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

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

TEMA:

ANÁLISIS HÍDRICO DE LA MICROCUENCA DEL RÍO SHUARA MEDIANTE LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS UBICADO EN EL SECTOR SHUARA, PARROQUIA PACAYACU, CANTÓN LAGO AGRIO, PROVINCIA DE SUCUMBÍOS.

AUTOR:
Verónica Adriana Solórzano García

DOCENTE - TUTOR
Msc. Karem Yael Cazares Carrión

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 "Análisis hídrico de la microcuenca del Río Shuara mediante la presencia de macroinvertebrados ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos"		
El título es conciso e informativo de la idea principal del escrito. Genera expectativas de lectura que se cumplen.	5/5	De acuerdo
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	De acuerdo
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	De acuerdo
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	De acuerdo
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.	13/15	Cumple en parte.

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.	25/25	De acuerdo
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	De acuerdo
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	De acuerdo
VALORACIÓN TOTAL	98/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	98/100

Atentamente,

Firmado digitalmente porJESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA
Fecha:2023-03-11 17:49+19:00

JESUS ANTONIO BONILLA DE GRACIA

Dado en la ciudad de Puyo, a los 11 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 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
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.	4/5	Ha mejorado
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.	19/20	Ha mejorado
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
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

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.	20/25	Ha mejorado
7. CONCLUSIONES		
Las conclusiones deben ser claras y precisas, acorde a los objetivos trazados. Discute, reflexiona sobre los resultados obtenidos.	10/10	Cumple
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
VALORACIÓN TOTAL	93/100	

DICTAMEN

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

Recomendación	**Marque con X**
Aprobar	X
No Aprobar	
CALIFICACIÓN	93 (Noventa y tres)

Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
EDGAR RUBEN CHICAIZA REISANCHO

Edgar Chicaiza R. Msc
docente PAR CIEGO

Dado en la ciudad de Puyo, a los 09 días del mes de marzo de 2023.

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

Puyo, 02 de marzo de 2023

Por medio del presente CERTIFICO que:

El Trabajo de Integración Curricular correspondiente al estudiante: Veronica Adriana Solorzano García con C.I. 210066290-3, con el Tema: **Análisis hídrico de la microcuenca del Río Shuara mediante la presencia de macroinvertebrados ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos"** de la carrera de Ingeniería Ambiental. Docente director del Trabajo de Integración Curricular, Karem Yael Cazares Carrión, ha sido revisado mediante el sistema anti-plagio URKUND, reportando una similitud del 8%, informe generado con fecha 2023- 03-02 por parte deldirector conforme archivo adjunto.

Particular que comunico a usted para los fines

pertinentes Atentamente,

Firmado electrónicamente por:
KAREM YAEL CAZARES CARRION

Ing. Karem Cazares MSc.

Docente-director del Trabajo de Integración Curricular

Ouriginal by Turnitin

Document Information

Analyzed document	Análisis hídrico de la microcuenca del Río Shuara mediante la presencia de macroinvertebrados ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos.docx (D159919098)
Submitted	2023-03-02 18:04:00
Submitted by	CAZARES CARRIÓN KAREM YAEL
Submitter email	kcazares@uea.edu.ec
Similarity	8%
Analysis address	kcazares.uea@analysis.urkund.com

Sources included in the report

Valdez Helem_Tesis Finalizada (1).docx
Document Valdez Helem_Tesis Finalizada (1).docx (D120833666) [1]

SA

Entire Document

Análisis hídrico de la microcuenca del Río Shuara mediante la presencia de macroinvertebrados ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos.

Resumen
En este trabajo de investigación se realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del Río Shuara, Parroquia Pacayacu, Provincia de Sucumbios utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, complementados con parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y monitoreo de los sistemas fluviales del país. En la cuenca, se establecieron 3 puntos de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando distinto grado he intervención del lugar, discutiendo la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua. Se midieron algunas variables ambientales como la contaminación del suelo, el agua y la biota ya que es el conjunto de los organismos vivos. La fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando una red identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia. Para estudiar la relación entre las variables ambientales se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar cuáles son las presiones que más afectan a la comunidad bentónica. Los resultados obtenidos muestran que la distribución y composición de la comunidad bentónica es determinada por el gradiente de estrés de la cuenca. Se concluye que el río presenta caracteristicas mejores como: calidad del agua buena para la fauna en la comunidad. La acelerada pérdida de calidad de agua en ríos y arroyos, está asociada con pérdida de biodiversidad, por tanto la determinación de parámetros de calidad de agua en estos sistemas acuáticos es fundamental y urgente.
Palabras Clave: arroyos, macroinvertebrado, hidrología, Rio Shuara.

Análisis hídrico de la microcuenca del Río Shuara mediante la presencia de macroinvertebrados ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu, Cantón Lago Agrio, Provincia de Sucumbíos.

Autor 1[1]
Veronica Adriana Solorzano García
Amb20216160@uea.edu.ec

Autor 3, M.Sc[2]
Cazares Karem
autor3@uea.edu.ec

Resumen

En este trabajo de investigación se realizó un análisis integral de la calidad de las aguas en la cuenca hidrográfica del Río Shuara, Parroquia Pacayacu, Provincia de Sucumbios utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos, complementados con parámetros físicos, químicos y microbiológicos, con el fin de aportar metodológicamente en la evaluación y monitoreo de los sistemas fluviales del país. En la cuenca, se establecieron 3 puntos de muestreo, las cuales fueron seleccionadas considerando distinto grado he intervención del lugar, discutiendo la relación entre la estructura de la comunidad y la calidad del agua. Se midieron algunas variables ambientales como la contaminación del suelo, el agua y la biota ya que es el conjunto de los organismos vivos. La fauna bentónica fue recolectada cuantitativamente utilizando una red identificando los invertebrados acuáticos hasta nivel taxonómico de familia. Para estudiar la relación entre las variables ambientales se realizaron los análisis estadísticos que permitieron determinar cuáles son las presiones que más afectan a la comunidad bentónica. Los resultados obtenidos muestran que la distribución y composición de la comunidad bentónica es determinada por el gradiente de estrés de la cuenca.

