



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**Determinación de la calidad del agua en la Cuenca Baja del Río Cascales (Sucumbíos, Ecuador) a partir de macroinvertebrados acuáticos.**

Marlene Carrera<sup>1</sup>  
lblg2017031@uea.edu.ec

Willian Carrera<sup>1</sup>  
lblg2017032@uea.edu.ec

Pablo Lozano, PhD<sup>2</sup>  
plozano@uea.edu.ec

**Universidad Estatal Amazónica, Facultad de Ciencias de la Vida, Carrera de Biología (1)**

***Resumen***

La contaminación de los recursos hídricos es una importante problemática a nivel global que genera graves impactos socio-económicos y ambientales. Concretamente, en el Río Cascales (provincia de Sucumbíos), se evidenció una degradación ecológica (tonalidad anómala marrón amarillenta, alta turbidez y sedimentación) a consecuencia de diversas actividades antrópicas. Por tal razón, este trabajo tuvo como objetivo determinar la calidad del agua en la cuenca baja del río Cascales, mediante la aplicación del índice biótico BMWP/Col, a partir de macroinvertebrados acuáticos. Para ello, durante el mes de diciembre de 2021 se realizó la recolección e identificación de macroinvertebrados en tres puntos de muestreo en un área de 5 m<sup>2</sup>, a lo largo de la cuenca baja del río, con una distancia de recorrido de 100 m, empleando la técnica Red de patada y la colecta manual mediante pinzas, de acuerdo con Carrera y Fierro (2001).

Se identificaron un total de 209 individuos pertenecientes a 8 órdenes y 10 familias. La abundancia total fue mayor en el orden Hemiptera con 98 individuos y en la familia Veliidae con 44 individuos. En los tres puntos de muestreo se obtuvo una diversidad media y según el Esquema de Wilhm y Dorris se tradujo como una contaminación moderada. Al aplicar el índice BMWP/Col se obtuvo que los puntos PM1 y PM3 presentaron una calidad de agua dudosa indicando una contaminación moderada, influenciada por la deforestación y el vertimiento de aguas servidas, y el punto PM2 presentó una calidad de agua aceptable con una contaminación ligera, al encontrarse a mayor distancia del centro poblado.



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**Palabras Clave:** Bioindicadores, BMWP-Col, macroinvertebrados, río Cascales, provincia de Sucumbíos.

**Abstract**

The contamination of water resources is a major global problem that generates serious socio-economic and environmental impacts. Specifically, in the Cascales River (Sucumbíos province), ecological degradation (anomalous yellowish-brown hue, high turbidity and sedimentation) was evidenced as a result of various anthropic activities. In view of this, this work aimed to determine the water quality in the lower basin of the Cascales River, through the application of the BMWP/Col biotic index, from aquatic macroinvertebrates. To do this, during the month of December 2021, the collection and identification of macroinvertebrates was carried out at three sampling points in an area of 5 m<sup>2</sup>, along the lower river basin, with a travel distance of 100 m, using the Red de patada technique and manual collection using tweezers, suggested by Carrera & Fierro (2001).

A total of 209 individuals belonging to 8 orders and 10 families were identified. Total abundance was higher in the order Hemiptera with 98 individuals and in the family Veliidae with 44 individuals. A medium diversity was obtained at the three sampling points and according to the Wilhm and Dorris Scheme it was translated as moderate contamination. From the application of the BMWP/Col index, it was obtained that the PM1 and PM3 points presented a doubtful water quality, indicating moderate contamination, mainly influenced by deforestation and the dumping of sewage, and the PM2 point presented a water quality of acceptable with light contamination, being at a greater distance from the populated center.

**Keywords:** Bioindicators, BMWP-Col, macroinvertebrates, Cascales river, Sucumbios province.

## **1. INTRODUCCIÓN**

La degradación de los recursos hídricos es un serio problema en el mundo, que cada día va en aumento y acarrea graves consecuencias sociales, económicas y ambientales (Guadarrama et al., 2016; Ávila, Pablos y Pelayo, 2018). En América Latina, la degradación



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

de los ríos aumentó un 50% desde el año 1990 (Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente [UNEP], 2016) debido a diferentes causas, tales como: actividades agropecuarias e industriales, sobreexplotación de recursos, deforestación, vertimiento de desechos, entre otros (Ávila et al., 2018). El fuerte deterioro existente no solo afecta la calidad del agua, sino que también la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos, principalmente por la eutrofización, disminución del oxígeno presente en el agua, desordenes en las cadenas alimenticias, transmisión de enfermedades, entre otras (Guadarrama et al., 2016).

Específicamente, los ríos de la amazonia ecuatoriana, carecen de estudios que evalúen la calidad hídrica o la contaminación existente (Laraque et al., 2004). Además, se presentan debilidades al diagnosticar e informar sobre estos territorios ya que se da mínima importancia a la biodiversidad y hay un limitado interés respecto a las amenazas que afectan sus ecosistemas, por lo cual se desconoce el estado actual de muchas cuencas y microcuencas (Ruiz, 2000).

El monitoreo de los recursos hídricos es muy importante para conocer los grados de afectación de las actividades antrópicas, lo cual es fundamental para la conservación ambiental (Springer, 2010). Una de las opciones más utilizadas para este fin ha sido y sigue siendo la utilización de macroinvertebrados acuáticos (Arroyo y Encalada, 2009), debido a múltiples ventajas, como su bajo costo en comparación a los análisis físico-químicos, la utilización de métricas simples y la gran cantidad de índices que existen para su aplicación, tales como BMWP/Col, que otorga una puntuación a cada familia de macroinvertebrados encontrados en los cuerpos de agua, según su tolerancia o intolerancia a la contaminación, y EPT, que por medio del número de taxa de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera se obtiene una puntuación final que representa la calidad del agua (Olarte y González, 2018).

Los macroinvertebrados son bioindicadores ampliamente recomendados a nivel mundial (Bonada et al., 2006; Pino y Bernal, 2009; Olarte y González, 2018). Y específicamente en el Ecuador, se han realizado una gran cantidad de estudios avalando su eficacia (Damanik et al., 2016; Rodríguez et al., 2016; Leño y Pérez, 2020; Osejos et al., 2020; Apolo, 2021).

Teniendo en cuenta el bajo costo y la creciente utilización de los macroinvertebrados acuáticos, en este trabajo se planteó la siguiente hipótesis: La diversidad de la comunidad de



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

macroinvertebrados se considera una medida de la calidad del agua.

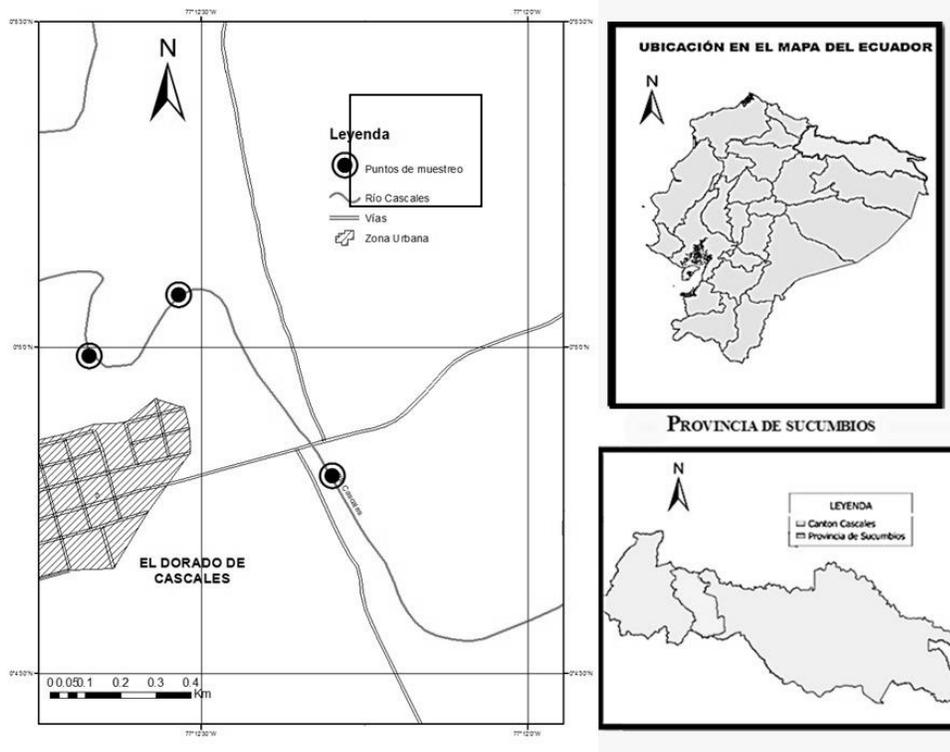
El Río Cascales, ubicado en el cantón Cascales, en la provincia de Sucumbíos, presenta una creciente contaminación en sus aguas a causa de diferentes actividades antrópicas, como: deforestación, vertimiento de residuales líquidos, minería ilegal, entre otros (Mediavilla, 2019). Por lo tanto, se plantea el siguiente objetivo: Aplicar el índice BMWP/Col mediante macroinvertebrados para valorar la calidad del agua en la cuenca baja del Río Cascales.

