



UNIVERSIDAD
CATÓLICA
DE CUENCA

UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TABACAY A TRAVÉS
DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

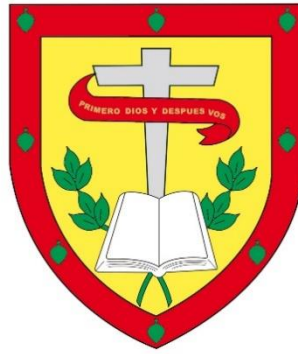
AUTOR: SONIA FABIOLA REDROVÁN CALLE

DIRECTOR: ING. LUIS HOLGUER IDROVO ORTIZ

AZOGUES - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA

Comunidad Educativa al Servicio del Pueblo

**UNIDAD ACADÉMICA INGENIERÍA, INDUSTRIA Y
CONSTRUCCIÓN**

CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL

**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TABACAY A
TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS**

**TRABAJO DE TITULACIÓN PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO
DE INGENIERA CIVIL**

AUTOR: SONIA FABIOLA REDROVÁN CALLE

DIRECTOR: ING. LUIS HOLGUER IDROVO ORTIZ

AZOGUES - ECUADOR

2022

DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO



Declaratoria de Autoría y Responsabilidad

Sonia Fabiola Redrován Calle portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0301661658**. Declaro ser el autor de la obra: **“Análisis de la calidad del agua del río Tabacay a través de macroinvertebrados acuáticos”**, sobre la cual me hago responsable sobre las opiniones, versiones e ideas expresadas. Declaro que la misma ha sido elaborada respetando los derechos de propiedad intelectual de terceros y eximo a la Universidad Católica de Cuenca sobre cualquier reclamación que pudiera existir al respecto. Declaro finalmente que mi obra ha sido realizada cumpliendo con todos los requisitos legales, éticos y bioéticos de investigación, que la misma no incumple con la normativa nacional e internacional en el área específica de investigación, sobre la que también me responsabilizo y eximo a la Universidad Católica de Cuenca de toda reclamación al respecto.

Azogues, **16 de marzo de 2022**

F: 

Sonia Fabiola Redrován Calle

C.I. 0301661658

UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN

Azogues, 16 de marzo de 2022.

ASUNTO: Informe calificación trabajo de titulación.

Ingeniero.

Ricardo Romero G. Mgs.

**DIRECTOR DE CARRERA DE INGENIERÍA CIVIL – SEDE AZOGUES.
UNIDAD ACADÉMICA DE INGENIERÍA, INDUSTRIA Y CONSTRUCCIÓN.**

De mi consideración.

Adjunto al presente, sírvase encontrar la rúbrica de evaluación del proceso de trabajo de titulación de la estudiante REDROVAN CALLE SONIA FABIOLA, que fue desarrollado bajo mi tutoría y que se denomina: “ANÁLISIS DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RIO TABACAY A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS”. Me permito informar además que, el trabajo ha sido completado en su totalidad bajo mi supervisión y considero que es apto para continuar con los trámites correspondientes para su titulación. La nota final del trabajo escrito obtenida es de 50/50.

Sin otro particular.

Atentamente,



Ing. Luis Idrovo Ortiz Mg. Sc

**DOCENTE DE LA FACULTAD DE INGENIERIA CIVIL
UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA – SEDE AZOGUES**

DEDICATORIA

Las vivencias a lo largo de nuestra existencia vienen cargadas de triunfos y fracasos que son parte del trayecto para alcanzar nuestras metas y objetivos, el vencer las adversidades y obstáculos que se nos presenta es de gran importancia para ser víctimas de superación.

La vida es un viaje único, propio de cada persona y personalmente a mí, a través de las adversidades me ha enseñado a ser capaz de grandes cosas; es así que presento y dedico este triunfo demasiado significativo en lo personal a todas las personas que hicieron posible que sea capaz de cumplir esta satisfacción, a quienes están y estuvieron, a ellos con todo el corazón.

A MIS PADRES: Fabian y Gina; todo lo bueno que han hecho por mí desde que he sido una niña hasta actualmente es invaluable, es por esto por lo que siempre me he sentido en deuda con ustedes y mi manera de agradecerles todo lo bueno que han sido conmigo es de este modo, regalándoles esta satisfacción. A mi madre: gracias por tu guía, tu paciencia y sabiduría eres única e irremplazable, te amo. A mi padre: gracias por tus enseñanzas, tu compañía y dedicación, eres mi ejemplo. Sus consejos siempre me involucran a ser una persona de bien y gracias a ellos considero que lo soy, de todo corazón les dedico este triunfo.

