UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Análisis de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, ubicado en el Río Pindo Chico, cantón Pastaza, provincia de Pastaza.

AUTOR(ES):

Irene Lidia Alvarado Tanguila

Amparo Lisbeth Vargas Choto

DOCENTE - TUTOR:

MsC. Abril Saltos Ricardo Vinicio, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

Análisis de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, ubicado en el Río Pindo Chico, cantón Pastaza, provincia de Pastaza.

AUTOR(ES):

Irene Lidia Alvarado Tanguila

Amparo Lisbeth Vargas Choto

DOCENTE - TUTOR:

.

MsC. Abril Saltos Ricardo Vinicio, PhD.

Puyo - Pastaza - Ecuador

2023

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total de cien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la ideaprincipal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Sin comentarios
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente allector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología,principales hallazgos y conclusiones.	3/5	Debe ser sistémico y enfocar en la metodología y resultado antes que el tipo deinvestigación. Tiene faltas de ortografía.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar.Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	15/20	No tiene citas bibliográficas. No describe de manera ordenada (general-particular) la introducción. No describe los objetivos de lainvestigación.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articuladocon los objetivos. Entrega conceptos de términos que sonempleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual conadecuadas fuentes de autoridad.	10/15	No toda la información tiene citasbibliográficas y carece de bibliografía. Es muy corta, no tiene todas las definicionesque se emplearon en el estudio.
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que seabordó la información.	10/15	Las figuras, el mapa y las tablas no están enformato de las normas APA 7ma Edi. No tiene enfoque y alcance que lo mencionaen la guía metodológica. Las definiciones van en marco teórico, no eneste apartado. No establece la metodología para determinar los puntos y criterios de muestreo ni cita la metodología aplicada per se.
6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		

Entrega los resultados de manera organizada apartir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes yestán claramente representados. El texto no repite información entregadaen los cuadros y figuras.	20/25	No tiene discusión. Las tablas no están en formato de las normasAPA 7ma Edi. Tiene faltas de ortografía. Deben sacar un índice de diversidad
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados.Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	6/10	No son reflexivos acorde al tema
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas,fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuenteen el texto y viceversa.	3/5	No todas están en formato de las Normas APA7ma Edi.
VALORACIÓN TOTAL	72/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	72

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
JORGE LENIN LEON ARCOS

.....

M.Sc. Jorge León Arcos
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Lago Agrio, a los 7 días del mes de marzo de 2023.

FORMATO 4
APROBACIÓN DE LOS TRABAJOS DE INTEGRACIÓN CURRICULAR
(Uno por cada evaluador)

En el siguiente cuadro se detalla un conjunto de criterios a evaluar con un total decien (100) puntos.		
Criterios	**Puntaje**	**Argumentos de la calificación**
1. TÍTULO		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los requisitos de forma y fondo
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué se trata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con los requisitos de forma y fondo
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación, vinculación y docencia. Presentación del problema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	20/20	Cumple con los requisitos de forma y fondo
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articulado con los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Cumple con los requisitos de forma y fondo
5. METODOLOGIA		
Describe el tipo de investigación a desarrollar. Expone con claridad el procesamiento de la información y obtención de los datos. Plantea los criterios de análisis con que se abordó la información.	15/15	Cumple con los requisitos de forma y fondo

6. ANÁLISIS DE RESULTADOS		
Entrega los resultados de manera organizada a partir del problema planteado, objetivos específicos, etc. Los cuadros y figuras son pertinentes y están claramente representados. El texto no repite información entregada en loscuadros y Figuras.	25/25	Cumple con los requisitos de forma y fondo
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple con los requisitos de forma y fondo
8. REFERENCIAS		
Atiende las normas APA en las citas, fuentes y referencias. Las referencias bibliográficas tienen la fuente en el texto y viceversa.	5/5	Cumple con los requisitos de forma y fondo
VALORACIÓN TOTAL	100/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documento revisado.

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	100/100

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
LEO MAXIMILIANO RODRIGUEZ BADILLO

Leo Maximiliano Rodríguez Badillo
PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 10 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGNIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 01 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Amparo Lisbeth Vargas Choto con C.I. 210091326-4, con el Tema: **"Análisis de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, ubicado en el Río Pindo Chico, cantón Pastaza, provincia de Pastaza."**, de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente director del Trabajo de Integración Curricular, Ricardo Vinicio Abril Saltos, ha sido revisado mediante el sistema anti-plagio URKUND, reportando una similitud del 5%, Informe generado con fecha 2023-02-28 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO
ABRIL SALTOS

_____

Ricardo Abril

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGNIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 01 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Irene Lidia Alvarado Tanguila con C.I. 150126854-2, con el Tema: **"Análisis de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos, ubicado en el Río Pindo Chico, cantón Pastaza, provincia de Pastaza."**, de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente director del Trabajo de Integración Curricular, Ricardo Vinicio Abril Saltos, ha sido revisado mediante el sistema anti-plagio URKUND, reportando una similitud del 5%, Informe generado con fecha 2023-02-28 por parte del director conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines pertinentes

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
RICARDO VINICIO
ABRIL SALTOS

Ricardo Abril

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	ARTÍCULO FINAL ALVARADO IRENE_VARGAS AMPARO.pdf (D159679853)
Submitted	2/28/2023 10:43:00 AM
Submitted by	Ricardo Abril
Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Similarity	5%
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com

Análisis de la calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el Río Pindo, ubicado en el cantón Pastaza, provincia de Pastaza.