## 2. MATERIALES Y MÉTODOS/METODOLOGÍA

### 2.1 Área de estudio

El área de estudio se localizó en la cuenca baja del río Cascales, ubicado en el cantón Cascales, provincia de Sucumbíos, en la parte norte del Ecuador, (ver Figura 1). Es una microcuenca tributaria al río Aguarico y a la cuenca hidrográfica del río Napo. Se encuentra en las coordenadas:  $-0.0675$ ,  $-77.216944$ , a una altitud de 390 m.s.n.m. Posee una longitud de 53,24 km, el área que ocupa es de 7402,15 hectáreas y tiene una tendencia muy baja a las crecidas (PDOT Cascales, 2015).

**Figura 1. Ubicación del área de estudio.**





## 2.2 Metodología

El presente estudio es de tipo descriptivo, con un enfoque mixto, en el que se analizaron datos cualitativos y cuantitativos. Adicionalmente, se soporta de la revisión documental, al recopilar información sobre estudios realizados anteriormente sobre bioindicadores, principalmente de la plataforma de búsqueda Scopus.

Para la recolección de macroinvertebrados acuáticos se establecieron 3 puntos de muestreo a lo largo de la cuenca baja del Río Cascales, utilizando un GPS para la georreferenciación y se tomaron en cuenta los sitios de influencia de actividades antrópicas y la accesibilidad para la toma de muestras. En la tabla 1 se muestran los tres puntos de muestreo seleccionados con su correspondiente ubicación, altitud y descripción.

**Tabla 1. Ubicación de los puntos de muestreo.**

| <b>Puntos de muestreo</b> | <b>Descripción del sitio</b>  | <b>Ubicación geográfica (UTM)</b> | <b>Altitud</b>  |
|---------------------------|---|-----------------------------------|-----------------|
| PM1                       | Cerca de la antigua Planta de Tratamiento del Agua Potable de Cascales    | X: -77.21122<br>Y: 0.083106       | 372<br>m.s.n.m. |
| PM2                       | Aguas arriba del Puente de Cascales, a mayor distancia del centro poblado | X: -77.208928<br>Y: 0.084669      | 380<br>m.s.n.m. |
| PM3                       | Aguas abajo del Puente de Cascales y del desfogue de aguas servidas       | X: -77.205013<br>Y: 0.080041      | 364<br>m.s.n.m. |

La recolección de los macroinvertebrados se basó en la metodología de Carrera y Fierro (2001). Dentro de la cual se empleó la técnica “Red de Patada”, que consiste en remover el fondo del río dando golpeteos o patadas para desprender a los macroinvertebrados de diferentes sustratos, mientras se sostiene una red en sentido contrario al agua. Para ello, en el mes de diciembre de 2021 se muestreó en un área de 5 m<sup>2</sup> en cada uno de los tres puntos seleccionados, durante 20 minutos, revolviendo el sustrato a una profundidad de 5 centímetros, empleando una red con una malla de apertura de 1 milímetro clavada a dos palos de 1.50 metros de largo. Se consideró como muestra a los macroinvertebrados en todo tipo de sustrato (arena, lodo, palos, etc.) y para coleccionar especímenes adheridos a rocas se emplearon pinzas finas. Los macroinvertebrados coleccionados se depositaron en frascos de plástico con alcohol al 70% con sus respectivas etiquetas y fichas de campo, en las cuales se registraron: punto de muestreo, colectores y fecha.

La identificación y conteo de los macroinvertebrados a nivel de familia se realizó en el laboratorio de la Universidad Estatal Amazónica Sede Lago Agrio, mediante uso de lupas y



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

estereomicroscopio, empleando las guías de macroinvertebrados de Pérez et al., (2016), de González et al., (2018), y de Nugra y Segovia (2016). Se utilizaron fichas de laboratorio en la que se registraron: punto de muestreo, órdenes, familias y cantidad de individuos.

### **2.3 Análisis de datos**

Los datos de los especímenes identificados fueron agrupados por punto de muestreo, obteniéndose los números de órdenes y familias correspondientes. Empleando el programa PAST versión 4.03 se calcularon: el Índice de diversidad de Shannon-Weaver, que contempla la riqueza y abundancia de individuos, y el Índice de Jaccard, que mide el grado de similitud existente entre puntos de muestreo en base al número de especies o familias presentes (Pla, 2006). Para determinar la calidad del agua en la cuenca baja del río Cascales, se utilizó el esquema de clasificación del agua según Wilhm y Dorris (1968) a partir de los valores obtenidos en el índice de Shannon – Weaver, y el índice BMWP/Col según Roldán (2003) en base a la presencia o ausencia de las familias de macroinvertebrados encontrados en los puntos de muestreo, donde se les otorga una puntuación del 1 al 10 de acuerdo a su nivel de tolerancia o sensibilidad a la contaminación.

Se emplearon varias ecuaciones, las principales fueron las siguientes:

La Ecuación 1 corresponde al Índice de Diversidad de Shannon-Weaver:

$$H' = -\sum_{i=1}^S pi (\log_2 pi)$$

**(1)**

Donde:

S= Número de especies.

Pi= Proporción de individuos de la especie i, respecto al total de individuos.

ni= Número de individuos de la especie i.

N= Número de individuos totales (Roldán, 2003).

La Ecuación 2 se utilizó para calcular el Índice de Similitud de Jaccard:

$$Ij = \frac{c}{a+b-c}$$

**(2)**

Donde:

A= Número de familias en el sitio A

B= Número de familias en el sitio B



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

C= Número de familias presentes en ambos sitios A y B (Paredes et al., 2004)

La Ecuación 3 corresponde al Índice BMWP/Col:

$$BMWP = T1 + T2 + T3 + T4 \dots \quad (3)$$

Donde:

T= Nivel de tolerancia

1= Familia (Roldán, 2003).

### 3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 3.1 Descripción de los puntos de muestreo

Los parámetros físicos, las ubicaciones geográficas y las descripciones registradas en los tres puntos de muestreo se presentan en la Tabla 2, donde la temperatura ambiental máxima es de 30,9°C en el punto PM3 y la mínima 30,7°C en el punto PM2. En cuanto a la temperatura del agua, la máxima es de 25,3 °C en los puntos PM1 y PM3, y la mínima es de 25,2 °C en el punto PM2.

**Tabla 2. Parámetros físicos de los puntos de muestreo.**

| Puntos de muestreo | Ubicación geográfica         | T° Ambiente | T° Agua | Altitud         | Descripción del área aledaña  |
|--------------------|------------------------------|-------------|---------|-----------------|---|
| PM1                | X: -77.21122<br>Y: 0.083106  | 30,8 °C     | 25,3 °C | 372<br>m.s.n.m. | Bosque intervenido, vegetación deforestada en un lado y natural en el otro. |
| PM2                | X: -77.208928<br>Y: 0.084669 | 30,7 °C     | 25,2 °C | 380<br>m.s.n.m. | Bosque intervenido, vegetación natural en ambos lados de la rivera          |
| PM3                | X: -77.205013<br>Y: 0.080041 | 30,9 °C     | 25,3 °C | 364<br>m.s.n.m. | Bosque intervenido, vegetación deforestada en un lado y natural en el otro. |

#### 3.2 Abundancia y diversidad de macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos totales capturados en la Cuenca Baja del río Cascales durante el mes de diciembre fueron de 209 individuos, distribuidos en 10 familias pertenecientes a 8 órdenes de la clase Insecta. En la tabla 3 se muestran los órdenes y familias totales obtenidas en cada uno de los tres puntos de muestreo.

El orden con mayor abundancia de individuos fue Hemíptera con 98 individuos y se destacan las familias más abundantes encontradas: Veliidae (44), Gerridae (36) y



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

Leptophlebiidae (32). En la tabla 4 se presentan fotografías de estas tres familias de macroinvertebrados.

