UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO GUÁCHALA, PICHINCHA.

AUTOR (ES):

Sebastian Fernando Chagñay Asipuela

Erika Tatiana Tigasi Ante

DOCENTE – TUTOR:

Dr. Ricardo Vinicio Abril Saltos, 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 idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Sin comentario
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	Sin comentario
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación,vinculación y docencia. Presentación delproblema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	18/20	Hay errores en el uso de las citas. La redacción y estructura del contenido no fue mejorada lo suficiente.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articuladocon los objetivos. Entrega conceptos de términos que son empleados en el estudio. Sustenta el referente conceptual con adecuadas fuentes de autoridad.	15/15	Sin comentario
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	Sin comentario

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 los cuadros y figuras.	22/25	Las tablas no están en normas APA, se repite información en las tablas y en el texto. Falta profundizar en la discusión.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	9/10	Falta ser más precisas y mejorar la redacción.
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	Sin comentario
VALORACIÓN TOTAL	94/100	

DICTAMEN

Marque la casilla correspondiente a su criterio de evaluación respecto al documentorevisado

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	94

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
REINIER ABREU NARANJO

Reinier Abreu Naranjo

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

FORMATO 4

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

Determinación del índice de calidad de agua a través de macroinvertebrados acuáticos en el Río Guáchala, Pichincha

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 idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	Cumple con los criterios establecidos.
2. RESUMEN		
Entrega información necesaria que oriente al lector a identificar de qué setrata la investigación y su relevancia. Incorpora los objetivos, metodología, principales hallazgos y conclusiones.	5/5	Cumple con los criterios establecidos.
3. INTRODUCCION		
Entrega información sobre la temática a tratar. Describe la relevancia del tema dentro de las temáticas de investigación,vinculación y docencia. Presentación delproblema y objetivos del problema del artículo de manera clara y concisa.	16/20	Cumple de manera parcial con las observaciones realizadas por el revisor.
4. MARCO TEÓRICO		
Marco teórico coherente y articuladocon 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 criterios establecidos.
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 criterios establecidos.

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 los cuadros y figuras.	23/25	Cumple con los criterios establecidos.
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	7/10	No hacen una reflexión acerca de los resultados obtenidos en las conclusiones.
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 criterios establecidos
VALORACIÓN TOTAL	91/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	91

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Yael Cazares Carrión
MSc.Docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 06 días del mes de marzo de 2023

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAR DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 02 de marzo del 2023

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Chagñay Asipuela Fernando Sebastian con C.I. 172591925-0, con el Tema: "**Determinación del índice de calidad de agua a través demacroinvertebrados acuáticos en el Río Guáchala, Pichincha.**", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente director del Trabajo de Integración Curricular, Ricardo Abril, ha sido revisado mediante el sistema anti-plagio URKUND, reportando una similitud del 9%, informe generado con fecha 27-02-2023 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

FACULTAR DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Ouriginal
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Chagñay S- Tigasi E_ Articulo.pdf (D159656057)
Submitted	2/28/2023 3:13:00 AM
Submitted by	Ricardo Abril
Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Caracterización de macroinvertebrados acuáticos. C Logroño y N Cerda..pdf** 1
Document Caracterización de macroinvertebrados acuáticos. C Logroño y N Cerda..pdf (D159654959)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Art. Caracterización de macroinvertebrados acuatiacos rev 14 jul 2022.pdf** 6
Document Art. Caracterización de macroinvertebrados acuatiacos rev 14 jul 2022.pdf (D142075891)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

SA **Proyecto de tesis Ronny Yong.docx** 1
Document Proyecto de tesis Ronny Yong.docx (D11337221)

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular |1 Determinación del índice de calidad de agua

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA
FACULTAR DE CIENCIAS DE LA VIDA
CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Puyo, 01 de marzo del 2023

Por medio del presente **CERTIFICO** que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante Tigasi Ante Erika Tatiana.con 1727255455, con el Tema: "**Determinación del índice de calidad de agua a través de macroinvertebrados acuáticos en el Río Guáchala, Pichincha.**", de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente director del Trabajo de Integración Curricular, Ricardo Abril,ha sido revisado mediante el sistema anti-plagio URKUND, reportando una similitud del 9%,informe generado con fecha 27-02-2023 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

FACULTAR DE CIENCIAS DE LA VIDA

CARRERA DE INGENIERÍA AMBIENTAL

Ouriginal
by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Chagñay S- Tigasi E_ Articulo.pdf (D159656057)
Submitted	2/28/2023 3:13:00 AM
Submitted by	Ricardo Abril
Submitter email	rvabril@uea.edu.ec
Similarity	9%
Analysis address	rvabril.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Caracterización de macroinvertebrados acuáticos. C Logroño y N Cerda..pdf** 1
Document Caracterización de macroinvertebrados acuáticos. C Logroño y N Cerda..pdf (D159654959)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

SA **UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA / Art. Caracterización de macroinvertebrados acuatiacos rev 14 jul 2022.pdf** 6
Document Art. Caracterización de macroinvertebrados acuatiacos rev 14 jul 2022.pdf (D142075891)
Submitted by: rvabril@uea.edu.ec
Receiver: rvabril.uea@analysis.urkund.com

SA **Proyecto de tesis Ronny Yong.docx** 1
Document Proyecto de tesis Ronny Yong.docx (D11337221)

Entire Document

UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA FACULTAD DE CIENCIAS DE CIENCIAS DE LA VIDA Trabajo de Integración Curricular |1 Determinación del índice de calidad de agua

Determinación del índice de calidad de agua a través de macroinvertebrados acuáticos en el Río Guáchala, Pichincha.

Sebastián Chagñay 1[1]
amb2017209@uea.edu.ec

Erika Tigasi 2[1]
et.tigasia@uea.edu.ec

Ricardo Abril, M.Sc[2]
rbabril@uea.edu.ec

Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida,
Carrera de Ingeniería Ambiental