Amparo Lisbeth Vargas Choto[1]
al.vargasc@uea.edu.ec
Irene Lidia Alvarado Tanguila [1]
il.alvaradot@uea.edu.ec
MsC. Abril Saltos Ricardo Vinicio, PhD[2]
rvabril@uea.edu.ec
Universidad Estatal Amazónica, Facultad de [Ciencias de la Vida], Carrera de [Ingeniería Ambiental] (1)

Resumen

La contaminación y el agotamiento del suministro de agua de Ecuador se ven exacerbados por la creciente población del país, la falta de voluntad de sus ciudadanos para seguir las reglas y la falta de castigos severos por violarlas, la calidad del agua se deteriora constantemente debido a las actividades humanas. El objetivo general de la presente investigación fue analizar la calidad del agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Pindo Chico en el cantón Pastaza. La metodología utilizada fue de tipo no experimental ya que no se realizó la manipulación de las variables, presentó un corte transversal, ya que el estudio no se realizó en un largo periodo de tiempo, y además porque se muestrearon las mismas zonas, en cuatro ocasiones, finalmente la investigación fue descriptiva ya que detalla los componentes y las características principales del objeto del estudio. Los principales resultados obtenidos fueron los siguientes: la calidad del agua del río Pindo Chico en los puntos de muestreo presentó un promedio porcentual de 30,05% lo que indica que el agua de dicho tramo del río presenta una calidad regular; así mismo, a través del índice de BMWP se determinó que el promedio fue 34.87, loque indica que la calidad del agua del río Pindo Chico es crítica. En conclusión, se puede deducir que la calidad del agua del río Pindo Chico se ha visto afectada por el incremento de la población y los malos hábitos de la misma, así mismo, la utilización de los índices de calidad manifiesta que la calidad del agua desciende ante la influencia de la zona urbana.

Palabras Clave: *índice ETP, índice BWMP, calidad de agua, macroinvertebrados.*

Abstract

The contamination and depletion of Ecuador's water supply is exacerbated by the country's growing population, the unwillingness of its citizens to follow the rules, and the lack of harsh punishments for violating them, the quality of the water is constantly deteriorating due to human activities. The general objective of the present investigation was to analyze the water quality through the use of benthic macroinvertebrates in the Pindo Chico river in the Pastaza canton. The methodology used was of a non-experimental type since the manipulation of the variables was not carried out, it presented a cross-section, since the study was not carried out in a long period of time, and also because the same areas were sampled four times. Finally, the research was descriptive since it details the components and the main characteristics of the object of study. The main results obtained were the following: the water quality of the Pindo Chico river at the sampling points presented an average percentage of 30.05%, which indicates that the water of said section of the river presents a regular quality; Likewise, through the BMWP index, it was determined that the average was 34.87, which indicates that the water quality of the Pindo Chico river is critical. In conclusion, it can be deduced that the water quality of the Pindo Chico river has been affected by the increase in the population and its bad habits, likewise, the use of quality indices shows that the quality of the water decreases. under the influence of the urban area.

Keywords*: ETP index, BWMP index, water quality, macroinvertebrates.*

1. Introducción

El Ecuador es uno de los países que posee una gran cantidad de recursos hídricos quienes por su valor económico, social y ambiental son aprovechados o utilizados porla población que habita en sus orillas o alrededores, también es importante tener en cuenta que la amplia gama de actividades humanas ha provocado una contaminación significativa del agua de los ríos, lagos, océanos convirtiéndose menos pura a lo largo del tiempo.

Sin embargo, a pesar de su potencial hidrológico, las principales preocupaciones ambientales del agua en Ecuador están ligadas a las muchas formas en que se utiliza. Dado que los seres humanos han dependido tradicionalmente de estas áreas tanto para la extracción de recursos como para la eliminación de basura, han sufrido un grave deterioro como resultado de la actividad humana (Lozano, 2019).

La contaminación y el agotamiento del suministro de agua de Ecuador se ven exacerbados por la creciente población del país, la falta de voluntad de sus ciudadanos para seguir las reglas y la falta de castigos severos por violarlas, la calidad del agua se deteriora constantemente debido a las actividades humanas, como el uso excesivo de agroquímicos y fertilizantes que se escurren a los cuerpos de agua, el vertido de aguas residuales y la mala disposición final de los desechos sólidos (Bouroncle *et al.,* 2018).

Por tal motivo, con frecuencia se emplea el monitoreo biológico para evaluar la calidad del agua, mediante los macroinvertebrados debido a que los índices bióticos se han utilizado ampliamente debido a su simplicidad, confiabilidad y aplicación, a pesar de que se han creado técnicas alternativas para evaluar la calidad del agua de los ríos (Guzmán, 2018).

Entre los muchos marcadores biológicos utilizados para evaluar la salud de los ecosistemas fluviales, los macroinvertebrados ocupan un lugar destacado. Aunque los macroinvertebrados se han empleado como indicadores de la calidad del agua en Europa durante casi un siglo, ha habido muy pocos estudios en América Latina y menos aún en Ecuador. Este país proporciona muy pocos datos sobre índices biológicos, taxonomía o técnicas relevantes (Arroyo & Encalada, 2022)**.**

Para identificar la contaminación, se utilizan indicadores biológicos en el monitoreo de la calidad del agua. Dado que los macroinvertebrados bentónicos se utilizan a menudo como bioindicadores porque representan la gran mayoría de las especies de ríos, ofrecen información sobre las condiciones del río mucho antes de la recolección de muestras y pueden recolectarse con poco esfuerzo y sin equipo específico (Romero y Ziga, 2017). Sin embargo, no son infalibles ya que son sésiles o vulnerables a la contaminación. Además, diferentes tipos de macroinvertebrados exhiben grados variables de resistencia a la contaminación, lo que los convierte en indicadores útiles de la calidad del agua. (Arana et al. 2016).

