis de Correlación Canónica entre los parámetros fisicoquímicos y los bioindicadores

Con el objetivo de identificar la correlación entre las variables fisicoquímicas y microbiológicas y las familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono se realizó un análisis de correspondencia canónico (ACC) que utiliza un método de ordenación para aplicar y predecir las abundancias y presencias de los taxones evaluados a partir de las variables ambientales. (Toro et al. 2003, p.8)

El ACC indicó que la varianza entre las variables ambientales y biológicas puede ser explicada por los 2 primeros ejes en un 100% en los tres meses de monitoreo. El ACC se realizó considerando las tres estaciones de muestreo del mes en que fueron monitoreadas, se suprimieron los parámetros físico químicos que tuvieron como valor cero en las tres estaciones debido a que el software no procesaba más de dos valores repetidos.

4.3.1 ACC de la correlación entre parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de mayo

En el mes de mayo se obtuvo una varianza de 66,63% para el eje 1 y 33,37% para el eje 2, en la (Ilustración 1 – 4) se pudo apreciar que el primer eje se relacionó con la estación de muestreo P3RJ (■3) los parámetros de sólidos disueltos totales, turbidez y temperatura se ubicaron en el lado negativo de esta dimensión. En función al ACC las familias Baetidae y Heptageniidae estuvieron relacionadas a la alta temperatura del agua, concordando con lo expresado por (Flowers & De la Rosa 2010, p.64) de igual forma Baetidae estuvo estrechamente asociada con altos valores de sólidos disueltos totales, turbidez lo que coincide con el estudio realizado en una cuenca andina colombiana por (Forero-Céspedes et al. 2016, p.470), sin embargo, difiere en cuanto a la concentración de oxígeno debido a que este parámetro resultó inversamente proporcional a los sólidos disueltos.

Los resultados obtenidos sugieren que la diversidad de la familia Naucoridae aumenta con el incremento de la temperatura y disminuye respecto a la altura, contrastando con el estudio realizado por Molano-Rendón & Morales-Castaño (2006, p.18) que indican que la diversidad de chinches acuáticas (Naucoridae) y semiacuáticas disminuye a medida que baja la temperatura del agua y aumenta la altura sobre el nivel de mar en aguas lóxicas. Respecto a la familia Veliidae se pudo apreciar su relación de abundancia con el aumento de sólidos disueltos, más sin embargo no se hallaron estudios que confirmen o nieguen esta relación.

En la estación P1RJ (●1) la abundancia de la familia Palaemonidae presentó una cercana relación positiva respecto a la concentración de nitratos (4,8 mg/l NO_3^-), similares resultados se presentaron en el estudio realizado por Quesada-Alvarado et al. (2020, p.61) donde este taxón respondió de manera positiva a los nitratos y con una relación leve al aumento de caudal en el río Naranjo, para el caso de Polythoridae esta relación fue menor. En el estudio realizado en el río Jurumbaino por (Pérez et al. 2021, p.275) se evidenció una relación fuerte positiva entre la familia Leptoceridae y la concentración de nitratos, difiriendo con los resultados obtenidos en el mes de mayo en el río Jimbitono, donde este taxón no presenta una relación directa con esta variable.

En la estación P2RJ (△2) las familias Aeshnidae y Libellulidae mostraron una correlación muy afín con las variables fisicoquímicas de oxígeno disuelto y DBO5 el segundo taxón presenta un incremento de abundancia con valores de pH bajos, estos resultados coinciden con los expuestos por Orejuela (2017, p.39) quien menciona que los pH altos son limitantes de las comunidades de Libellulidae. La familia Hydropsychidae se relacionó con la concentración de coliformes fecales, como indica Springer (2010, p.168) se encuentran casi siempre en zonas de corrientes moderadas a fuertes, donde filtran la materia orgánica en suspensión mediante redes.

Las familias Pseudothelphusidae, Oligoneuriidae y Corydalidae no estuvieron asociadas directa o indirectamente a ningún parámetro fisicoquímico y microbiológico.

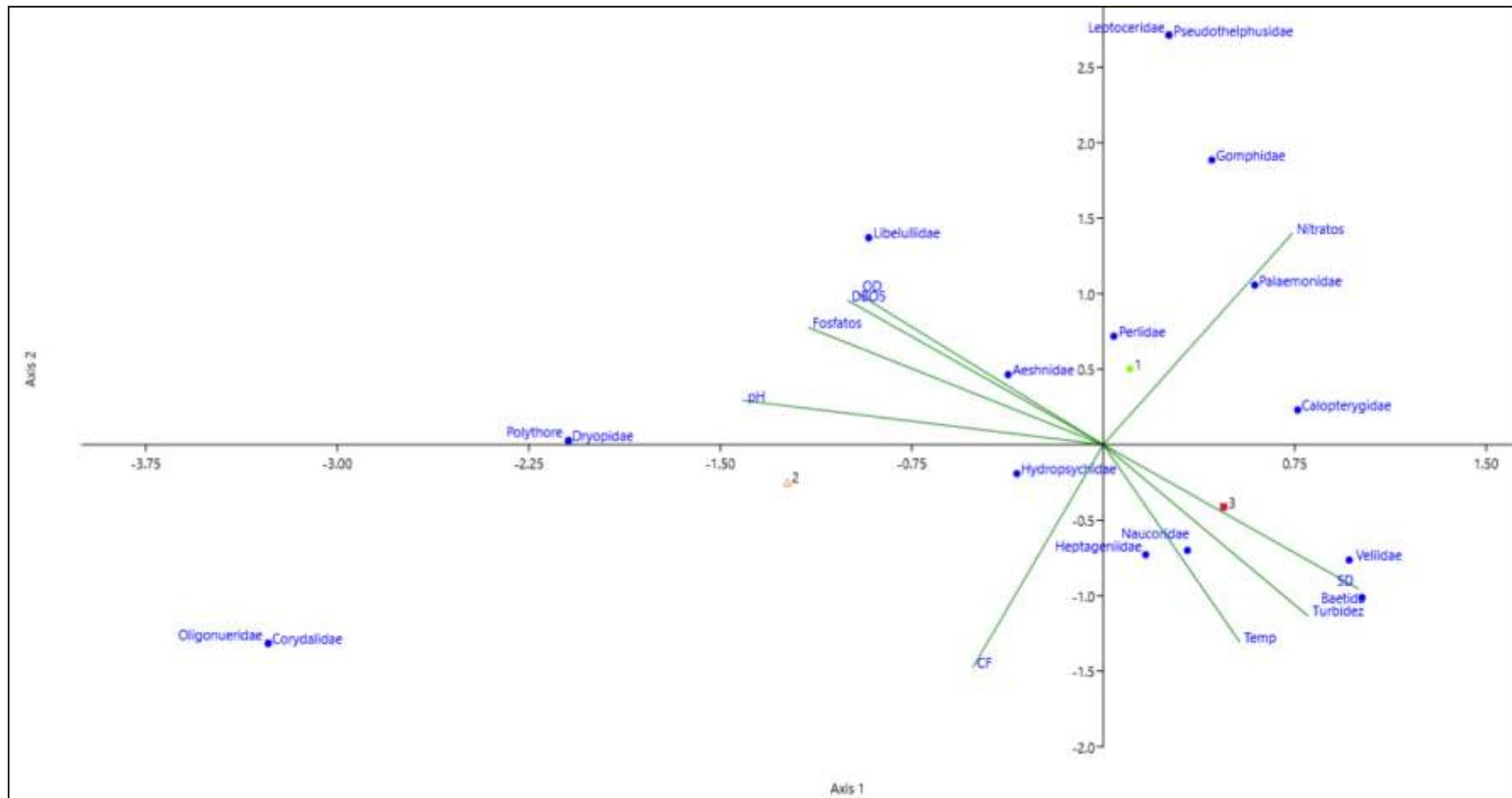


Ilustración 12-4: Análisis canónico de correspondencia de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de mayo

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.3.2 ACC de la correlación entre parámetros físicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de junio

En el mes de junio se obtuvo una varianza del 58,55% para el eje 1 y de 41,15% para el eje 2. En la Ilustración 2 – 4 se puede evidenciar que en el primer eje se relacionó con la estación P3RJ (♦JN3) a las variables de Fosfatos (PO_4^{3-}) mg/l, Sólidos disueltos totales y temperatura del agua en el lado negativo de esta dimensión a las familias Libellulidae, Heptageniidae, Naucoridae y Calopterygidae. Como se observa en el Gráfico la familia Naucoridae presentó una tendencia hacia la temperatura, similar resultado obtuvo Kudthlang & Thanee (2010, p.175) en su estudio realizado en la cuenca de Chin sobre variables fisicoquímicas y macroinvertebrados bentónicos.

El eje 2 se asoció a la estación P1RJ (■JN1) con los parámetros de Oxígeno disuelto y DBO5, las familias Elmidae y Leptoceridae se vieron influenciadas por la demanda biológica de oxígeno, la cual presentó 1,2 mg/l O_2 como máximo valor lo que indica aguas bien oxigenadas, en el caso de Elmidae según González Córdoba et al. (2020, p.602) requiere una alta demanda de oxígeno disuelto en el agua, razón por la cual se asocia a aguas limpias. La investigación realizada en el humedal de Jaboque por Rivera-Usme et al. (2013, p.405) mencionan que el aumento de sólidos suspendidos influyó en la disminución de individuos de la familia de Hyalellidae, lo que encaja con los resultados del ACC donde se evidencia que bajos valores de SDT (80 ppm) permiten que se desarrolle este taxón.