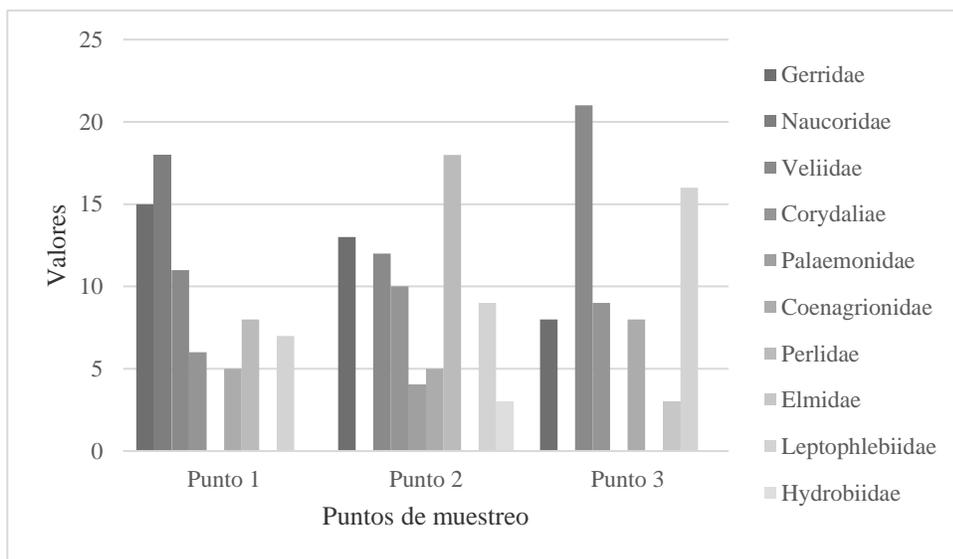
Entre los órdenes con menor abundancia tenemos: Coleóptera con la familia Elmidae (3 individuos) y Gastrópoda con la familia Hydrobiidae (3 individuos).

La mayor abundancia de individuos recolectados fue en el punto PM2, con 74 individuos, seguido del punto PM1, con 70 individuos y el punto PM3, con 65 individuos. En la figura 2 se muestran las familias identificadas en los tres puntos de muestreo y su determinada abundancia.

**Tabla 3. Diversidad de macroinvertebrados en los puntos de muestreo.**

| Orden         | Familia          | Punto 1 (PM1) | Punto 2 (PM2) | Punto 3 (PM3) | Total      |
|---------------|------------------|---------------|---------------|---------------|------------|
| Hemíptera     | Gerridae         | 15            | 13            | 8             | 36         |
|               | Naucoridae       | 18            | 0             | 0             | 18         |
|               | Veliidae         | 11            | 12            | 21            | 44         |
| Megalóptera   | Corydalidae      | 6             | 10            | 9             | 25         |
| Decápoda      | Palaemonidae     | 0             | 4             | 0             | 4          |
| Odonata       | Coenagrionidae   | 5             | 5             | 8             | 18         |
| Plecóptera    | Perlidae         | 8             | 18            | 0             | 26         |
| Coleóptera    | Elmidae          | 0             | 0             | 3             | 3          |
| Ephemeroptera | Leptophlebiidae  | 7             | 9             | 16            | 32         |
| Gastrópoda    | Hydrobiidae      | 0             | 3             | 0             | 3          |
| <b>Total</b>  | <b>8 órdenes</b> | <b>70</b>     | <b>74</b>     | <b>65</b>     | <b>209</b> |

**Figura 2. Familias de macroinvertebrados encontradas en los puntos de muestreo.**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla 4. Familias con mayor abundancia de individuos en los puntos muestreados.**

| <b>Familia</b>  | <b>Número de individuos</b> | <b>Foto</b> |
|-----------------|-----------------------------|-------------|
| Veliidae        | 44                          |             |
| Gerridae        | 36                          |             |
| Leptophlebiidae | 32                          |             |

### **3.3 Índice de Diversidad de Shannon-Weaver**

Al analizar los resultados del Índice de Shannon-Weaver en los 3 puntos de muestreo tenemos como resultado una diversidad media, los valores obtenidos están en la escala de 1,5 a 2,7. Valores menores a 1,5 se consideran una diversidad baja y valores mayores a 2,7 se consideran diversidad alta. En los puntos de monitoreo, el punto PM2 tiene un valor de 1,99 por lo que representa la mayor diversidad encontrada y según el esquema de Wilhm y Dorris en los tres puntos se presenta una contaminación moderada ya que todos se encuentran entre los valores de 1 a 3.

En la tabla 5 se muestran: la abundancia de individuos, la riqueza de familias, el índice de Shannon-Weaver y la consecuente representación en el esquema de Wilhm y Dorris de los tres puntos muestreados.



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla 5. Índice de Shannon-Weaver en los puntos muestreados**

| Variable                       | Punto 1 (PM1)          | Punto 2 (PM2)          | Punto 3 (PM3)          |
|--------------------------------|------------------------|------------------------|------------------------|
| Abundancia                     | 70                     | 74                     | 65                     |
| Riqueza de familias            | 7                      | 8                      | 6                      |
| Índice de Shannon-Weaver       | 1,89                   | 1,99                   | 1,68                   |
| Esquema de Wilhm y Dorris 1968 | Contaminación moderada | Contaminación moderada | Contaminación moderada |

### 3.4 Índice de Similitud de Jaccard

Los valores obtenidos según el índice de Jaccard indican una mayor similitud de comunidades de macroinvertebrados en los puntos PM1 y PM2 con un 66,7 %. Los puntos de muestreo PM1 y PM3 mostraron una similitud media (62,5 %) y los puntos PM2 y PM3 mostraron una menor similitud (55,6 %) en la comunidad de macroinvertebrados, debido principalmente a las diferencias en los hábitats.

En la tabla 6 se muestran los tres puntos de muestreo y la respectiva similitud entre ellos.

**Tabla 6. Índice de Jaccard de los puntos muestreados.**

| Puntos de muestreo | 2 (PM2)       | 3 (PM3)        |
|--------------------|---------------|----------------|
| 1 (PM1)            | 0,667(66,7) % | 0,625 (62,5) % |
| 2 (PM2)            |               | 0,556 (55,6) % |

### 3.5 Índice biótico BMWP/Col

Al realizar la evaluación de la calidad de agua a partir de macroinvertebrados, en el punto PM1 se identificaron 7 familias, aplicando la metodología de BMWP/Col se obtuvo un puntaje de 55. De acuerdo con el puntaje obtenido se determina que son Aguas moderadamente contaminadas, representadas por el color amarillo, perteneciente a la clase IV, con calidad dudosa. En el punto PM2 se obtuvo una puntuación de 64, indicando que el agua es de clase III, Aguas ligeramente contaminadas, resaltando que en este punto se encontró una familia con una puntuación muy alta (Perlidae), lo que indica una mejora en la calidad del agua. Para el punto PM3, se obtuvo una puntuación de 44 demostrando que la calidad del agua es moderadamente contaminada clase IV. Este descenso en la calidad del agua se debe a que cerca del punto 3 existe un desfogue de aguas servidas.

En la tabla 7 se muestran los puntos de muestreo con su respectiva clase, puntaje obtenido, calidad, características y color.



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla 7. Índice BMWP/Col de los puntos muestreados**

| <b>Puntos</b> | <b>Clase</b> | <b>Valor</b>    | <b>Calidad</b> | <b>Características</b>           | <b>Color</b> |
|---------------|--------------|-----------------|----------------|----------------------------------|--------------|
|               |              | <b>BMWP/Col</b> |                |                                  |              |
| PM1           | IV           | 55              | Dudosa         | Aguas moderadamente contaminadas | Amarillo     |
| PM2           | III          | 64              | Aceptable      | Aguas ligeramente contaminadas   | Verde        |
| PM3           | IV           | 44              | Dudosa         | Aguas moderadamente contaminadas | Amarillo     |

### **3.6 Discusión**

La comunidad de macroinvertebrados encontrados en los tres puntos de muestreo en la cuenca baja del Río Cascales fue variada con 209 individuos, distribuidos en 8 órdenes y 10 familias, siendo las familias con mayor abundancia de individuos: Veliidae, Gerridae y Leptophlebiidae. Estos resultados son similares a los registrados por Alvarado y González (2020) en el Río Cascales, en donde las familias más abundantes encontradas en los tramos muestreados en la cuenca baja fueron: Leptophlebiidae, Coenagrionidae y Gerridae.

Por otro lado, estos resultados difieren con los encontrados por Yépez et al (2017) en el río Quevedo, en la costa ecuatoriana a una altitud de 80 m.s.n.m, en donde la familia más abundante en los sitios de muestreo fue la Tubificidae, esto debido a que sus aguas están fuertemente influenciadas con descargas residuales urbanas.