Se concluye que el río presenta caracteristicas mejores como: calidad del agua buena para la fauna en la comunidad. La acelerada pérdida de calidad de agua en ríos y arroyos, está asociada con pérdida de biodiversidad, por tanto la determinación de parámetros de calidad de agua en estos sistemas acuáticos es fundamental y urgente.

Palabras Clave: arroyos, macroinvertebrado, hidrología, Rio Shuara.

In this research work, an integral analysis of the water quality in the Shuara River hydrographic basin, Pacayacu Parish, Sucumbios Province was carried out using benthic macroinvertebrates as biological indicators, complemented with physical, chemical and microbiological parameters, in order to contribute methodologically to the evaluation and monitoring of the country's river systems. In the basin, 3 sampling points were established, which were selected considering the different degree of intervention of the place, discussing the relationship between the structure of the community and the quality of the water. Some environmental variables such as soil, water and biota contamination were measured, since it is the set of living organisms, benthic fauna was quantitatively collected using a network identifying aquatic invertebrates up to family taxonomic level. To study the relationship between the environmental variables, statistical analyzes were carried out that allowed us to determine which are the pressures that most affect the benthic community. The results obtained show that the distribution and composition of the benthic community is determined by the stress gradient of the basin.

It is concluded that the river presents better characteristics such as: good water quality for the fauna in the community. The accelerated loss of water quality in rivers and streams is associated with loss of biodiversity, therefore the determination of water quality parameters in these aquatic systems is essential and urgent.

Keywords: streams, macroinvertebrate, hydrology, Rio Shuara

1. INTRODUCCIÓN

Las microcuencas son áreas geográficas pequeñas y críticas que proveen agua y albergan una gran variedad de especies. Sin embargo, en el río Shuara estas zonas pueden enfrentar diversos problemas ambientales que afectan tanto la calidad del agua como la biodiversidad, como la contaminación del agua, la erosión del suelo, la pérdida de biodiversidad, el cambio climático y la falta de planificación son algunas de las problemáticas que pueden existir en una microcuenca. Estos problemas pueden ser causados por diversas actividades humanas, como la agricultura, la minería, la industria y la tala de bosques, lo que puede comprometer la calidad del agua y el equilibrio ecológico (Custodio Villanueva & Chaname Zapata, 2016). Dicho lo anterior, los macroinvertebrados acuáticos son bioindicadores que evalúan objetivamente la calidad de agua con la ayuda de los índices biológicos, es importante realizar este tipo de estudio, porque sus resultados dan a conocer el grado de afección del agua y su estado de calidad actual, producto de las actividades antropogénicas a lo largo de toda la microcuenca. Por otro lado, la problemática en torno a los recursos hídricos está directamente

relacionada con su demanda para satisfacer las múltiples necesidades que dependen de la misma y su distribución desigual tanto en el espacio como en el tiempo; es así que, la presente investigación tiene como objetivo analizar la calidad de agua de la microcuenca del río Shuara ubicado en el sector Shuara, parroquia Pacayacu del cantón Lago Agrio mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos (Meza, J, G, & M., 2012).

Los macroinvertebrados acuáticos son todos aquellos organismos que viven en el fondo de ríos y lagos, adheridos a la vegetación acuática, troncos y rocas sumergidas. Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. Es un hecho que la composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, los métodos de evaluación basados en dichos organismos han sido ampliamente utilizados desde hace varias décadas como una parte integral del monitoreo de la calidad del agua. Los países de la Unión Europea y Norte América han sido los líderes en este proceso (Roldan-Perez, Junio/2016).

Los recursos hídricos son esenciales para los ecosistemas naturales y la regulación del clima, pues según el autor Lozano (2018) menciona que la contaminación del agua y su escasez plantea amenazas para la salud humana y la calidad de vida, pero su incidencia ecológica es más general. Asimismo, el libre flujo de un agua no contaminada resulta clave para el sostenimiento de los ecosistemas que dependen del agua y la escasez de agua perjudica al medio acuático, dado que se somete a una presión todavía mayor a la flora y la fauna por el cambio climático, el cual influye en la alteración de estos recursos (Pizarro, 2022).

En el pasado, los conservacionistas del ambiente han hecho intentos por conservar las cuencas hidrográficas, pero han pasado por alto a la población de las montañas y de las tierras altas. Sin embargo, la principal causa de problemas en la mayoría de las cuencas es estructural, lo que conduce a un rápido agotamiento de los recursos y, en consecuencia, bajos sedimentos. En este sentido, es importante la prevención de la degradación ambiental en esas zonas (Carranza Domínguez, 2020). Por esta razón, los avances científicos en la preservación del medio ambiente han impulsado a la toma de una conciencia ambiental global donde la biodiversidad y lo sostenible se han perfilado como nuevos paradigmas culturales de gran trascendencia (Verano, 2019).

Cabe recalcar que el agua es el recurso de mayor importancia en el mundo, indispensable para la permanencia de los seres vivos en el planeta. Por ende, según el criterio de Valdés et al., (2018) el recurso hídrico es fundamental para la humanidad y para el resto de los seres

vivos, puesto que es necesario no solo para beber sino para una infinidad de actividades que se realizan a nivel mundial, como los ríos que constituyen la fuente más valiosa por lo que es preciso que protejan los bienes de la naturaleza; en efecto la sociedad recurre al agua para generar y mantener el crecimiento económico y la prosperidad (Tapia Castillo, febrero/2018). Por otra parte, los macroinvertebrados son considerados como indicadores biológicos de la calidad del agua, debido a que su presencia y abundancia están relacionadas con la calidad del hábitat acuático y la presencia de contaminantes. En este contexto, para Escobar Llanos (2021), todo lo que ocurra en las cuencas hidrográficas de las montañas repercute en las zonas bajas, donde se encuentran muchas ciudades del mundo, tanto en los países avanzados como en los países en vías de desarrollo (Vilaboa, octubre/2012).