Resumen

El presente trabajo tuvo como objetivo caracterizar la calidad del Río Guáchala y como el asentamiento humano afecta a la calidad del mismo, para ello se realizó el muestreo de macroinvertebrados acuáticos en cuatro puntos específicos. Esta investigación es de tipo aplicativa cualitativa y de campo para el respectivo reconocimiento de la calidad de agua por medido de los macroinvertebrados recolectados en cuatro puntos del río los cuales son (antes, cerca, dentro y a fueras de la población de Guáchala) en cuatro diferentes días se utilizó una red de patada, juego de pinzas, frascos de muestras para la recolección de muestras en un periodo de quince minutos en las riveras y centro del río. Se utilizó el índice de ETP, BMWP y AAMBI para determinar la calidad de agua. En un comparativo general en los cuatro puntos de muestro se observó un decaimiento de las especies a lo largo del tiempo de muestreo debido a las actividades antropogénicas que se realizan a las riberas del río Guáchala, como el criadero de truchas, empresas florícolas, centros recreativos (piscinas, pesca deportiva, turismo), las cuales el agua que producen son depositadas directamente al río sin un previo tratamiento ocasionando que el mismo se vea fuertemente afectada, ocasionando en el mismo, malos olores y la presencia de algas entre otros. Existe una disminución significativa del índice de EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA) en el primer punto de 51% a 50%; el segundo. Tercero 10% a 0%; cuarto punto de muestreo no se identificó la presencia de macroinvertebrados y BMWP/PR con un valor de 48, 37, 34 y 43 en las cuatro fechas y puntos de muestreos

calificándola como agua de mala calidad. Concluyendo que, en el primer punto de muestreo, mediante el índice de EPT nos da como resultado que la calidad de agua es buena y muy buena, lo mismo nos refleja en el segundo, tercer y cuarto punto de muestreo, pero en el índice de BMWP/PR es todo lo contrario debido a que los resultados de la calidad de agua son fuertemente contaminados, dando a reconocer que existe un gran impacto a nivel de los ecosistemas acuáticos.

***Palabras Clave**:* calidad del agua, contaminación, macroinvertebrados, río Guáchala.

Abstract

The objective of this work was to characterize the quality of the Guáchala River and how human settlement affects its quality, for which the sampling of aquatic macroinvertebrates was carried out in four specific points. This research is of a qualitative and field application type for the respective recognition of water quality by measuring the macroinvertebrates collected at four points of the river which are (before, near, inside and outside the Guáchala population) in four different days, a kick net, a set of tweezers, and sample vials were used to collect samples in a period of fifteen minutes on the banks and center of the river. The ETP, BMWP and AAMBI index was used to determine the water quality. In a general comparison in the four sampling points, a decline of the species was observed throughout the sampling time due to the anthropogenic activities that are carried out on the banks of the Guáchala river, such as the trout farm, flower companies, recreational centers (swimming pools, sport fishing, tourism), which the water they produce is deposited directly into the river without prior treatment, causing it to be strongly affected, causing bad odors and the presence of algae among others. There is a significant decrease in the EPT index (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA, TRICHOPTERA) in the first point from 51% to 50%; the second. Third 10% to 0%; The fourth sampling point did not identify the presence of macroinvertebrates and BMWP/PR with a value of 48, 37, 34 and 43 on the four dates and sampling points, qualifying it as poor-quality water. Concluding that, in the first sampling point, through the EPT index, the result is that the water quality is good and very good, the same is reflected in the second, third and fourth sampling points, but in the index of BMWP/PR is the opposite because the results of the water quality are heavily contaminated, giving recognition that there is a great impact at the level of aquatic ecosystems.

***Keywords**: water quality, pollution, macroinvertebrates, Guáchala river.*

INTRODUCCIÓN

A lo largo del tiempo, la calidad el agua de los ríos del Ecuador se ha ido deteriorando debido a las actividades humanas, por lo que es importante obtener información adecuada sobre los cuerpos de agua, para así poder sacar mayor provecho sobre estos recursos. Naturalmente, la mejor manera de poder adquirir conocimiento y resultados verídicos sobre el estado de los cuerpos de agua es aplicar el Índice de Calidad de Agua (ICA). (Carrillo & Urgilés, 2016)

El Ecuador es uno de los países con una gran cantidad de recursos hídricos que en su mayoría tienen buena calidad, los cuales su principal función es para la generación hidroeléctrica, abastecimiento consumible y riego, por lo mismo este recurso se ve amenazados por las actividades antrópicas que se realizan cerca de las fuentes de agua, como sitios turísticos, descarga de las aguas servidas, zonas de alta explotación minera, agropecuaria y petrolífera que generan altas concentraciones de materia orgánica, metales pesados, hidrocarburos entre otros. (Mendoza, 2016)

Uno de los indicadores biológicos más usados son los macroinvertebrados acuáticos, en los cuales se pueden identificar los cambios de las variables hidrológicas y fisicoquímico los cuales se producen por dichas alteraciones. Además, con el análisis de la composición taxonómica y la estructura que tiene cada una de los macroinvertebrados se puede determinar el grado de afectación producida por las diversas perturbaciones antrópicas. (Valencia, 2021)

Estos animales brindan excelentes señales sobre la calidad del agua y, al usarlos para monitorear, puede tener una idea clara de lo que sucede con el agua: algunos necesitan agua de buena calidad para sobrevivir; por otro lado, otros, se desarrollan, soportan cuando hay contaminación y se reproducen. Un claro ejemplo es, las moscas de piedra solo viven en agua muy limpia y huyen cuando el agua está completamente corrompida. Este no es el caso de las larvas o gusanos que resisten la contaminación y prosperan en el agua contaminada. A medida que crecen, estos insectos se convierten en moscas que causan enfermedades como la malaria o la enfermedad de chagas. (Carrera, 2001)

Tradicionalmente, las evaluaciones de la calidad del agua se han basado en

análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. En los últimos años, sin embargo, muchos países han aceptado la inclusión de macroinvertebrados en la evaluación de la calidad de los ecosistemas acuáticos. Para los ecologistas, un ecosistema acuático es un sistema funcional en el que existe un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el medio abiótico. Por lo tanto, la biología y la química están íntimamente relacionadas y desempeñan papeles complementarios a la hora de evaluar las aguas naturales y las contaminadas. (Roldán-Pérez, 2016)

Las comunidades que se ven afectadas por la contaminación del agua son: Guachalá, Otón y Ascázubi, dentro de dichas comunidades el uso principal de esta agua es para el uso agrícola y ganadero. (PDOT GAD Intercultural Y Plurinacional Del Municipio De Cayambe, 2020)

La contaminación del agua dentro del cantón se ve principalmente afectado por las actividades antropogénicas como la deforestación, actividades turísticas, criaderos de trucha, aguas servidas vertidas directamente al rio, residuos fecales, residuos tóxicos en las riberas del río Guachalá y actividades ganaderas como florícolas que se realiza a las riveras del mismo afectado directamente a la calidad de agua y afectando a la salud de los moradores del sector, debido al mal olor que provoca dicho río causando la destrucción del ecosistema. (GADIP CAYAMBE, 2020)

En la actualidad se han registrado varias denuncias por parte de los moradores y personas aledañas al río los cuales manifiestan que los malos olores que este provoca son causados por las aguas servidas desembocadas de directamente al río sin un previo tratamiento por lo que exigen un programa de alcantarillado para esta parroquia ya que esto y las actividades antrópicas anteriormente mencionadas han generado una contaminación muy significativa en el cuerpo hídrico, el cual afecta directamente las condiciones ambientales y el ecosistema adyacente. Tales problemas, es necesario reconocer si efectivamente existe un impacto negativo en el río Guáchala con el fin de tomar acciones oportunas para reducir los posibles impactos ambientales en la condición del río mediante el desarrollo de estrategias de biorremediación (6, 2022).

