UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE BIOLOGÍA

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

BIODIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS ASOCIADOS AL CORREDOR ECOLÓGICO LLANGANATES-SANGAY Y SU PAPEL COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA.

AUTOR(ES):

Martín Ernesto Morales Salazar

Nataly Maite Tamayo Vanegas

DOCENTE - TUTOR:

Msc. Ricardo Ernesto Burgos Moran

Puyo - Pastaza - Ecuador

2022

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICAFACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA CARRERA DE BIOLOGÍA

Puyo, 7 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **Nataly Maite Tamayo Vanegas,** con C.I. **172715081-4,** con el tema: **"Biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Corredor Ecológico Llanganates-Sangay y su papel como bioindicador de la calidad del agua"**; de la carrera de **Biología.**

Docente-Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **Ricardo Ernesto Burgos Moran**, ha sido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2,9%, informe generado con fecha 07-08-2022 por parte del director conforme al archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes
Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO ERNESTO BURGOS MORAN

M.Sc. RICARDO ERNESTO BURGOS MORAN
Docente -Tutor del Trabajo de Integración Curricular
C.I. 0102431335

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	macroinvertebrados CELLS_7-08_antiplagio.docx (D142716461)
Submitted	8/7/2022 3:26:00 PM
Submitted by	RICARDO BURGOS
Submitter email	rburgos@uea.edu.ec
Similarity	2.9%
Analysis address	rburgos.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx**
Document TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx (D142663640)
Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec
Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com
2

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Macroinvertebrados acuáticos como bioindicador del estado ecológico del río Blanco parroquia Sevilla Sucumbí os-Ecuador.docx**
Document Macroinvertebrados acuáticos como bioindicador del estado ecológico del rio Blanco parroquia Sevilla Sucumbi os-Ecuador.docx (D127049331)
Submitted by: lblg2017064@uea.edu.ec
Receiver: rburgos.uea@analysis.urkund.com
2

Entire Document

Diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Corredor Ecológico Llanganates-Sangay y su papel como bioindicador de la calidad del agua.

100% **MATCHING BLOCK 1/4** SA TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx (D142663640)

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida. Carrera de Biología. Resumen

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICAFACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA CARRERADE BIOLOGÍA

Puyo, 7 de agosto de 2022

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante **Martín Ernesto Morales Salazar,** con C.I. **160057633-2,** con el tema: **"Biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Corredor Ecológico Llanganates- Sangay y su papel como bioindicador de la calidad del agua"**.; de la carrera de **Biología.**

Docente-Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **Ricardo Ernesto Burgos Moran**, hasido revisado mediante el sistema antiplagio URKUND, reportando una similitud del 2,9%, informe generado con fecha 07-08-2022 por parte del director conforme al archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentesAtentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO ERNESTO BURGOS MORAN

M.Sc. RICARDO ERNESTO BURGOS MORAN
Docente -Tutor del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	macroinvertebrados CELLS_7-08_antiplagio.docx (D142716461)
Submitted	8/7/2022 3:26:00 PM
Submitted by	RICARDO BURGOS
Submitter email	rburgos@uea.edu.ec
Similarity	2.9%
Analysis address	rburgos.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx**
Document TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx (D142663640)
Submitted by: mcabrera@uea.edu.ec
Receiver: acmbrera.uea@analysis.urkund.com
2

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Macroinvertebrados acuáticos como bioindicador del estado ecológico del río Blanco parroquia Sevilla Sucumbí os-Ecuador.docx**
Document Macroinvertebrados acuáticos como bioindicador del estado ecológico del río Blanco parroquia Sevilla Sucumbí os-Ecuador.docx (D127049331)
Submitted by: lblg2017064@uea.edu.ec
Receiver: rburgos.uea@analysis.urkund.com
2

Entire Document

Diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Corredor Ecológico Llanganates-Sangay y su papel como bioindicador de la calidad del agua.

100% **MATCHING BLOCK 1/4** SA TIC FINAL CAYAMBE_RAMIREZ PAO2222.docx (D142663640)

Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida. Carrera de Biologia. Resumen

Biodiversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos asociados al Corredor Ecológico Llanganates-Sangay y su papel como bioindicador de la calidad del agua.

[1]Martín Ernesto Morales Salazar

[1]Blg2017049@uea.edu.ec

[2]Nataly Maite Tamayo Vanegas

[2]Blg2017074@uea.edu.ec

[3]Ricardo Ernesto Burgos Morán

[2] Universidad Estatal Amazónica, Facultad Ciencias de la Vida.
[1] Carrera de Biología.

Resumen

Los sistemas de agua dulce son uno de los recursos naturales más importantes para la vida y a pesar de su importancia, han sufrido grandes impactos causados por actividades antropogénicas, afectando directamente su biota y calidad. Los macroinvertebrados bentónicos, como fauna fluvial residente son muy importantes como bioindicadores de la calidad del agua; así, el objetivo de este estudio fue identificar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos dentro de los ríos Pastaza, Zuñac y Topo; y, su papel como bioindicadores de calidad de agua del Corredor Ecológico Llanganates-Sangay (CELLS). Se realizaron muestreos durante el período lluvioso del mes junio de 2022 con una red de Surber, mediante la técnica de lavado contracorriente. Se establecieron dos puntos con dos repeticiones por tramo de río investigado; y, se identificaron los especímenes colectados a nivel de familia, para realizar las estimaciones de diversidad con el software Past® y cálculos de índices bióticos. En total se capturaron 275 individuos, distribuidos en 11 órdenes y 23 familias. El río Zuñac fue el más diverso, con mayor abundancia de Baetidae. Las variables fisicoquímicas de pH; O_2; Cl_2; NO_3; NO_2 estuvieron en el rango permisible de la legislación ambiental ecuatoriana, destacándose una baja concentración de nutrientes, asumiéndose baja contaminación. En contraste, los índices bióticos AAMBI, ASPT, EPT, y de diversidad

identifican diferencias y variaciones en las comunidades de macroinvertebrados, en los tres ríos evaluados, con calidades de buena a dudosa, lo cual indica mayor sensibilidad de los macroinvertebrados. Es necesario muestreos más intensivos en época de estiaje, para obtener un mejor panorama sobre la diversidad de macroinvertebrados; aun así, los datos aquí expuestos, contribuirán para una línea de base de macroinvertebrados en el CELLS.