La proximidad de la provincia de Pastaza al río Amazonas y sus numerosos ríos y lagos contribuyen significativamente a la abundancia de agua dulce de la región. Pero también siente los efectos de la tensión que el crecimiento insostenible ejerce sobre este recurso vital, como se muestra en el ejemplo de áreas altamente pobladas como Puyo, donde fluyen varios ríos, incluido el Pindo Chico. Debido a que fluye a través de una región poblada, el pequeño río Pindo acepta contaminantes extraños, incluidos desechos industriales y aguas residuales domésticas, que degradan la calidad del agua del río hasta el punto de que no es apta para la vida acuática, el consumo humano y otros usos. Por lo

antes mencionado la presente investigación se propone la determinaciónde la calidad del agua del río Pindo Chico mediante bioindicadores (macroinvertebrados bentónicos)

2. MATERIALES Y MÉTODOS

Localización

La presente investigación se localiza en el Cantón y Provincia de Pastaza en la Ciudad de Puyo, específicamente en el Río Pindo chico, en el sector Consejo Nacional Electoral, se fijaron tres puntos de muestreo separados aproximadamente a 200 metros, el primer punto de muestreo tuvo las siguientes coordenadas: 832716.00 m al este y 9835054.00 m al sur; por otra parte el punto dos de muestreo tuvo las siguientes coordenadas: 832760.00 metros al este y 9834921.00 metros al sur y finalmente el tercer punto de muestreo tiene las siguientes coordenadas: 832820.00 metros al este y 9834863.00 metros al sur.

Tabla 1. Materiales y equipos.

Materiales	Equipos
Libreta de campo	Computadora portátil
Materiales de oficina	Cámara fotográfica digital
Envases para recolectar muestra	Impresora
Redes	GPS
Botas de caucho	Estereoscopio
Lupa	
Bandeja plástica	
Pinzas metálicas (punta fina)	
Alcohol antiséptico al 75%	
Agua destilada	

Diseño de la investigación

La presente investigación fue de tipo no experimental ya que no se realizó la manipulación de las variables, presentó un corte transversal, ya que el estudio no se realizó en un largo periodo de tiempo, y además porque se muestrearon las mismas zonas, en cuatro ocasiones, finalmente la investigación fue descriptiva ya que detalla los componentes y las características principales del objeto del estudio (Hernández et al. 2017).

Método de la investigación

Recolección de muestras

Para el muestreo de los Macroinvertebrados se identificaron algunos tipos de sustratos (habitad), que incluyen: sustratos duros en áreas sumergidas del lecho del río (rocas, piedras), estructuras hechas por el hombre como pilares de puentes o paredes, superficies artificiales, arena, plantas acuáticas, hojarasca, raíces sumergidas, troncos y ramas. Las muestras de sustrato no se tomaron de regiones que estaban sustancialmente sombreadas, sumergidas o aparentemente emergidas, o tramos con corriente mínima. Que de acuerdo

a
a lo sugerido por (Confederación Hidrológica del Ebro, 2005).

Se realizó las siguientes actividades en base al tipo de hábitat, según lo establece la Confederación Hidrográfica del Ebro (2005) y Carrera & Fierro (2001)**:**

- Se tomaron muestras de los puntos 1, 2 y 3 colocando una red río abajo, mirando hacia el agua, y luego manipulando el sustrato con las manos o las botas para animar a los macroinvertebrados a nadar hacia la superficie, donde luego serían arrastradas por la corriente y depositado en la base de la red.
- La muestra se colocó en una bandeja con poca cantidad de agua, se limpió la red en la misma bandeja para que todos los individuos recolectados fueran depositados en la bandeja y se separaron todos los desechos orgánicos e inorgánico.

Cabe resaltar que los puntos de muestreo, estuvieron caracterizados por la presencia de rápidos de poca profundidad y flujo turbulento, con lecho cubierto de piedras, hojarasca, vegetación sumergida y colonias de algas. En los sitios seleccionados, se realizaron 4 monitoreos, con un intervalo de 7 días, distribuidos durante el mes de diciembre del 2022 y el mes de enero del 2023.

Los microorganismos se recolectaron utilizando una red de patada se colocó en el fondo del río contra el flujo de agua. Para iniciar con el muestreo, primero se removieron las piedras y se tomó la muestra conformada por una toma en cada punto de muestreo durante 30 minutos. Las muestras obtenidas se conservaron en frascos de polipropileno de 0,25 litros llenos de una solución de alcohol-agua 3:1.

Análisis de resultados.

Una vez en el laboratorio, las muestras se colocaron en bandejas plásticas y observadas bajo aumento de un **estereoscopio** para la separación de los diferentes morfotipos de macroinvertebrados encontrados. La estimación de calidad de agua se realizó mediante los indicadores definidos a continuación: Índice BMWP (Biological Monitoring Working Part), el cual constituye un indicador de diversidad taxonómica y valoración relativa a nivel de familia. El puntaje de 10 indica familias que no aceptan contaminantes, y el puntaje de 1, a aquellas que toleran gran cantidad de éstos. El índice considera únicamente la presencia de familias y no la abundancia de individuos, y su cálculo se puede definir mediante la siguiente ecuación (Fadillah, 2017).

$$BMWP = \sum V_i$$

Donde:
Bmwp = Índice biológico para un lugar determinado.

Vi = Valor constante de calidad de agua para la familia (valor del 1 al 10).

Familias	Puntaje
Anamalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Ghomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymessiidae, Odontoceridae, Oliigoneuridae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydraenidae, Hydroboscidae, Leptophlebiidae, Phylopotamidae, Polycentropodidae, Polymitarcyidae, Xiphocentronidae	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simulidae, Veliidae	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Naucoridae, Notonectidae, PLanariidae, Psychodidae, Scirtidae	7
Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolichopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae, Notoceridae	4
Ceratopogonidae, Glossiphonidae, Cyclobdellidae, Hydrophylidae, Physidae, Tipulidae	3
Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Así mismo, se utilizó el índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), los ejemplares se identificaron a nivel de **orden y familia** utilizando la clave taxonómica y se registró el número de individuos/familia, los ejemplares identificados fueron agrupados por clase, orden y familia a fin de determinar la abundancia y diversidad de individuos pertenecientes a cada uno de ellos. Para ello, se ordenaron los resultados basados en sus orígenes filogenéticos (Walteros, 2018).

$$\frac{EPT\ tptal}{abundancia\ total} * 100$$

El valor obtenido de ETP en cada punto, se comparó con la siguiente tabla de calificación:

Tabla 2: Tabla de calificación de calidad del agua según índice ETP.