El río Guachala en un estudio realizado por Cuaspud (2017), donde planteo reconocer la calidad de agua en tres puntos específico; la quebrada de Jaznán, Río blanco y el río Guáchala empleando como técnicas y métodos de redes con tres repeticiones en cada uno de los puntos, como resultados obtuvo la presencia de; 35

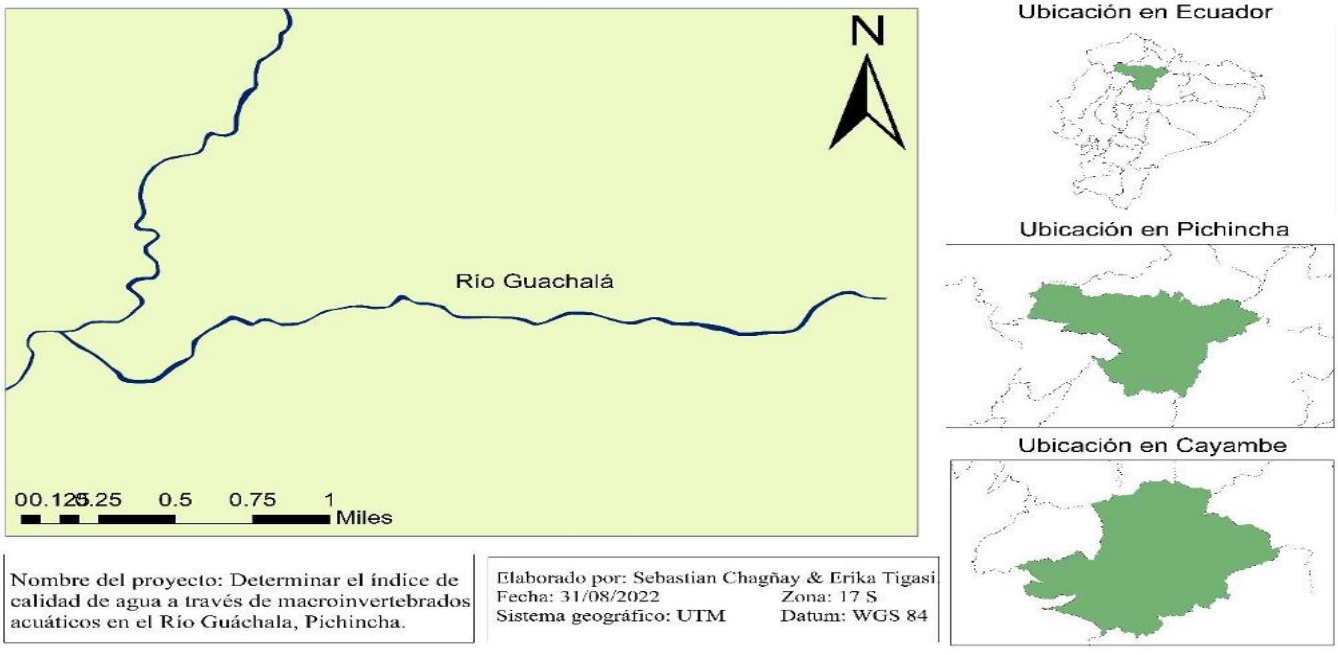
macroinvertebrados, distribuidos en 6 familias y 8 ordenes con respecto a la composición y abundancia que se aplicará con el cálculo del índice BMWP.

Este trabajo tiene como objetivo caracterizar la calidad del río Guáchala mediante la utilización de índices biológicos, por medio de monitoreo de macroinvertebrados como bioindicadores, indicando el grado de afectación actual del recurso hídrico, ya que el mismo posee una calidad media debido a las descargas de aguas florícolas, domesticas e incluso actividades ganaderas que se realizan a las riveras de dicho rio.

MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

La presente investigación se encuentra ubicada en el Río Guáchala, específicamente en el cantón Cayambe el cual se encuentra ubicado en la provincia de Pichincha aproximadamente a 75 Km al nororiente de la ciudad de Quito tal como lo indica la figura.1, Cayambe tiene una altura de 2.700 msnm, tiene una superficie cercana a 1.198 Km2 que representa el 14,21% de la superficie total de la Provincia de Pichincha. El cantón Cayambe se conforma administrativamente con dos parroquias urbanas: Juan Montalvo y Cayambe y seis parroquias rurales: Ascázubi, Cangahua, Olmedo, Otón, San José de Ayora y Santa Rosa de Cuzubamba, su temperatura oscila alrededor del 7,2°C y 25,1°C con una humedad relativa cercana al 80% y precipitación media anual de 600 – 800 mm. (Ilustración 1)

Ilustración 1. Localización Geográfica del Río Guáchala



Fuente: Autores del estudio.

Tipo de investigación

Según (Cordero, 2009), El tipo de investigación desarrollada en la investigación se detalla a continuación, el cual es de tipo aplicada, ya que tiene como propósito indagar documentos para poder abordar un tema en específico. Es decir, la investigación aplicada se nutre de conocimientos teóricos para construir un entendimiento práctico y llegar a una solución determinada. De tal manera, se estableció puntos de reconocimiento para así poder identificar la familia y grupo a los que pertenecen cada uno de los invertebrados existentes en el río al momento de monitorear la calidad del río Guachalá.

La investigación documental se determina por obtener información mediante la indagación o consulta de documentos (libros, revistas, diarios, anuarios, actas, códigos, constituciones, etc.) Zorrilla (1993). La investigación de campo es una investigación realizada en el lugar y momento del fenómeno objeto de estudio. La investigación mixta es un estudio que tiene partes de la documental y del estudio de campo (Moreno Tapia, 2014).

Este tipo de investigación se realizó de manera mixta, donde se determinó las familias de invertebrados que se presentó en la toma de muestras, y con los resultados obtenidos se aplicó el índice de BMWP, ETP utilizando la guía de Carrera Reyes y Fierro Peralvo (2001) y la normativa Ambiental para analizar si los resultados obtenidos están dentro de los parámetros de calidad de agua en cada uno de los puntos de monitoreo los cuales están establecidos en la normativa.