Palabras Clave: macroinvertebrados, calidad de agua, Corredor Ecológico Llanganates-Sangay

Abstract

Freshwater systems are one of the most important natural resources for life and despite their importance, they have suffered great impacts caused by anthropogenic activities, directly affecting their biota and quality. Benthic macroinvertebrates, such as resident fluvial fauna, are very important as bioindicators of water quality; thus, the objective of this study was to identify the diversity of the aquatic macroinvertebrate community within the Pastaza, Zuñac and Topo rivers; and their role as bioindicators of water quality in the Llanganates-Sangay Ecological Corridor (CELLS). Samplings were carried out during the rainy season of June 2022 with a Surber net, using the countercurrent washing technique. Two points were established with two repetitions per stretch of river investigated; and the specimens collected at the family level were identified, to perform diversity estimates with the Past® software and calculations of biotic indices. In total, 275 individuals were captured, distributed in 11 orders and 23 families. The Zuñac river was the most diverse, with the greatest abundance of Baetidae. Physicochemical variables of pH; O_2; Cl_2; NO_3; NO_2 were in the permissible range of the Ecuadorian environmental legislation, highlighting a low concentration of nutrients, assuming low contamination. In contrast, the AAMBI, ASPT, EPT, and diversity biotic indices identify differences and variations in the macroinvertebrate communities, in the three rivers evaluated, with qualities from good to doubtful, which indicates greater sensitivity of macroinvertebrates. More intensive sampling is necessary in the dry season to obtain a better overview of the diversity of macroinvertebrates; Even so, the data presented here will contribute to a baseline of macroinvertebrates at CELLS.

Key words: macroinvertebrates, water quality, Llanganates-Sangay Ecological Corridor.

Introducción

Las actividades antropogénicas como la agricultura, la expansión residencial, el desarrollo de embalses, así como las alteraciones hidrológicas de los cuerpos de agua afectan las condiciones ambientales acuáticas para los macroinvertebrados (Damanik, 2016). La contaminación de las cuencas hídricas tiene implicaciones, como disminución de la resiliencia, simplificación del sistema y pérdida de integridad ecológica (Gómez, 2012). En Ecuador, los ríos Pastaza, Topo y Zuñac tienen presencia de actividades relacionadas con asentamientos humanos que provocan polución de aguas grises, desechos sólidos, agricultura e industria, causando una disminución en la diversidad acuática (Montero-Vega, 2020). Escenario complejo, agravado además por un escueto conocimiento de la diversidad de organismos acuáticos (Valdiviezo, 2017).

Estas alteraciones en los ecosistemas acuáticos han motivado en las últimas décadas el desarrollo de índices bióticos para evaluar el efecto antropogénico sobre dichos ambientes (Encalada, 2019), destacando aquellos que se basan en el uso de macroinvertebrados bentónicos; siendo los más utilizados en la evaluación de ecosistemas fluviales del mundo (Arroyo, 2007), por lo que son organismos con un alto grado de sensibilidad a los cambios bruscos de contaminación (Arízaga, 2021), de la misma forma los macroinvertebrados son el componente de biomasa animal más importante en los ecosistemas fluviales de montaña (Dominguez, 2009) y tienen un rol en la trasferencia de energía desde los detritos bentónicos hacia los demás integrantes de las redes tróficas (Fernández, 2012)

El Corredor Llanganates-Sangay (CELLS) es considerado una zona de alta biodiversidad (Bentley, Reyes Puig, & Yanez, 2021); parte de la estribación oriental de los Andes del Ecuador; y debido a su importancia e impactos, este trabajo es enfocado en ayudar a elaborar una línea base de macroinvertebrados, como apoyo para su gestión; ya que, el sistema fluvial constituye un servicio ambiental, para la sostenibilidad de su población aledaña y la conservación de su flora y fauna.

En relación con lo descrito el objetivo principal de esta investigación es identificar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos dentro de los ríos Pastaza,