La familia Veliidae no solo es la más abundante, sino que también se encuentra en todos los puntos muestreados, en el punto PM1 (11 individuos), punto PM2 (12 individuos) y en el punto PM3 (21 individuos), son conocidos como chinches de agua, debido a su capacidad de permanecer o caminar sobre la superficie del agua, de manera que eventos o circunstancias que interfirieran con la tensión superficial del agua pueden causar la ausencia de estos insectos, los cuales se caracterizan por vivir en ambientes con una contaminación moderada (Hanson, Springer y Ramírez, 2010).

Adicionalmente, la familia con menor abundancia de individuos fue Elmidae, que coincide con los resultados documentados por Hahn-vonHessberg et al., (2009) en la Estación Piscícola, Granja Montelindo en Colombia, a una altitud de 1050 m.s.n.m, en donde solo se encontró un individuo de la familia Elmidae, en aguas con baja oxigenación. La familia Elmidae se caracteriza por habitar generalmente aguas limpias y bien oxigenadas hasta aguas con un grado moderado de contaminación (Domínguez y Fernández, 2009).



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

---

A partir del Índice de Shannon-Weaver, se determinó que en los tres puntos de muestreo existe una diversidad media: punto PM1 (1,89), punto PM2 (1,99) y punto PM3 (1,68), debido a que ningún valor sobrepasa el 2,7 que se asocia con una diversidad alta, y según el esquema de Wilhm y Dorris se obtuvo una contaminación moderada para los tres puntos, ya que se encuentran dentro de los valores de 1 a 3. Cabe destacar que el valor más bajo de diversidad fue registrado en el punto PM3, ya que en esta área hay contacto con las descargas de aguas residuales del casco urbano. No obstante, los resultados obtenidos difieren a los reportados por Alvarado y González (2020) en el Río Cascales, en donde se documentó mayormente una diversidad baja en los puntos: 3, 4, 5 y 6 que pertenecen a la cuenca baja, siendo el valor mayor 1,6 y el menor 0,63, de manera que se aprecia un aumento de la diversidad en las comunidades de macroinvertebrados en esta parte del río.

Concretamente, los puntos de muestreo con diversidad media están influenciados por factores antrópicos y físicos, asociados a ambientes medianamente degradados (Bernal y Castillo, 2012). Adicionalmente, resultados similares fueron documentados por Guaranda (2021) en el Río Santa Rosa, en la costa ecuatoriana a una altitud de 200 m.s.n.m, en donde tres estaciones de muestreo presentaron una diversidad media que se tradujo igualmente como aguas con contaminación moderada y a diferencia, una diversidad baja fue reportada por Guzmán y León (2018) en el Río Chinapintza, en la Amazonía ecuatoriana, a 857 m.s.n.m, representando aguas muy contaminadas, debido a la influencia de la actividad minera, expansión agrícola y deforestación.

En contraste, González et al., (2012) registró una diversidad alta en el Río Chinchiná en Colombia, a una altitud de 2300 m.s.n.m, que representó una menor contaminación y una mejor calidad del agua, donde las familias más representativas fueron: Ptilodactylidae, Simuliidae y Perlidae, que se asocian generalmente con aguas limpias, y varían a las encontradas en este estudio, a excepción de la familia Perlidae.

A partir de la aplicación del Índice BMWP/Col, que según Roldan, (2003), es un método ideal y de fácil aplicación para determinar la calidad del agua en los ríos tropicales, se determinó que en dos de los tres puntos muestreados (PM1 y PM3) existe una contaminación moderada y la calidad del agua es “dudosa” (clase IV), esto debido a que en el punto PM1 existe vegetación deforestada para el ingreso y aprovechamiento del río y en el punto PM3,



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

existe un desfogue cercano de aguas servidas. Mientras que el punto PM2 presenta una contaminación ligera y la calidad del agua es “aceptable” (clase III), ya que tiene vegetación natural a ambos lados de la rivera y se encuentra a mayor distancia del centro poblado. En relación a los resultados registrados por Alvarado y González (2020), se aprecia una similitud en las calidades de agua obtenidas. Se documentaron tres clases de calidad en los puntos de muestreo pertenecientes a la cuenca baja del Río Cascales, en los puntos 3 y 6 se determinó una calidad “dudosa” con aguas moderadamente contaminadas, ya que en estos sitios se observó presencia de basura y afluencia de personas al ser utilizados para fines recreativos. En el punto 4 se obtuvo una calidad “aceptable” con aguas ligeramente contaminadas, presentando una incierta cantidad de residuos de los aserraderos aledaños, que son vertidos a un estero y posteriormente llegan a esta área. En el punto 5 se determinó una calidad “crítica” con aguas muy contaminadas, debido a que en este sitio influyen directamente las descargas de aguas residuales y domésticas.

Adicionalmente, resultados similares se documentaron por Endara (2012) en el Río Alpayacu, en la Amazonía ecuatoriana a una elevación de 1053 m.s.n.m, que presentó una calidad de agua “dudosa”, influenciada principalmente por la minería y el vertimiento de aguas servidas. De igual forma, la misma calidad de agua se reportó por Forero et al., (2014) en el Río Negro, en Colombia a una altitud de 2200 m.s.n.m, en donde se determinó una calidad “dudosa”, causada principalmente por la influencia de la agricultura industrial. En cambio, Guaranda (2021), documentó en el Río Santa Rosa en la costa ecuatoriana a una altitud de 200 m.s.n.m, resultados diferentes a los encontrados en este estudio, en donde la calidad del agua oscila entre crítica y muy crítica, lo cual representa aguas de calidad muy mala y extremadamente contaminadas debido al impacto de un reservorio de agua.

Las microcuencas son alteradas y modificadas por diferentes actividades antrópicas, lo cual afecta directamente la calidad del agua (Acosta et al., 2009). En este estudio, posiblemente influyó el aporte de la concentración de sedimentos y materia orgánica acarreada desde la parte alta del río, debido a que existen campamentos de minería ilegal en la cuenca alta (Gaviria et al., 2004; Mediavilla, 2019).

Los valores obtenidos y la teoría indican que los macroinvertebrados son capaces de distribuirse en un amplio rango de condiciones ambientales, ya que hay especies capaces de



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

sobrevivir en aguas extremadamente contaminadas mientras que otras solamente en aguas muy limpias, lo cual los convierte en indicadores biológicos eficientes (Pérez et al., 2015).

#### **4. CONCLUSIONES**

La utilización de macroinvertebrados es un método sencillo y eficaz que puede ser utilizado por la población amazónica para conocer el estado de los recursos hídricos, ya que estos bioindicadores pueden sobrevivir en una gran variedad de hábitats y toleran altos niveles de contaminación.

La cuenca baja del río Cascales durante el mes de diciembre registró 209 macroinvertebrados acuáticos, distribuidos en 10 familias y 8 órdenes, donde la mayor abundancia se presentó en el orden Hemiptera con 98 individuos recolectados. Y se determinó que existe una diversidad media que según el esquema de Wilhm y Dorris representa una contaminación moderada. Confirmando la hipótesis planteada.

El índice de Similitud de Jaccard indicó que en los puntos PM1 y PM2 existe una mayor similitud de comunidades de macroinvertebrados y en los puntos PM2 y PM3 se encontró una menor similitud, debido a las diferencias que existen entre estos hábitats.

Al aplicar la metodología BMWP/Col, en los puntos PM1 y PM3 se determinó que existe una calidad de agua dudosa ya que se presenta una contaminación moderada por actividades como vertimiento de aguas servidas y deforestación, mientras que en el punto PM2 se encontró una calidad aceptable con aguas ligeramente contaminadas, ya que presenta una menor perturbación que los otros puntos de monitoreo.

En síntesis, las comunidades de macroinvertebrados y la calidad hídrica se ven afectadas por diversas actividades antrópicas, de tal forma que se destaca la necesidad de realizar monitoreos continuos y complementar con análisis físico-químicos en la cuenca alta, media y baja, además, generar medidas correctivas y de conservación en el Río Cascales para evitar la degradación de este importante recurso hídrico.