Equipos y herramientas

El presente trabajo documental – de campo, tiene como finalidad monitorear a los macroinvertebrados como indicador de calidad de los cuerpos de agua en el río Guachalá, de tal manera se requiere de los siguientes equipos y herramientas:

Equipos:

- Laptop
- Celular
- Cámara
- Microscopio Digital

Herramientas:

- Clasificación de los macroinvertebrados
- Red de patada
- Juego de pinzas
- Lupa
- Nivel
- Alcohol
- Frascos para las muestras

Selección de los sitios de investigación y muestreo

Para la localización de los puntos de muestreo se realizó previamente una visita al sector el día 24 de agosto del 2022, identificando los puntos, en el río, tal como se detalla en la: (Tabla 1)

Tabla 1. Punto de muestreo y datos geográficos tomados in situ.

Punto de muestreo	Cuerpo hídrico	Coordenadas UTM		Altitud
		E	N	
P1	Río Guáchala	814634,8	522,6	2668m
P2	Río Guáchala	814448,06	727,77	2656m
P3	Río Guáchala	815178,60	5063,84	2758m
P4	Río Guáchala	815264,29	3870,88	2750m

Fuente: Los Autores del estudio.

La selección del punto de muestreo se lo realizó tomando en cuenta la ubicación de los asentamientos humanos y las actividades aledañas al río Guáchala.

Recolección de muestras

Para realizar el monitoreo de bioindicadores acuáticos se realizó una visita de campo previa a la zona de estudio, en el mes de septiembre, octubre y noviembre del 2022, cada monitoreo y muestreo se realizó cada 15 días, en el cual se establecieron 4 puntos de muestreo, los cuales se seleccionaron tomando en consideración factores como: la accesibilidad al sitio para muestrear, vegetación a riberas del río, y elementos que intervienen en la calidad del agua en la microcuenca, para ubicar los puntos de

muestreo se utilizó el software ArcGIS 10.5; el cual se permitirá elaborar los mapas de ubicación de la microcuenca y la georreferenciación del cauce principal, así como el tramo de río Guáchala que es el área de estudio.

Recolección y muestreo de macroinvertebrados

El muestreo de macroinvertebrados se realizó con la ayuda de una red de mano, se remueve el sustrato del fondo del río con la ayuda del pie y se coloca la red río abajo en contra corriente, esto para poder atrapar a los macroinvertebrados presentes en el área, se realizan 4 réplicas en un tramo de 175 metros cubriendo los márgenes del río, las muestras obtenidas se colocaron en una bandeja blanca para su identificación y recolección, con ayuda de una pinza entomológica, los especímenes separados se colocan en frascos de plásticos de boca ancha y son debidamente etiquetados, con alcohol para la conservación y para su posterior identificación las cuales en cada uno de los puntos se recolectaron las muestras en un período de 15 minutos.

Identificación de bioindicadores con el microscopio

Para la identificación de los bioindicadores acuáticos se utiliza los siguientes materiales:

a) Pinzas
b) Bandeja
c) Alcohol industrial
d) Cajas Petri
e) microscopio
f) Envases plástico pequeños
g) Filtro
h) Láminas de identificación de macroinvertebrados

Se abrieron los envases con las muestras obtenidas de campo, procediendo a lavar la muestra con abundante agua y con movimientos circulares ayudados del filtro para la separación del sustrato que se halle en las muestras de los macroinvertebrados, cuando la muestra está limpia se trasvasa a la bandeja blanca con un poco de agua limpia, se comienza a separar a los macroinvertebrados para su identificación en el microscopio con ayuda de las láminas de identificación.

Cálculo del EPT

El cálculo del índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), se lo realiza después de la identificación de los macroinvertebrados, a nivel de familias de cada una de las muestras con la ayuda del microscopio, posteriormente se procedió a calcular el total de individuos de cada muestra, además del número de individuos de los grupos EPT identificados. El valor que obtenemos de EPT presentes es dividido para el valor total de individuos identificados, el resultado se multiplica por 100 para obtener el porcentaje de la calidad de agua, comparamos con los valores de referencia del índice EPT, y establecemos la calidad del agua de cada punto. (Carrera, 2001)

Tabla 2. Ecuación para calcular el índice ETP.

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

Fuente: Adaptado de (Carrera, 2001)

Cálculo del BMWP/PR

El índice de calidad Biótica BMWP/PR para calidad del agua se establece mediante la asignación de clase a los valores de tolerancia de contaminación utilizando como bioindicadores los macroinvertebrados. Los cuales se detallan en la tabla 3.

Tabla 3 Calidad biologica del agua - Índice BMWP/Col

CLASE	CALIDAD	BMWP/COL	SIGNIFICADO	COLOR
I	Buena	<150 101- 120	Agua muy limpia a limpias	Azul
II	Aceptable	61- 100	Aguas ligeramente contaminadas	Verde
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	Amarillo
IV	Critica	16-35	Aguas muy contaminadas	Naranja
V	Muy critica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

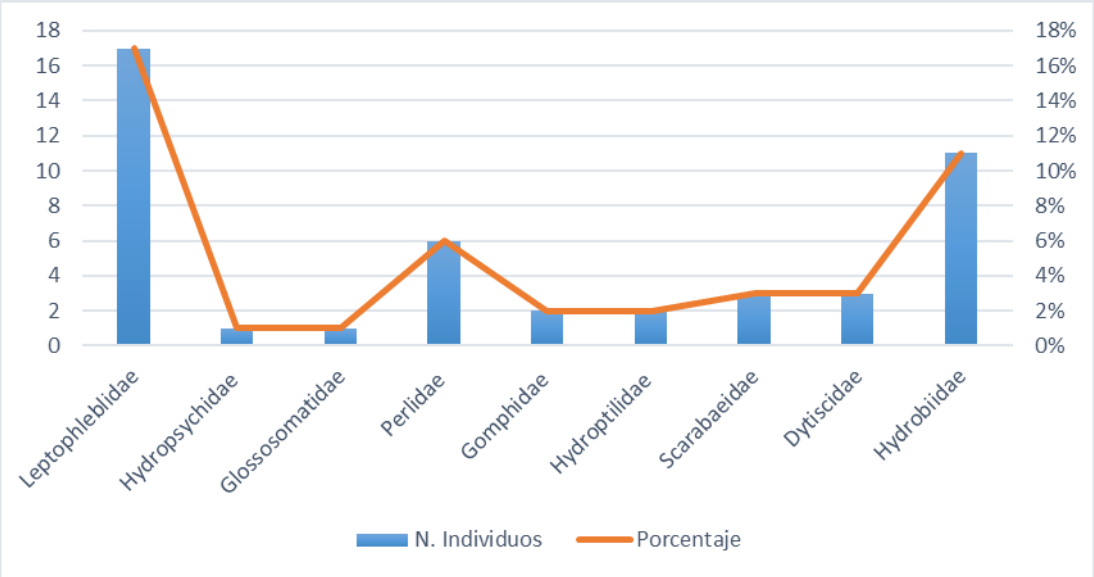
Fuente: (Humboldt, 2008)

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

Primer punto de muestreo

Dentro del primer punto de muestreo se obtuvo 6 órdenes, 9 familias dándonos un total de 46 individuos macroinvertebrados acuáticos recolectados en el periodo de muestreo, la familia LEPTOPHLEBLIDAE es de mayor abundancia con 17 individuos seguida por la familia HYDROBIIDAE con 11 individuos y la familia PERLIDAE con 6 individuos, las cuales estas son las tres familias con mayor abundancia de macroinvertebrados como lo indica en la figura 1.