Calidad de agua	
75 - 100 %	Muy Buena
50 - 74 %	Buena
25 - 49 %	Regular
0 - 24 %	Mala

Nota. **Fuente**: (Walteros, 2018).

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

A continuación, se presentan los resultados obtenidos del muestreo de macroinvertebrados bentónicos en el río Pindo Chico.

Primer punto de muestreo:

En la tabla 3, se identifican las familias encontradas en el primer punto de muestreo de la presente investigación luego de cuatro repeticiones. Se Evidencia que en el tercer muestreo, los valores de los índices EPT y BMWP presentan los valores más altos, y por ende la contaminación más baja en ese punto, numéricamente el índice de EPT obtenido en el primer punto de muestreo en su tercera repetición, alcanza valores de 47.62, lo que indica que la calidad del agua es regular, así mismo, el valor del índice BMWP fue de 62, lo que indica que esas aguas se encuentran ligeramente contaminadas, es decir, se evidencian efectos de contaminación, la calidad del agua por ende es aceptable y es de clase II.

Por otra parte, en las repeticiones 1, 2 y 4 la calidad del agua según el indicador EPT es regular, mientras que con el indicador BMWP, la calidad del agua es dudosa, lo que significa que el agua es moderadamente contaminada y presenta es de clase III. Los valores de los índices fueron para el muestreo uno: 41.67 (ETP) y 45(BMWP), para el muestreo dos: 45.45 (ETP) y 41 (BMWP), mientras que para el muestreo cuatro: 41.18 (ETP) y 47 (BMWP).

Tabla 3: Cantidad de especies encontradas en el primer punto de muestreo.

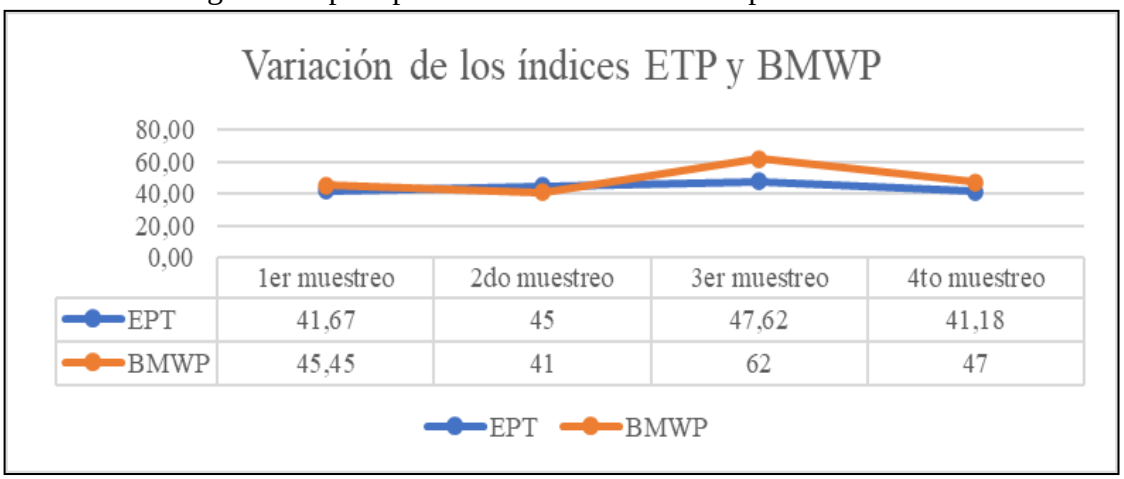
MUESTREO	ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	ETP	BMWP
1ro	Hemiptera	Gerridae	1		8
	Coleoptera	Psephenidae	2		10
		Leptophlebiidae	3		9
	Ephemeroptera	Baetidae	3	3	7
	Trichoptera	Hydropsychidae	2	2	7
	Hemíptera	Hydrometridae	1		4
	TOTAL		12	**41,67 %**	**45**
2do	Ephemeroptera	Baetidae	1	1	7
		Leptohyphidae.	2	3	9
	Trichoptera	Glossosomatidae	1	1	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	3		9
	Megaloptera	Corydalidae	3		6
	Diptera	Tipulidae	1		3
	TOTAL		11	**45,45 %**	**41**
3ro	Ephemeroptera	Baetidae	2	2	7
		Leptohyphidae.	1	1	9
	Trichoptera	Glossosomatidae	3	3	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	2		9
	Megaloptera	Corydalidae	1		6
	Diptera	Tipulidae	4		3
	Trichoptera	Hydropsychidae	2		7
	Hemíptera	Hydrometridae	3		4
	Plecoptera	Perlidae	3	4	10
	TOTAL		21	**47,62 %**	**62**
4to	Ephemeroptera	Leptohyphidae.	4	4	9

	Diptera	Tipulidae	1		3
	Hemiptera	Gerridae	2		8
		Veliidae	6		7
	Plecoptera	Perlidae	3	3	10
	Coleoptera	Psephenidae	1		10
	TOTAL		17	**41,18 %**	**47**

Elaborado por: Irene y Amparo, 2023.

En la figura 2 se muestra la variación de los índices ETP y BMWP del primer punto de muestreo en las diferentes repeticiones muestrales; cabe recalcar las condiciones climáticas influyeron en estos análisis, ya que en las noches previas de los días de los muestreos 1, 2, y r muestreo no se registraron precipitaciones durante la noche previa.