El análisis de estos macroinvertebrados es una herramienta útil para determinar la calidad del agua mediante la caracterización de las especies presentes, por lo que el uso de los mismos sirve para el monitoreo continuamente de la calidad del agua de la microcuenca del río Shuara, en este sentido, el autor Villegas (2019) indica que este grupo de invertebrados en la mayoría de los casos son utilizados como referentes de indicadores para determinar la calidad del agua, además, su alto número de especies brinda distintas respuestas tanto físicas como químicas, además, poseen características favorables para realizar un análisis de los mismos en el río (Tapia Castillo, febrero/2018).

En este contexto, según lo establecido por López et al., (2019) existe una gran variedad de índices biológicos para diferentes países, regiones y cuencas, en el que se identifica a los macroinvertebrados a nivel taxonómico de familia y se asigna un puntaje de acuerdo al nivel de tolerancia de cada familia, por tanto, la presencia o ausencia de macroinvertebrados está relacionada con las propiedades físicas químicas del agua, debido a que ciertos macroinvertebrados no sobreviven en ríos con niveles bajos de oxígeno disuelto (Custodio Villanueva & Chaname Zapata, 2016).

2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

2.1 Tipo de investigación

Este tipo de investigación es de tipo aplicada, con la finalidad de analizar la calidad del agua mediante la presencia de macroinvertebrados encontrados en el rio Shuara gracias a investigaciones realizadas en el campo de trabajo y con informaciones básicas en documentales del internet el cual se podrá evaluar la calidad del agua y a su vez poder determinar su estado de conservación, mediante índices bióticos, ecológicos y de diversidad.

Se realizó el análisis de la microcuenca Shuara de la parroquia Pacayacu de la provincia de Sucumbíos – Ecuador, mediante macroinvertebrados. Además, para conocer la situación de

la zona de estudio y la de los alrededores, se procedió a realizar una metodología basada en el cálculo evaluando los parámetros físicos e hidrológicos del área.

Existen diversas metodologías para la recolección de muestras de macroinvertebrados, pero una de las más utilizadas es el método de la red Surber. Este método consiste en delimitar un área de un río o arroyo con un marco de metal y, a continuación, fijar una red con malla fina en el interior de ese marco. Los macroinvertebrados son removidos del sustrato dentro del área delimitada y luego recolectados con la red (Roldan-Perez, Junio/2016).

También con la ayuda de una pinza de punta fina se tomaron manualmente los organismos de los sustratos que dificultaban para la toma de muestreos, como por ejemplo en las paredes laterales de las piedras y en troncos que se encontraban plantados en el rio. Estos fueron fijados en alcohol y colocados en frascos plásticos pequeños debidamente rotulados para de este efecto se hizo un recorrido de 20 m alrededor de las orillas del rio Shuara para si poder muestrear he identificar el porcentaje ocupado por cada hábitat y se procedió a hacer los arrastres, empezando en la parte baja de la quebrada (figura 1, 2 y 3). Antes de proceder al siguiente arrastre se revisó y colectó en frascos plásticos todos los macroinvertebrados que queden en la red, los cuales fueron retirados con pinzas entomológicas (Roldan-Perez, Junio/2016)

2.2 Procedimiento para la selección de la información

Se estudiarán las imágenes ráster correspondientes al área de estudio y se analizarán los datos obtenidos en las herramientas GIS.

Además, se utilizará la base conceptual de las estadísticas básicas para analizar los valores del agua en la zona. Los ítems y fórmulas que se emplearán serán las siguientes:

2.1.1 Área de la cuenca

El área de una cuenca se define como el total de la superficie proyectada sobre un plano horizontal, que contribuye con el flujo superficial a un segmento de cauce de orden dado, incluyendo todos los tributarios de orden menor, el área de la microcuenca Shuara se obtuvo mediante las herramientas ARCGIS y MDE (modelos digitales de elevación) (Rodríguez et al., 2020)

2.1.2 Perímetro de la cuenca

Por perímetro de cuenca se entiende a la longitud del contorno o divisoria de aguas del área de la cuenca. Es la distancia que habría que recorrer si se transita por todos los filos que envuelven la microcuenca Shuara, su unidad de medida es el km, y se obtuvo mediante las herramientas ARCGIS y MDE (Ortiz Quintero, 2021)

2.1.3 Longitud de la cuenca

La longitud de la cuenca es una línea recta con dirección paralela al cauce principal. Dado que por lo general el cauce principal no se extiende hasta el límite de la cuenca, es necesario suponer un trazado desde la cabecera del cauce hasta el límite de la cuenca, siguiendo el camino más probable para el recorrido del agua precipitada. Se expresa normalmente en kilómetros. Es el mismo eje de la cuenca y se obtiene mediante la herramienta ARCGIS (Ibáñez et al., 2018)

2.1.4 Ancho promedio

Se define como la relación entre la superficie y la longitud de la cuenca, su unidad de medida es el (km), se obtiene mediante la siguiente fórmula:

$$Ap = \frac{A}{La}$$

Dónde:

Ap: ancho promedio [m^2]

A: área [m^2]

La: longitud axial de cuenca [km]

2.1.5 Coeficiente de compacidad (kc)

Designado por Kc e igualmente propuesto por Gravelius que lo define como la razón entre el perímetro de la cuenca que es la misma longitud del parteaguas que la encierra y el perímetro de la circunferencia (Delgado et al., 1999)

$$Kc = 0.282 \frac{P}{\sqrt{A}}$$

Dónde:

Kc: coeficiente de compacidad [0.28]

P: perímetro [km]

A: superficie de la cuenca [km^2]

Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular; cuando Kc es igual a 1.128, se trata de una cuenca cuadrada. Este coeficiente puede alcanzar el valor de tres en el caso de cuencas muy alargadas. En el caso del CARL Kc= 1.481, lo que indica es que la cuenca en estudio tiende a un cuadrado, es decir, que su largo y ancho son valores cercanos.