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**REFERENCIAS**

- Acosta, R., Ríos, B., Rieradevall, M., y Prat, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos Andinos (C.E.R.A) y su aplicación en dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*. 28(1), (pp. 35-64).
- Alba, J., Pardo, I., Prat, N., y Pujante, A. (2005). *Protocolos de muestreo y análisis para invertebrados bentónicos*. Ministerio de Medio Ambiente. Madrid. España. Recuperado de: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27937>
- Alvarado, K., y González, Y. (2020). *Evaluación de la calidad de agua del río Cascales mediante la utilización de macroinvertebrados como indicadores biológicos*. (Trabajo de grado). Universidad Estatal Amazónica, Puyo, Ecuador.
- Apolo, M. (2021). *Caracterización de la comunidad de macroinvertebrados en el río Cinto en un rango altitudinal de 2.750 – 3.500 m.s.n.m., Quito Ecuador*. (Trabajo de grado, Universidad Central del Ecuador. Quito, Ecuador). Recuperado de: <http://www.dspace.uce.edu.ec/bitstream/25000/23847/1/UCE-FCB-APOLO%20MARIVEL.pdf>
- Arroyo J., y Encalada, A. (2009). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales en bosque de neblina montano. *ACI Avances En Ciencias E Ingenierías*, 1(1). doi: <https://doi.org/10.18272/aci.v1i1.4>
- Ávila, P., Pablos, J y Pelayo, C. (2018). *Estudio sobre protección de ríos, lagos y acuíferos desde la perspectiva de los derechos humanos*. México: UNAM/CNDH.
- Bernal, J., y Castillo, H. (2012). Diversidad, distribución de los insectos acuáticos y calidad del agua de la subcuenca alta y media del río Mula, Chiriquí, Panamá. *Tecnociencia*: 14(1): (pp. 35-52). Recuperado de: <https://revistas.up.ac.pa/index.php/tecnociencia/article/view/970/822>
- Bonada, N., Prat, N., Resh, V., y Statzner, B. (2006). Developments In Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu. Rev. Entomol.* 51. (pp. 495-523).
- Carrera, C y Fierro, K (2001). Manual de monitoreo. Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad de agua. EcoCiencia. Quito. Recuperado de: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

- Chacón, Katherine (2017). *Evaluación de la calidad del agua del río Copueno, tramo Paccha- Jardín del Upano, mediante macroinvertebrados bentónicos*. (Trabajo de grado, Escuela Superior Politécnica De Chimborazo, Chimborazo, Ecuador). (pp. 34-35). Recuperado de: <http://dspace.esPOCH.edu.ec/bitstream/123456789/8538/1/236T0319.pdf>
- Damanik, M., Lock, K., Boets, P., Everaert G., Nguyen, T., Forio, M., Goethals, P. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica* 57, (pp. 27–59). doi: <https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.01.001>
- Domínguez, E., Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos, sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo. Tucumán, Argentina.
- Endara, A. (2012). Identificación de macro invertebrados bentónicos en los ríos: Pindo Mirador, Alpayacu y Pindo Grande; determinación de su calidad de agua. *Enfoque UTE*, 3(2), (pp. 33-41).
- Forero, L., Longo, M., Ramírez, J., y Chalar, G. (2014). Índice de calidad ecológica con base en macroinvertebrados acuáticos para la cuenca del río Negro (ICE RN-MAE), Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 62(2), (pp. 233–247). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/449/44932430016.pdf>
- Gaviria, S., Hernández, O., y Vargas, O. (2004). Relación entre procesos de erosión y geoquímica de sedimentos y suelos de Checua, cuenca alta del río Bogotá. *Rev. Acad. Col. Cienc.* 28(109), (pp. 497-508). Recuperado de: [https://www.acefyn.com/revista/Vol\\_28/109/05\\_497\\_508.pdf](https://www.acefyn.com/revista/Vol_28/109/05_497_508.pdf)
- González, A., Crespo, A., Acosta, R., y Hampel, H. (2018). *Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del Cantón Cuenca*. ETAPA EP. Cuenca. Recuperado de: <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf>
- González, S., Ramírez, Y., Meza, A., y Días, L. (2012). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. *Boletín Científico del Centro de Museos de Historia Natural, Universidad de Caldas*.



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

---

- 16 (2), (pp. 135-148). Recuperado de:  
<http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v16n2/v16n2a12.pdf>
- Guadarrama, R., Miranda, J., Roldan, G., y Salas, M. (2016). Contaminación del agua. *Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2(5), (pp. 1-10).
- Guaranda, A. (2021). *Estudio de calidad de agua mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos en el río Santa Rosa, Jipijapa*. (Trabajo de grado, Universidad Estatal del Sur de Manabí, Manabí, Ecuador). Recuperado de:  
<http://repositorio.unesum.edu.ec/bitstream/53000/2770/1/GUARANDA%20PINCAY%20ALEXIS.pdf>
- Guzmán, M., y León, M. (2018). *Evaluación del estado actual de la flora y fauna en la concesión minera Congüime I regentada por la compañía Exploquen S.A. Cantón Paquisha, provincia de Zamora Chimchipe*. (Trabajo de grado, Universidad Politécnica Salesiana, Cuenca, Ecuador). Recuperado de:  
<https://dspace.ups.edu.ec/bitstream/123456789/15357/1/UPS-CT007547.pdf>
- Hahn-vonHessberg, M., Toro, D., Grajales-Quintero, A., Duque-Quintero, G., y Serna-Uribe, L. (2009). Determinación de la calidad del agua mediante indicadores biológicos y fisicoquímicos, en la estación piscícola, universidad de caldas, municipio de palestina, Colombia. *Boletín Científico. Centro de Museos. Museo de Historia Natural*, 13(2), (pp. 89-105). Recuperado de: <http://www.scielo.org.co/pdf/bccm/v13n2/v13n2a06.pdf>
- Hanson, P., Springer, M., y Ramírez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Revista Biología Tropical*, 58(4), (pp. 3-37). doi: 10.15517/RBT.V58I4.20080
- Isch, E. (2011). *El cambio climático y sus implicaciones en los países andinos*. Ministerio del Medio Ambiente Ecuador, Quito: PACC-MAE-CAMAREN.
- Laraque, A., Guyot, J., y Pombosa, R. (2004). Hidroclimatología del Oriente e hidrosedimentología de la Cuenca del Napo. In Baby, P., Rivadeneira, M., y Barragán, R. (Eds.), *La Cuenca Oriente: Geología y petróleo*. doi: 10.4000/books.ifea.3005
- Leaño, Juan., y Pérez, Deysi. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Revista Acta Nova*, 9(4), (pp. 567-591). Recuperado de



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

---

- [http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S1683-07892020000100007&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100007&lng=es&tlng=es)
- Mediavilla, J. (2019). *Evaluación del impacto socio-ambiental causado por actividades mineras en la parte baja de la microcuenca del río Cascales, provincia de Sucumbíos*. (Trabajo de grado, Universidad Técnica del Norte, Ibarra, Ecuador). Recuperado de <http://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/9815/2/03%20RNR%20337%20TRABAJO%20GRADO.pdf>
- Ministerio del Ambiente [MINAM]. (2016). *Aprende a prevenir los efectos del mercurio (módulo 3: Agua y alimento)*. Lima: Gráfica39 S. A. C.
- Mora, O., y Zúñiga, R. (2014). *Gestión de la calidad ambiental*. Dirección de Gestión de la Calidad Ambiental. Recuperado de: <https://www.seguridadpublica.go.cr/ministerio/gestion%20ambiental/aprendamos/buenas%20practicas%20ambientales/CALIDAD%20AMBIENTAL.pdf>
- Nugra, F., y Segovia, E. (2016). *Guía de Campo para Biomonitorio de peces y macroinvertebrados en la cuenca del Río Napo*. SENAGUA, OTCA. Cuenca, Ecuador
- Olarte, A., y González, D. (2018). Determinación del tratamiento y la calidad de agua utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Revista Dinámica Ambiental*, 2. Recuperado de: <https://revistas.unilibre.edu.co/index.php/ambiental/article/view/5768/5360>
- Ortiz, Silvia. (2007). *Sustentabilidad Ecológica, Salud Ambiental y Contaminación en Ecosistemas Acuáticos*. (Tesis doctoral, Centro de Investigaciones Biológicas del Noroeste- CIBNOR, la Paz, B. C. S. [Estudio de caso de las costas de Guaymas, Sonora, Salina Cruz, Oaxaca, Río Tula, Hidalgo y Ecosistema Lacustre Xochimilco] Distrito Federal, México). Recuperado de: <http://dspace.cibnor.mx:8080/handle/123456789/171>
- Oscoz, J. (2009). *Guía de campo macroinvertebrados de la Cuenca del Ebro*. Navarra: Confederación Hidrográfica del Ebro. Recuperado de: <http://www.chebro.es/contenido.visualizar.do?idContenido=27937>
- Osejos, M., Merino, C., Merino, M., y Solis, J. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *RECIMUNDO*, 4(4), (pp. 454-467). doi:10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