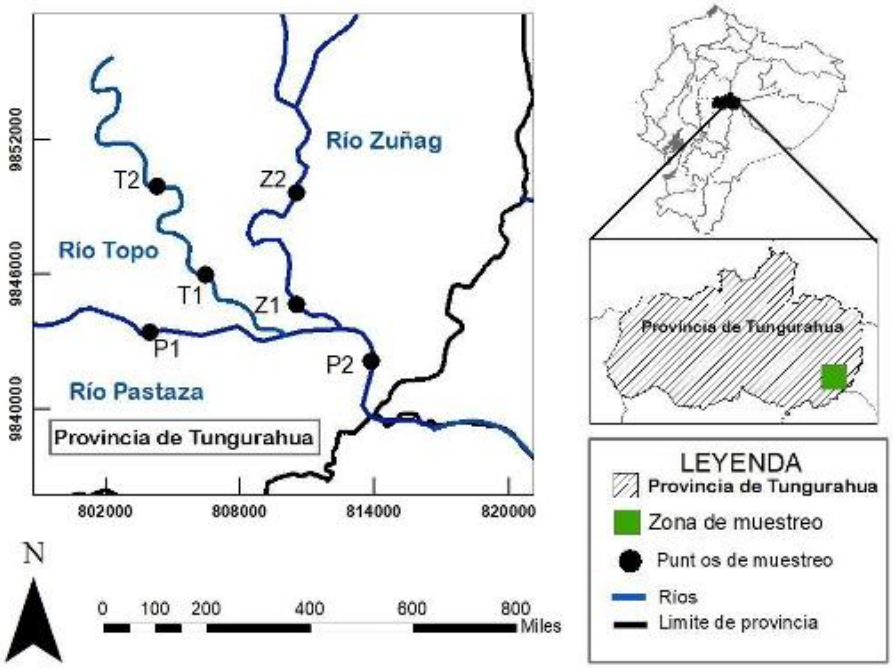
Zuñac y Topo; y, su papel como bioindicador de calidad de agua del Corredor Ecológico Llanganates-Sangay, provincia Tungurahua.

1. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

1.1 Ubicación geográfica

Se llevó a cabo un estudio de tipo cualitativo y cuantitativo en la provincia de Tungurahua, cantón Baños de Agua Santa, dentro de la parroquia Río Negro, sector el Topo, ubicado al centro de la región interandina del Ecuador dentro de los 1050 a 2056 m.s.n.m. (Figura 1). El área, está representada por dos formaciones vegetales: Bosque Siempre Verde Montano y Bosque de Neblina Montano, ambos pertenecen al piso zoogeográfico subtropical oriental y a la transición entre este y el piso templado oriental (Simpson et al., 2013). Cuenta con un clima cálido-húmedo con temperaturas ambientales que oscilan entre los 12,9 y 21,9°C, la precipitación media anual aproximada es de 200 mm y humedad ambiental de 80% (Feng, 2016).

Figura 1.- Mapa de ubicación de los diferentes puntos de colecta de los principales ríos del corredor ecológico Llanganates - Sangay.



Fuente**:** Autor

El sitio de muestreo corresponde a la parte alta de la cuenca hídrica del Río Pastaza, con corrientes de montaña, riberas rocosas con bosques abundantes (Rivadeneira, 2010) y zonas urbanas. El sector se compone de dos afluentes importantes del río Pastaza; el Topo, que atraviesa el bosque de transición, con un cauce de aguas cristalinas verdes y azules, con grandes piedras blancas, y una inclinación que resulta en aguas extremadamente correntosas, aunque con ambas orillas de vegetación abundante (Álvarez et al., 2012). El otro afluente, es el río Zuñac, de aguas cristalinas verde, también con grandes piedras blancas en medio del cauce, provocando corrientes agresivas, sus orillas poseen abundante vegetación de dosel alto (Valdiviezo et al., 2017), los mismos que han sido considerados como parte del Sistema Nacional de Áreas Protegidas (ver Tabla 1).

Se establecieron dos estaciones de muestreo con dos replicas en cada uno de los ríos: Río Pastaza (P1 & P2), Río Topo (T1 & T2) y Río Zuñac (Z1 &Z2); así cada una comprendió un tramo de 20m de longitud sobre el río y se registraron sus coordenadas geográficas (GPS Gaia), altitud; temperatura (termómetro acuático) y, parámetros fisicoquímicos a través de tiras indicadoras para: pH; O_2; Cl_2; NO_3; NO_2;

Tabla 1: Ubicación Geográfica de la colecta en las cuencas hídricas de los ríos Pastaza, Topo y Zuñac.

Cuenca	Punto de muestreo	Altitud (msnm)	Coordenadas	
			X	Y
Río Pastaza	P1	856	78°11’17’’O	1°24’41’’S
	P 2	989	78°11’14’’O	1°24’42’’S
Río Zuñag	Z 1	1204	78°11’15’’O	1°24’24’’S
	Z2	1300	78°11’12” O	1°24’23’’S
Río Topo	T1	1207	78°11’40” O	1°24’27” S
	T2	1500	78°11’36” O	1°24’26” S

Fuente: Autor

2.2 Captura de macroinvertebrados e identificación taxonómica

Se utilizó una red de mano tipo Surber según Palma et al., (2014), con un marco de muestreo de 30 x 30 cm, y una abertura de malla de 500µm, aplicando una técnica de lavado contracorriente (Ayala, 2019), para remover el sustrato de fondo, macrófitas acuáticos, raíces sumergidas de árboles y sustratos artificiales entre otros, según las indicaciones de Encalada, et. al., (2018). Las muestras se depositaron en una bandeja blanca y los individuos capturados fueron seleccionados con una pinza para posteriormente ser colocados en frascos herméticos de plástico de 125 ml, con alcohol etílico al 70%; con cantidad suficiente para cubrir los especímenes capturados, según las recomendaciones de Palma & Maestre, (2014). Los frascos fueron etiquetados con datos de la localidad, cuenca, fecha, colector y sus respectivos valores fisicoquímicos.

Los macroinvertebrados se identificaron hasta nivel taxonómico de familia utilizando guía de Encalada et al., (2019). Además del uso de claves taxonómicas generales para Sudamérica como la de Domínguez et al., (2009) las muestras fueron observadas por un microscopio de campo Carson Microflip 100x-250x en el centro de conservación e investigación de Finca la Argentina.