2.1.6 Coeficiente de forma (kf)

Es la relación entre el área y el cuadrado de la longitud de la cuenca.

$$Kf = \frac{A}{L^2}$$

Dónde:

Kf: coeficiente de forma [0.28]

A: área [m^2]

L^2: cuadrado de longitud [m^2]

Intenta medir cuan cuadrada (alargada) puede ser la cuenca. Una cuenca con un factor de forma bajo, está menos sujeta a crecientes que una de la misma área y mayor factor de forma. En la medida que el coeficiente de forma de una cuenca determinada sea más bajo, estará menos sujeta a crecientes que otra del mismo tamaño (área) pero con mayor coeficiente de forma. (Ingeniería Civil, 2011)

2.1.7 Curva hipsométrica

Según la curva hipsométrica describe la distribución del área acumulada de una cuenca de acuerdo a la altitud e indica el total o porcentaje de área por encima de la cota altitudinal consultada. (Vega et al., 2022)

2.1.8 Pendiente de la cuenca

La pendiente de la cuenca tiene una relación importante con la infiltración, el escurrimiento superficial, la humedad del suelo y la contribución del agua subterránea a los cauces. (Escobar Tobón et al., 2020)

$$Sc = \frac{D * L}{A}$$

Dónde:

A: área total de la microcuenca [km^2]

Sc: pendiente de la cuenca [h]

D: desnivel entre curvas de nivel [m]

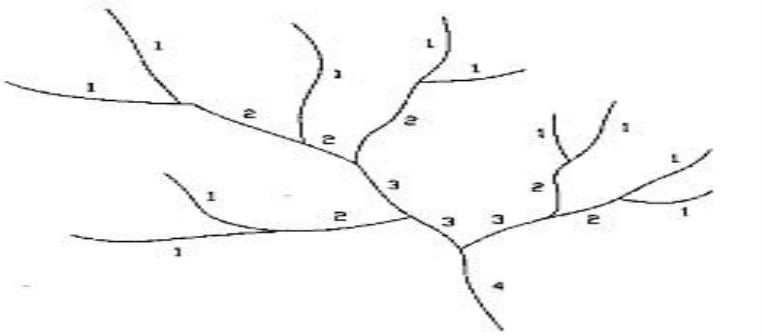
L: longitud total de las curvas de nivel [m]

2.1.8 Número de orden

Es un número que refleja el grado de ramificación del sistema de drenaje. Existen varios métodos para realizar tal clasificación. En este caso se optó por el método de Horton, el cual se fundamenta en los siguientes criterios: Se consideran corrientes de primer orden, aquellas corrientes fuertes, portadoras de aguas de nacimientos y que no tienen afluentes. Cuando dos corrientes de orden uno se une, resulta una corriente de orden dos. De manera general, cuando dos corrientes de orden i se unen, resulta una corriente de orden i+1. Cuando una corriente se

une con otra de orden mayor, resulta una corriente que conserva el mayor orden (Lux, 2012). Se obtiene mediante la herramienta ARCGIS.

Figura 1. Número de orden de corrientes según Horton



Morfometría de la cuenca del río San Pedro, Conchos, Chihuahua, en base a Horton 1945.

2.1.9 Densidad de drenaje

Es el parámetro que cuantifica el grado de desarrollo de un sistema hidrográfico y permite conocer su complejidad. Es la relación entre la longitud total (Lt) de los cursos de agua perennes, intermitentes y efímeros, de una cuenca y su propia área. A mayor densidad de drenaje, el tiempo de escorrentía es menor, por lo cual se considera como otro indicador de peligrosidad.

En la medida que los parámetros asociados al Sistema de Drenaje de la Cuenca Hidrográfica son de mayor magnitud, es de esperarse que el Tiempo de Concentración tienda a ser menor con la consiguiente mayor capacidad de producción de caudal superficial por parte de la Cuenca. (Camino, *et al.*, 2018).

$$Dd = \frac{L}{A}$$

Dónde:

Dd: densidad de drenaje [km/km^2].

L: longitud total de las corrientes perennes o intermitentes en [km].

A: área total de la cuenca en [km^2].

2.1.10 Caudal medio

De acuerdo con el criterio de Fernández & García (2020) la conceptualización de caudal medio hace referencia a la cantidad total de un líquido que llega a un punto, dividido por el número de días en que se han efectuado mediciones de caudal, su ecuación se simplifica en función del área de una cuenca como se expresa a continuación:

$$Qm = aA^b$$

Dónde:

A: es el área de la cuenca en [km2]

a y b: son variables que pueden expresarse de la siguiente manera

$$a = \frac{31{,}71 * C * P}{10^6}; b = 1$$

C es el coeficiente de escorrentía y P es la precipitación anual media de la cuenca en milímetros y definirán el valor de a.

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

La presencia de desechos y metales en la subcuenca del rio Shuara ha afectado la calidad fisicoquímica del agua, y con ello, la composición de la comunidad de macroinvertebrados y de los grupos funcionales alimenticios. Esto se ha evidenciado por las variaciones de taxa tolerantes y sensibles, y hábitos alimenticios relacionados a la disponibilidad de alimento, de acuerdo a la calidad de los lugares donde se realizaron los muestreos. Estas alteraciones se han podido estimar también a través de los índices bióticos, siendo él IBA el que mejor permitió evaluar la calidad del agua debido a la mayor presencia de familias nativas de macroinvertebrados que se identificaron en los diferentes lugares de estudio donde el lugar se encuentra en riesgo por la gran contaminación que se encuentra.

Área de la cuenca

La cuenca del río Shuara se encuentra dentro de la categoría de cuencas pequeñas, debido a que su área superficial es de 38.62 km^2. En la figura 3 se presenta la zona territorial que abarca la cuenca del río Shuara y sus límites correspondientes.