Figura 1. Resultado del muestreo antes de la población del Rio Guáchala.



Fuente: Autores del estudio.

En el primer punto de muestreo antes de la presencia de la población se puede observar la calidad de agua mediante los macroinvertebrados encontrados en el lugar se obtuvieron los siguientes resultados los cuales se detallan en la tabla 4.

Tabla 4. Resultados de la evaluación de las familias de Macroinvertebrados antes de la población.

Orden	Familia	Individuos				Índice BMWP			
		23-sep	14-oct	28-oct	11-nov	23-sep	14-oct	28-oct	11-nov
Ephemeroptera	Leptophleblidae	3	2	5	7	9	9	9	9
Trichoptera	Hydropsichidae	1	0	0	0	5	0	0	0
	Glossosomatidae	0	0	1	0	0	0	7	0
	Hydroptilidae	1	0	0	1	7	0	0	7
Plecoptera	Perlidae	2	4	0	1	10	10	0	10

Odonata	Gomphidae	0	1	1	0	0	10	10	0
Coleptera	Scarabaeidae	0	2	0	1	-	-	-	-
	Dytiscidae	1	0	0	2	9	0	0	9
Gastropoda	Hydrobiidae	3	2	1	5	8	8	8	8
	Total	11	11	8	17	**48**	**37**	**34**	**43**
	Número de EPT presentes	7	6	9	9				
	Índice de ETP	63%	54%	75%	52%				
		Buena	Buena	Mu y buena	Buena				

Fuente: Autores del estudio.

Tabla 5. Índice de BMBP

MESES	INDICE BMBP	SIGNIFICADO
23-sep	48	**Agua moderadamente contaminada**
14-oct	37	**Agua moderadamente contaminada**
28-oct	34	**Aguas muy contaminadas**
11-nov	43	**Agua moderadamente contaminada**

Fuente: Autores del estudio.

El 23 de septiembre se identificó alrededor de 9 familias con un total de 11 individuos en los cuales la familia LEPTOPHLEBLIDAE e HYDROBIIDAE presentan una misma abundancia siendo 3 individuos. En el índice de EPT se identifica la presencia de EPHEMEROPTERA, familia de LEPTOPHLEBLIDAE con 3 individuos y GASTROPODA familia de HYDROBIIDAE con 3 individuos el valor total del EPT es de 11 individuos que representa el 63% el mismo que significa que la calidad del agua es buena por ubicarse entre 50 y 74%; mientras que en el índice de BMWP/PR el agua es moderadamente contaminada con un valor de 48.

El 14 de octubre siendo la segunda fecha de recolección de muestras, se identificó se identificó 11 individuos pertenecientes a 9 familias, la familia PERLIDAE con 6 individuos, las familias LEPTOPHLEBLIDAE y HYDROBIIDAE y SCARABAEIDAE tienen la misma cantidad de individuos con 2 individuos respectivamente. Para el índice de EPT, se identificaron a 6 familias correspondiente al 54% significando que el agua tiene una calidad de buena. Pero en el índice de BMWP/PR es de valor 37 considerándose agua moderadamente contaminada.

El 28 de octubre se identificó una reducción de especies obteniendo 8 individuos, 5 familias teniendo a la familia LEPTOPHELEBILIDAE 5 individuos y las familias PERLIDAE e HYDROBIIDAE con 1 individuo. En el índice de EPT se obtuvo un valor de 8 individuos correspondientes al 75% siendo que la calidad de agua es buena, sin embargo, para el índice de BMWP/PR obtenemos un valor de 34 siendo agua muy contaminada.

Finalmente, el 11 de octubre en la recolección de muestras, se identificó un incremento poblacional 17 individuos, y 6 familias presentes, siendo la familia LEPTOPHLEBLIDAE la que mayor número de individuos tiene con 7 individuos y la familia HYDROBIIDAE con 5 individuos. En el índice de EPT se identificaron 8 individuos correspondiente al 52% lo que significa que la calidad del agua es buena. Para el índice de BMWP/PR con un valor de 43 nos muestra que es un agua de calidad moderadamente contaminada**.**

Segundo, tercero y cuarto punto de muestreo

En el segundo, tercero y cuarto punto de muestreo, al lado de la población se obtiene la presencia de 1 órdenes, 1 familia de macroinvertebrados acuáticos recolectados durante todo el periodo de muestreo como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Resultados de las muestras recolectada a las riveras de la población existente del río Guáchala.

Puntos de muestreo	Orden	Familia	Fechas de muestreos			
			23-sep	14-oct	28-oct	11-nov
P2	Gastropoda	Hydrobiidae	1	0	0	1
P3	Díptera	Chironomidae	1	0	1	0
P4	----------	----------	----------	----------	----------	----------