2.2.1 Macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua

Se utilizaron los índices AAMBI (Andean Amazon Biotec Index), ASPT (Puntuación Promedio por Taxa), EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera), los cuales indican las condiciones ambientales de los ecosistemas fluviales específicos para el entorno Andino-Amazónico (ver Tabla2).

Tabla 2: Técnicas utilizadas para evaluar la calidad de agua con macroinvertebrados.

Índice	Instrumento/Fórmula	Rango de valoración	Fuente
AAMBI	Hoja de puntuación a nivel de familia (**Error! Reference source not found.**)	1 – 10	Encalada et al., (2019)
ASPT	$ASPT = AAMBI/No.Familias$	1 – 10	Arango et al., (2008)
EPT	$\% EPT = (No.Total\ EPT/$	0 – 100	Buenaño et al., (2018)

$No.Total\ spp) * 100$

Fuente: Autor

2.3. Análisis de datos

Los registros de campo fueron organizados mediante base de datos en el programa Excel® y los cálculos fueron realizados en el programa de acceso libre Past 3; con el fin de estimar índices de diversidad ecológica (Arízaga, 2021) y hacer análisis multivariado Cluster considerando la abundancia de cada especie (Briceño, 2020). Para facilitar la interpretación de los datos, se realizó un diagrama de Venn con el programa JVNN (Bardou, Mariette, Escudié, Djemiel, & Klopp, 2014).

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1 Diversidad y estado de calidad de agua de los principales ríos de CELLS.

4.1.1 Condiciones Fisicoquímico

Los ecosistemas analizados son ríos de montaña (Tabla 3), en la cual la materia orgánica, se retiene poco debido a la velocidad y fuerza del agua, y se convierte en material orgánico fino debido a la abrasión y fragmentación física (Eguiguren, 2014), este efecto causa que en las partes altas de los ríos Topo (T2) y Zuñac (Z2) que el nivel de NO_3 está próximo a cero; mientras las estaciones de muestreo de los ríos Topo y Pastaza con pendiente menos pronunciada y conformación de cañones angostos, disminuyen la corriente provocando una ligera acumulación de materia orgánica, reflejando presencia NO_3. En cuanto a las temperaturas registradas; están fueron alteradas por la temporada lluviosa en la zona de estudio (Encalada, 2019). En cuanto a pH, éste se encuentra en un rango permisible con la legislación nacional del MAATE; y, óptimo para el desarrollo de vida acuática.

Tabla 3. Valores Fisicoquímicos de los ríos Pastaza, Zuñac y Topo.

Puntos de Colecta								
Parámetro	**Unidad**	**Pastaza**		**Zuñac**		**Topo**		**Rango Permisible**
		P1	***P2***	***Z1***	***Z2***	***T1***	***T2***	
T°	**°C**	20	19	17	18	16	13	NRP[1]

pH	**-**	7,2	6,8	7,2	7,2	8,4	8,0	6,5-8,5
[O_2]*	**mg/l**	8,21	8,10	8,37	8,2	8,25	8,10	
[NO_3]	**mg/l**	20	10	25	10	25	10	Hasta 50
[NO_2]	**mg/l**	10	10	10	2	10	2	Hasta 50

Nota: [1]Valores del TULSMA, No hay Rango Permisible (NRP); * valores estimados a una saturación del 100%

Fuente: Autor

4.2 Diversidad de macroinvertebrados

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos de los ríos Pastaza, Topo y Zuñac, fue diversa. Se colectaron 275 individuos, distribuidos en 11 órdenes y 23 familias (Tabla 4). A nivel de órdenes, los más abundantes fue Ephemeroptera (82%) y la familia más abundante fue Baetidae (50%). El afluente que reflejó mayor diversidad fue el río Zuñac con 104 individuos, Chironomidae misma que fue la familia más abundante; y, se caracteriza por vivir en zonas poco oxigenadas lo cual destaca su tolerancia y le permite reducir su depredación (Oviedo, 2018). Le sigue en diversidad el río Pastaza con 101 especímenes, en la cual la familia Baetidae fue la más abundante, organismos de alto grado de sensibilidad a la contaminación; y, por último, el río Topo con 33 individuos, donde se destaca la familia carnívora Dytiscidae que fue la más abundante; la presencia de éste taxón manifiesta una generación de zonas de concentración de nutrientes (Dominguez, 2009).

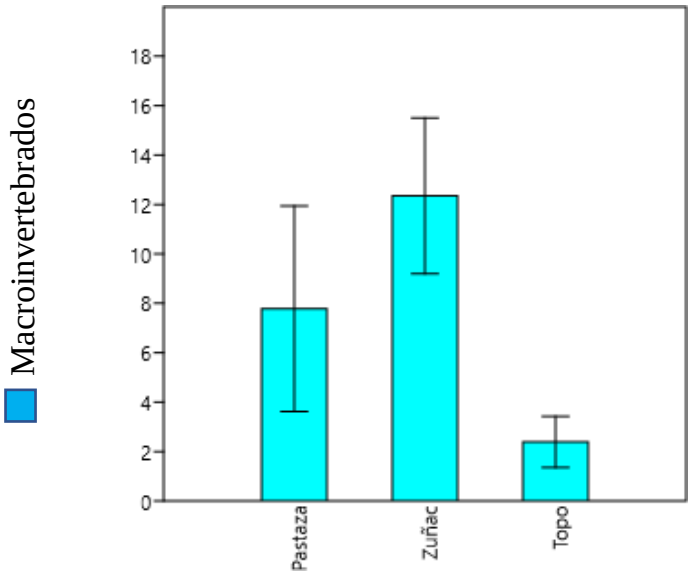
Tabla 4: Lista de taxones e índice de biológico AAMBI.