A MIS HERMANOS: Fabiana y Fabian siendo la hermana mayor les dedico de todo corazón este triunfo y a la vez quiero demostrarles que todo en esta vida es posible, espero ser buen ejemplo para ustedes, saben que son un pilar importante en mi vida, los amo.

A MI HIJA Antonella es el mejor regalo que haya podido recibir de parte de Dios. Eres mi mayor tesoro y también la fuente más pura de mi inspiración; por eso quiero agradecerte cada momento de felicidad con el que colmas mi vida. Te doy las gracias, hija mía, por darle sentido a mi vida y permitirme ser cada día mejor padre junto a ti.

A mis demás familiares, abuelito, tíos, primos y a todos los que me han brindado su apoyo incondicional y que han sido un ejemplo de superación plasmando sus virtudes y buenas costumbres hacia mi persona con todo el cariño, mi dedicatoria.

AGRADECIMIENTOS

A Dios, mi agradecimiento sincero por haberme permitido llegar a este punto, por su cuidado, por su guía y sobre todo haberme dado la oportunidad de estar en este mundo.

Exteriorizo también, mi sincero agradecimiento a la Facultad de Ingeniería Civil de la Universidad Católica de Cuenca Sede Azogues, por haberme dado la oportunidad de superarme académicamente y en ella a mis distinguidos docentes quienes con su ética y profesionalismo nos han inculcado los conocimientos que nos serán útiles para fomentar adelanto a la sociedad.

A mi director de tesis Ing. Luis Idrovo Ortiz, quien ha sido guía idónea para llevar a cabo este trabajo investigativo, brindándome su tiempo y conocimientos para que este anhelo este culminado.

A todas aquellas personas que de una u otra manera colaboraron para poder concluir con éxito mi carrera universitaria y el presente trabajo, bendiciones.

RESUMEN

Existe varias razones para analizar la calidad de agua de un río, ya que la misma es considerada uno de los recursos más importantes para los ecosistemas y la salud de una población; por tal razón el análisis de las condiciones físico – químicas y biológicas son fundamentales para determinar su estado sus posibles usos.

El objetivo primordial de este trabajo consiste en establecer la calidad que tiene el agua del río Tabacay, de acuerdo con la existencia de macroinvertebrados acuáticos, por medio de la metodología Biological Monitoring Working Party (BMWP), la cual brinda una puntuación establecida a los distintos organismos encontrados en la zona, los mismos que sirven como bioindicadores para establecer la condición del agua.

Es muy importante destacar que el análisis realizado se basó en las muestras obtenidas en campo para su posterior identificación del orden y familia al que pertenece cada organismo, con el fin de determinar la calidad del agua del río.

Los resultados alcanzados abarcan un análisis de cada una de las zonas estudiadas, tanto en la zona alta, media y baja. En la zona baja de acuerdo con la metodología aplicada se obtuvo un puntaje de 79 lo que equivale a una calidad de agua aceptable, en la zona media del río se tuvo como resultado 84 puntos dando una calidad de agua aceptable, y mientras que en la zona alta del río se obtuvo 97 puntos, dando como resultado una calidad de agua aceptable.

Palabras Clave: AGUA, CALIDAD, CONTAMINACIÓN, MACROINVERTEBRADOS.

Abstract

REDROVAN CALLE SONIA FABIOLA

There are several reasons why the water quality of a stream should be analyzed, since it is considered one of the most important resources available for its ecosystems and the health of a population; for this reason, the analysis of physical-chemical and biological conditions is fundamental to determine its status and possible uses.

The main objective of this research is to establish the water quality of the Tabacay River, in accordance with the presence of macroinvertebrate aquatic organisms, through the Biological Monitoring Working Party (BMWP) methodology, which provides an established score for different organisms found in the area, serving as bioindicators to establish the condition of the water. It is very important to emphasize that the analysis was based on samples obtained in the field for their subsequent recognition and identification of the family and order to which each organism belongs, with the purpose of determining the quality of the river's water.

The results obtained include an analysis of each of the zones that were studied, in the upper, middle and lower zones. In the lower zone, according to the methodology applied, a score of 79 was obtained, which is equivalent to an acceptable water quality; in the middle zone of the river, 84 points were obtained, giving an acceptable water quality; and in the upper zone of the river, 97 points given an acceptable water quality.