---

- Paredes, C., Iannacone, O., y Alvarino, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. *Revista Peruana de Entomología*, 44, (pp. 107-108).
- PDOT Cascales, G. A. (2015). *Formulación del Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial, del Cantón Cascales, Provincia de Sucumbíos*. Cascales: GADMCA. Recuperado de: [http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL\\_SNI/data\\_sigad\\_plus/sigadplusdocumentofinal/2160000480001\\_5%20MODELO%20DE%20GESTI%C3%93N\\_09-03-2015\\_14-05-07.pdf](http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdocumentofinal/2160000480001_5%20MODELO%20DE%20GESTI%C3%93N_09-03-2015_14-05-07.pdf)
- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., y Acosta, K. (2016). Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana. Quito, Ecuador: Artes Gráficas SILVA. Recuperado de: <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>
- Pérez, N., Marañón, A., González, A., Rodríguez, Y., y Naranjo, C. (2015). Estudio de la correlación entre el índice biótico BMWP-CUB y parámetros fisicoquímicos en el río Gascón de Santiago de Cuba. *Revista Cubana de Química*, 24(3), (pp. 231-242). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543727005.pdf>
- Pino, R. y Bernal, J. (2009). Diversidad, distribución de la comunidad de insectos acuáticos y calidad del agua de la parte alta y media del río David, provincia de Chiriquí, República de Panamá. *Revista Gestión y Ambiente* 12(3), (pp. 73-84). Recuperado de: <https://revistas.unal.edu.co/index.php/gestion/article/view/25322>
- Pla, Laura. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), (pp. 583-590). Recuperado de [http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es](http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008&lng=es&tlng=es).
- Programa de las Naciones Unidas para el Medio Ambiente (UNEP). (2016). *A Snapshot of the World's Water Quality: Towards a global assessment*. Nairobi, Kenya. Recuperado de: [https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep\\_wwqa\\_report\\_web.pdf](https://uneplive.unep.org/media/docs/assessments/unep_wwqa_report_web.pdf)
- Rodríguez, L., Ríos, P., Espinosa, M., Cedeño, P., y Jiménez, G. (2016). Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. *Revista Hidrobiológica*, 26(3), (pp. 497-507). Recuperado de:



**UNIVERSIDAD ESTADAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

[http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci\\_arttext&pid=S0188-88972016000300497&lng=es&tlng=es](http://www.scielo.org.mx/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0188-88972016000300497&lng=es&tlng=es).

- Rojas Benavides, Andreina (2011). Calidad de vida, calidad ambiental y sustentabilidad como conceptos urbanos complementarios. *Fermentum. Revista Venezolana de Sociología y Antropología*, 21(61). (pp. 176-207). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=70538663003>
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: Uso del método BMWP/Col*. Colección Ciencia y Tecnología. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia. Recuperado de: <https://searchworks.stanford.edu/view/5799477>
- Ruiz, L. (2000). Amazonia ecuatoriana. Escenario y actores del 2000. Quito: EcoCiencia y Comité Ecuatoriano de la UICN.
- Segnini, Samuel. (2003). El uso de macroinvertebrados acuáticos bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Revista Ecotrópicos*, 16 (2), (pp. 45-63). Recuperado de: <http://ecotropicos.saber.ula.ve>
- Springer, M. (2010). Capítulo 3: Biomonitoreo acuático. *Revista de Biología Tropical*. 58 (4), (pp. 53-59). Recuperado de: <https://www.redalyc.org/pdf/449/44922967003.pdf>
- Yépez Rosado, Á., Yépez Yanez, Á., Urdánigo Zambrano, J., Morales Cabezas, D., Guerrero Chuez, N., y TayHing Cajas, C. (2017). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad hídrica en áreas de descargas residuales al río Quevedo, Ecuador. *Ciencia y Tecnología*, 10(1), (pp. 27-34). <https://doi.org/10.18779/cyt.v10i1.196>



## Anexo A. Marco teórico

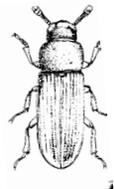
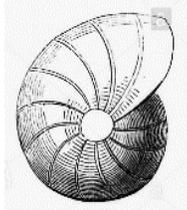
### 1. Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos vegetales, animales u hongos, como macroinvertebrados y briofitas, que se utilizan para diagnosticar la salud de los ambientes (Springer, 2010). Detectan las alteraciones que están ocurriendo o que han ocurrido en un ecosistema determinado, por lo cual son muy recomendados en los análisis ecológicos (Olarte y González, 2018). Su alta eficacia para descifrar acontecimientos negativos se debe su sensibilidad o tolerancia a la contaminación, ya que según esta característica se pueden encontrar especies específicas en ambientes con poca perturbación y otras en sitios más contaminados (Ortiz, 2007).

### 2. Macroinvertebrados acuáticos

Se conocen como macroinvertebrados acuáticos, a aquellos invertebrados que pueden ser observados a simple vista, sin necesidad de instrumentos ópticos (Oscoz, 2009). Tienen un tamaño que va desde dos milímetros hasta alrededor de 30 centímetros y sus poblaciones están integradas por diversos especímenes como: platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos, los cuales tienen diferentes formas, ver tabla A1 (Carrera y Fierro, 2001).

**Tabla A1. Formas que presentan los macroinvertebrados acuáticos**

|   |   |   |   |
|---|---|---|---|
|  |  |  |  |
| <b>Redondeados</b>  | <b>Ovalados</b>   | <b>Alargados</b>  | <b>Espiralados</b>  |

**Fuente:** Adaptado de (Carrera y Fierro, 2001).

Estos organismos desempeñan un papel muy importante en los ecosistemas acuáticos, ya que son intermediarios relevantes en las redes tróficas entre los productores y los consumidores primarios (Springer, 2010). Los principales órdenes de macroinvertebrados son: Odonata, Plecóptera, Ephemeroptera, Trichoptera y Hemíptera, ver tabla A2. Primeramente, los macroinvertebrados se alimentan de hojas y algas, que contienen la

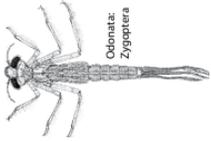
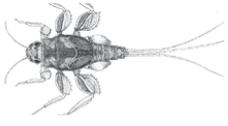


**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

energía disponible para ser transferida a los niveles superiores, ya que son alimento de peces, aves y mamíferos (Oscos, 2009).

Los macroinvertebrados son considerados como la entrada principal de energía en los sistemas fluviales, ya que son transformadores e integradores de la materia orgánica que cae en los esteros y ríos y al morir se descomponen y al liberar sus nutrientes son aprovechados por la vegetación acuática (Roldán, 2003).

**Tabla A2. Principales órdenes de macroinvertebrados acuáticos.**

| Orden         | Descripción  | Imagen  |
|---------------|--|---|
| Odonata       | Organismos de metamorfosis incompleta, son acuáticos en su etapa juvenil y en su etapa de ninfa son depredadores caracterizados por su labio modificado para atrapar presas. |    |
| Plecóptera    | Organismos de metamorfosis incompleta, se caracterizan por tener dos cercos terminales y branquias torácicas.  |    |
| Ephemeroptera | Organismos hemimetábolos mayormente acuáticos en sus etapas de larvas, se caracterizan por tener entre dos y tres filamentos terminales y branquias abdominales.             |  |
| Trichoptera   | Organismos holometábolos, acuáticos en sus etapas inmaduras, se caracterizan por tener un solo par de propatas en la parte final del abdomen con una sola uña.               |  |
| Hemíptera     | Organismos hemimetábolos, se caracterizan por tener piezas bucales en forma de proboscis (pico).   |  |

**Fuente:** Adaptado de (Hanson, Springer y Ramírez, 2010).

### 3. Ventajas del uso de macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos tienen varias características que los convierten en indicadores biológicos útiles, son muy abundantes, diversos, sedentarios y de amplia distribución (Hanson et al., 2010). De igual manera son fáciles de coleccionar, identificar y tanto los índices bióticos que se emplean como los materiales son de muy bajo costo (Olarte y González, 2018; Carrera y Fierro, 2001).



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

## FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

### Trabajo de Integración Curricular

---

Estos organismos pueden revelar cambios o alteraciones en los ambientes acuáticos, ya que ciertas especies son más tolerantes a la contaminación y son abundantes en ecosistemas perturbados, mientras que otras, son muy sensibles y pueden morir, dejarse llevar por la corriente o desplazarse volando a otro lugar más adecuado, cuando acontece algún incidente catastrófico, como un vertido de petróleo (Springer, 2010).

Otra ventaja para la utilización de macroinvertebrados acuáticos, es que existen una gran variedad de índices que han sido aplicados y validados en diferentes ríos alrededor del mundo (Segnini, 2003). Estos incluyen metodologías tanto cualitativas como cuantitativas, en las cuales se puede medir la abundancia, diversidad, presencia, ausencia, entre otros, además, los índices han sido adaptados a regiones, países y cuencas en específico, lo cual facilita la aplicación de los mismos para elaborar estudios más precisos (Springer, 2010).