Figura 2: Variación de los índices ETP y BMWP en el primer punto de



Segundo punto de muestreo:

En la tabla 4, se identifican las familias encontradas en el segundo punto de muestreo de la presente investigación luego de cuatro repeticiones. Se evidencia que en el primer y cuarto muestreo, la calidad del agua según el índice ETP es mala, mientras que en los muestreos dos y tres la calidad según el índice ETP calidad del agua fue *"regular"*, en esta misma línea, según el índice de BMWP todos los muestreos realizados en el segundo punto de control, el agua presentó una calidad crítica, es decir que las aguas estaban muy contaminadas, presentando una clase IV.

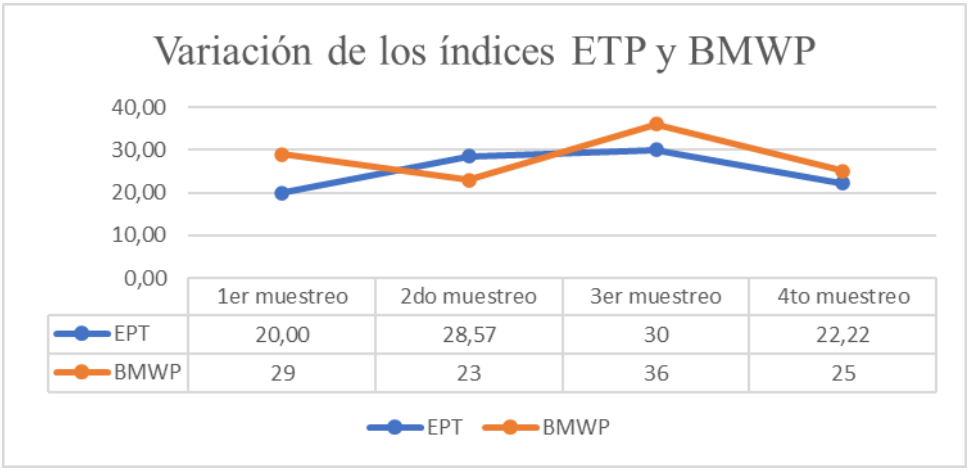
Tabla 4: Cantidad de especies encontradas en el segundo punto de muestreo.

MUESTREO	ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	EPT	BMWP
1ro	Hemiptera	Gerridae	1		8
	Coleoptera	Elmidae	3		6
		Hydrometridae	2		4
	Ephemeroptera	Leptohyphidae	2	2	7
	Hemíptera	Hydrometridae	2		4
	TOTAL		**10**	**20,00 %**	**29**

2do	Trichoptera	Glossosomatidae	2	2	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	1		9
	Hemíptera	Hydrometridae	2		4
	Diptera	Tipulidae	2		3
	TOTAL		**7**	**28,57 %**	**23**
3ro	Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	2	7
	Hemíptera	Hydrometridae	1		4
	Trichoptera	Glossosomatidae	1	1	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	1		9
	Megaloptera	Corydalidae	2		6
	Diptera	Tipulidae	2		3
	TOTAL		**10**	**30,00 %**	**36**
4to	Trichoptera	Glossosomatidae	1	1	7
	Diptera	Tipulidae	2		3
	Hemiptera	Gerridae	1		8
		Veliidae	4		7
	Plecoptera	Perlidae	1	1	10
	TOTAL		**9**	**22,22 %**	**25**

En la figura 3 se presenta la variación de los valores de los índices ETP y BMWP en el segundo punto de muestreo, como se puede observar, el índice de ETP mantienen un de entre 20% a 30%, estos valores son inferiores a los obtenidos en el primer punto de muestreo, una de las razones es que cerca del punto del muestreo, varias viviendas vierten aguas residuales directamente sobre el río, lo que genera que la microfauna y microflora no tenga las condiciones óptimas para su desarrollo

Figura 3: Variación de los índices ETP y BMWP en el segundo punto de muestreo.



Tercer punto de muestreo

En la tabla 5, se identifican las familias encontradas en el tercer punto de muestreo de la investigación luego de cuatro repeticiones. Se evidencia que, con respecto al índice ETP,

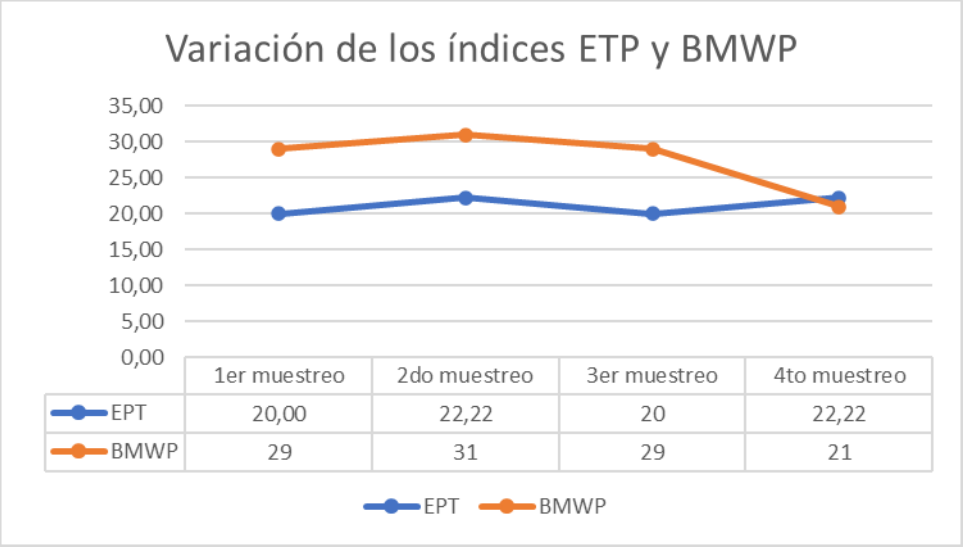
los valores de los cuatro muestreos son; 27.27%, 22.22%, 20% y 22.22% respectivamente, indicando una calidad de agua *"mala",* por otra parte el índice de BMWP todos los muestreos realizados en el tercer punto de control, el agua presentó valores de: 29, 31, 29 y 21 respectivamente en las cuatro repeticiones en el punto de muestreo, lo que representa una calidad crítica, es decir que las aguas estaban muy contaminadas, presentando una clase IV.