Las familias Aeshnidae, Belostomatidae, Coenagrionidae, Corydalidae, Dryopidae, Leptohiphidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Perlidae y Tipulidae. no estuvieron asociadas directa o indirectamente a ningún parámetro fisicoquímico y microbiológico en la estación P2RJ (▼JN2).

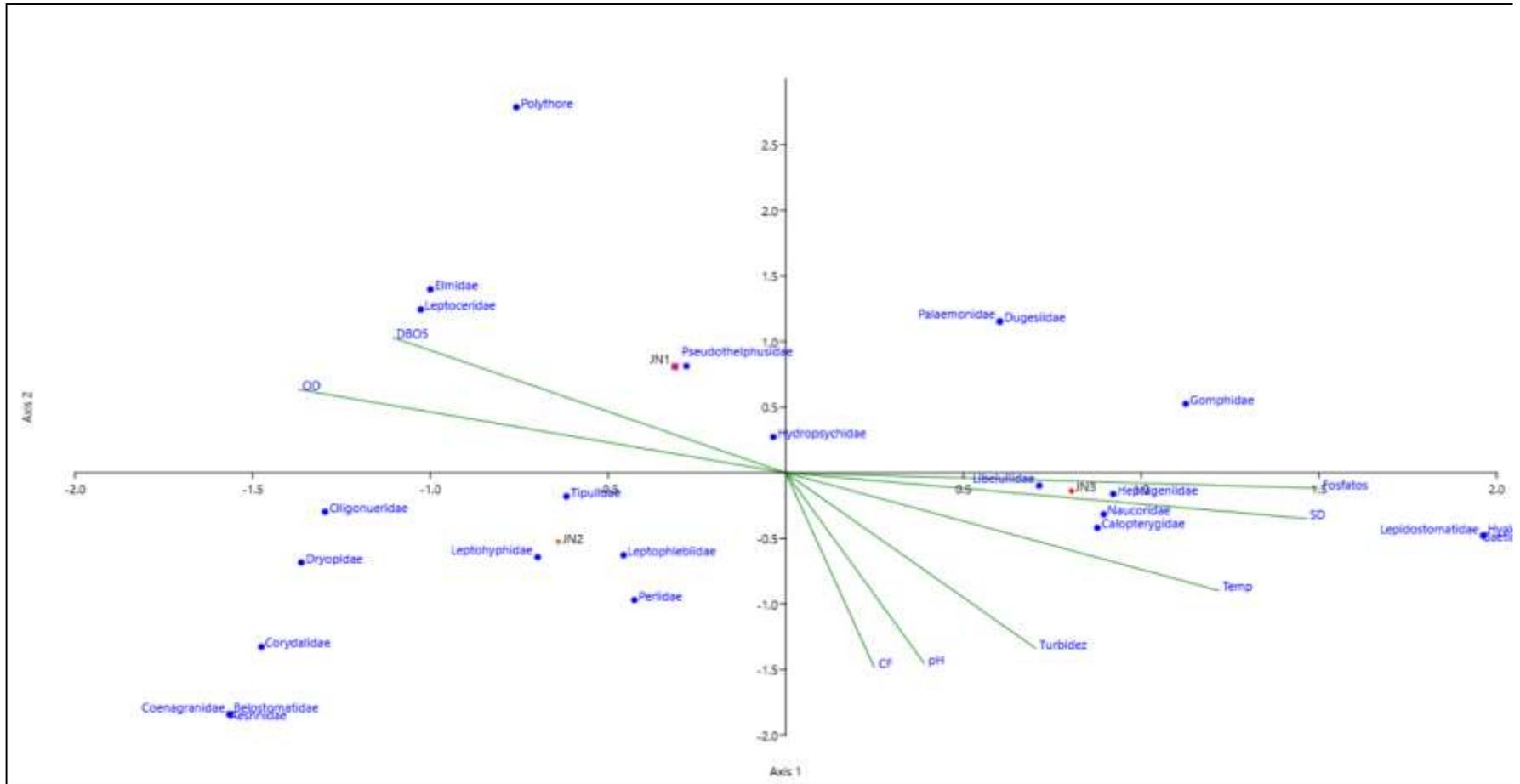


Ilustración 13-4: Análisis canónico de correspondencia de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de junio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.3.3 ACC de la correlación entre parámetros fisicoquímicos y familias de macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de julio

En el mes de julio se obtuvo una varianza del 64,71% para el eje 1 y del 35,39% para el eje 2. Referente a la estación P2RJ (♦JL2) se asociaron las variables fisicoquímicas de oxígeno disuelto, pH y sólidos disueltos totales, donde las familias Libellulidae, Corydalidae y Veliidae estuvieron muy próximas a estas variables, lo que se puede interpretar como su abundancia está relacionada positivamente a altos valores de oxigenación de agua, pH neutros y concentraciones moderadas de SDT.

En el estudio realizado en el río Putumayo por Padilla-Gil (2016, p.664) expone que la familia Veliidae se encuentra mayoritariamente en sistemas lóticos, con aguas cristalinas, cálidas, bien oxigenadas y con sustrato rocoso, estos resultados encajaron con la gráfica del ACC donde se evidencia que esta familia tiende a valores altos de oxígeno disuelto. Por su parte Onah et al. 2022, p.8) indican en su investigación que la familia Libellulidae se asoció negativamente con el pH, temperatura, DBO, turbidez, fosfatos y nitratos, estos resultados difieren mucho con los obtenidos en el río Jimbitono donde la relación es positiva respecto a este taxón y al parámetro de pH.

Liu et al. (2012, p.6) exponen que las larvas de Corydalidae requieren altos niveles de oxígeno disuelto para respirar, esta relación positiva se pudo verificar con el ACC. Los taxones de Naucoridae y Glossiphoniidae se mostraron dispersos en esta dimensión por lo que no se asociaron a los parámetros ya mencionados.

Para la estación P3RJ (■JL3) se relacionaron los parámetros de fosfatos y temperatura, las familias Calopterygidae, Gomphidae, Leptophlebiidae se mostraron vinculadas negativamente a estas variables, al igual que Hydropsychidae mostró una relación negativa con la turbidez y coliformes fecales, Aeshnidae y Dugesiidae se ubicaron entre las variables de temperatura y turbidez mostrando igualmente una relación negativa, lo que concuerda con los resultados obtenidos por Akindede & Olutona (2015, p.544) que obtuvieron una correlación negativa entre la temperatura y SST con la familia Dugesiidae.

Las familias Elmidae, Leptoceridae, Leptohiphidae y Tipulidae se ubicaron en el eje 1 en la estación P1RJ (▲JL1), no presentaron relación alguna con los parámetros fisicoquímicos, al igual que las familias Baetidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Heptageniidae, Palaemonidae, Perlidae y Polythoridae tampoco se asociaron a alguna variable ambiental y mucho menos a una estación como se puede observar en la Ilustración 3 – 4.