#### **4. Calidad ambiental**

La calidad ambiental es una característica del equilibrio natural en el cual se ven detallados los distintos procesos geoquímicos, físicos y biológicos que están inmersos en un espacio geográfico específico, dichos procesos mantienen distintas y complejas interacciones entre sí a través del tiempo (Rojas, 2011). La calidad ambiental se logra siempre y cuando no exista interacción humana o esta sea mínima, además, la necesidad que ha surgido por conocer el nivel de calidad que presentan los ecosistemas ha originado una gran variedad de indicadores para medir los parámetros de tipo físico y biológico, los cuales se han ido optimizando en base al desarrollo tecnológico aplicado a este ámbito, con el fin de generar una mayor y mejor cantidad de metodologías enfocadas a la evaluación ambiental (Mora y Zúñiga, 2014).

#### **5. Contaminación del agua**

La contaminación del agua es un grave problema ambiental y se refiere a la acumulación de sustancias tóxicas y el derrame de fluidos, que causan cambios físicos, químicos y biológicos en un sistema hídrico como: ríos, esteros, lagunas, cuencas y mares, alterando la calidad del agua (Ministerio del Ambiente [MINAM], 2016).

En el Ecuador se considera que los cauces de agua por debajo de los 2,000 metros están contaminados, debido a diferentes causas antrópicas, de las que se destacan las actividades



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

agrícolas, en las que se utilizan grandes cantidades de herbicidas y fertilizantes químicos que se filtran a través del suelo y afectan a las aguas subterráneas (Isch, 2011).

La contaminación del agua se debe tanto a causas naturales como antrópicas, en cuanto a la primera, la contaminación natural, se debe a agentes o factores que integran la naturaleza y pueden causar afectaciones negativas, como, por ejemplo: sustancias o procesos naturales (Ávila, Pablos y Pelayo, 2018). Mientras que la contaminación antrópica es originada por cualquier tipo de actividad ejecutada por el hombre, que genere algún tipo de impacto o alteración en el ambiente, tales como: actividades industriales, domésticas, agrícolas y extractivas, las cuales producen sustancias, fluidos y desechos tóxicos (Guadarrama et al., 2016).

#### **6. Índice de Diversidad de Shannon-Weaver.**

El índice de biodiversidad de Shannon-Weaver, es uno de los índices más utilizados en la cuantificación de la biodiversidad. Se aplica mediante la determinación de la heterogeneidad de una comunidad, en base a dos factores: el número de especies que están presentes en el entorno de interés y su abundancia relativa (Pla, 2006). Este índice mide el grado de incertidumbre con respecto a la selección aleatoria de un determinado individuo en una comunidad. La diversidad que presenta una comunidad puede determinar el nivel de contaminación que posee un cuerpo de agua, ya que una gran cantidad de individuos de una sola especie se asocia con deterioro o presión del entorno (Roldán, 2003).

#### **7. Índice Biótico BMWP/Col**

Este índice es altamente utilizado en los ríos del mundo, ya que es un modelo sencillo, rápido y de bajo costo, en el que se emplean macroinvertebrados acuáticos y se otorga una puntuación del 1 al 10 a las familias de macroinvertebrados según su tolerancia o sensibilidad a la contaminación, de modo que si un taxón presenta una mayor sensibilidad tendrá una puntuación más alta y si tiene una mayor tolerancia tendrá un puntaje menor, además, se basa en un enfoque de tipo cualitativo, ya que toma en cuenta la presencia o la ausencia de los macroinvertebrados en el río en estudio (Carrera y Fierro, 2001). El índice BMWP/Col es una adaptación por Roldán (2003) a los ríos de Colombia, que se usa frecuentemente en los ríos tropicales de América Latina.



**UNIVERSIDAD ESTADAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**8. Índice de Similitud de Jaccard**

Este índice expresa la similitud existente entre dos comunidades, áreas o estaciones, se fundamenta principalmente en la presencia o ausencia de especies o individuos presentes en dichas áreas. Este índice es el más utilizado en trabajos académicos debido a su fácil estimación. Además, se reduce la subjetividad al basarse en expresiones matemáticas específicas (Paredes et al., 2004)



# UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA

FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA

Trabajo de Integración Curricular

## Anexo B. Índice BMWP/Col

**Tabla B1. Puntajes de las familias de macroinvertebrados para el índice BMWP/Col**

| FAMILIAS  | PUNTAJES |
|---|----------|
| Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae.         | 10       |
| Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.   | 9        |
| Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.   | 8        |
| Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae. | 7        |
| Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.  | 6        |
| Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.   | 5        |
| Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae.  | 4        |
| Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.   | 3        |
| Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae.   | 2        |
| Tubificidae.  | 1        |

**Fuente:** Adaptado de (Roldán, 2003).

**Tabla B2. Clases de calidades de agua en el Índice BMWP/Col**

| Clase | Puntuación BMWP-COL | Calidad     | Características                  | Color Gráfico |
|-------|---------------------|-------------|----------------------------------|---------------|
| I     | >120                | Muy buena   | Aguas muy limpias                |               |
| II    | 101 – 120           | Buena       | Aguas limpias                    |               |
| III   | 61 – 100            | Aceptable   | Aguas ligeramente contaminadas   |               |
| IV    | 36 – 60             | Dudosa      | Aguas moderadamente contaminadas |               |
| V     | 16 – 35             | Crítica     | Aguas muy contaminadas           |               |
| VI    | <16                 | Muy Crítica | Aguas fuertemente contaminadas   |               |

**Fuente:** Adaptado de (Roldán, 2003).



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**Tabla B3. Puntajes BMWP/Col de las familias de macroinvertebrados en el punto 1**

| <b>Punto 1 (PM1)</b> |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Familia</b>       | <b>Puntaje BMWP/Col</b> |
| Gerridae             | 8                       |
| Naucoridae           | 7                       |
| Veliidae             | 8                       |
| Corydaliae           | 6                       |
| Coenagrionidae       | 7                       |
| Perlidae             | 10                      |
| Leptophlebiidae      | 9                       |
| Total                | 55                      |
| Calidad de agua      | Dudosa                  |

**Tabla B4. Puntajes BMWP/Col de las familias de macroinvertebrados en el punto 2**

| <b>Punto 2 (PM2)</b> |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Familia</b>       | <b>Puntaje BMWP/Col</b> |
| Gerridae             | 8                       |
| Perlidae             | 10                      |
| Corydalidae          | 6                       |
| Palaemonidae         | 8                       |
| Coenagrionidae       | 7                       |
| Leptophlebiidae      | 9                       |
| Veliidae             | 8                       |
| Hydrobiidae          | 8                       |
| Total                | 64                      |
| Calidad de agua      | Aceptable               |

**Tabla B5. Puntajes BMWP/Col de las familias de macroinvertebrados en el punto 3**

| <b>Punto 3 (PM3)</b> |                         |
|----------------------|-------------------------|
| <b>Familia</b>       | <b>Puntaje BMWP/Col</b> |
| Corydalidae          | 6                       |
| Veliidae             | 8                       |
| Coenagrionidae       | 7                       |
| Leptophlebiidae      | 9                       |
| Guerridae            | 8                       |
| Elmidae              | 6                       |
| Total                | 44                      |
| Calidad de agua      | Dudosa                  |



Anexo C. Índice de Shannon-Weaver y Esquema de Wilhm y Dorris

Tabla C1. Rango de niveles de diversidad para el Índice de Shannon-Weaver

| Rango           | Diversidad         |
|-----------------|--------------------|
| Entre 0-1.5     | Baja diversidad    |
| Entre 1.6 - 3.0 | Mediana diversidad |
| Entre 3.1 - 5   | Alta diversidad    |

Fuente: Adaptado de (Roldán, 2003)

Tabla C2. Esquema de Wilhm y Dorris para medir la calidad del agua

| H' (Log <sub>2</sub> ) | Calidad               |
|------------------------|-----------------------|
| > 3                    | Limpia                |
| 1 – 3                  | Moderadamente poluída |
| < 1                    | Fuertemente poluída   |