Keywords: water, quality, contamination, macroinvertebrates

Azogues, 21 de marzo de 2022

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

www.ucacue.edu.ec

Tabla de Contenido

I.	PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	1
A.	Introducción.	1
B.	Objetivos.	2
1)	General.	2
2)	Específicos.....	2
C.	Planteamiento del problema.	3
3)	Delimitación del problema.....	4
4)	Definición de la zona de estudio.	5
D.	Justificación.....	6
II.	MARCO TEÓRICO.....	7
E.	Contaminación ambiental.....	7
5)	Clasificación de los contaminantes.	7
F.	Tipos de desechos.	9
G.	Calidad de agua.	10
6)	Propiedades físicas y químicas del agua.....	10
7)	Contaminación del agua.....	14
H.	Caracterización del río Tabacay.	15

8)	Caracterización hidrológica.....	16
9)	Suelo.....	18
10)	Contaminación del agua del río Tabacay.....	21
I.	Bioindicadores de calidad de agua.....	21
11)	Evaluación biológica de la calidad del agua.....	21
12)	Macroinvertebrados acuáticos.....	21
III.	METODOLOGÍA.....	25
J.	Muestreo.....	26
K.	Instrumento de recolección de datos.....	27
L.	Técnica de recolección de datos.....	28
CAPÍTULO IV.....		32
IV.	ANÁLISIS Y RESULTADOS.....	32
M.	Composición y abundancia.....	32
13)	Zona Baja.....	35
14)	Zona Media.....	38
15)	Zona Alta.....	42
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES.....		46
N.	Conclusiones.....	46
O.	Recomendaciones.....	47
P.	Referencias bibliográficas.....	48

Lista de Ilustraciones

Ilustración 1 Puntos de control.	27
Ilustración 2 Tendido de red.	28
Ilustración 3 Recolección de macroinvertebrados.	29
Ilustración 4. Separación, agrupación y registro fotográfico de macroinvertebrados.	29
Ilustración 5 Identificación de las características físicas de los macroinvertebrados.	30

Lista de Figuras

Figura 1 Contaminación de los contaminantes.	8
Figura 2 Tipos de desechos sólidos.	10
Figura 3 Propiedades físicas y químicas del agua.	11
Figura 4 Propiedades físicas del agua.	12
Figura 5 Propiedades químicas.	13
Figura 6 Factores que contaminan el agua.	15
Figura 7 Caracterización morfométricos y parámetros meteorológicos de la micro cuneca del río Tabacay.	17
Figura 8 Triángulo de texturas de la USDA.	18

Figura 9 Clases de macroinvertebrados	22
---	----

Lista de Tablas

Tabla I Indicadores de sostenibilidad utilizables para evaluar la liberación de diferentes tipos. ...	9
Tabla II Familias de macroinvertebrados y puntajes.	23
Tabla III Clasificación de la calidad de agua.	24
Tabla IV Identificación de macroinvertebrados.	31
Tabla V Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BMWP.	37
Tabla VI Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BMWP.	40
Tabla VII Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BMWP.	44

Lista de Gráficas

Gráfica 1 Sectorización del Río Tabacay.	5
Gráfica 2 Ubicación de la microcuenca del río Tabacay.	16
Gráfica 3 Texturas de suelo.	19
Gráfica 4 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de control.	32
Gráfica 5 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.	33
Gráfica 6 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.	34
Gráfica 7 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.	35

Gráfica 8 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.	36
Gráfica 9 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.	36
Gráfica 10 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.	37
Gráfica 11 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.	39
Gráfica 12 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.	39
Gráfica 13 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.	40
Gráfica 14 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.	42
Gráfica 15 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.	43
Gráfica 16 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.	44

Lista de Anexos

Anexo 1 Mapa de pendientes de la microcuenca del río Tabacay.	52
Anexo 2 Jerarquización de la red de drenaje de la microcuenca del río Tabacay.	53
Anexo 3 Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Tabacay periodo 2013 -2016. Estaciones pluviométricas.....	54
Anexo 4 Clase, ordene, suborden, familia, subfamilia y género de los macroinvertebrados.	55
Anexo 5 Identificación de macroinvertebrados zona baja.	62
Anexo 6 Identificación de macroinvertebrados zona media.	66

Anexo 7 Identificación de macroinvertebrados zona alta.....	71
Anexo 8 Fotografías.....	76

I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.