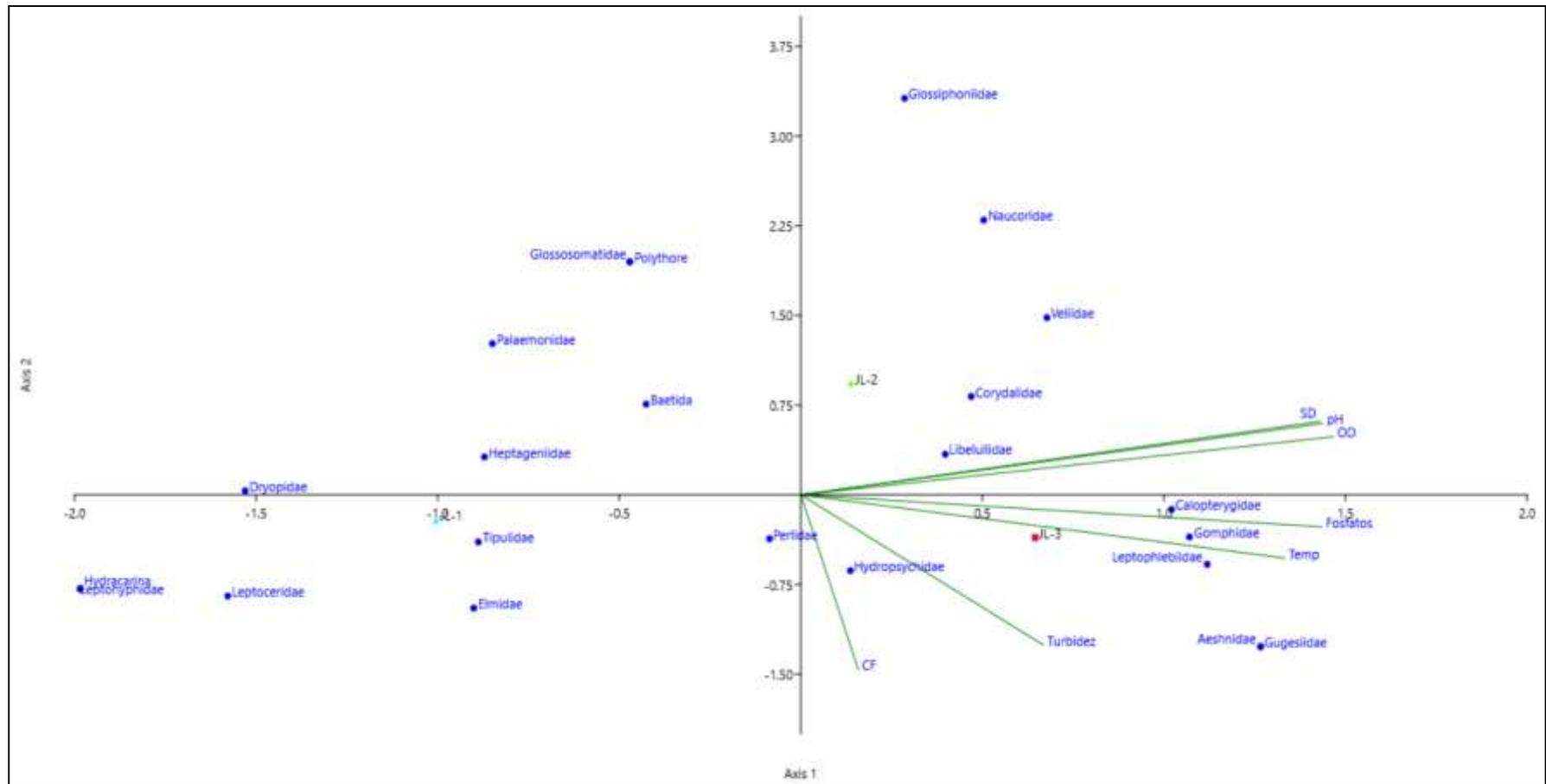


Ilustración 14-4: Análisis canónico de correspondencia de la correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los macroinvertebrados acuáticos del río Jimbitono en el mes de julio

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

4.4 Propuesta

4.4.1 Propuesta del plan de manejo de la microcuenca del río Jimbitono

El plan de manejo de la microcuenca del río Jimbitono estará enfocada en la conservación y protección de esta, cuya finalidad es implementar estrategias que garanticen calidad y cantidad de los componentes bióticos y abióticos con los que cuenta la zona. Este plan de manejo se desarrolló en base a la Estrategia de Calidad del Agua (ENCA 2016) la cual plantea un marco de trabajo compuesto por cinco componentes: 1) Visión; 2) Objetivo; 3) Ejes; 4) Estrategias Operativas y 5) Líneas de acción (Tabla 1 – 5), que tiene como finalidad resolver las principales problemáticas que ocasionan la degradación de la calidad del agua de los cuerpos hídricos y prevenir la contaminación de los ecosistemas.

Tabla 17-4: Estrategias para la calidad del agua

Estrategia Nacional de Calidad del Agua (ENCA)		
Visión: Al 2030 el Ecuador mejora la calidad del agua para los diferentes usos y aprovechamientos y disminuye los efectos adversos de la contaminación.		
Objetivo: Mejorar y proteger la calidad del agua para el uso y aprovechamiento adecuado, con fuentes de agua protegidas y controlando la contaminación del recurso hídrico.		
Eje	Estrategia	Descripción
Eje 1: Diagnóstico de la Calidad del Agua de los recursos hídrico	Estrategia 1: Levantamiento y manejo de información de la calidad del agua en las cuencas hidrográficas	Información relacionada con la calidad del agua, que incluya datos físicos, químicos, biológicos, microbiológicos. Además, este levantamiento de información considerará el principio de respecto a los puntos monitoreados y los datos a obtener tanto en las fuentes de agua integralidad como en los sistemas públicos a nivel nacional y los vertidos generados.
Eje 2: Prevención de la afectación, control y mejoramiento de la calidad del agua	Estrategia 2: Control de la calidad del agua de los recursos hídricos	Mecanismos de control eficientes que permitan una adecuada intervención en la afectación de la contaminación de las fuentes de agua y la prestación adecuada de los servicios públicos que se evidencian en la calidad del agua.
	Estrategia 3: Mejoramiento de servicios públicos relacionados al agua	Cumplimiento de las funciones de los prestadores de servicios. Además, se espera armonizar una serie de acciones orientadas al fortalecimiento de las capacidades de los prestadores de tal manera que se eviten la descarga directa de las aguas residuales y se realice un adecuado tratamiento del agua para consumo y los diferentes aprovechamientos del agua.
	Estrategia 4: Cultura del agua	Coordinación e involucramiento de las instituciones competentes en la calidad del agua, Además, promueve la concienciación y sensibilización del cuidado, uso responsable, y eficiente del agua con la finalidad que las necesidades comunes de la sociedad sean tomadas en cuenta por el resto de los actores del agua.
Eje 3.- Conservación y protección de la calidad del agua de los recursos hídricos	E. Estrategia 5: Conservación y protección de la calidad del agua	La gestión de las actividades que modifican la calidad del agua y sobre todo la adecuada gestión de las fuentes de agua, influyen positiva o negativamente sobre las propiedades de calidad y cantidad del recurso hídrico.

Fuente: Estrategia Nacional de Calidad del Agua (ENCA 2016)

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

A continuación, se proponen 3 programas que se enfocan en acciones para la conservación del

recurso hídrico y los ecosistemas aunados a este, además buscan el compromiso de la comunidad juntamente con las autoridades de los gobiernos locales para crear estrategias y convenios que beneficien a la población y el estado de los recursos de la microcuenca.

4.4.1.1 Programa de Prevención y Mitigación de Impactos

Este programa está enfocado en las medidas de mitigación que comprende procedimientos específicos para la conservación de áreas afectadas por las actividades antropogénicas, además realizar actividades para conseguir un adecuado control y monitoreo sobre los diferentes usos y aprovechamiento de la microcuenca y sus componentes naturales. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos 2018b). Véase tabla 2 – 5.

4.4.1.2 Programa de Manejo de Recursos Naturales

Con este programa se tratará de realizar actividades y acciones estratégicas que comprometan a las autoridades locales que coordinan la organización en todos los niveles de gestión para que aprovechen de una manera sostenible los recursos naturales que posee el río Jimbitono. (Ministerio de Medio Ambiente y Recursos 2018a). Véase tabla 3 – 5.

4.4.1.3 Programa de Participación Ciudadana, Desarrollo Comunitario y Educación Ambiental

Este programa tiene como finalidad crear conciencia y una cultura ambiental a todos los actores involucrados en la conservación de la microcuenca, a través de la participación ciudadana y la intervención de instituciones se establecerá un plan de trabajo compuesto por objetivos, estrategias, responsables para llevar a cabo monitoreos participativos, capacitaciones, así como la difusión de todo el trabajo que se realizará. (Bassi 2007); (CAO 2008); (ENCA 2016). Véase table 4 – 5.

Tabla 18-4: Programa de prevención y mitigación de impactos ambientales

PROGRAMA PREVENCIÓN Y MITIGACIÓN DE IMPACTOS						
Objetivo: Prevenir y minimizar los impactos existentes es la subcuenca del Río Jimbitono						
Lugar de Aplicación: Microcuenca del Río Jimbitono - Comunidad de Jimbitono						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	PLAZO
Manejo sustentable de la extracción de material pétreo de la microcuenca del río Jimbitono	Manejo Sustentable de Recursos Pétreos	Realizar un diagnóstico de las zonas afectadas por la extracción irresponsable de material pétreo	$\frac{N^{\circ} \text{ de diagn\`osticos realizados}}{N^{\circ} \text{ de diagn\`osticos planificados}} * 100$	Informe de zonas afectadas	GAD del cantón Morona	Trimestral
		Reforestar áreas afectadas por la extracción irresponsable de material pétreo de la microcuenca	$\frac{Km2 \text{ de \`areas reforestadas}}{Km2 \text{ de \`areas totales}} * 100$	Registro fotográfico Registro de reforestación	GAD del cantón Morona GAD de la parroquia General Proaño	3 años
Construcción de sistemas de saneamiento en el sector Jimbitono Alto	Recuperar y proteger los cuerpos de agua	Diseñar, construir y mantener sistemas de aguas residuales en el sector Jimbitono Alto	$\frac{Nro \text{ de sistemas de aguas residuales implementadas}}{Nro \text{ de sistemas de aguas residuales totales}} * 100$	Registro fotográfico Registro de mantenimiento de sistema de agua residual	GAD del cantón Morona	4 años
Monitoreo Ambiental	Monitoreo Ambiental	Monitorear el uso del agua dentro de la microcuenca del Río Jimbitono, según el Libro VI, Anexo 1 del TULSMA.	$\frac{Nro \text{ de monitoreos ejecutados}}{Nro \text{ de monitoreos planificados}} * 100$	Informe de monitoreo de agua	GAD del cantón Morona	Semestral
		Monitorear el uso del suelo dentro de la microcuenca del Río Jimbitono, según el Libro VI, Anexo 2 del TULSMA.	$\frac{Nro \text{ de monitoreos ejecutados}}{Nro \text{ de monitoreos planificados}} * 100$	Informe de monitoreo de suelo		Semestral

Controlar el estado de calidad ambiental del área en la zona turística de la microcuenca	Recursos Naturales	Controlar el uso del agua y suelo en las áreas cercanas a los complejos turísticos según el Libro VI, Anexo 1 y 2 del TULSMA.	$\frac{\text{Nro de controles realizados}}{\text{Nro de controles planificados}} * 100$	Informe de control de uso de agua	GAD del cantón Morona	Permanente
		Realizar el control de impactos de la actividad turística en la microcuenca del río Jimbitono	$\frac{\text{Nro de controles realizados}}{\text{Nro de controles planificados}} * 100$	Informe de control de impactos	GAD del cantón Morona y GAD de la parroquia General Proaño	Permanente

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022.