Orden	**Familia**	**Puntos Colecta**						
		Puntaje AAMI	**Pastaza**		**Zuñac**		**Topo**	
			P1	**P2**	**Z1**	**Z2**	**T1**	**T2**
Coleóptera	Hydrophilidae	3	1	3	8	4	-	-
	Ptilodactylidae	5	1	2	5	3	-	-
	Elmidae	5	1	-	2	1	-	-
	Noteridae	4	-	-	3	-	-	-
	Gyrinidae	3	-	-	-	3	1	1
	Psephenidae	5	-	-	-	-	1	1
	Dytiscidae	3	-	-	-	-	2	6
Ephemeroptera	Caenidae	3	-	-	12	8	0	0
	Leptophlebiidae	10	-	-	9	6	-	1
	Baetidae	4	5	40	-	-	-	1
Spirostreptida	Spirostreptidae	10	1	-	-	-	1	-
Platelminto	Planariidae	5	-	14	2	7	8	-

Lumbriculida	Lumbriculidae	2	3	10	2	6	6	-
Trichoptera	Calamoceratidae	10	1	11	1	1	-	-
	Anomalopsychidae	10	-	8	6	3	-	-
	Helicopsychidae	10	-	-	6	3	-	-
Plecóptera	Perlidae	10	-	-	4	2	-	-
Odonata	Gripopterygidae	10	-	-	3	1	1	-
	Megapodagrionidae	6	-	-	1	-	-	-
	Coenagrionidae	6	-	-	-	-	-	1
Decapoda	Atyidae	6	-	-	-	-	1	1
Hemíptera	Mesoveliidae	5	-	-	-	1	-	-
Díptera	Chironomidae	2	-	-	11	17	-	-
Total	23		48	53	75	66	21	12

Fuente: Autor

Figura 2: Diversidad de fauna de macrobentónica en los ríos de Pastaza, Zuñac y Topo.



Fuente: Autor

En la figura 2 se observa que la mayor diversidad está concentrada en el río Zuñac; y, equivale a la que tendría una comunidad de 12 familias; muy superior al sitio menos diverso, que es el río Topo con 2,5 especies efectivas. Así, entre el río Zuñac, donde predominan los ambientes rocosos que forman pozas; y, los ríos Pastaza y Topo, con alta frecuencia de fuertes crecientes, hay una diferencia del 55% en la diversidad. Este resultado contrasta con

la interpretación con los valores del índice de Shannon, ya que la diferencia en diversidad de macroinvertebrados entre los tres sitios es de apenas 15%

4.2.1 Índices de Diversidad de macroinvertebrados

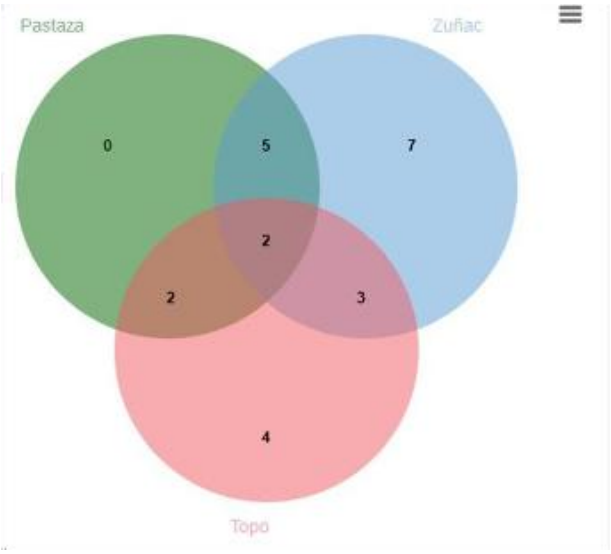
Tabla 5: Indicadores de diversidad para macroinvertebrados en los sitios de estudio

Indicador	Río			Interpretación
	Pastaza	Zuñac	Topo	
Familias	8	17	10	Zuñac presenta el mayor número de taxas, mientras que Topo y Pastaza presentan menor cantidad.
Individuos	179	284	55	Zuñac presenta mayor abundancia a diferencia, seguido por Pastaza. Mientras que el Topo presenta baja dominancia de individuos.
Dominancia (D)	0,3168	0,1059	0,2231	Ningún río muestra especies dominantes
Simpson (1-D)	0,6832	0,8941	0,7769	Zuñac más diverso
Shannon (H)	1,433	2,472	1,751	Zuñac más equitativo, mientras Pastaza y Topo tienen comunidades variantes.
Uniformidad ($e^{H/S}$)	0,5239	0,6966	0,5762	Los tres ríos se concentran en dos especies y no son igualmente comunes.
Brillouin	1,362	2,358	1,531	Zuñac, presenta diversidad absoluta significativa.
Menhinick	0,5979	1,009	1,348	Topo presenta alta riqueza específica, mientras el más pobre es el Pastaza.
Margalef	1,349	2,832	2,246	Insignificante cantidad de especies, es decir, la riqueza dentro de las muestras evaluadas es baja.
Equitabilidad (J)	0,6891	0,8724	0,7605	En el río Zuñac, todas las especies presentes son igualmente abundantes, a diferencia de Pastaza y Topo con dominancia de una sola.
Fisher (α)	1,718	3,968	3,577	Zuñac y Topo, presentan condiciones buenas hacia especies igualmente abundantes, mientras el Pastaza tiene dominancia de una sola especie.
Berger-Parker	0,5028	0,1972	0,2909	Escasa diversidad.
Chao-1	9	17	10,6	Riqueza de estos ríos es pobre y la riqueza estimada no es la esperada.