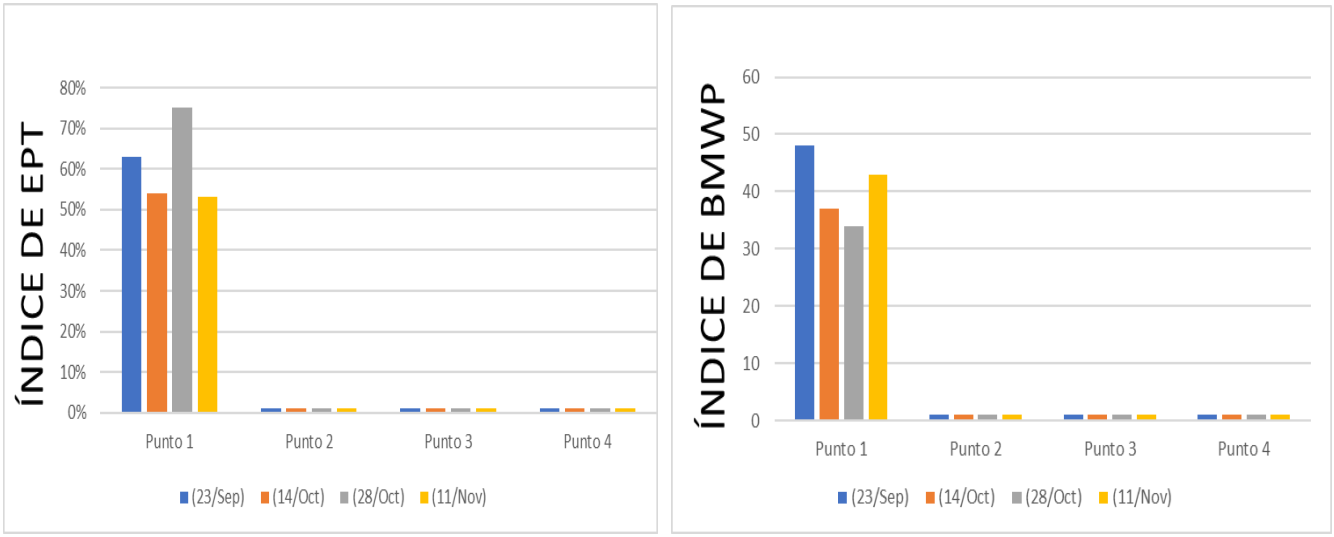
Fuente: Autores del estudio.

En los tres puntos de muestreo se determinó unos escases de macroinvertebrados obteniendo alrededor de 1 individuo perteneciente a la familia HYDROBIIDAE y 2 individuos pertenecientes a la familia CHIRONOMIDAE y también se encontró algas y lentejas de agua los cuales en su mayoría estaba cubiertos por estos organismos las cuales al morir y ser descompuesta por las bacterias

provocando el agotamiento del oxígeno causando la muerte de los diferentes organismos acuáticos, las causas principales de esto son la descarga de fertilizantes agrícolas, materia orgánica, detergentes, aguas servidas, desechos fecales de animales, criaderos de truchas, debido a que a las riveras del Río Guáchala existen actividades recreativas como, piscinas, cabañas, criadero de truchas, plantaciones florícolas, y asentamientos humanos los cuales las aguas que salen de dichos lugares no tienen un previo tratamiento antes de ser devueltos al río, por lo que la calidad de agua de este río es fuertemente contaminada. En el punto de muestreo 4 no se pudo determinar ningún macroinvertebrado debido al exceso de algas y heces fecales encontrados en el río.

En la Figura 2 se puede observar el comportamiento de las muestras tomadas en función de los índices, en las cuatro fechas y puntos de muestreo.

Figura 2. Comparativa de los resultados de los índices.



Fuente: Autores del estudio.

En un comparativo general en los cuatro periodos de recolecta de muestras y en los cuatro puntos de muestreo se puede observar la disminución de las familias e individuos en una gran notoriedad ya que en los puntos de muestreo dos, tres y cuatro existe la ausencia de presencia macroinvertebrada, esto puede verse afectada por el incremento del caudal, actividades antrópicas existentes en el río Guáchala.

En la Figura 2, se observa que existe un descenso del índice de EPT y BMWP en contraste de los puntos de muestreo antes de la población, en el centro de la población y posterior a esta, la presencia de macroinvertebrados pertenecientes a la familia EPT (EPHEMEROPTERA, PLECOPTERA y TRICHOPTERA) nos muestra una buena calidad del agua es decir, a mayor porcentaje de ETP la calidad del agua será buena mientras que a menor presencia de macroinvertebrados de los tres órdenes la

calidad del agua será mala, en el caso del índice de ETP del río Guáchala, se identificó que existió una disminución de individuo, lo que quiere decir que la calidad del agua se fue degradando de una calidad buena a una fuertemente contaminada..

La calidad del agua del rio Guáchala con el pasar del tiempo se ha ido degradando en una manera desconsiderada, comparando con un estudio realizado en el 2018 y considerando que las condiciones del entorno han ido variando considerablemente, la calidad del agua se ha visto afectada negativamente, la presencia de los macroinvertebrados nos ayudó a poder identificar el grado de afectación que presenta el río Guáchala en cada uno de los puntos anteriormente mencionados como la ausencia de los mismos macroinvertebrados como indicadores para la determinación de la calidad de agua.

Índice AAMBI:

El índice AAMBI Andean-Amazon Biotic Index, (modificado y adaptado de Ríos-Touma et al., 2014, del BMWP Roldán-Pérez 2016 y de Acosta 2009), es un índice biológico utilizado para valorar la calidad del agua y la probidad ecológica de los ecosistemas acuáticos andino-amazónicos. El índice se aplicó asignando un valor entre 1 y 10 a cada familia de invertebrados registrada durante el período de muestreo, con base en la tolerancia del invertebrado a la contaminación. Se determina con el valor de 1 a la familia más indulgente y el valor de 10 a la familia más sensitiva. (Encalada et al., 2019)

AAMBI	INTEGRIDAD ECOLÓGICA
> 121	Excelente
90 -120	Muy Buena
50-89	Buena
36-49	Regular
< 35	Mala

Tabla 7. Puntuación del Índice AAMBI en el primer punto de muestreo.

Orden	Familia	Puntuación AAMBI			
		23-sep	14-oct	28-oct	11-nov
Ephemeroptera	Leptophleblidae	2	3	3	4
Trichoptera	Hydropsichidae	5	4	3	6
	Glossosomatidae	5	4	4	2
	Hydroptilidae	4	5	6	3
Plecoptera	Perlidae	3	1	4	5

Odonata	Gomphidae	4	3	2	6
Coleptera	Scarabaeidae	5	4	6	3
	Dytiscidae	3	2	4	2
Gastropoda	Hydrobiidae	4	2	3	2
	Total	35	28	35	33

Tabla 8. Puntuación del Índice AAMBI en el segundo, tercero y cuarto punto de muestreo.

Puntos de Muestreo	Orden	Familia	Puntuación AAMBI			
			23-sep	14-oct	28-oct	11-nov
P2	Gastropoda	Hydrobiidae	4	2	3	2
P3	Díptera	Chironomidae	5	6	5	7
P4	----------	----------	----------	----------	----------	----------
		Total	9	8	8	9

Análisis: Después de elaborar adecuadamente el protocolo AAMBI, a partir de la puntuación, podemos determinar que la calidad de agua en el primer punto de muestreo de las diferentes fechas es mala ya que tiene un total de 35, 28, 35 y 33. Por otro lado, de igual manera podemos determinar que la calidad de agua del segundo, tercero y cuarto punto de muestreo es mala, ya que tiene un total de 9, 8, 8, 9.