Tabla 19-4: Programa de manejo de recursos naturales

PROGRAMA DE MANEJO DE RECURSOS NATURALES						
Objetivo: Aprovechar de una manera adecuada e integral los recursos naturales en la microcuenca del río Jimbitono						
Lugar de Aplicación: Microcuenca del Río Jimbitono - Comunidad de Jimbitono						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	PLAZO
Controlar el uso de suelo por actividades agropecuarias cercanas a la microcuenca del río Jimbitono	Recursos Naturales	Diseñar una guía sobre el uso de suelo cerca de las riberas del río Jimbitono	$\frac{\text{Nro de guías realizadas}}{\text{Nro de guías diseñadas}} * 100$	Informe de diagnóstico	GAD del cantón Morona	Semestral
					GAD de la parroquia General Proaño	
Profundizar el conocimiento sobre el estado actual especies de fauna y flora.	Línea base de Flora y Fauna	Realizar monitoreos de flora y fauna	$\frac{\text{Nro de monitoreos realizadas}}{\text{Nro de monitoreos planificados}} * 100$	Informes técnicos de monitoreos.	GAD del cantón Morona	Semestral
		Elaborar un inventario de las especies de flora y fauna existentes en la zona.	$\frac{\text{Nro de inventarios elaborados}}{\text{Nro de inventarios planificados}} * 100$	Inventario de Flora y Fauna.	GAD del cantón Morona	Semestral

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

Tabla 20-4: Programa de participación ciudadana, desarrollo comunitario y educación ambiental

PROGRAMA DE PARTICIPACIÓN CIUDADANA, DESARROLLO COMUNITARIO Y EDUCACIÓN AMBIENTAL						
Objetivo: Fortalecer la participación ciudadana y crear conciencia ambiental en los actores involucrados en la conservación de la microcuenca del río Jimbitono						
Lugar de Aplicación: Microcuenca del Río Jimbitono - Comunidad de Jimbitono						
OBJETIVOS ESPECÍFICOS	LÍNEAS DE ACCIÓN	ACTIVIDADES	INDICADORES	MEDIOS DE VERIFICACIÓN	RESPONSABLE	PLAZO
Establecer un programa de planificación participativa	Formulación del plan de desarrollo de la comunidad y de las instituciones involucradas para el uso y conservación de la microcuenca del río Jimbitono	Formulación de medidas sustentables de conservación en base al turismo comunitario	$\frac{\text{Nro.de medidas seleccionadas}}{\text{Nro.de medidas formuladas}} * 100$	Listados de la formulación de medidas planteadas, registro de asistencias	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Mensual
		Definir la metodología de planificación participativa	$\frac{\text{Nro.de medidas seleccionadas}}{\text{Nro.de medidas formuladas y presentadas}} * 100$	Metodología del proceso de participación social	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Mensual
		Seguimiento y evaluación de la aplicación de procedimientos de participación y convenios de cooperación interinstitucional	$\frac{\text{Nro.de seguimientos realizados}}{\text{Nro.de seguimientos planificados}} * 100$	Documentos y Actas de coordinación interinstitucional	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Permanente
		Fomentar la participación del GAD del Cantón Morona, Provincia de Morona Santiago	$\frac{\text{Nro. de reuniones asistidas por el GAD}}{\text{Nro. de reuniones totales}} * 100$	Actas de reunión y compromiso	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Permanente
		Comunicación y divulgación de los procesos y acuerdos de coordinación interinstitucional	$\frac{\text{Nro. de reuniones/difusiones realizadas}}{\text{Nro de reuniones/difusiones realizadas}} * 100$	Registro de asistencia; Registro fotográfico; Redes sociales	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Permanente

Fomentar los principios del manejo participativo	Relacionar los planes estratégicos locales con el plan de manejo de conservación de la subcuenca del río Jurumbaino	Desarrollar e implementar los planes de manejo para la comunidad de Jimbitono y los sectores aledaños a la microcuenca	$\frac{\text{Nro. de planes de manejo ejecutados}}{\text{Nro de planes de manejo planificados}} * 100$	Planes comunitarios	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Mensual
		Efectuar el seguimiento y aplicación de planes de manejo comunitario	$\frac{\text{Nro. seguimientos realizadas}}{\text{Nro de seguimientos planificados}} * 100$	Informe anual de seguimiento	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Permanente
		Capacitaciones para realizar monitoreos participativos de la calidad del agua involucrando a pobladores de la comunidad de Jimbitono	$\frac{\text{Nro. de capacitaciones y monitoreos realizadas}}{\text{Nro de capacitaciones y monitoreos planificados}} * 100$	Certificado de capacitaciones en monitoreo participativo de agua; Informes de monitoreos participativos por parte de la comunidad	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Trimestral
Elaborar e Implementar un programa de Educación Ambiental dirigido a los actores directos con el área para mantener su integridad en el marco de un desarrollo sustentable	Ejecutar el programa de Educación Ambiental	Realizar un diagnóstico de la situación actual en el ámbito de la educación ambiental en la comunidad de Jimbitono dentro	$\frac{\text{Nro. de diagnósticos realizados}}{\text{Nro de diagnósticos planificados}} * 100$	Registro fotográfico, Actas de reunión	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Trimestral
		Socializar el programa de educación ambiental para los actores que tienen relación directa con la microcuenca	$\frac{\text{Nro. de socializaciones realizadas}}{\text{Nro de socializaciones planificadas}} * 100$	Registro fotográfico, Actas de reunión, Registro de asistencia	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Trimestral

		Ejecutar charlas educativas sobre el cuidado y conservación de la microcuenca del río Jimbitono	$\frac{\text{Nro. de charlas realizadas}}{\text{Nro de charlas planificadas}} * 100$	Registro de asistencias	GAD provincial de Morona Santiago; GAD del cantón Morona	Semestral
--	--	---	--	-------------------------	---	-----------

Realizado por: Jennifer Karákras, 2022

CAPITULO V

CONCLUSIONES

- La determinación de la calidad del agua del río Jimbitono mediante el índice ICA de la NSF realizado en las estaciones P1RJ, P2RJ y P3RJ presentó resultados promedios de calidad REGULAR, presentando variaciones espacio temporal poco significativas durante el periodo de estudio, sin embargo, se pudo apreciar un descenso progresivo del valor del índice en las estaciones con mayor alteración antropogénica. Los parámetros de coliformes fecales y concentración de fosfatos fueron determinantes en las variaciones.
- Con base en los análisis fisicoquímicos la concentración de fosfatos en las tres estaciones de monitoreo fueron superiores al 0,05 mg/l de concentración límite, lo que indicaría procesos iniciales de eutrofización en la microcuenca, los valores más altos de concentración fueron determinados durante la estación seca en el mes de junio, los valores bajos de concentración se obtuvieron durante las estaciones lluviosas de mayo y julio, concluyendo que las precipitaciones causan una dilución de los nutrientes.
- Los valores obtenidos para el parámetro de coliformes fecales en las estaciones P2RJ y P3RJ durante los tres meses de monitoreo se encontraron fuera de los límites permisibles de la tabla 6 en el anexo 1 del TULSMA, referente a los criterios de calidad de agua para fines recreativos mediante contacto primario; las concentraciones de este parámetro se asociaron a la actividad ganadera pues se evidenció que la actividad en estos dos puntos es extensiva e intensiva, desarrollándose hasta los límites de la ribera de la microcuenca.
- La estación P1RJ considerada como el blanco en la investigación debido a que conserva la vegetación de ribera obtuvo mejores resultados según el índice ICA a diferencia de las estaciones P2RJ y P3RJ en donde la vegetación de ribera ha sido reemplazada por pastos de uso ganadero, por lo tanto, la flora ribereña tiene un efecto amortiguador sobre la calidad del agua en la microcuenca, siendo imprescindible su conservación.
- De la comprobación de la calidad de agua aplicando el índice BMWP/Col se obtuvieron valores promedio con pequeñas variaciones en las estaciones de monitoreo, siendo así que las tres estaciones obtuvieron una clasificación de BUENA con una clase de agua tipo I, es decir, aguas limpias.