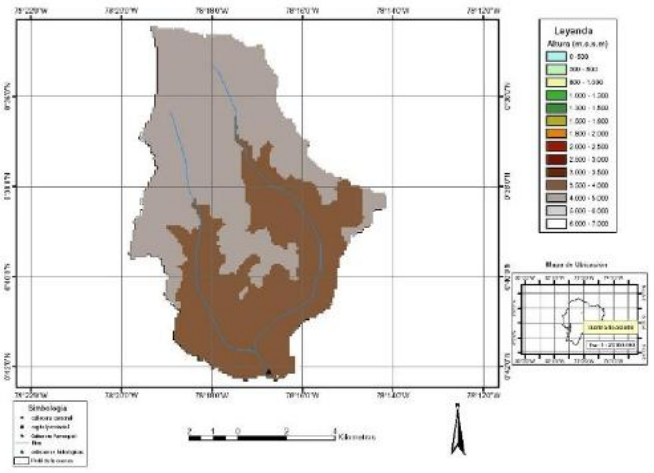
Perímetro de la cuenca

Dentro de la delimitación es importante tener en consideración la longitud de la figura que define los límites de la cuenca, llamada perímetro. La cuenca del río Shuara cuenta con un perímetro de 51.61 km.

Coeficiente de compacidad (K_C)

Se realizaron los cálculos pertinentes para determinar el coeficiente de compacidad, el cual corresponde a un valor de 2.342, lo que indica que la cuenca tiene una forma oval-oblonga a rectangular- oblonga. Este coeficiente es igual a uno cuando la cuenca es perfectamente circular; cuando Kc es igual a 1.128, se trata de una cuenca cuadrada, cuando sobrepasa los valores anteriores es oval-oblonga a rectangular-oblonga.

Figura 2. Delimitación de la cuenca del río



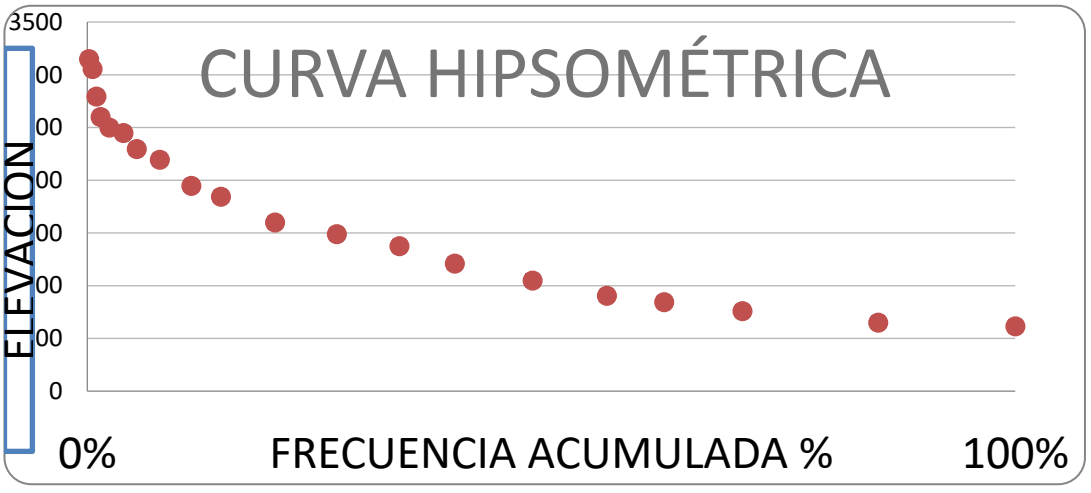
Fuente: Elaboración propia del autor 2023

Coeficiente de forma (K_F)

El valor de 0.305 en el coeficiente de forma permite definir que la cuenca es ligeramente achatada.

Un valor de Kf superior a la unidad proporciona el grado de achatamiento de ella o de un río principal corto y por consecuencia con tendencia a concentrar el escurrimiento de una lluvia intensa formando fácilmente grandes crecidas, según se muestra en la tabla 3 anteriormente mencionada.

Figura 3. Curva hipsométrica de la cuenca del río Shuara



Fuente: Elaboración propia

El gráfico anterior se representa el relieve de la cuenca del río Shuara, en el cual se relaciona el valor de la cota, con el porcentaje del área acumulada. Esta representación gráfica indica que la cuenca se encuentra en fase de vejez y deposición de sedimentos, es decir, presenta una curva C, como lo representa el autor Strahler (1952) en su figura curvas hipsométricas características del ciclo de erosión. En la curva hipsométrica se presenta una pendiente fuerte

en el origen el cual asciende y supera los 3100 msnm.

Adicional a ello, es importante mencionar que en base a los muestreos y visitas de campo durante el período consecutivo de tres meses no se evidenció presencia de macroinvertebrados.

Pendiente de la cuenca

Se realizó el cálculo de la pendiente, en el cual se obtuvo como resultado una inclinación de 11.00%, de acuerdo al rango de pendiente (%) calculado, indica que la cuenca es ligeramente inclinada a moderadamente empinada, que equivale a un rango 8 – 15 (%), estos datos se muestran en la tabla 4.

Densidad de drenaje

El resultado de la densidad de drenaje de la cuenca del río Shuara, obtenido de la fórmula es 3.27, por lo que dicha densidad está categorizada como muy alta, de acuerdo a los datos expresados en la tabla 5. Los resultados del cálculo se presentan a continuación.

Número de orden

El modelo de Horton (1945) y la herramienta SIG, permitieron realizar un análisis para determinar el orden de corrientes de la cuenca del río Shuara. Este análisis obtuvo como resultado un orden cinco para la cuenca en estudio.