A. Introducción.

El agua es considerada como una fuente de desarrollo y primordial para la vida; sin embargo, se ha comprobado que la contaminación ha afectado de gran manera, debido al mal manejo de desechos sólidos, industriales, químicos, entre otros; los cuales afectan los ecosistemas acuáticos y el estilo en el que llevan la vida las personas que utilizan esta agua para diferentes actividades.

La evaluación que se realiza a la calidad de agua de los distintos sistemas hídricos reside principalmente en las condiciones que debe tener el agua, con la finalidad de cumplir las características de calidad ecológica. La calidad que posee el agua puede ser analizada por medio organismos que se encuentran en ella, los cuales son capaces de presentar cambios en su población según sus condiciones.

El objetivo fundamental involucrado dentro de este estudio, conlleva a determinar la calidad de agua a través de un análisis de poblaciones de macroinvertebrados acuáticos existentes en diferentes puntos específicos del río Tabacay; dicho estudio consiste en aplicar la metodología Biological Monitoring Working Party (BMWP), la cual evalúa de manera rápida y simple, a través del análisis de macroinvertebrados como bio-indicadores, determinando los organismos existentes en los puntos de evaluación requeridos, estableciendo de forma cualitativa la calidad de agua del río.

Actualmente se puede observar que cerca de los ecosistemas denominados dulceacuícolas se efectúan diferentes actividades, en las cuales no se considera el daño que se puede llegar a causar al río, es por ello, que los problemas se presentan de una manera creciente con respecto a la cantidad de agua de buena calidad. El “Ministerio del Ambiente, Agua y Transición Ecológica del Ecuador” ha priorizado el estudio para las condiciones que tiene sistema hídrico, con el único fin de dar control y seguimiento ambiental. No obstante, en muchas ocasiones se deja a un lado dichos análisis en campo, por lo que es necesario determinar de alguna manera la calidad del agua de nuestros ríos, en este caso en el río Tabacay.

Con el muestreo realizado, y la identificación de las diferentes familias de organismos invertebrados se determina cualitativamente la calidad en la que se encuentra el agua del río Tabacay, identificando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores.

B. Objetivos.

1) General.

Analizar la calidad de agua del río Tabacay por medio de la identificación de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores, para determinar diferentes niveles cualitativos de contaminación

2) Específicos.

- Recopilar información básica correspondiente a calidad de agua de un sistema hídrico, de acuerdo con la variedad de organismos acuáticos existentes en el mismo, con la finalidad de establecer los parámetros necesarios, para su correcto análisis.
- Identificar los diferentes macroinvertebrados acuáticos recolectados por medio de trampas ubicadas en los diferentes puntos específicos de control en el área determinada, con el propósito de establecer cada una de las familias de los organismos acuáticos.
- Determinar la calidad del líquido vital a través del índice de calidad biológico del agua (Biological Monitoring Working Party BMWP), de acuerdo con el muestreo de las familias de macroinvertebrados registrados para asignar una puntuación según la valoración asignada para cada taxón establecida en la metodología.
- Analizar la puntuación obtenida para cada uno de los puntos de control, con el fin de determinar de forma cualitativa el estado en el que se encuentra el agua en la cuenca alta media y baja del río Tabacay.

C. Planteamiento del problema.

El agua es considerada como uno de los elementos con mayor importancia dentro del planeta Tierra, el cual está cubierto por agua aproximadamente un 75% de su superficie. De la totalidad de agua un 96% corresponde a océanos, el 3% agua dulce; cabe recalcar que, de este último, 2/3 son parte de la región polar y la diferencia forma el sistema de aguas subterráneas; el 1% restante corresponde al agua de ríos, pantanos, agua atmosférica y lagos [1].

La escasez de agua dulce actualmente se ha convertido en un gran problema a nivel mundial, puesto que, la contaminación dada por las diversas circunstancias y elementos que afectan a la misma, han generado problemas en los ecosistemas acuáticos, terminando por desaparecerlos en muchas ocasiones.

La importancia que se ha dado al estudio de la condición en la que se encuentran los distintos ríos y lagos en nuestro país, cada vez ha ido disminuyendo, ya que para los diferentes análisis de calidad realizados en los sistemas hídricos han sido de manera multi-paramétrica, con límites máximos de sustancias presentes el instante en el que se recolectó la muestra.

En los ríos de nuestra ciudad, se desconoce el grado de contaminación que se tiene; observamos diferentes colores debido a la contaminación que se cree que tienen, debido a las diferentes actividades económicas que se realiza en la ciudad y sus zonas rurales, que realizan sus descargas directamente en el río sin ningún tratamiento previo.