- Durante el tiempo de estudio, se lograron identificar 444 macroinvertebrados acuáticos, repartidos en 5 clases, 13 órdenes y 31 familias taxonómicas, la clase Insecta fue la más abundante, el orden de las Ephemeropteras fue la más predominantes y la familia más dominante fue Leptophlebiidae, lo que determina una buena calidad del agua en base a la abundancia (datos cuantitativos), sin embargo, la familia Hydropsychidae y Heptageniidae fueron constantes en las tres estaciones durante el periodo de monitoreo, considerando que el índice analiza la presencia y ausencia (datos cualitativos) se infirió en que el estado de salud de la microcuenca presenta un grado de contaminación leve en el tramo estudiado.
- La presencia de taxones intolerantes a la contaminación en el tramo de estudio se asoció al aumento del caudal por las fuertes precipitaciones durante los monitoreos, pues únicamente se lograron identificar durante esas condiciones, además los puntos en donde se recolectaron no cumplían con las condiciones de hábitat para que puedan desarrollarse, por lo que se presume fueron arrastrados por la corriente de las zonas altas de la microcuenca donde no existe actividad antropogénica.
- Referente a la correlación de los índices ICA y BMWP/Col mediante el Análisis Canónico de Correspondencia (ACC) se pudo explicar el 100% de los datos en dos ejes. Para el mes de mayo se evidenciaron correlaciones negativas como positivas que concordaron con las condiciones fisicoquímicas que requieren los macroinvertebrados para desarrollarse. Las familias que no presentaron correlación con los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos fueron: Corydalidae, Gomphidae, Oligoneuriidae, Leptoceridae, Pseudothelphusidae, mientras que la variable de Coliformes fecales no tuvo mayor influencia en la diversidad de las familias de macroinvertebrados.
- La correlación entre los taxones y las variables ambientales en el mes de junio fue una de las más dispersas, pues hubo mayor cantidad de taxones que no se relacionaron con ningún parámetro fisicoquímico como: Aeshnidae, Belostomatidae, Coenagrionidae, Corydalidae, Dryopidae, Leptohyphidae, Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Perlidae y Tipulidae, de igual forma los parámetros de coliformes fecales, pH y turbidez no tuvieron mayor influencia en la diversidad de los taxones. Por su parte familias como: Pseudothelphusidae, Leptoceridae, Hydropsychidae se mostraron asociadas a variables como la DBO y OD en la estación P1RJ donde obtuvo buenos resultados, lo que se pudo entender es que estos taxones requieren aguas muy oxigenadas y esto ligado a su valor de tolerancia a la contaminación justifica su abundancia en esa estación. Por otro lado, las variables de fosfatos, SDT y temperatura influyeron en la diversidad de Naucoridae, Calopterygidae y Libellulidae, lo que en teoría

explicaría su tolerancia a niveles moderados de contaminación pues en la estación P3RJ los valores de esos parámetros no fueron favorables según el ICA.

- Para el mes de julio la correlación de los índices presentó una mayor dispersión de familias que no se asociaron a ningún parámetro fisicoquímico en la estación P1RJ, mientras que la estación P3RJ evidenció una mayor relación entre los taxones con las variables de temperatura y fósforo con familias como Calopterygidae demostrando que taxones tolerantes a la contaminación se desarrollan en esta zona que presenta alteración antrópica, asimismo la familia Libellulidae mostró una relación positiva con la variable de SDT en la estación P2RJ indicando que puede medrar en ambientes con intervención humana.

RECOMENDACIONES

- Replicar la investigación en un tramo anterior y posterior al presente estudio, para mantener información actualizada que permita evidenciar las variaciones de las características del cauce y su calidad para futuros proyectos y determinar a los taxones de forma más detallada para entender la distribución espacio temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos.

- Sociabilizar a los dueños de fincas o terrenos cercanos al cuerpo hídrico, para promover la recuperación de la vegetación ribereña de los tramos alterados del río.

- Se recomienda implementar el plan de manejo propuesto en este trabajo de investigación con el fin de mejorar la calidad de vida de los habitantes mediante la conservación del río Jimbitono y evitar su deterioro progresivo, promoviendo acuerdos institucionales competentes para dar cumplimiento a lo establecido en este plan que de otra forma en un corto y mediano plazo tendrá beneficios tanto como para la comunidad de Jimbitono, cantón Morona y la provincia.

BIBLIOGRAFÍA

ABDHIEL BUSTAMANTE. "Registro De Los Coleopteros Acuáticos En La Región Cusco, Perú". *The Biologist* [en línea], 2018, vol. 16, no. 1, pp. [Consulta: 30 mayo 2022] 35-49. ISSN 18160719. DOI 10.24039/rtb2018161220. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://revistas.unfv.edu.pe/index.php/rtb/article/view/220>

AKINDELE, E.O. & OLUTONA, G.O. Environmental variables and benthic macroinvertebrate assemblage in the headwater streams of an Afro-tropical reservoir. *Water and Environment Journal* [en línea], 2015. vol. 29, no. 4, pp. 541-548. ISSN 17476593. DOI 10.1111/wej.12117. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/epdf/10.1111/wej.12117>.

APHA;AWWA;WEF. Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater [en línea]. 1999, S.l.: s.n. [Consulta: abril 2022]. Disponible en: https://beta-static.fishersci.com/content/dam/fishersci/en_US/documents/programs/scientific/technical-documents/white-papers/apha-water-testing-standard-methods-introduction-white-paper.pdf.

ARCE & LEIVA. Determinación de la calidad de agua de los ríos de la ciudad de Loja y diseño de líneas generales de acción para su recuperación y manejo. [en línea]. 2009, S.l.: Universidad Técnica Particular de Loja. [Consulta: abril 2022]. Disponible en: [http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis Maria Fernanda Arce Moncada.pdf](http://dspace.utpl.edu.ec/bitstream/123456789/474/3/Tesis%20Maria%20Fernanda%20Arce%20Moncada.pdf).

ASAMBLEA NACIONAL CONSTITUYENTE DE ECUADOR DE 2007-2008. Constitución de la República del Ecuador 2008. 2008, S.l.: s.n.

ASAMBLEA NACIONAL DE LA REPÚBLICA DEL ECUADOR. Ley de Recursos Hídricos Usos y Aprovechamiento del agua - LORHUyA. 2015. Ecuador: s.n.

BARAHONA, Y.M; et al. Calidad bacteriológica del agua de los ríos Manaure y Casacará, departamento del Cesar, Colombia. *Revistas científicas LUNAZUL* [en línea], 2017, vol. 45, pp. 82-101. DOI 10.17151/luaz.2018.46.7. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://200.21.104.25/luazul/index.php/component/content/article?id=275>.

BASSI, L. Guía metodológica para el manejo participativo de microcuencas [en línea]. 2007, Guatemala: FAO. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://www.fao.org/publications/card/es/c/d645249a-cfb5-50d7-9c89-1f31547d8dc3/>.

BERSOSA-VACA, F; & ULLOA-VACA, C. Utilización de índices evaluadores de la calidad

del agua, basados en bioindicadores, en Ecuador [en línea]. 2018. Quito - Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.unibe.edu.ec/wp-content/uploads/2019/03/01_20171030_Salud-Integral_Bersosa_BIOINDICADORES-CALIDAD-DE-AGUA_OK.pdf.

BLAND, J. A Selection of Aquatic Macrinvertebrates of Illinois, USA. [en línea]. 2012, Illinois: 381. [Consulta: julio 2022]. Disponible en: https://fieldguides.fieldmuseum.org/sites/default/files/rapid-color-guides-pdfs/381_AquaticMicrovert_2.pdf.

CABRERA, S; et al. Variations in benthic macroinvertebrate communities and biological quality in the aguarico and coca river basins in the ecuadorian amazon. *Water (Switzerland)* [en línea], 2021, vol. 13, no. 12, pp. 25. ISSN 20734441. DOI 10.3390/w13121692. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://www.mdpi.com/2073-4441/13/12/1692/htm#B4-water-13-01692>.

CANTERA KINTZ, J; et al. Caudal ambiental: Conceptos, experiencias y desafíos [en línea]. 2009, Santiago de Cali: Programa Editorial Universidad del Valle. ISBN 9789587654486. [Consulta: junio 2022]. Disponible en: <https://es.scribd.com/book/356051976/Caudal-ambiental-Conceptos-experiencias-y-desafios>.

CAO. Monitoreo Participativo del Agua. Guia para Prevenir y Manejar el Conflicto [en línea]. 2008. S.l.: Oficina del Asesor en Cumplimiento / Ombudsman. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://www.cao-ombudsman.org/sites/default/files/2021-06/watermonsp.pdf>.

CARRERA, C. & FIERRO, K. Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua [en línea]. 2001, Quito: EcoCiencia. ISBN 0275-5408 (Print)r0275-5408 (Linking). [Consulta: julio 2022]. Disponible en: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>.

CASTRO, M., ALMEIDA; et al. Indicadores de la calidad del agua: evolución y tendencias a nivel global. *Ingeniería Solidaria*, 2014, vol. 10, no. 17, pp. 111-124. ISSN 1900-3102. DOI 10.16925/in.v9i17.811.

CELIS, L.V. Acciones para la gestión local del recurso hídrico en la microcuenca Los Ángeles de Alcalá, Valle del Cauca [en línea]. 2009, Cauca: Universidad Tecnológica de Pereira. [Consulta: 19 Abril 2022]. Disponible en: <https://docplayer.es/79915320-Acciones-para-la-gestion-local-del-recurso-hidrico-en-la-microcuenca-los-angeles-de-alcala-valle-del-cauca.html>.