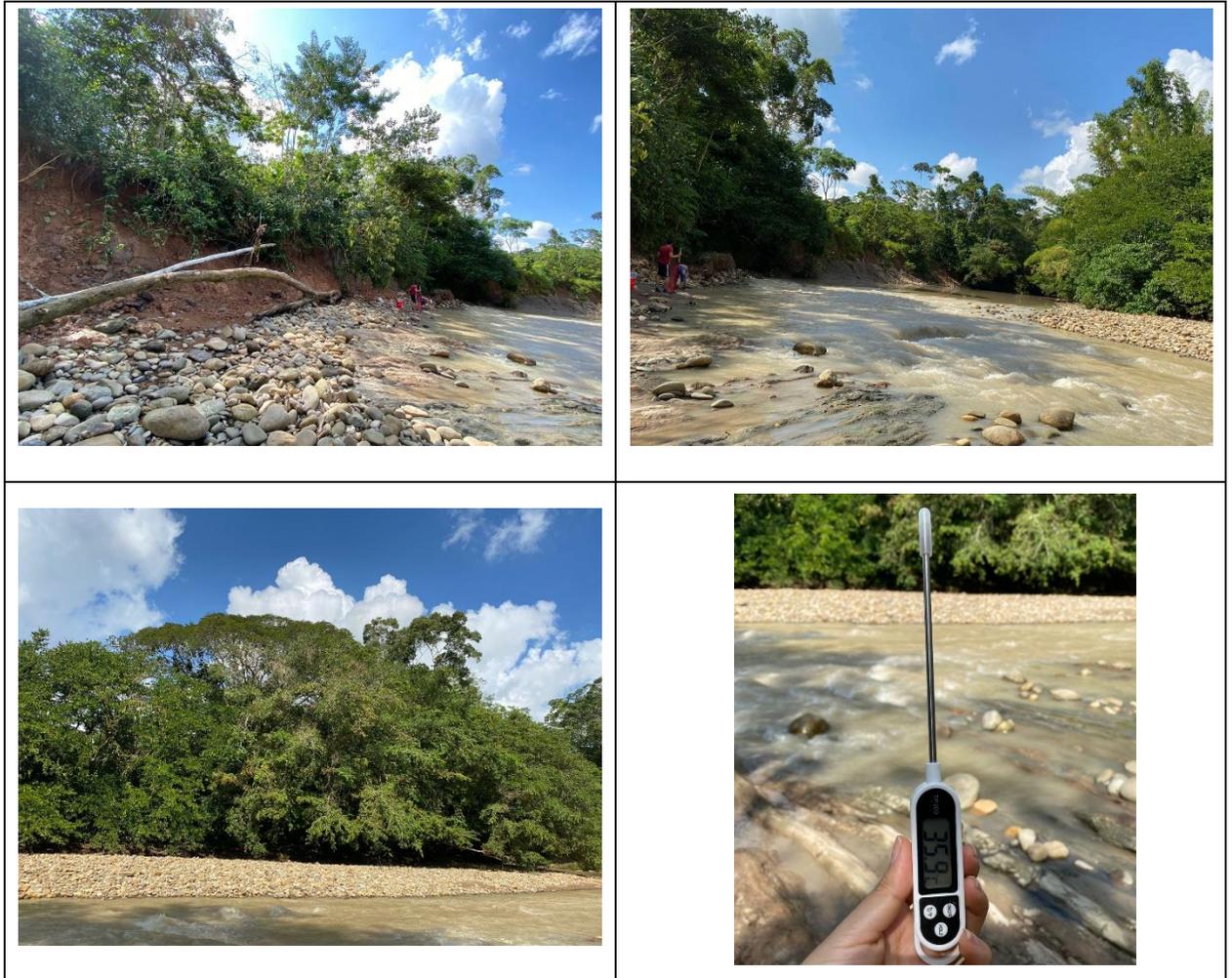
Fuente: Adaptado de (Roldán, 2003)



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Anexo D. Puntos de muestreo e identificación de macroinvertebrados.**

**Tabla D1. Lugar de muestreo Punto 1 (PM1)**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

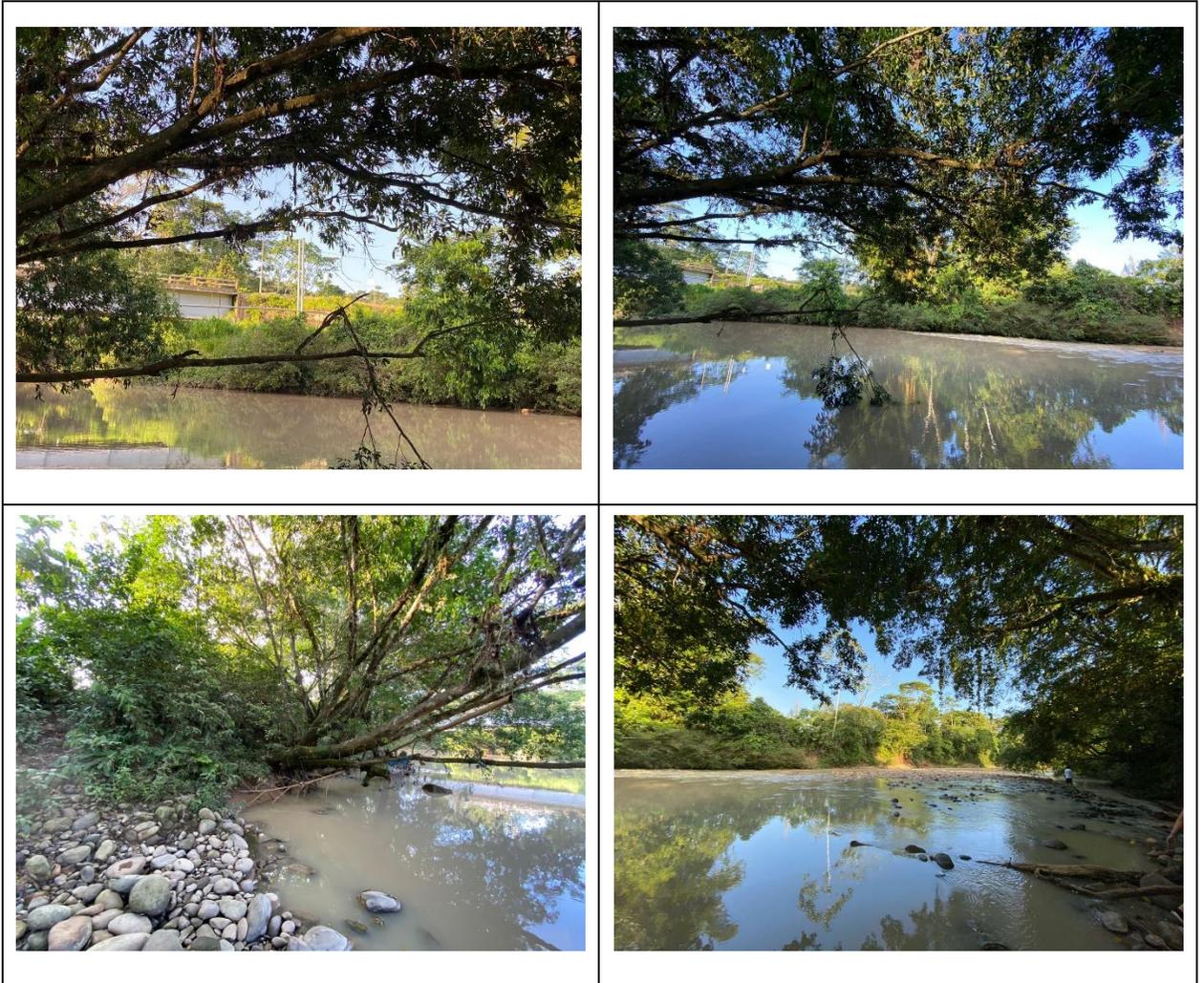
**Tabla D2. Lugar de muestreo Punto 2 (PM2)**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla D3. Lugar de muestreo Punto 3 (PM3)**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla D4. Trabajo de campo**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla D5. Trabajo de laboratorio**





**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

**Tabla D6. Familias de macroinvertebrados encontrados en la Cuenca Baja del río Cascales**

| <b>Orden</b>       | <b>Familia</b> | <b>Número de individuos</b> | <b>Foto</b>  |
|--------------------|----------------|-----------------------------|--|
| <b>Hemíptera</b>   | Gerridae       | 36                          |    |
| <b>Hemíptera</b>   | Naucoridae     | 18                          |   |
| <b>Hemíptera</b>   | Veliidae       | 44                          |  |
| <b>Megalóptera</b> | Corydalidae    | 25                          |  |



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

|                   |                |    |  |
|-------------------|----------------|----|--|
| <b>Decápoda</b>   | Palaeomonidae  | 4  |    |
| <b>Odonata</b>    | Coenagrionidae | 18 |    |
| <b>Plecóptera</b> | Perlidae       | 26 |   |
| <b>Coleóptera</b> | Elmidae        | 3  |  |



**UNIVERSIDAD ESTATAL AMAZÓNICA**  
**FACULTAD DE CIENCIAS DE LA VIDA**  
**Trabajo de Integración Curricular**

---

**Ephemeroptera** Leptophlebiidae 32



**Gastrópoda** Hydrobiidae 3