Tabla 5: Cantidad de especies encontradas en el tercer punto de muestreo.

MUESTREO	ORDEN	FAMILIA	INDIVIDUOS	EPT	BMWP
1ro	Ephemeroptera	Leptohyphidae	3	3	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	2		9
	Diptera	Tipulidae	1		3
	Megaloptera	Corydalidae	3		6
	Hemíptera	Hydrometridae	2		4
	TOTAL		11	27,27	29
2do	Trichoptera	Baetidae	2	2	7
	Coleoptera	Leptophlebiidae	1		9
		Elmidae	2		6
	Megaloptera	Corydalidae	2		6
	Diptera	Tipulidae	2		3
	TOTAL		9	22,22	31
3ro	Megaloptera	Corydalidae	2		6
	Diptera	Tipulidae	3		3
	Coleoptera	Leptophlebiidae	2		9
		Hydrometridae	1		4
	Trichoptera	Glossosomatidae	2	2	7
	TOTAL		10	20,00	29
4to	Trichoptera	Glossosomatidae	1	1	7
	Hemiptera	Veliidae	4		8
	Megaloptera	Corydalidae	3		6
	Ephemeroptera	Baetidae	1	1	7
	TOTAL		9	22,22	21

Respecto a la Figura 3, en ella se muestra la variación de los índices de ETP y BMWP del tercer punto de muestreo, de esta manera en los resultados se evidencia que los porcentajes de estos dos indicadores son menores que los del primero y segundo punto de control ya que en sus cuatro puntos de muestreo mantienen valores entre 20% y 30%, la tendencia de contaminación continua, y la calidad del agua se mantiene en un nivel regular.

Figura 4. Variación de los índices ETP y BMWP en el segundo punto de muestreo.



Una vez que se ha revisado a detalle las cuatro repeticiones en los tres puntos de control establecidos para esta investigación, se presenta a continuación en la Tabla 6, un resumen con valoraciones cualitativas de la calidad del agua del río Pindo Chico en función al índice ETP. De esta manera, el primero punto de control, en sus cuatro repeticiones se encuentra en un nivel Regular la calidad del agua, lo que demuestra una contaminación leve. Seguidamente en el segundo punto de control, en la primera y última repetición la calidad del agua resultó Mala, pero en la repetición dos y tres, la calidad es Regular. Finalmente, en el puesto de control tres, la primera muestra evidenció un nivel Regular del agua, pero los tres últimos muestreos determinaron que la calidad del agua es Mala, evidenciando que la contaminación es alta.

Tabla 6: Valoraciones del Índice ETP.

INDICE ETP	
MUESTREO	**CALIDAD**
1er MUESTREO	Regular
	Regular
	Regular
	Regular
2do MUESTREO	Mala
	Regular
	Regular
	Mala
3er MUESTREO	Regular
	Mala
	Mala
	Mala

A continuación, en la Tabla 7, se muestran un resumen de las valoraciones del índice BMWP de los tres puntos de control con sus respectivos muestreos, de esta manera en el primer punto se evidenció que el muestreo uno, dos y cuatro muestran una calidad Dudosa de clase III, lo que significa que es un agua moderadamente contaminada, sin embargo en el muestro tres, la calidad es Aceptable, de clase II ligeramente contaminada. El primero punto de control es importante ya que es una zona poca expuesta a contaminación, debido a su ligera lejanía de las zonas pobladas.

Por otra parte, en los puntos de control dos y tres, se resalta que la calidad del agua es Crítica, categorizándola como clase IV, lo que demuestra que el agua en estos dos puntos está Muy Contaminada, una de las principales razones se debe a su cercanía con las zonas habitadas, lo que produce una excesiva contaminación ocasionada por los desechos liberados en estas aguas.

Tabla 7 Valoraciones del Índice ETP.

	INDICE BMWP		
MUESTREO	**CALIDAD**	**SIGNIFICADO**	**CLASE**
1er MUESTREO	**Dudosa**	Moderadamente contaminadas	III
	Dudosa	Moderadamente contaminadas	III
	Aceptable	Ligeramente contaminadas	II
	Dudosa	Moderadamente contaminadas	III
2do MUESTREO	**Crítica**	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV
3er MUESTREO	**Crítica**	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV
	Crítica	Muy contaminadas	IV

CONSLUSIONES

Se logró determinar la calidad del agua del río Pindo chico a través de bioindicadores como son los macroinvertebrados bentónicos, siendo la clave fundamental para ello, realizar un muestreo que cumpla con todas las condiciones que indica la literatura, teniendo en cuenta siempre las condiciones climáticas, ya que, si se realiza el muestreo en días lluviosos, los ríos estarán turbulentos y pueden llegar a ser peligrosos y la microfauna se ve disminuida.

Se pudo concluir que la calidad del agua del río en los diferentes puntos de muestreos presentó valores diferentes, por ejemplo, en el primer punto de muestreo, el agua llega alcanza valores que posicionan la calidad del agua como aceptable, con valores del índice de ETP superiores a 40%, mientras que ene el segundo punto, los valores del índice de ETP oscilan entre 20% y 28%, notando una disminución considerable en los porcentajes, por otra parte los valores del índice de ETP obtenidos en el tercer punto de muestreo fueron los más bajos, llegando a tener un máximo porcentual de 22.2%.

El índice de BMWP indica que la calidad del agua en el punto uno es la de mejor calidad, llegándola a considerar como *"aceptable"* es decir en ese tramo del río el agua es más limpia; no obstante, para los puntos de muestreo dos y tres, la calidad del agua según el índice BMWP es crítica.

Los niveles de calidad del agua en los diferentes puntos de muestreo del río Pindo Chico sufren alteraciones debido al las condiciones ambientales a las que están sometidos, es decir, la contaminación exterior por parte de los seres humanos, por ejemplo, la deposición de basura en las riveras del río, la descarga directa e indirecta de aguas servidas de las viviendas aledañas, entre otras.