CHACÓN, K. Evaluación de la calidad del agua del río copueno, tramo paccha- jardin del upano, mediante macroinvertebrados bentónicos [en línea]. 2017, S.l.: Escuela Superior Politécnica de

Chimborazo. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/handle/123456789/8538>.

CONTRERAS-RAMOS, A. Capitulo 7 Megaloptera. En: E. DOMÍNGUEZ y H.R. FERNÁNDEZ (eds.), Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos Sistemáticas y biología [en línea]. 2009, Tucuman: Researchgate, pp. 233-245. ISBN 989-950-668-015-2. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/337114451_Megaloptera.

CORDERO-LEDERGERBER, P.A. Calidad del agua para los río alto andinos, mediante indicadores biológicos [en línea]. 2015, S.l.: Pontificia Universidad Católica del Ecuador. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0A.

CORTÉS, D. Principales contaminantes naturales del agua. CEUPE Magazine [en línea]. [Consulta: 31 mayo 2022]. 2021, Disponible en: <https://www.ceupe.com/blog/principales-contaminantes-naturales-del-agua.html#:~:text=Inundaciones%2C riadas%2C desprendimientos%2C avalanchas,tierra hacia las aguas cercanas>.

CRIOLLO PANZA, M.T. Escuela Superior Politécnica De Chimborazo [en línea]. 2018, S.l.: Escuela Superior Politécnica De Chimborazo. Disponible en: <http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10560/1/236T0418.PDF>.

CURILLO, L. Cuantificación de la variabilidad espacial y temporal de iones de fosfato en dos cuencas andinas altas del sur del Ecuador [en línea]. 2017, S.l.: Universidad Politécnica Salesiana. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/14968/1/UPS-CT007384.pdf>.

ENCA. Estrategia Nacional de Calidad del Agua [en línea]. 2016. S.l.: SENAGUA; MAE; MSP. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: https://www.controlsanitario.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2019/05/Estrategia-Nacional-de-Calidad-del-Agua_2016-2030.pdf.

FERNANDEZ CIRELLI, A. El agua: un recurso esencial. Química Viva [en línea], 2012, vol. 11, no. 81, pp. 147-170. ISSN 0103-5576. DOI 10.48213/travessia.vi81.866. [Consulta: julio 2022]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf>.

FLOWERS, R.W.; & DE LA ROSA, C. Capítulo 4 Ephemeroptera. Introducción a los grupos de macroinvertebrados [en línea]. 2010, San José: Revista de Biología Tropical, pp. 63-93. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://www.scielo.sa.cr/pdf/rbt/v58s4/a04v58s4.pdf>.

FORERO-CÉSPEDES, A.M; et al. Composition and structure of the Baetidae family (Insecta:

Ephemeroptera) in a Colombian Andean basin. *Hidrobiologica* [en línea], 2016, vol. 26, no. 3, pp. 459-474. ISSN 24487333. DOI 10.24275/uam/izt/dcbs/hidro/2016v26n3/forero. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000300459.

FRAUME RESTREPO, N.J. Diccionario ambiental [en línea]. 2007, Bogotá: Ecoe Ediciones. ISBN 9781449277215. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/69025>.

GAD GENERAL PROAÑO. Actualización del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial PARROQUIA GENERAL PROAÑO 2015-2019. [en línea]. 2019, Macas: [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadpl_usdiagnostico/1460015130001_DIAGNOSTICO_GP_VF_23-05-2016_12-09-37.pdf.

GALVÁN MERAZ, F. Diccionario Ambiental y de asignaturas afines [en línea]. 2009 Guadalajara, Jalisco: Ediciones Alerquín. ISBN 9786079517281. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://elibro.net/es/ereader/epoch/41222>.

GARCÍA, Y., RAMÍREZ, W.; & SÁNCHEZ, S. Indicadores de la calidad de los suelos: una nueva manera de evaluar este recurso Soil quality indicators: A new way to evaluate this resource. *Pastos y Forrajes*, 2012, vol. 35, no. 2, pp. 125-137. ISSN 0864-0394.

GONZÁLEZ, A; et al. Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro [en línea]. 2014, México: Instituto Nacional de Ecología y Cambio Climático INECC. ISBN 9786078429059. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://agua.org.mx/wp-content/uploads/2017/11/Bioindicadores-Guardianes-de-nuestro-futuro-ambiental.pdf>.

GONZÁLEZ CÓRDOBA, M; et al. Sensibilidad de Elmidae (Insecta: Coleoptera) a la perturbación del hábitat y la calidad fisicoquímica del agua en ambientes lóticos de los Andes colombianos. *Revista de Biología Tropical*, 2020, vol. 68, no. 2, pp. 601-622. ISSN 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v68i2.36702.

GONZÁLEZ, H; et al. Guía rápida para identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del cantón Cuenca. [en línea]. 2018, S.l.: s.n. ISBN 9788578110796. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA_MACROINVERTEBRADOS.pdf.

GREENACRE, M. La práctica del análisis de correspondencias. Universidad Pompeu Fabra [en línea]. 2008, Barcelona: [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://www.fbbva.es/wp->

content/uploads/2017/05/dat /greenacre_cap24.pdf.

GUTIÉRREZ-FONSECA, P.E. Capítulo 6. Plecoptera. Revista de Biología Tropical, 2010, vol. 58, no. SUPPL. 4, pp. 139-148. ISSN 00347744.

HAHN-VONHESSBERG, C.M; et al. Determinación de la Calidad del Agua mediante Indicadores Biológicos Y Fisicoquímicos, En La Estación Piscícola, Universidad De Caldas, Municipio De Palestina, Colombia. Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural [en línea], 2009, vol. 13, no. 2, pp. 89-105. ISSN 0123 - 3068. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: http://www.scielo.org.co/scielo.php?pid=S0123-30682009000200007&script=sci_arttext&lng=es.

HANNA INSTRUMENTS INC., HI83399 Multiparameter Photometer with COD for Water & Wastewater - INSTRUCTION MANUAL. Romania: 2022, s.n.

HANSON, P., SPRINGER, M. & RAMIREZ, A. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos [en línea]. 2010, S.l.: Universidad de Puerto Rico. ISBN ISSN-0034-7744. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/20080/20282>.

HASSAN OMER, N. Water Quality Parameters [en línea]. 2020, Khartoum: s.n. ISBN 978-1-83968-392-3. Disponible en: <https://www.intechopen.com/chapters/69568>.

HERRERA, F. Naucóridos: chinches acuáticos, pequeños grandes desconocidos [en línea]. 2012, San José: Bioma. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: https://ri.ues.edu.sv/id/eprint/3219/1/Naucoridos_Chinches_acuaticos_pequenos_grandes_desconocidos.pdf.

INSTITUTO DE HIDROLOGÍA, M. & E.A. (Colombia). El agua. En: P. LEYVA FRANCO y P. LEYVA (eds.), El medio ambiente en Colombia [en línea]. 2001, Ilustrada. Bogotá: Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales, Ministerio de Medio Ambiente, República de Colombia, pp. 114-189. ISBN 9589585094, 9789589585092. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/18771>.

IOWA DEPARTMENT OF NATURAL RESOURCES GEOLOGICAL SURVEY. Why a water quality Index? IOWA'S WATER, Ambient MONitoring Program [en línea], 2006, no. February. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://www.iihr.uiowa.edu/igs/publications/uploads/wfs-2006-08.pdf>

KUDTHALANG, N. & THANEE, N. The assessment of water quality in the upper part of the Chi basin using physicochemical variables and benthic macroinvertebrates. Suranaree Journal of

Science and Technology, 2010, vol. 17, no. 2, pp. 165-176.

LADRERA, R. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. Páginas de Información Ambiental [en línea], 2012, vol. 39, pp. 24-29. [Consulta: 12 Abril 2022]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/descarga/articulo/4015812.pdf>.

LIU, X; et al. Early evolution and historical biogeography of fishflies (megaloptera: Chauliodinae): Implications from a phylogeny combining fossil and extant taxa. PLoS ONE [en línea], 2012, vol. 7, no. 7, pp. 1-12. ISSN 19326203. DOI 10.1371/journal.pone.0040345. [Consulta: 14 Abril 2022]. Disponible en: <https://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC3391272/>.

MARSHALL, S. Hydrology. Reference Module in Earth Systems and Environmental Sciences [en línea]. 2013, S.l.: s.n., [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B978-0124095489053562?via%3Dihub>.

MENCHACA, S. Las actividades humanas y el agua. Universidad Veracruzana [en línea]. 2017, [Consulta: 16 junio 2022]. Disponible en: <https://www.uv.mx/cienciauv/files/2017/09/030-CYL-ACTIVIDADES-HUMANAS-Y-EL-AGUA-01.pdf>.

MENDEZ, P; et al. Determinación del índice de calidad del agua (NSF) del río Copueno ubicado en Cantón Morona. Revista Científica El Dominio de las Ciencias, 2020, vol. 6, no. 2, pp. 734-746. DOI <http://dx.doi.org/10.23857/dc.v6i3.1245>.

MENESES, Y; et al. Comparison of water quality between two andean rivers by using the BMWP/COL. and ABI. Indices. Acta Biologica Colombiana [en línea], 2019, vol. 24, no. 2, pp. 299-310. ISSN 19001649. DOI 10.15446/abc.v24n2.70716. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v24n2/0120-548X-abc-24-02-299.pdf>.