Según el estudio realizado por Cuaspud (2017), el cual se ejecutó en tres puntos de muestreo estratégicos que son; Yaznan, Río Blanco y Guáchala da a conocer que en el río blanco se encuentra en un rango medio mientras que el río Guáchala tiene una calidad de agua mala, dándonos a conocer que desde periodos anteriores el agua del río Guáchala se ve fuertemente afectada por los asentamientos humanos y las actividades que se realizan a las riberas del mismo.

Un estudio realizado en el río boquerón en el cantón Cayambe por Acuro (2019), menciona que los índices de BMWP y ETP la calidad de agua comprende de regular a buena ya que se encuentra dentro del Parque Nacional Cayambe Coca las actividades son restringidas por lo que la calidad del agua es buena, sin embargo, en el río Guáchala se ve fuertemente afectada debido a la actividad antropogénica realizada a las riveras y zonas aledañas al mismo. Por lo que quiere decir que en el Cantón Cayambe si existen río con una calidad de agua buena pero donde no existan actividades antropogénicas.

Un estudio similar fue realizado por Rodríguez et al (2022) en el río Upano, Macas,

en tres estaciones de muestreo utilizando el índice BMWP (Grupo de Trabajo de Biomonitoreo) /COL, que se puede identificar como la calidad del agua en la tercera estación cambiado de aceptable a crítico.

Por otro lado, Machado et al. (2018) evaluaron la calidad del agua del río Sardinas. De acuerdo con los resultados del índice BMWP, se determinó que la calidad del agua de todos los puntos de muestreo fue buena, disminuyó la riqueza de efímeras y tricópteros y aumentó las grandes familias de invertebrados con fuerte capacidad antipolución. En un estudio realizado por Yumbo, K, et al., (2018) en ríos ecuatorianos, se aplicó el método de identificación de macroinvertebrados al río Pajan en Manabí, dando como resultado cambios en el indicador calidad del agua en los puntos de muestreo aguas abajo indicando que fue De bueno a malo, lo que indica que la causa probable de la contaminación es la manifestación de actividades humanas a lo largo del lecho del río, lo que resulta en cambios en el patrón natural de los ríos de agua dulce.

CONCLUSIONES

La calidad del agua del río Guachalá en el punto antes de la población, basándose en los resultados reflejados de EPT en cuatro puntos de muestreo, se pudo identificar que la calidad del agua era mala y cerca de la población y florícolas la calidad del agua era fuertemente contaminada, por otro lado, el índice de BMWP/PR nos refleja que la calidad de agua es fuertemente contaminada en los cuatro puntos de muestreo debido a las actividades antrópicas que se presentan en dicho río.

Dentro de los días establecidos para desarrollar la recolecta de muestras en cuatro puntos diferentes en el río Guachalá, se pudo identificar un total de 8 órdenes, 9 familias y 73 individuos, siendo las familias con mayor número de individuos en la primera toma Leptophleblidae y Hydrobiidae; en la segunda toma de muestras Perlidae; en la tercera toma de muestras Leptophleblidae y en la cuarta toma de muestras la familia Leptophleblidae.

En el cálculo del índice de AAMBI, se han detectado diversos problemas para poder determinar un buen grado de integridad ecológica, la puntuación obtenida mediante las órdenes y familias existentes en el río Guáchala de los cuatro puntos de muestreo que se estableció, nos da como resultado un rango de Mala.

REFERENCIAS

Carrera, C. y. (2001). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua. En C. C. Fierro, *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.* (pág. 57). Quito: EcoCiencia.

Carvajal, E. (2017). *Análisis de calidad del agua del río Ambato, mediante la utilización de indicadores biológicos, complementadas con variables físico-químicas, para la generación de propuestas de gestión.* TM, Universidad Politécnica Nacional, Ecuador. Obtenido de https://bibdigital.epn.edu.ec/bitstream/15000/16996/3/CD-7573.pdf

encalada, c. a. (2009). evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *colegio de ciencias biológicas y ambientales, usfq.*, pág. 16.

Fernández, E. D. (2009). *los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas.* Argentina: Fundación Miguel Lillo.

Mendoza, M. R. (2016). *Estudio de la calidad de agua utilizando bioindicadores, en la microcuenca río Chimborazo.* Lima: Congreso Latinoamericano de Hidráulica Lima.

Oscoz, J. (2006). *Variacion de la comunidad de macroinvertebrados bentonicos en relacion con la.* España Universidad de Navarra.: Pamplona.

Perez, G. R. (2019). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamerica. *Revista de la academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.* , 40(155).

Roldán, Y. T. (2006). Estudio preliminar de algunosaspectos ambientales y ecológicos de las comunidades de peces y macroinvertebrados acuáticos en el Río Tutunendo, Chocó,. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas,Físicas y Naturales* , 67-69.

Valencia, L. M. (2021). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores biológicos.* . Ecuador: FAREM .

ADDIN Mendeley Bibliography CSL_BIBLIOGRAPHY Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig. *Tesis de Grado Previo a La Obtención Del Título de Ingeniero Ambiental*, 126. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf

Encalada, A. C., Suarez, E., Mena, C., Lessmann, J., Guayasamin, J. M., Sanpedro, C., Martinez, P., Ochoa-Herrera, V., Swing, K., & Vieira, J. P. (2019). *Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo*.

Giacomett, J., & Bersosa, F. (2006). Giacometti & Bersosa, 2006.pdf. *Serie Zoológica, Appendix 1*, 17–32.

Narcis Prat, Blanca Ríos, Raúl Acosta, M. R. (2006). *LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. *13*(Ii), 166–173.

Roldán-Pérez, G. (2016). Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, *40*(155), 254–274. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

Carrillo, M., & Urgilés, P. (2016). Determinación del Índice de calidad de agua ICA-NSF de los ríos Mazar y Pindilig. *Tesis de Grado Previo a La Obtención Del Título de Ingeniero Ambiental*, 126. https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/23518/1/tesis.pdf

Cordero, Z. R. V. (2009). La Investigación aplicada: Una forma de conocer las realidades con evidencia científica. *Revista Educación*, *33*(1), 155–165. http://revistas.ucr.ac.cr/index.php/educacion/article/view/538

Encalada, A. C., Suarez, E., Mena, C., Lessmann, J., Guayasamin, J. M., Sanpedro, C., Martinez, P., Ochoa-Herrera, V., Swing, K., & Vieira, J. P. (2019). *Los ríos de las cuencas Andino-Amazónicas: Herramientas y guía de invertebrados para el diseño efectivo de programas de monitoreo*.