Referencias

Alba Tercedor, J. (1996). Macroinvertebrados acuaticos y calidad de las aguas de los ríos. *IV Simposio del Agua en Andalucía, 11*, 203-213. scholar.google: http://www.ephemeroptera-galactica.com/pubs/pub_a/pubalbaj1996p203.pdf

Arroyo, D., y Encalada, A. (2022). Evaluación de la calidad de agua através de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales de neblina Montano. *Revista USFQ*, 11-61. https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/avances/article/view/4/6

Arana Liñero, I., Balarezzo, V., Eraso, H., Pacheco, F., Ramos, C., Muzo, R., & Calva, C. (2016). Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados. *UNED Research Journal, 8*(1), 68-75. https://doi.org/doi.org/10.22458/urj.v8i1.1225

Bouroncle Luna, L., Félix Díaz, J., y Heracles Alcalde, L. (2018). La sobrepoblación: efectos. *Revista de investigaciones de la Universidad Le Cordon Bleu, 5*(2), 119-132. https://doi.org/https://doi.org/10.36955/RIULCB.2018v5n2.010

Carrera Reyes, C., & Fierro Peralbo, K. (2001). *Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* https://docplayer.es/4909485-Manual-de-monitoreo-los-macroinvertebrados-acuaticos-como-indicadores-de-la-calidad-del-agua.html

Confederación Hidrológica del Ebro. (2005). *Metodología para el establecimiento del estado ecológico según la directiva marco del agua en la Confederación Hidrológica del Ebro.* https://www.miteco.gob.es/es/agua/publicaciones/Protocolos_muestreo_biologico_con_portada_tcm30-214764.pdf

Guzmán, D. (2018). Servicio levantamiento información para la determinación de la calidad del agua en el área de influencia en el bloque 28, en la provincia de Pastaza en el cantón Mera. Puyo: G & G Construcciones y Ambiente.

Gil, J., Vizcaino, C., & Montaño, N. (2018). Evaluación de la calidad del agua superficial utilizando el índice de calidad del agua (ICA). Caso de estudio: Cuenca del Río Guarapiche, Monagas, Venezuela. *Anales Científicos, 79*(1), 111-119. file:///C:/Users/USER/Downloads/Dialnet-EvaluacionDeLaCalidadDelAguaSuperficialUtilizandoE-6480001.pdf

Fernández Cirelli, A. (2012). El agua: un recurso esencial. *Revista QuímicaViva, 11*(3), 147-170. https://www.redalyc.org/pdf/863/86325090002.pdf

Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., & Parra, O. (2003). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores. *Revista chilena de historia natural, 76*(2), 275-285. https://www.scielo.cl/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0716-078X2003000200012

Hernández Sampieri, R., Fernández Collado, C., & Baptista Lucio, P. (2017). *Metodología de la investigación.* https://www.uca.ac.cr/wp-content/uploads/2017/10/Investigacion.pdf

Lozano, M. (2019). Ingeniera en Biotecnología Ambiental. *Determinación de la calidad del agua medinate el uso de marcoinvertebrados bentónicos como bioindicadotres en la microcuenca del rió Guangaza chico de la provincia de Morono Santiago.* Escuela Superior Politécnica de Chimborazo. http://dspace.espoch.edu.ec/bitstream/123456789/10594/1/236T0425.pdf

Walteros-Rodríguez, J. M. (2018). Fichas rápidas para la identificación de macroinvertebrados acuáticos. Pereira: Universidad Tecnológica de Pereira.

Fadillah, M., Sutjiningsih, D., & Anggraheni, E. (2017). Characteristic of macroinvertebrates abundance in cascade-pond system at Universitas Indonesia Campus, West Java, Indonesia. Civil Engineering Department, Universitas Indonesia., 1-7. Indonesia.

Romero, I. & Zúñiga, T., 2017. Evaluación de la calidad ecológica del río Ushimana utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Bachelor's thesis: Quito.

ANEXOS

Anexo A: Marco teórico

Calidad del agua

Los efluentes contaminantes, como las aguas residuales sin tratamiento previo, contribuyen en gran medida a la disminución de la calidad del agua como consecuencia de los asentamientos humanos, la industrialización, la expansión de las fronteras agrícolas y otros factores.

Gil et al. (2018) hace referencia al hecho de que los ríos han estado contaminados durante bastante tiempo, principalmente como resultado del vertido de basura sin tratamiento, lo cual es cierto en todas las naciones hasta cierto punto; sin embargo, las áreas emergentes son las que tendrán las dificultades más severas y urgentes en el futuro.

Importancia del agua

El agua, una molécula simple que llena los mares y sustenta toda la vida acuática y terrestre, es un líquido esencial. El líquido más antiguo de la Tierra también es un alimento en sí mismo, que proporciona al cuerpo humano calcio, magnesio, hierro y zinc Es importante recordar que el agua es una parte tan integral del cuerpo humano que no puede sobrevivir sin ella por más de cinco o seis días. El 75% del cuerpo de un recién nacido es agua, mientras que un adulto promedio tiene un 60% (Fernández, 2012).