MINISTERIO DE AMBIENTE DE PERÚ. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú [en línea]. 2014, S.l.: s.n. ISBN 9786124174155. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://www.minam.gob.pe/diversidadbiologica/wp-content/uploads/sites/21/2014/02/Métodos-de-Colecta-identificación-y-análisis-de-comunidades-biológicas.compressed.pdf>.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS, E.S. MANUAL de Manejo de Cuencas [en línea]. 2018a. El Salvador: UE. [Consulta: julio 2022]. Disponible en: https://www.uv.mx/oabcc/files/2018/11/MANUAL-DE-MANEJO-DE-CUENCAS_COMPLET

O.pdf.

MINISTERIO DE MEDIO AMBIENTE Y RECURSOS, E.S. Planificación para el Manejo de Cuencas [en línea]. 2018b. El Salvador: s.n. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: [http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo 4/Plan de manejo de cuencas.pdf](http://www.colsan.edu.mx/investigacion/aguaysociedad/proyectogro2/Biblioteca/Bibliografia/M%F3dulo%204/Plan%20de%20manejo%20de%20cuencas.pdf).

MINISTERIO DEL AMBIENTE. Anexo 1 - TULSMA - Norma De Calidad Ambiental Y De Descarga De Efluentes: Recurso Agua [en línea]. 2015. Ecuador: s.n. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: <http://extwprlegs1.fao.org/docs/pdf/ecu155128.pdf>.

MOLANO-RENDÓN, F. & MORALES-CASTAÑO, I.T. “CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE CHINCHES ACUÁTICOS Y SEMIACUÁTICOS (HEMIPTERA: GERROMORPHA Y NEPOMORPHA) EN EL DEPARTAMENTO DEL QUINDÍO, COLOMBIA ”. Acta Agronomica [en línea]. 2006, Armenia: [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: [https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5993/ULTIMO INFORME CHINCHES QUINDIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://bdigital.uniquindio.edu.co/bitstream/handle/001/5993/ULTIMO%20INFORME%20CHINCHES%20QUINDIO.pdf?sequence=1&isAllowed=y).

MOLANO-RENDÓN, F; et al. (HETEROPTERA - GERROMORPHA) EN COLOMBIA Classification And Habitats Of Gerridae (Heteroptera - Gerromorpha) In Colombia. Acta Biológica Colombiana [en línea], 2008, vol. 13, no. 2, pp. 41-60. ISSN 0120-548X. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v13n2/v13n2a3.pdf>.

MOSQUERA-MURILLO, Z. Riqueza y distribución de tricópteros inmaduros del departamento del Chocó, Colombia. Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 2019, vol. 43, no. 167, pp. 219-226. ISSN 23824980. DOI 10.18257/raccefyn.836.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INEN 2169: 2013 Agua, Calidad de agua, Muestreo Manejo y Conservación de Muestras. [en línea]. 2013a. S.l.: s.n. Disponible en: <http://www.trabajo.gob.ec/wp-content/uploads/2012/10/NTE-INEN-2169-AGUA.-CALIDAD-DEL-AGUA.-MUESTREO.-MANEJO-Y-CONSERVACIÓN-DE-MUESTRAS.pdf>.

NORMA TÉCNICA ECUATORIANA. INEN 2176 Agua. Calidad del agua. Muestreo. Técnicas de muestreo [en línea]. 2013b. Ecuador: s.n. NTE INEN 2176:2013. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biológico_con_portada_tcm30-214764.pdf.

ONAH, I.E; et al. Comparison of physico-chemical parameters with macroinvertebrate and vertebrate fauna of Lake Ogelube and Lake Ojii, Opi-Agu, south-eastern Nigeria. African Journal

of Aquatic Science [en línea], 2022, pp. 1-11. ISSN 16085914. DOI 10.2989/16085914.2022.2080174. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://www.tandfonline.com/doi/abs/10.2989/16085914.2022.2080174>.

OREJUELA YUSTES, A.M. Las libelulas(Odonata) como posibles indicadores del estado de conservación de humedales urbanos presentes en la comuna 22 de santiago de Cali [en línea]. 2017, S.l.: Universidad ICESI. [Consulta: junio 2022]. Disponible en: https://repository.icesi.edu.co/biblioteca_digital/bitstream/10906/82468/1/TG01753.pdf.

OROZCO, C; et al. Contaminacion Ambiental: Una visión desde la química [en línea]. 2011, Madrid: Ediciones Parainfo, S.A. ISBN 9788497321785. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://kupdf.net/queue/contaminacion-ambiental-una-vision-desde-la-quimica_5a263e31e2b6f5ff2af0b6af_pdf?queue_id=-1&x=1647392595&z=MTgxLjE5Ni42Ny4y.

PADILLA-GIL, D.N. Rhagovelia (Hemiptera: Heteroptera: Veliidae) de la cuenca alta del río putumayo (Putumayo, Colombia). Acta Biologica Colombiana [en línea], 2016, vol. 21, no. 3, pp. 661-666. ISSN 19001649. DOI 10.15446/abc.v21n3.55086. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/abc/v21n3/v21n3a23.pdf>.

PÁEZ-OSUNA, F. & OSUNA-MARTÍNEZ, C. Biomonitoring of coastal pollution with reference to the situation in the mexican coasts: A review on the utilization of organisms. Hidrobiologica, 2011, vol. 21, no. 3, pp. 229-238. ISSN 01888897.

PATTANAYAK, S. & DAS, S. Bioindicator Emerged as a Potential Environmental Marker. International Journal of Agriculture Environment and Biotechnology [en línea], 2020, vol. 13, no. 3. ISSN 09741712. DOI 10.30954/0974-1712.03.2020.9. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/344721283_Bioindicator_Emerged_as_a_Potential_Environmental_Marker/figures?lo=1.

PÉREZ, O; et al. Jurumbaino river water quality diagnosis by macroinvertebrate as bioindicators, Macas, Morona Santiago. Polo del Conocimiento, 2021, vol. 6, no. 9, pp. 259-281. DOI 10.23857/pc.v6i9.3024.

POSSELT, E.L; et al. Software IQAData 2015 [en línea], 2015. Santa Cruz do Sul: Universidad de Santa Cruz do Sul. Registro no INPI BR 512015000890-0. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://www.unisc.br/pt/cursos/todos-os-cursos/mestrado-doutorado/mestrado/mestrado-em-sistemas-e-processos-industriais/iqadata-2015>.

QUESADA-ALVARADO, F; et al. Variación estacional y características fisicoquímicas e

hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2020, vol. 68, no. S2, pp. S54-S67. ISSN 0034-7744. DOI 10.15517/rbt.v68is2.44332. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <https://revistas.ucr.ac.cr/index.php/rbt/article/view/44332/44350>.

RAMÍREZ, A. Capítulo 5 Odonata. Introducción a los grupos de macroinvertebrados [en línea], 2010, San José: *Revista de Biología Tropical*, pp. 97-136. ISBN 0034-7744. [Consulta: Abril 2022]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800005.

RAMÍREZ, A. & GUTIÉRREZ-FONSECA, P.E. Studies on Latin American freshwater macroinvertebrates: Recent advances and future directions. *Revista de Biología Tropical*, 2014, vol. 62, no. April, pp. 9-20. ISSN 22152075. DOI 10.15517/rbt.v62i0.15775.

REYNOSO-VELASCO, D. & NOVELO-GUTIÉRREZ, R. Cucarachones de agua. INECOL [en línea]. 2013, [Consulta: 8 julio 2022]. Disponible en: <https://www.inecol.mx/inecol/index.php/es/2013-06-05-10-34-10/17-ciencia-hoy/1226-cucarachones-de-agua>.

RINCÓN, J; et al. Macroinvertebrados acuáticos de los ríos del Parque Nacional Cajas [en línea]. 2017, Cuenca: Editorial Don Bosco. ISBN 9789978325568. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/317416107_Macroinvertebrados_de_los_Rios_del_Parque_Nacional_Cajas.

RIVERA-USME, J; et al. Assemblage of aquatic macroinvertebrates and its relationship with physical and chemical variables in the wetland Jaboque-Colombia. *Caldasia* [en línea], 2013, vol. 35, no. 2, pp. 389-408. ISSN 03665232. [Consulta: mayo 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/cal/v35n2/v35n2a13.pdf>.

RODRÍGUEZ-VEGA, G.A; et al. Evaluation of the Water Quality of the Upano River , Section of the City Of Macas through the Analysis of Macroinvertebrates. *Polo del conocimiento*, 2022, vol. 7, no. 3, pp. 508-526. DOI 10.23857/pc.v7i3.3745.

RODRÍGUEZ BADILLO, L; et al. Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo , en la Amazonía Ecuatoriana / Water quality characterization of benthonic macroinvertebrates of Puyo river , Ecuadorian Amazonia. *Hidrobiologica*, 2016, vol. 26, no. 3, pp. 497-507.