Figura 4. Tabla de comparación entre los índices y la zona

Comparación entre los valores de los índices y las zonas de muestreo			
Zona de Muestreo	Índice BMWP/Col	Índice EPT	Índice de sensibilidad
Alta	132 Calidad buena	13,97 Calidad mala	76 Calidad buena
Media	120 Calidad buena	38.50 Calidad regular	30 Calidad mala
Baja	86 Calidad aceptable	39,22 Calidad regular	30 Calidad mala

En cuanto a los índices de sensibilidad se observa una calidad buena para la zona alta y calidad mala para la zona media y baja, este resultado se debe a que este índice es muy limitante en cuanto al número de familias en las que asignarles el valor y durante el muestreo realizado se encontraron muy pocos individuos a los que asignarles un puntaje de sensibilidad. El comportamiento entre los índices BMWP/Col y sensibilidad es muy similar en los tres sitios de muestreo, donde indica que la calidad del agua es buena en la zona alta y disminuye en la zona media y baja. Este comportamiento difiere de los resultados obtenidos en el índice EPT, en donde la zona alta es calidad mala y la zona media y baja es de calidad regular (Roldan-Perez, Junio/2016).

En el muestreo de macroinvertebrados realizado en la zona alta de la fuente hídrica fue muy baja la posibilidad de encontrar macroinvertebrados en la zona media se encontraron 2

individuos y en la zona baja se encontraron 3 individuos lo cual nos indica que la calidad de agua es poco probable para un consumo humano ya que se encuentra en unos escases de macroinvertebrados.

Respecto a la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del río Shuara analizadas mediante el porcentaje de similitud los resultados indicaron que los órdenes Mayfly y Sowbug contribuyeron más en la diferenciación de estas comunidades. Los mayores porcentajes de contribución lo presentaron los órdenes Mayfly 35% y Sowbug 20%. En época de lluvia, los mayores porcentajes de contribución de aparición soy mayor abundancia de individuos de la orden registrada en el rio Shuara, donde la calidad del agua resulto ser buena. Los individuos de este orden prefieren vivir en sitios con buena oxigenación, en sustratos de piedra y arena (Roldan-Perez, Junio/2016).

Figura 5. Tabla de macroinvertebrados

MACROINVERTEBRADOS		
CAT	**NOMBRE**	**FAMILIA**
1	Caddisfty larva	Trichoptera
2	Stonefly	Perlidae
3	Mayfly	Ephemeroptera
4	Sowbug	Dactylo piidae
5	Damselfly larva	Zygoptera
7	Leech	Hirudinea
>A	Midge larva	Dípteros nematoceros

Es importante destacar que una pendiente mayor, conlleva a una mejor capacidad para escurrir las aguas lluvias, sin embargo, se ocasionarían mayores problemas de erosión. Mientras que, en el caso de cuencas de pendientes poco pronunciadas como la del río Shuara, se presentan problemas de sedimentación y drenaje, por lo que el intervalo de tiempo necesario para generar una creciente en los ríos es mayor (Vilaboa, octubre/2012).

En cuanto a los macroinvertebrados se determinó que no hay una mayor cantidad dentro del rio Shuara, debido a que los macroinvertebrados son organismos sensibles a los cambios en la calidad del agua y en el ecosistema acuático. Por lo tanto, una disminución en su cantidad o diversidad puede indicar que el agua está contaminada con productos químicos tóxicos, como pesticidas, herbicidas, metales pesados, entre otros, lo que puede ser perjudicial para la salud humana y la vida silvestre que depende del ecosistema acuático (Gomez & Andrea, 2014).

La ausencia de macroinvertebrados en el Río Shuara puede deberse a la contaminación del agua, la evolución del hábitat acuático o la sobreexplotación, que también puede ser una causa de la ausencia de macroinvertebrados. Si los seres humanos explotan en exceso los recursos del río, como la pesca excesiva, puede afectar negativamente a los macroinvertebrados, ya que pueden ser una fuente de alimento para otros organismos acuáticos. Es importante realizar monitoreos y análisis regulares para identificar los problemas ambientales que pueden estar afectados por la salud del ecosistema acuático y tomar medidas para proteger y restaurar el ecosistema ya que el agua es una principal fuente de vida en el ser humano (Gomez & Andrea, 2014).

4. CONCLUSIONES

Según en las investigaciones realizadas, se encontró que la calidad del agua en el sitio de muestreo de la zona alta y media son buenas y el muestreo en la zona baja se podría decir que es aceptable como para los recursos humanos, vegetales y animales puede ser consumida.

En los índices de evaluación existen órdenes de macroinvertebrados más sensibles a la contaminación y las alteraciones del hábitat donde se podría decir que se corre un riesgos de desaparición de macroinvertebrados donde a futuro podría ser un riesgo para la comunidad.

El resultado del índice de sensibilidad arrojo una calidad de agua buena para el sitio de muestro en la zona alta y una calidad mala para la zona baja estos resultados son a base de investigaciones encontradas en artículos y libros.

Los parámetros fisicoquímicos como la temperatura, el pH y el porcentaje de oxígeno disuelto, investigados en los sitios de muestreo se encontraron dentro de los rangos apropiados para la supervivencia de los organismos macroinvertebrados.

El análisis morfométrico permitió definir la forma de la cuenca como oval-oblonga a rectangular-oblonga según el coeficiente de compacidad y ligeramente achatada de acuerdo al coeficiente de forma de la cuenca. Estos coeficientes también fueron importantes para precisar que la concentración de agua en la cuenca del río Shuara es baja y que está medianamente propensa a sufrir fenómenos bruscos provocados por crecientes. Es importante destacar que se determinó la distribución del área de acuerdo con la elevación de la cuenca del río Shuara mediante la curva hipsométrica determinó que es sedimentaria en etapa de vejez tipo C, la cual posee una pendiente definida como ondulada con un tipo de relieve accidentado, que podría representar un riesgo de inundación en aledaños de la zona.

5. REFERENCIAS

Carranza Domínguez, A. X. (2020). *La gestión de recursos hídricos en un escenario de escasez hídrica como consecuencia del cambio climático*. https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/16028

Delgado, C. D., Bâ, K. M., & Posadas, A. I. (1999). *Estimación de las características fisiográficas de una cuenca con la ayuda de SIG y MEDT: caso del curso alto*. *6*.

Escóbar Llanos, J. (2021). *La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar*. CEPAL, División de Recursos Naturales e Infraestructura.