Bioindicadores

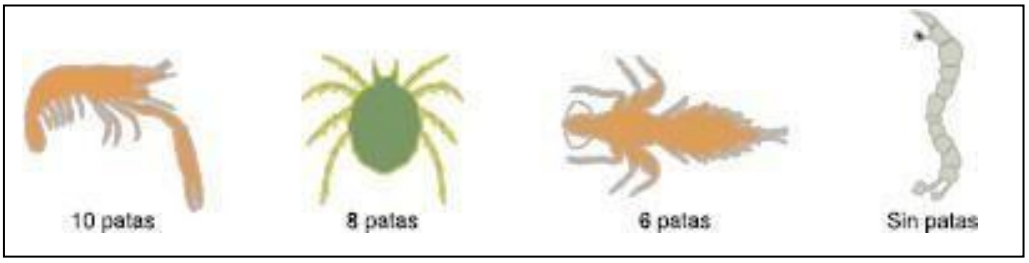
Un bioindicador es una especie de planta, hongo o animal, o un grupo de especies (grupo eco-sociológico), o un grupo de plantas, cuya presencia (o estado) proporciona información sobre características ecológicas específicas (físico-químicas, microclimáticas , biológico y funcional) del medio ambiente o el impacto de prácticas específicas en ese medio ambiente. Su uso principal es en la evaluación de riesgos ecológicos (seguimiento del estado del medio ambiente o la eficacia de medidas compensatorias o restauradoras).

Macroinvertebrados

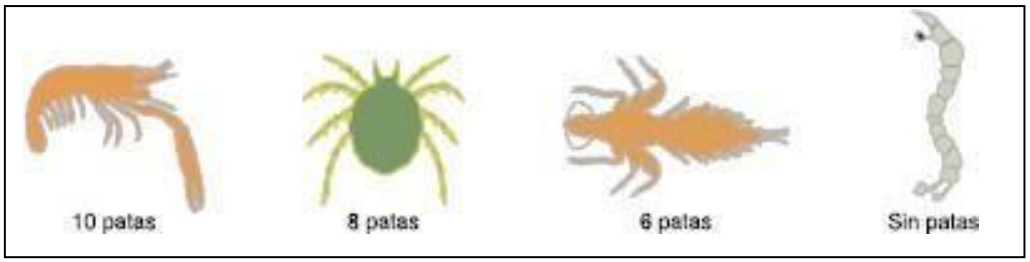
Según Carrera y Fierro (2001), mencionan que los macroinvertebrados acuáticos son visibles a simple vista. Son invertebrados, por lo que el término "macro", por "grande", proviene de su tamaño (entre 2 milímetros y 30 centímetros), y el término "acuático", por su hábitat en agua dulce (estuarios, ríos, lagos y lagunas). Además, se jactan de que vienen en una variedad de formas y tamaños (como se ve en la figura #). Algunos tienen una gran cantidad de patas, como los camarones (10), los ácaros (8) o incluso las chinches

(6). Algunos, como las larvas de moscas, carecen por completo de patas.

I. **Figura #. Formas de macroinvertebrados.**



II. **Figura #. Tipo de Macroinvertebrados.**



Macroinvertebrados bentónicos

Figueroa et al. (2003) menciona que es de conocimiento general que las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos pueden utilizarse para evaluar la calidad de las aguas superficiales, como señala. Y hay beneficios en el uso de estas especies para el monitoreo biológico, que incluyen:

- Debido a que están presentes en todos los cuerpos de agua, es posible realizar investigaciones que los comparen
- También nos informan, a través del análisis espacial, de los impactos y perturbaciones que experimenta un cuerpo de agua. Esto se debe principalmente al carácter sedentario del trabajo.
- Brindan beneficios tecnológicos, como la facilidad de muestreo y bajo costo de procesamiento de datos.
- Actualmente la taxonomía de los grupos está bien estudiada. Podemos encontrar fichas técnicas e ilustraciones con las que podemos identificar a un organismo.

Los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua

Los habitantes de cuerpos acuáticos han evolucionado para prosperar bajo ciertas

circunstancias y solo pueden soportar tanta variación en esos entornos antes de perecer. Diferentes especies tienen diferentes niveles de tolerancia; cuando uno cambia en el medio ambiente, algunos organismos pueden volverse "intolerantes" y negarse a adaptarse a las nuevas circunstancias, mientras que otras especies pueden continuar funcionando normalmente. Las comunidades de criaturas "tolerantes" se mudarán si la interrupción se vuelve lo suficientemente severa como para matar a los "intolerantes".

Las especies "intolerantes" abandonarán la zona modificada incluso si la perturbación está por debajo del umbral fatal, despejando el camino para que los organismos "tolerantes" entren y tomen el control. Por lo tanto, los cambios en la composición y organización de los ecosistemas fluviales pueden leerse como indicadores reveladores de contaminación (Alba Tercedor, 1996).

Índice EPT

Para la aplicación de este análisis se utilizan tres clases de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua porque son especialmente vulnerables a los contaminantes. Las moscas de mayo (Ephemeroptera), las moscas de piedra (Plecoptera) y las moscas (Trichoptera) son ejemplos de estos órdenes (Carrera y Fierro, 2001).

Índice de sensibilidad

En esta investigación, tenemos en cuenta cuán vulnerables son ciertos grupos de macroinvertebrados a la contaminación. Se ha cuantificado la vulnerabilidad de diferentes tipos de macroinvertebrados a la contaminación. Los valores aquí están entre uno y diez. Comenzando en 1, que representa el nivel menos sensible, la escala sube a 10 para el nivel más alto de sensibilidad. Se dividen en cinco categorías en función de esta sensibilidad (Carrera y Fierro, 2001).

Contaminación del agua.

Es causado por la escorrentía intermitente de ciudades y fábricas. Los efectos de este tipo de vertidos en los ecosistemas fluviales se sienten ya que no todos los compuestos nocivos son eliminados por los distintos sistemas de depuración que se utilizan en determinadas localidades, incluida la nuestra. La mayoría, si no todas, las descargas de Puyo se vierten directamente en los ríos sin ser filtradas de ninguna manera.

- Sustancias tóxicas que llegan al río provocarán un impacto sobre la comunidad de macroinvertebrados y la biota en general.

Anexo B: Imágenes de la investigación

Figura 7: Realización del sistema de red de patada.



Figura 7: Realización del muestreo.



Figura 7: Separación de los macroinvertebrados de la red.



Figura 7: Recolección de los macroinvertebrados de la red.



Figura 7: Almacenamiento de los macroinvertebrados.



.