En el caso del río Tabacay, se desconoce la calidad que tiene el agua y su grado de contaminación, debido a que es necesario realizar análisis de laboratorio costosos y complicados para determinar los parámetros comúnmente utilizados como DBO5, DQO, Ph, sólidos en suspensión, dureza, etc.

3) Delimitación del problema

El estudio para determinar la calidad de agua que posee el río Tabacay se realizará a través de una investigación documental y trabajo de campo para determinar de forma cualitativa los niveles de contaminación de río.

Por tal razón, se ha establecido evaluar el agua del río Tabacay a través de la presencia de organismos acuáticos, que sirven de bioindicadores de calidad de acuerdo con su tipo. Los macroinvertebrados acuáticos se localizan en todo el año independientemente de la estación invernal o veraniega, pudiendo realizar la toma de muestras en cualquier momento sin que eso afecte la calidad de esta; pues están en su hábitad natural.

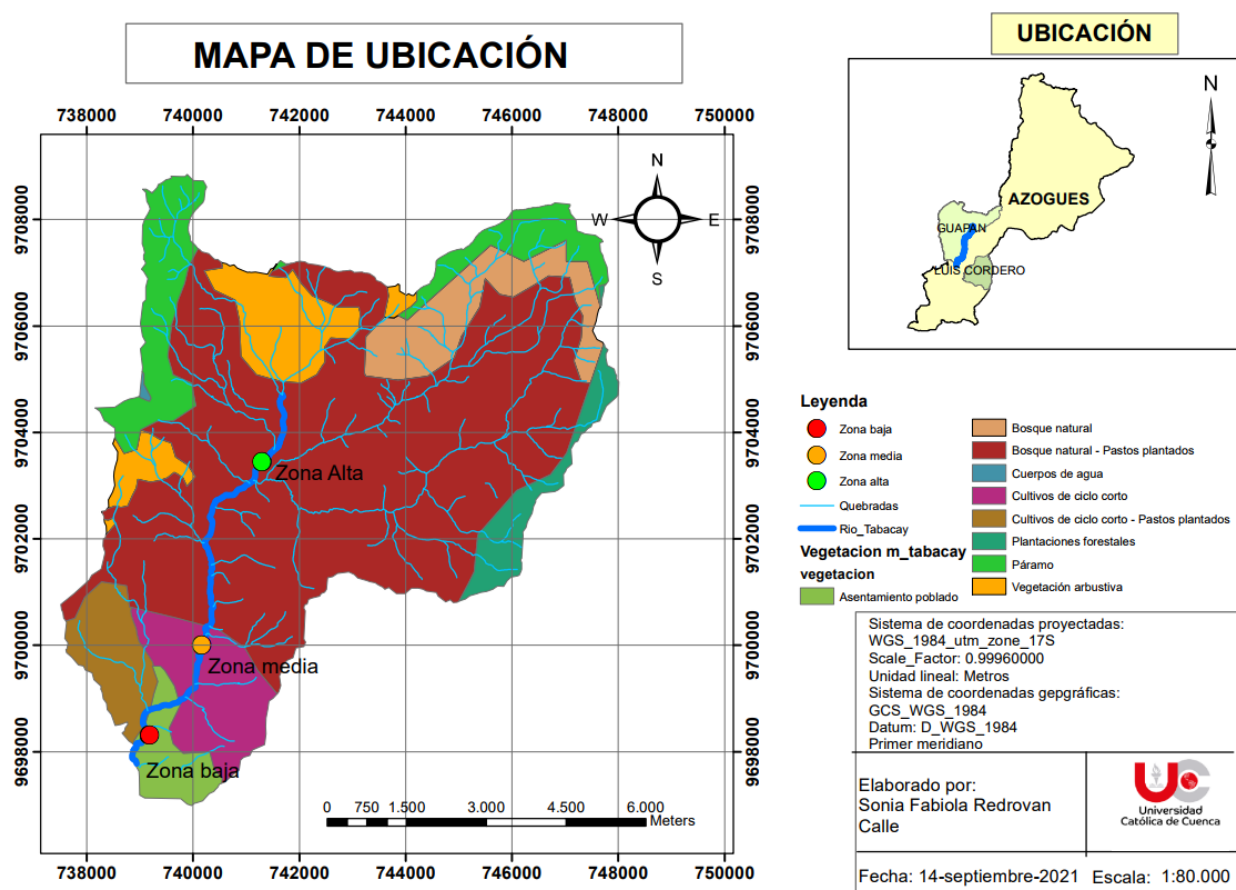
En nuestro país la normativa que se encarga de establecer tanto el tamaño como la forma de toma de muestras, no está estipulada de forma clara y concisa para este tipo de ensayos; pues la norma técnica ecuatoriana NTE-INEN 2 169:98 presenta recomendaciones para la preservación de las muestras (conservar en alcohol al 70% v/v); la NTE-INEN 2176:2013 con respecto a la forma de realizar el muestreo para macroinvertebrados, debido a la gran variedad de técnicas de muestreo y de equipo disponible, el tipo de hábitad es relativamente ilimitado dependiendo de la profundidad, velocidad de la corriente, propiedades físico – químicas, etc. La norma NTE-INEN 2226:2013 considera la toma de muestras de sedimentos en ríos, estuarios, océanos, lagos y reservorios; pero en ningún caso se determina el tamaño de muestra ni la cantidad necesaria de cada muestra; por lo que, en base a estudios y artículos científicos realizados en otros países, se considera como tamaño mínimo de muestra el valor de dos, uno como muestra de control y otra como muestra de comparación.