Fuente: Autor en Software Past 3

4.2.2 Diagrama de Venn distribución de familias por río.

Figura 3: Relación de los hábitats de macroinvertebrados de cada río analizado.



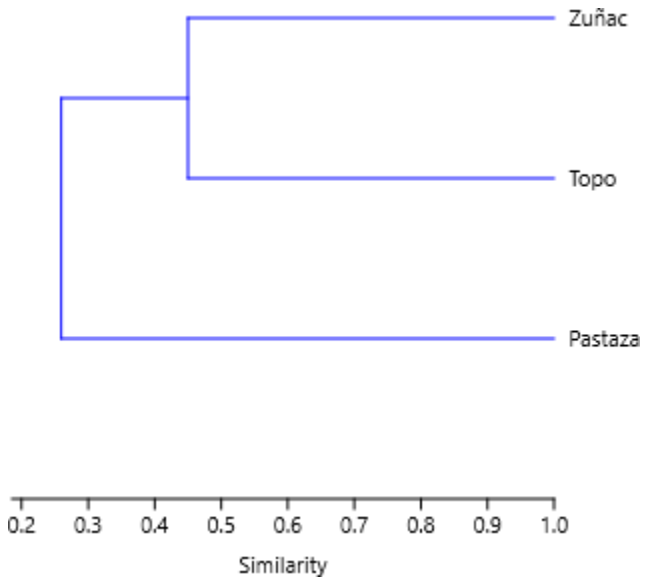
Fuente: Autor en JVNN

En lo que se refiere a la distribución de las familias; grupos que comparten hábitat en los tres ríos son Planariidae y Lumbriculidae; así, su abundancia y nivel de diversidad pueden utilizarse como indicadores del buen estado de la cadena trófica (Negrete, 2013) su presencia indica la existencia de ganadería en los tres cuerpos de agua. Los individuos en común con el río Topo y Zuñac son la familia Gyrinidae, Leptophlebiidae y Gripopterygidae. En los ríos Zuñac y Pastaza cinco familias son compartidas como: Hydrophilidae, Ptilodactylidae, Elmidae, Calamoceratidae, Anomalopsychidae; y, finalmente entre el río Pastaza y Topo tienen en común Baetidae, Spirostreptidae. Estos datos orientan a que hay barreras de corriente en el río Pastaza que debería ser acumulador natural de estos organismos; sin embargo, al menos durante la presente colecta, no se tienen registros en común.

Familias únicas y representativas de ciertos lugares de muestreo son Psephenidae, Coenagrionidae y Atyidae, exclusivas del río Topo; mientras en el río Zuñac se registran macroinvertebrados como: Helicopsychidae, Perlidae, Megapodagrionidae, Mesoveliidae con alta sensibilidad a la contaminación y Chironomidae tolerante, todas claves para evaluar la calidad de agua. En el caso del río Pastaza no hay familias únicas, esto se debe a que las

fuertes lluvias provocan crecimientos de caudal y están relacionadas con el arrastre de sedimentos y rocas en bentos del río, que son transportados hasta chochar con meandros en las partes llanas del río (Encalada, 2019), fuera del límite del estudio.

Figura 4: Análisis de Cluster de cada río estudiado.



Fuente: Autor en Software Past 3

El análisis de Cluster muestra el agrupamiento de los lugares de estudio, así el río Pastaza está más alejado, con una similitud aproximada de 0,25 con el resto de los ríos, mientras, los ríos Zuñac y Topo, son similares con un valor de 0,45, lo que indica que aún hay diferencias entre las comunidades bentónicas entre todos los sitios estudiados.

4.3.1 Diagnóstico de calidad de agua por índices bióticos de macroinvertebrados.

En el caso del río Pastaza la calidad de agua según el índice biológico AAMBI y ASPT, contiene evidencia de efectos contaminantes, sin embargo, con EPT refleja calidad buena, ya que se registró una cantidad elevada de individuos de los Orden Ephemeroptera y Tricoptera, la mayoría de estos colectados en el punto P2. Cabe aclarar que luego de este punto se da la desembocadura de los cauces de Zuñac y Topo que descienden del Parque Nacional Llanganates, y en su mayoría mantienen bosques conservados. A diferencia del punto P1 que está río arriba sin desembocaduras de los ríos estudiados, estos resultados,

posiblemente sucede por las diferentes actividades antropogénicas en las riberas de la parte alta del Pastaza (Agroindustria, turismo, agricultura) y dentro del río por la represa del Agoyan (ver tabla 6).

Tabla 6: Resultados de los índices AAMBI, ETP, ASPT

Parámetros	Pastaza	Zuñac	Topo
AAMBI	54	103	64
EPT	64	43,2	6
ASPT	6	6,5	5,8

Nota: Aceptable; Bueno; Regular; Dudoso; Malo

Fuente: Autor

En el río Zuñac, los diferentes índices biológicos muestran puntuaciones altas, es decir la calidad de agua es aceptable, sin mayores signos de contaminación. Además, fue el único río con presencia de los tres órdenes considerados para calcular el grado de sensibilidad de los cuerpos de agua como son: Ephemeroptera, Trichoptera y Plecóptera (ETP), son organismos de aguas oligotróficas, poco resistentes a ambientes acuáticos contaminados. En consecuencia, a su buena calidad, relacionado a ambas orillas con vegetación ribereña de bosques en estado óptimo.