Escobar Tobón, M., Valdés Quintero, J. C., & Marín Arroyave, L. M. (2020). Caracterización geomorfológica de la cuenca del Río Negro utilizando Sistemas de Información Geográfica (SIG). *Formalization of domain problems described in the cause-and-effect diagram in the context of the software development process*. https://dspace.tdea.edu.co/handle/tdea/1108

Fernández, A., & García, C. (2020). *Geografía y medio ambiente*. Universidad Nacional de Educación a Distancia. https://books.google.com.ec/books?id=uvmFEAAAQBAJ&pg=PT120&dq=caudal+medio&hl=es-419&sa=X&ved=2ahUKEwiK9NDvjvf8AhX2RzABHRifANMQ6AF6BAgGEAI#v=onepage&q=caudal%20medio&f=false

Horton, R. (1945). Erosional development of streams and their dralnage basins: hydrophysical approach to quantitative morphology. . *Bull. Geol. Soc. Am.*, *56*(1), 275-370.

Ibáñez, A., Moreno, R., & Gisbert, J. (2018). Morfología de las cuencas hidrográficas. *Universidad Politécnica de Valencia*.

Ingeniería Civil. (2011, octubre 7). *Parámetros de Forma y Drenaje de la Cuenca Hidrográfica | Tutoriales al Día—Ingeniería Civil*. https://ingenieriacivil.tutorialesaldia.com/algunos-parametros-de-forma-y-drenaje-de-la-cuenca-hidrografica-y-su-relacion-con-el-tiempo-de-concentracion/

López, S., Huertas, D., Jaramillo, A., Calderón, D., & Díaz, J. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia). http://www.scielo.org.co/pdf/inde/v37n2/2145-9371-inde-37-02-269.pdf

Lozano, J. (2018). Recursos hídricos. Disponibilidad, variabilidad y gestión. Revista de Geografía Norte Grande. https://www.scielo.cl/pdf/rgeong/n71/0718-3402-rgeong-71-00005.pdf

Ortíz Quintero, L. F. (2021). *Cuencas hidrográficas y ecología del paisaje: Una guía conceptual y metodológica*. Editorial Universidad Distrital Francisco José de Caldas.

Rodríguez, J. M. M., Manent, M. B., & Fernández, I. V. (2020). *Estructura geográfico ambiental y sostenibilidad de las cuencas hidrográficas urbanizadas de Cuba: El*

ejemplo de la cuenca del río Quibú, provincia Ciudad de La Habana. Resultados del Proyecto Caesar. Editorial Universitaria (Cuba).

Valdés, Y., & Villalejo, V. (2018). La gestión integrada de los recursos hídricos: una necesidad de estos tiempos. http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1680-03382018000100005

Vásconez, M., Mancheno, A., Álvarez, C., & Prehn, C. (2019). Cuencas Hidrográficas. Quito: Abya-Yala.

Verdugo, M. (2017). Análisis morfométrico de las microcuencas a las que pertenece el Bosque y Vegetación Protectora AGUARONGO (BVPA), Influencia en el comportamiento hidrológico. Cuenca, Azuay, Ecuador.

Vega, S. A. D. L. C., Flores, C. M. M., Morales, P. A. P., Flores, K. A. A., Moncada, T. M. G., & Guerrero, H. M. (2022). Hidrología: *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, *6*(2), Art. 2. https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v6i2.1906

Verano, E. (2019). *Impacto ambiental en las cuencas hidrográficas*. https://repositorio.sena.edu.co/sitios/impacto_ambiental_cuencas_hidrograficas/

Zhicay, J. (2020). Caracterización morfométrica y estudio hidrológico de la microcuenca del río San Francisco, cantón Gualaceo. Universidad Politécnica Salesiana – Sede Cuenca. 1-120. Disponible en: https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/18364/1/UPS-CT008684.pdf

6. ANEXOS

6.1 Marco Teórico

6.1.1.- Cuenca hidrológica

Es el territorio compuesto por un sistema hídrico en la cual el agua proveniente de las lluvias se transfiere a las zonas bajas de este territorio mediante un sistema de drenaje, que concentra sus aguas en un colector y este las descarga a otras cuencas, o al océano; esta superficie se encuentra demarcada por la línea divisoria de aguas (Lesly, 2016).

Dentro de la cuenca hidrográfica están presentes recursos naturales e infraestructura establecida por el hombre, desarrollándose así sus actividades que generan consecuencias positivas y negativas para el bienestar de sus habitantes. Todos los lugares de la tierra, pertenecen a una cuenca hidrográfica (Lesly, 2016)

Hoy en día el concepto que se tenía de la cuenca desde una perspectiva hidrológica ha sufrido una evolución hasta llegar a una perspectiva integral de la misma, en la cual, a más de la interacción hidrológica, sobresalen otros aspectos ya sean culturales, socioeconómicos, productivos, etc. Mismos que demarcan al humano como el eje central para el manejo de la cuenca hidrológica (Lesly, 2016).

6.1.2.- Cantidad y calidad de agua

Caudal

El caudal de un rio hace referencia a la cantidad de agua que atraviesa una sección transversal; este es expresado en unidades de volumen por unidades de tiempo. Este puede ser medido por distintos métodos muy variados; el mismo que tiene que ser elegido de acuerdo a las condiciones que presenta cada sitio (Lesly, 2016).

Método del Flotador

Este método relaciona la velocidad de escurrimiento con el área de la sección que atraviesa el agua; es un método de campo rápido y sencillo. Con este es posible calcular las velocidades superficiales de la corriente de agua, mediante la utilización de flotadores, pudiendo utilizarse como tal cualquier cuerpo pequeño que tenga la capacidad de flotar, y no ofrezca gran residencia al contacto con el aire; como un corcho, madera, botellas, etc. La base de este método se rige a que los objetos en el agua se movilizan a la misma velocidad que posee el cuerpo de agua (Lesly, 2016).