GADIP CAYAMBE. (2020). *Pdot Cayambe; Intercultural Y Plurinacional Del Municipio Plan De Desarrollo Y Ordenamiento*.

Giacomett, J., & Bersosa, F. (2006). Giacometti & Bersosa, 2006.pdf. *Serie Zoológica*, *Appendix 1*, 17–32.

Narcis Prat, Blanca Ríos, Raúl Acosta, M. R. (2006). *LOS MACROINVERTEBRADOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DE LAS AGUAS*. *13*(Ii), 166–173.

Roldán-Pérez, G. (2016). Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America. *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Fisicas y Naturales*, *40*(155), 254–274. https://doi.org/10.18257/raccefyn.335

MARCO TEÓRICO

Monitoreo de macroinvertebrados acuáticos

El monitoreo biológico de macroinvertebrados ayuda a determinar o caracterizar la calidad del agua de un rio, estero o laguna, esto permite controlar los efectos causados por las actividades antropogénicas que perjudican la calidad del agua.

Según Carrera Reyes y Fierro Peralbo (2001) indica que, el monitoreo que se realiza en los ríos reside en determinar los cambios en el mismo, mediante observaciones de las cuales se puede identificar la calidad del río y el tratamiento adecuado para recuperar su condición inicial antes de cualquier contaminación.

Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.

Pablo Loné (2016) define a los indicadores de la calidad del agua como, un parámetro del cual se puede obtener información además de describir cual sería la calidad del agua pues a estudio. En la Figura 6, se muestra la clasificación de los indicadores.

Los indicadores de calidad biológico son organismos que con su existencia dentro del agua puede determinarse en qué estado se encuentra dicho medio acuático en el que se desenvuelve un ciclo biológico, los organismos usados para ello son: peces, macroinvertebrados, organismos patógenos (Loné, 2016).

Los macroinvertebrados acuáticos o por sus siglas MIA, se definen como organismos que se pueden encontrar en aguas dulces como lo son, ríos, lagos, esteros, lagunas. Estos pueden llegar a medir aproximadamente de entre 0,5 mm, 2 mm o más, tienen una característica fundamental, este es que son buenos indicadores de la calidad del agua “Monitoreo Biológico de calidad del agua” (2018).

Las características de los macroinvertebrados son varias y debido a ellas se pueden determinar la calidad del agua en cualquier área de estudio, según Mosquera-Restrepo & Peña Salamanca (2021) enumera las siguientes:

- Son de tamaño apropiado, se pueden identificar a simple vista o con el uso de una lupa.
- De fácil recolección.
- Para la identificación se lo realiza mediante órdenes y familias

- El proceso de muestreo no requiere de grandes inversiones, los equipos y herramientas no son costosos.
- Permiten reconocer las condiciones o el estado en el que se encuentra el agua.

Índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera)

Este índice evalúa la calidad del agua por la presencia de alguna de las familias, Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, las cuales resultan especialmente sensibles a la contaminación producto de actividades humanos. El proceso de su aplicación consiste en el reconocimiento inicial de las familias y se calcula el número total de individuos pertenecientes a los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera multiplicado por el número total de individuos recolectados finalmente se multiplica por 100 (López, Huertas, Jaramillo, Calderón & Días, 2019).

Carrera Reyes y Fierro Peralbo (2001), el índice de ETP se realiza mediante el uso de tres grupos de macroinvertebrados en específico, estos son indicadores de la calidad del agua debido a la sensibilidad que poseen ante cualquier contaminante. Por lo cual este índice fue suma importancia para identificar la calidad del agua del río Guáchala.

Los valores utilizados para la calificación de la calidad del agua mediante el índice de ETP dentro del estudio, fue con los valores detallados dentro de la Tabla 6.

Tabla 8: Valores para calificar el agua mediante el índice de EPT.

Clase	Índice EPT (%)	Calidad del Agua
1	75-100	Muy buena
2	50-75	Buena
3	25-50	Regular
4	0-25	Mala

Fuente. Tomado de Carrera y Fierro (2001).

INDICES PARA DETERMINAR LA CALIDAD DEL AGUA

Índice BMWP (Biological Monitoring Working Party)

Es un índice que interpreta la presencia o ausencia de los diferentes

macroinvertebrados en los que se dan un valor, es decir a las familias que sean mayormente sensible su puntaje será de 10 mientras que las familias que toleran la contaminación su calificación son de 1.

Para la determinación del índice BMWP se obtiene mediante la suma de los puntajes dados a cada una de las familias identificadas para luego compararlas en los valores de BMWP (Leaño Sanabria & Pérez Barriga, 2020).

La escala utilizada dentro del estudio realizado es BMWP/PR, mostrados en la Tabla 5.

Tabla 9: Clasificación de la calidad del agua de acuerdo con el índice BMWP/PR.

BMWP/ PR	Calidad del agua
≥ 97	Aguas de calidad excelente.
77-96	Aguas de calidad buena, no contaminadas o no alteradas de manera sensible.
57-76	Aguas de calidad regular, eutrófica, contaminación moderada.
37-56	Aguas de calidad mala, contaminadas.
18-36	Aguas de calidad mala, muy contaminadas.
≤ 17	Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas.

Fuente. Tomado de Gutiérrez-Fonseca, Alonso- Rodríguez y Ramírez (2016).

Fuentes de contaminación

Entre las fuentes de contaminación tenemos dos: puntuales y no puntuales, las fuentes puntuales se caracterizan por descargar los contaminantes en localizaciones específicas atreves de tuberías y alcantarillado. Por ejemplo: plantas de tratamiento de aguas negras, pozos petroleros, fábricas, minas, etc. En cuanto a las fuentes no puntuales se caracterizan por ser grandes áreas de terreno en donde descargan contaminantes al agua sobre una región extensa, por ejemplo: tanques sépticos, vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, construcciones, (Acosta,2011).

Existen diferentes aspectos y elementos que contaminan el agua como: los Agentes Patógenos: Bacterias, virus, protozoarios, parásitos que entran al agua proveniente de desechos orgánicos, los mismos que pueden ser descompuestos por bacterias que usan 25 oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, acabando así con todas las formas de vida acuática (Acosta, 2011).

Las Sustancias químicas inorgánicas: Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua, los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después llegan a morir y se descomponen, agotando así el oxígeno del agua causando que las especies marina mueran. Las sustancias químicas orgánicas: Petróleo, plásticos, detergentes que amenazan la vida. Sedimentos o materia suspendida. Partículas insolubles de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación (Aguirre, 2011).

Según (Acosta, 2011) manifiesta que el ingreso de calor del agua caliente hacer que disminuya el oxígeno, causando así que los organismos sean más vulnerables.