Por último, el río Topo, difiere del resto, porque según, todos los índices evaluados AAMBI, ASPT y ETP, se observó una dudosa calidad de agua. A pesar de que este caudal atraviesa bosques conservados con una mínima alteración antropogénica. El muestreo de este cuerpo agua, tuvo limitaciones al momento de ejecutar la colecta, por el incremento de caudal, acompañado de fuertes corrientes, y la propia morfología del río con orillas agrestes. Así, se explica este grupo de factores como los responsables de la baja puntuación obtenida. A pesar de las difíciles condiciones, se extrajo muestras de interés del orden Ephemeroptera, una pequeña evidencia para considerar una calidad de agua aceptable.

A pesar de que se aplicó un muestreo rápido para los ríos Andino-Amazónico, la diversidad obtenida fue alta debido al uso correcto de la técnica de lavado contracorriente. Sin embargo, es necesario hacer mayor esfuerzo de muestreo incrementando frecuencia y estaciones de referencia a lo largo de la gradiente altitudinal, con el fin de tener más información sobre la diversidad del lugar. Así, los resultados no fueron los esperados, ya que el CELLS está compuesto de varios ecosistemas que albergan una alta diversidad, por ello probablemente hay un déficit en las muestras encontradas. Según Encalada, (2019), en épocas de lluvia la diversidad disminuye drásticamente por lo que no es recomendable colectar insectos. Sin embargo, se resaltar que, a pesar las fuertes precipitaciones, se encontró una riqueza interesante de organismos, demostrando que por su orografía CELLS es una zona biodiversa. La falta de recursos fue un limitante para no llevar a cabo un análisis más exhaustivo en identificar hasta el nivel de especies, ya que según Fundación Ecominga, (2022), el CELLS es una zona de endemismos; y, podríamos esperar mayor diversidad.

Los resultados reflejan que la diversidad existente en los ríos Zuñac y Topo no son igual al río Pastaza a pesar de que el cauce es un recolector natural, indicando la necesidad de incrementar el esfuerzo de muestreo y colecta en ambas orillas, sobre todo en aquella orilla en donde predomina la salpicadura de la corriente, por consecuencia es una zona más oxigenada.

4 CONCLUSIONES

El método de colecta mediante el uso de red de mano tipo Surber resulto ser el más eficaz para la colecta de organismos acuáticos, sin embargo, por la presencia de altas precipitaciones y aumento de caudal no se logró colectar los organismos esperados.

Los diferentes cuerpos de agua del Corredor Llanganates-Sangay reflejan que los parámetros fisicoquímicos registrados sobre calidad de agua están dentro de los rangos permisibles de la legislación del Ecuador, discrepando de los índices bióticos utilizados, lo cual indica mayor sensibilidad de los macroinvertebrados.

Es necesario realizar muestreos más intensivos, con varias réplicas en períodos largos y en época de estiaje, para obtener un mejor panorama sobre la diversidad de macroinvertebrados y su papel como bioindicadores de calidad de agua dentro del Corredor

Ecológico Llanganates-Sangay. Aun así, los datos expuestos en esta investigación contribuirán para la elaboración de una línea de base sobre macroinvertebrados en el Corredor Ecológico Llanganates- Sangay.

REFERENCIAS

Andrade, D. E. (2019). Thermal stream effects on macroinveetebrate diversity (Cachiyacu River Basin, Ecuador). Trabajo de titulación para la obtención de la licenciatura en biología. Quito.

Arízaga, C. (2021). Diversidad estructural y funcional de macroinvertebrados bentónicos de riachuelos de páramo del Macizo del Cajas. Cuenca .

Arroyo, D. C. (2007). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados. Quito.

Atkkinson, C., Encalada, A., & Rugenski, A. (2018). Determinants of food resource assimilation by stream insects along a tropical elevation gradient.

Ayala, S. (2019). Determinación de la calidad del agua del río Frío (Cundinamarca, Colombia) a partir de macroinvertebrados bentónicos. Bogóta.

Bardou, P., Mariette, J., Escudié, F., Djemiel, C., & Klopp, C. (29 de 08 de 2014). BMC Bioinformatics. Obtenido de BMC Bioinformatics: https://bmcbioinformatics.biomedcentral.com/articles/10.1186/1471-2105-15-293

Briceño, K. (21 de 06 de 2020). Scribd. Obtenido de Scribd: https://es.scribd.com/document/443677568/Indice-de-Simpson

Damanik, M. L. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. Limological-Ecology and Management od Inland Waters, 57, 27-59.

Dominguez, E. (2009). Macroinvertebrados bentónicos Sudamericanos. Sistemática y Biología. Tucuman: Miguel Lillo.

Eguiguren, B. (2014). Trophic variability of stream macroinvertebrates along an altitudinal gradient and among size groups in the Oyacachi River Basin. Quito.

Encalada, A. (2019). Los ríos de las cuencas Andino- Amazonica. Herramientas y guía de macroinvertebrados para el diseño de programas de monitoreo. . Quito: Trama.

Feng, H. Z. (2016). Plan hidrahulico regional demarcación hidrografica del Pastaza. Quito.

Fernadez, R. L. (2012). Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados

con un tamaño superior a 500 µm, entre los. Barcelona.

Gómez, L. F. (2012). Coleópteros acuáticos de lagunas situadas en el noreste de la provincia de Corrientes, Argentina. Revista de la Sociedad Entomológica de Argentina., 73-85.

Lesmann, J., Guayasamin, J., & Canser, K. (2016). Freshwater vertebrate and invertebrate diversity patterns in an Amazon basin: implications for consevation efforts.

Liñero, I. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. Quito.

Mendoza, B., & Sanchez, R. (2016). Ecología y medio ambiente. Ciudad de México.