Para su determinación:

a) Se selecciona una parte del canal, la cual tiene que ser recta, de sección transversal uniforme y el agua tiene que transcurrir libremente, su longitud se debe encontrar entre los

10 y 30 metros.

b) Medir el ancho y profundidad del rio.

c) Se marca la longitud determinada en el terreno y se toma el tiempo que el flotador tarda en recorrer dicha distancia.

d) Se realiza el respectivo cálculo con los datos obtenidos.

6.1.3.- Calidad de agua

Esta hace referencia a las condiciones que una muestra de agua presenta ya sean características químicas, físicas, o biológicas, frente a unas directrices de calidad del agua o estándares de la misma.

Se considera que el agua posee una buena calidad cuando no posee sustancias ni microorganismos peligrosos para quien la consume, además de que no posean características desagradables cuando sean consumidas, como por ejemplo el olor. El agua se caracteriza por ser uno de los medios más importantes para la transmisión de enfermedades, es por esta razón que la calidad del agua posee una gran importancia. Ya sea el agua superficial o subterránea, su calidad dependerá de factores naturales y antrópicos, siendo estos últimos los más notorios sobre la calidad del agua (Lesly, 2016).

6.1.4.- Índices en general

De una manera general se puede decir que los índices de calidad son instrumentos que nos permiten otorgar un valor de calidad específico al medio, partiendo de análisis realizados de distintos parámetros establecidos.; mismos que nos permiten tener una visión más específica del estado ecológico y del medio biológico que presenta el medio analizado (Lesly, 2016).

- Sintetizan y simplifican datos complejos.
- Se pueden expresar numéricamente.
- Son más comprensibles al público.
- Sus datos son más cortos que los que posee la información bruta.

6.1.5.- Índice de calidad de agua

Para determinar la calidad de agua, independientemente del probable uso que se le vaya a dar; se parte de la toma de muestras de la misma y se analizan los distintos parámetros o indicadores deseados. Posteriormente los datos obtenidos son procesados, para dar origen a un valor cuantitativo, que nos permitirá obtener una serie de índices que nos ayudaran a establecer el estado general de las aguas mediante rangos de calidad establecidos. Estos índices se pueden clasificar fundamentalmente en dos tipos: fisicoquímicos y biológicos (Lesly, 2016).

Índice fisicoquímico

Este tipo de índice arroja un único valor numérico adimensional, que abarca medidas de varios parámetros individuales; este valor adimensional cambiara de acuerdo al índice utilizado.

Temperatura

Mide la cantidad de calor que posee un cuerpo; en este caso del agua que depende de los rayos solares que recibe; no obstante, se puede ver afectada por diversas variables, entre ellas el aporte directo de aguas industriales.

Dependiendo del valor de la temperatura que posee un cuerpo de agua puede causar alteraciones a la química del mismo y a las funciones de los organismos acuáticos debido a que esta interviene en la cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua, la velocidad de fotosíntesis de plantas y metabólica de organismos, la sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, entre otras, lo que dará como resultado afectaciones a medidas de otros parámetros como pH o conductividad (Lesly, 2016).

6.1.6.- Hábitat de los macroinvertebrados.

El hábitat se refiere al sitio puntual donde el organismo habita y se desarrolla, el nicho. Los hábitats acuáticos son muy variados y cada uno de ellos le corresponde una comunidad determinada (Lesly, 2016).

Como por ejemplo se tienen:

- Hojas flotantes y sus restos
- Troncos caídos y en descomposición
- Lodo o arena del fondo.
- Sobre o debajo de las piedras.
- Donde el agua es más correntosa y en lagunas, lagos, o aguas estancadas.

Alimento de los macroinvertebrados.

De igual manera que en los ecosistemas terrestres, los acuáticos se desarrollan con base en el principio de comer y ser comido.

Los organismos que son más sensibles a actividades antrópicas, desaparecen mucho antes que los demás, por lo que se da lugar a un desequilibrio en la cadena alimenticia; de esta manera es que ciertos organismos pueden desaparecer debido a que su fuente de alimento desapareció por actividades antrópicas (Lesly, 2016).

Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:

- ✓ Algas, plantas acuáticas, restos de las mismas.
- ✓ Peces.
- ✓ Otros invertebrados.
- ✓ Restos de comida en descomposición
- ✓ Elementos nutritivos del suelo.
- ✓ Animales descomponiéndose.
- ✓ Elementos nutritivos del agua.
- ✓ Sangre de animales.

6.1.7.- Los macroinvertebrados como bioindicadores

Se denominan indicadores biológicos o bioindicadores ya que son organismos acuáticos que debido a su presencia o ausencia nos enseñan alguna condición del ecosistema acuático, como puede ser el grado de contaminación (Lesly, 2016).

Por lo que estos organismos reaccionan cuando las condiciones del cuerpo de agua se ven afectadas y se puede dar paso a efectos contaminantes. Son sensibles a cambios en los parámetros físico químicos como: pH, OD, temperatura, entre otros, además de que muestran sensibilidad ante alteraciones biológicas también. Su utilización como indicadores de calidad del agua se fundamenta en la manera con la cual los distintos grupos de macroinvertebrados reaccionan ante los cambios ambientales de las condiciones de los cuerpos de agua (Lesly, 2016).

La utilización de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, cada vez adquieren mayor aceptación por los ecólogos, siendo un método muy utilizado para la evaluación de impactos ambientales ocasionados por trabajos de ingeniería tales como represa o carreteras, que de una u otra forma afectan a los ecosistemas presentes en el agua (Lesly, 2016).

Estos organismos hoy en día son una herramienta ideal para la caracterización biológica e integral de la calidad de agua, y son muy utilizados como bioindicadores debido a:

- Existen una amplia gama de especies que poseen diversas formas de respuesta a los cambios ambientales.
- Geográfica y ambientalmente poseen una gran distribución.
- Mayoritariamente estos son sedentarios, lo que da paso a un análisis espacial de la contaminación.
- Se pueden muestrear con pocos recursos y de manera sencilla.

6.2 Imágenes tomadas en el campo



Fuente propia: (2023)



Fuente propia:(2023)



Fuente propia: (2023)



Fuente propia: (2023)