ROLDÁN, G. Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del

método BMWP/Col [en línea]. 2003, Medellín: Universidad de Antioquia. ISBN 958-655-671-9. [Consulta: 22 Abril 2022]. Disponible en: https://books.google.com.ec/books?id=ZEjgIKZTF2UC&printsec=frontcover&source=gbs_ge_summary_r&cad=0#v=twopage&q&f=false.

ROLDÁN, G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales* [en línea], 2016, vol. 40, no. 155, pp. 21. ISSN 0370-3908. DOI 10.18257/raccefyn.335. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://www.scielo.org.co/pdf/racefn/v40n155/v40n155a07.pdf>.

SANCHEZ GARZÓN, C.D. Análisis espacio temporal de los parámetros físicoquímicos de la quebrada las Delicias, cerros orientales de Bogotá. 2019, S.l.: Universidad Cooperativa de Colombia.

SÁNCHEZ, M. & GARCÍA, D. Determinación del índice BMWP/Col, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad de agua, en el cauce del río Guachicos, que surte el acueducto del municipio de Pitalito [en línea], 2018, S.l.: Universidad Nacional Abierta y a Distancia UNAD. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/21168/36281677.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.

SEGOB. Criterios Ecológicos de la Calidad del Agua CE-CCA-001-89.pdf [en línea], 2001, México: s.n. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.dof.gob.mx/nota_detalle.php?codigo=4837548&fecha=13/12/1989&print=true.

SHARPLEY, A.N. & WITHERS, P.J.A. The environmentally-sound management of agricultural phosphorus. *Fertilizer Research* [en línea], 1994, vol. 39, no. 2, pp. 133-146. ISSN 01671731. DOI 10.1007/BF00750912. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00750912>.

SINAGA, D.M; et al. Fecal coliform bacteria and factors related to its growth at the Sekotong shallow wells (West Nusa Tenggara, Indonesia). *Public Health of Indonesia* [en línea], 2016, vol. 2, no. 2, pp. 47-54. ISSN 2528-1542. DOI 10.36685/phi.v2i2.62. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/315639975_Fecal_coliform_bacteria_and_factors_related_to_its_growth_at_the_Sekotong_shallow_wells_West_Nusa_Tenggara_Indonesia.

SPRINGER, M. Capítulo 7. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* [en línea], 2010, vol. 58,

no. SUPPL. 4, pp. 151-198. ISSN 00347744. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007.

SPRINGER, M; et al. Guía Ilustrada Para El Estudio Ecológico Y Taxonómico de Los Insectos Acuáticos Del Orden Trichoptera En El Salvador [en línea]. 2010, S.l.: s.n. ISBN 9789992327487. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/264861406_Guia_ilustrada_para_el_estudio_ecologico_o_y_taxonomico_de_los_insectos_acuaticos_inmaduros_del_orden_Trichoptera_en_El_Salvador.

TELLO, R. Determinación de la concentración de nitratos y fosfatos en el comportamiento poblacional de coliformes fecales en las aguas residuales urbanas del distrito de calzada – 2013. 2013, S.l.: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN MARTÍN – TARAPOTO.

TER BRAAK, C.J.F. & VERDONSCHOT, P.F.M. Canonical correspondence analysis and related multivariate methods in aquatic ecology. Aquatic Sciences [en línea], 1995, vol. 57, no. 3, pp. 255-289. ISSN 10151621. DOI 10.1007/BF00877430. [Consulta: 18 Abril 2022]. Disponible en: <https://link.springer.com/article/10.1007/BF00877430>.

THEMA EQUIPO EDITORIAL, S.A. Diccionario Enciclopédico. 2013, Barcelona: LEXUS EDITORES. ISBN 9789962897897.

TORO, J; et al. Lóticos Utilizando Diatomeas Y Macroinvertebrados Bentónicos Como Bioindicadores Río Maipo (Santiago : Chile) Bentónicos Como Bioindicadores Río Maipo (Santiago : Chile). Sociedad chilena de ingeniería hidráulica xvi congreso chileno de ingeniería hidráulica [en línea]. 2003, Santiago: s.n., pp. 1-11. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsacd/cd20/riomaipo.pdf>.

UNIVERSIDAD COMPLUTENSE DE MADRID. Variable Indicador Del Agua - Oxígeno disuelto en agua. Repositorio [en línea]. 2015, S.l.: [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: [https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno disuelto f.pdf](https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-Oxigeno%20disuelto%20f.pdf).

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE CARTAGENA. Análisis de Aguas. 2015. Cartagena: UPCT.

VERMA, A. Water Pollution Sources, Control and Treatment Measures. Basic Concepts in Environmental Biotechnology [en línea]. 2021, 1st. S.l.: CRC Press, pp. 35-44. ISBN 9781003131427. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://www.taylorfrancis.com/chapters/edit/10.1201/9781003131427-4/water-pollution-anoop-verma>.

WANG, L. & D'ODORICO, P. Descomposición y Mineralización. En: B. FATH (ed.), Encyclopedia of Ecology [en línea]. 2013, S.l.: s.n., pp. 280-285. ISBN 978-0-444-64130-4. [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780124095489006886>.

WATER SCIENCE SCHOOL. Water Quality Information by Topic. USGS [en línea]. 2018, [Consulta: 16 Abril 2022]. Disponible en: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-quality-information-topic>.

ANEXOS

ANEXO A: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ, P2RJ, P3RJ DEL MES DE MAYO

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Canónigo Ramos y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 10 de junio de 2022
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Agua superficial Etiqueta verde
Localidad: Cantón Macas

Análisis Químico

DETERMINACIONES	RESULTADOS				
	Método Análisis	Unidades	Muestra .1	Muestra .2	Muestra .3
Turbidez	2130-B	UTN	18.3	18.9	21.7

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.*

Observaciones:

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

**ANEXO B: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ,
P2RJ, P3RJ DEL MES DE JUNIO**

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Canónigo Ramos y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

Fecha: 19 de julio de 2022
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Agua superficial Jennifer Karákras
Localidad: Cantón Macas

Análisis Químico

DETERMINACIONES	RESULTADOS				
	Método Análisis	Unidades	Muestra .1	Muestra .2	Muestra .3
Turbidez	2130-B	UTN	14.7	16.8	17.3

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.*

Observaciones:

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

**ANEXO C: RESULTADOS DEL ANÁLISIS DE TURBIDEZ DE LAS MUESTRAS DE P1RJ,
P2RJ, P3RJ DEL MES DE JULIO**

Laboratorio L&V
Contáctanos: 0998015730
Av. Canónigo Ramos y 10 de Noviembre -Ambato - Ecuador

INFORME DE ANÁLISIS DE AGUAS

Fecha: 19 de julio de 2022
Análisis solicitado por: Ing. Patricio Méndez
Tipo de muestras: Agua superficial Jennifer Karákras (01 de julio)
Localidad: Cantón Macas

Análisis Químico

DETERMINACIONES	RESULTADOS				
	Método Análisis	Unidades	Muestra .1	Muestra .2	Muestra .3
Turbidez	2130-B	UTN	16.1	15.7	16.8

**Métodos Normalizados. APHA, AWWA, WPCF.*

Observaciones:

Atentamente.



Ing. Ángel Ron
RESPONSABLE TECNICO LABORATORIO
Nota: El presente informe afecta solo a la muestra analizada

**ANEXO D: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS
MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO***

TABLA 6: CRITERIOS DE CALIDAD DE AGUAS PARA FINES RECREATIVOS MEDIANTE CONTACTO PRIMARIO*			
Parámetro	Expresado como	Unidad	Criterio de Calidad
Parásitos Intestinales	Nemátodos		Ausencia
Coliformes Fecales	NMP	NMP/100ml	200
Coliformes Totales	NMP	NMP/100ml	2000
Compuestos fenólicos	Fenol	mg/l	0,002
Grasas y aceites	Película visible		Ausencia
Material Flotante	Visible		Ausencia
Oxígeno Disuelto	OD	% de saturación	>80
pH	pH		6,5 – 8,3
Relación Total	Nitrógeno-Fósforo		15:1
Tensoactivos	Sustancias activas al azul de metileno	mg/l	0,5
La visibilidad al disco Secchi será de por lo menos 2m de profundidad			
*Siempre y cuando no se refiera a piscinas.			

Fuente: (Ministerio del Ambiente 2015, p.12)

Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

**ANEXO E: ESTACIÓN DE MONITOREO PIRJ (ESTACIÓN CONSIDERADA COMO EL
BLANCO)**



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

ANEXO F: ESTACIÓN DE MONITOREO P2RJ EN EL RÍO JIMBITONO



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

ANEXO G: ESTACIÓN DE MONITOREO P3RJ EN EL RÍO JIMBITONO



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

ANEXO H: TOMA DE MUESTRAS DE AGUA EN EL RÍO JIMBITONO



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

ANEXO I: MONITOREO DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO JIMBITONO



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022

ANEXO J: ANÁLISIS DE PARÁMETROS FISICOQUÍMICOS EN EL LABORATORIO



Realizado por: Karákras, Jennifer, 2022



esPOCH

**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: 15 / 03 / 2023

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: Jennifer Maricela Karákras Sharup
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: Ciencias
Carrera: Ingeniería Ambiental
Título a optar: Ingeniera Ambiental
f. Analista de Biblioteca responsable: Ing. Rafael Inty Salto Hidalgo

0347-DBRA-UPT-2023