Montero-Vega, F. M.-C.-H.-P.-S. (Enero-Junio de 2020). Evaluation of the enviromental impact of the wastewater treatmet plant construction. Case Pindo Chico River, Puyo, Pastaza, Ecuador. Ciencia, Ambiente y clima., 3(1), 23-39.

Pechik, J. (2015). Biology of the invertebrates. New york : McGraw-Hill.

Polato, N. R. (2018). Narrow thermal tolerance and low dispersal drive higher speciation in tropical mountains.

Roldán-Pérez, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. Medellín.

Simpson, N. (2013). Herpetofauna en áreas prioritarias para la conservación: El sistema de reservas Jocotoco y Ecominga.

Yépez, Á. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. Ciencia y Tecnología, 27.34.

5 ANEXOS

Marco Teórico

5.1 Macroinvertebrados Acuáticos

Son organismos invertebrados con un tamaño superior a 500 µm, en su mayoría individuos de la clase Insecta en estadio inmaduro (huevos y larvas), donde destacan los órdenes: Ephemeroptera, Plecóptera, Odonata, Hemíptera, Coleóptera, Tricóptera y Díptera (Encalada, 2019). Estos individuos son excelentes indicadores biológicos por su sensibilidad a diversos cambios fisicoquímicos presentes en el ambiente, lo cual hace que estos sean superiores a otras especies; facilitando así el monitoreo y control de calidad de determinado recurso hídrico superficial (Fernadez, 2012).

5.1.2 Hábitat

El hábitat de estos individuos acuáticos es variado y cada uno de ellos corresponde a una comunidad determinada (Arroyo, 2007); es por ello por lo que algunos macroinvertebrados son localizados dentro del sustrato; algunos sobre él, otros adheridos a rocas, piedras y algunos en restos vegetativos. A su vez otros prefieren las orillas del río y otros nadan sobre la superficie prefiriendo corrientes fuertes (Pechik, 2015).

5.1.3 Macroinvertebrados como bioindicadores acuáticos

Estos organismos son importantes bioindicadores de calidad hídrica y ecológica por su alta susceptibilidad y adaptabilidad a cambios físicos, químicos y antropológicos presentes en el medio (Arroyo, 2007), lo cual atribuye a que sean eficaces para detectar y monitorear perturbaciones presentes en el mismo (Yépez, 2017). A su vez su accesibilidad es fácil, económica y no se necesita exactamente identificar la especie, basta con el taxón más cercano para la aplicación de índices (Arroyo, 2007).

5.2 Calidad física, química y biológica del agua

El agua es indispensable para todo ser vivo y esencial para la dinámica ecosistémica funcional del mundo, es decir una buena calidad física, química y biológica del mismo favorecen al incremento poblacional de diversidad acuática siendo clave para las especies presentes en el medio (Gómez, 2012). La principal característica física de un ecosistema acuático es la temperatura, mientras que las químicas son pH; O_2; Cl_2; NO_3; NO_2; y por último las biológicas, siendo estas propiedades básicas para correlacionar los resultados obtenidos de los bioindicadores (Encalada, 2019).

5.3 Índice biótico AAMBI, Andean-Amazon Biotic Index

AAMBI (modificado y adaptado de Ríos-Touma et al., 2014, del BMWP Roldán -Pérez 2016 & de Acosta 2009), sirve para evaluar la calidad de agua de ecosistemas acuáticos Andino- Amazónicos. Este índice se aplica asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia de invertebrados registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. La ventaja

del AAMBI es que solo requiere saber hasta nivel de familia, sus resultados son cualitativos, nos permiten medir presencia y ausencia (Yépez et al., 2017).

Tabla 7: Significado e interpretación de valores de índices biológicos AAMBI

Calidad	Puntaje	Significado	Color
Buena	>150, 101-120	Aguas muy limpias a limpias	Azul
Aceptable	61-100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Fuente: Andrea Encalada, (2009)

5.3.1 Índice Biológico

5.3.1.1 Puntuación promedio por taxa (ASPT)

El índice ASPT se utiliza para evaluar la calidad del agua frente a posibles perturbaciones, este índice es valioso aplicarlo cuando existe diversidad en el ecosistema (Ayala et al., 2019). Se calcula mediante la división del valor total del índice AAMBI por el número de familias presentes, se relaciona al índice principal que evalúa el estado ecológico mediante macroinvertebrados, ayuda a que la medida sea más precisa del estado del sitio que se evalúe (Liñero et al., 2016

Tabla 8: Significado e interpretación de valores de índices biológicos ASPT

Calidad	Puntaje	Significado	Color
Muy buena	>9-10	Aguas de calidad	Azul Celeste
Buena	>8-9	Aguas no contaminadas	Azul
Aceptable	>6,5-8	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
Dudosa	>4,5-6,5	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
Crítica	>3-4,5	Aguas muy contaminadas	Naranja
Muy crítica	1-3	Situación critica	Rojo

Fuente: Adaptado de Leaño J, Peréz D (2020).

5.3.1.2 Ephemeroptera, Tricoptera y Plecoptera (ETP)

El índice ETP se calculó dividiendo el número de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera y Plecoptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos significan aguas más oxigenadas y limpias. El índice de dípteros se calculó dividendo el número de individuos del orden Diptera por el número total de individuos colectados; los valores más altos determinan el enriquecimiento del agua con materia orgánica (Roldán-Pérez, 2016).

Tabla 9: Rango del índice EPT

Característica	Valor (%)
Muy buena	75 - 100
Buena	50 - 75
Regular	25 - 50
Mala	0 - 25

Fuente: Adaptado de Buenaño et al., (2018)