Para el presente estudio, se tomarán tres muestras en total para poder correlacionar y comparar de mejor manera los resultados obtenidos (número y tipo de especies) y establecer la condición del agua presente en cada sitio de muestreo.

4) Definición de la zona de estudio.

La presente investigación se llevará a cabo en el lecho del río Tabacay, el cual se ubica dentro de las parroquias Bayas y Guapán del cantón Azogues, perteneciente a la provincia de Cañar. El análisis se desarrollará en tres puntos preestablecidos a lo largo del río, considerando: zona alta, la cual se caracteriza por tener bosques naturales y ser el conjunto de diversos arroyos que desembocan en un mismo río; zona media, se encuentra entre la cuenca alta y baja, siendo una área donde se destacan los cultivos de ciclo corto, y al hablar de la zona baja del área de estudio, se puede decir que es el sitio donde existen asentamientos poblados [2]. Para definir la zona para la toma de cada muestra se realizó el recorrido de campo por las márgenes del río y determinar los sitios más adecuados para tal efecto.

Gráfica 1 Sectorización del Río Tabacay.



D. Justificación.

Los sistemas ecológicos a pesar de tener una vital importancia en el mundo, cada día se ven afectados de distintas formas y acciones como la mala gestión de los desechos sólidos, eliminación de aguas negras y de residuos industriales directamente en ríos, provocando serios problemas y afecciones a los ecosistemas y a las poblaciones rivereñas, sin embargo no se tienen datos actualizados de la calidad de agua del río Tabacay, debido a los altos costos que demandan la realización de análisis multiparamétricos de laboratorio para comparar con los parámetros especificados en la normativa legal vigente (TULASMA). En nuestro país existen leyes y reglamentos, que exigen los cuidados necesarios para mitigar la contaminación del agua, ya que a corto, mediano y largo plazo será usada por personas para sus diferentes necesidades, provocando diferentes enfermedades hídricas.

El estado de un ecosistema hídrico, ante la falta de recursos económicos se puede determinar de forma cualitativa con la metodología BMWP – Índice de calidad biológica de agua; por esta razón, es muy importante considerar su análisis a través de la caracterización de macro-invertebrados u organismos acuáticos, dado que este tipo de estudios resultan poco costosos, fáciles y accesibles para las zonas en las que se pueden encontrar contaminación en los ríos [3].

Esta investigación es factible de realizarlo utilizando el sistema de puntuación (BMWP) desarrollado en 1970 por el Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico para proporcionar un índice del estado en el que se encuentra el agua de los ríos para Inglaterra y Gales basado en macroinvertebrados acuáticos presentes en los mismos, los cuales también han sido realizados con mucho éxito en países como Colombia y Cuba [4].

II. MARCO TEÓRICO

E. Contaminación ambiental.

Existen varios autores que hablan sobre la contaminación ambiental que mencionan lo siguiente: La alteración o cambios del ambiente ocurre por las diferentes actividades del ser humano, esto se considera como un impacto o daño ambiental [5].

5) Clasificación de los contaminantes.

Como se indicó anteriormente la contaminación se debe por algunas actividades humanas que producen desechos que afecta al ecosistema [6].

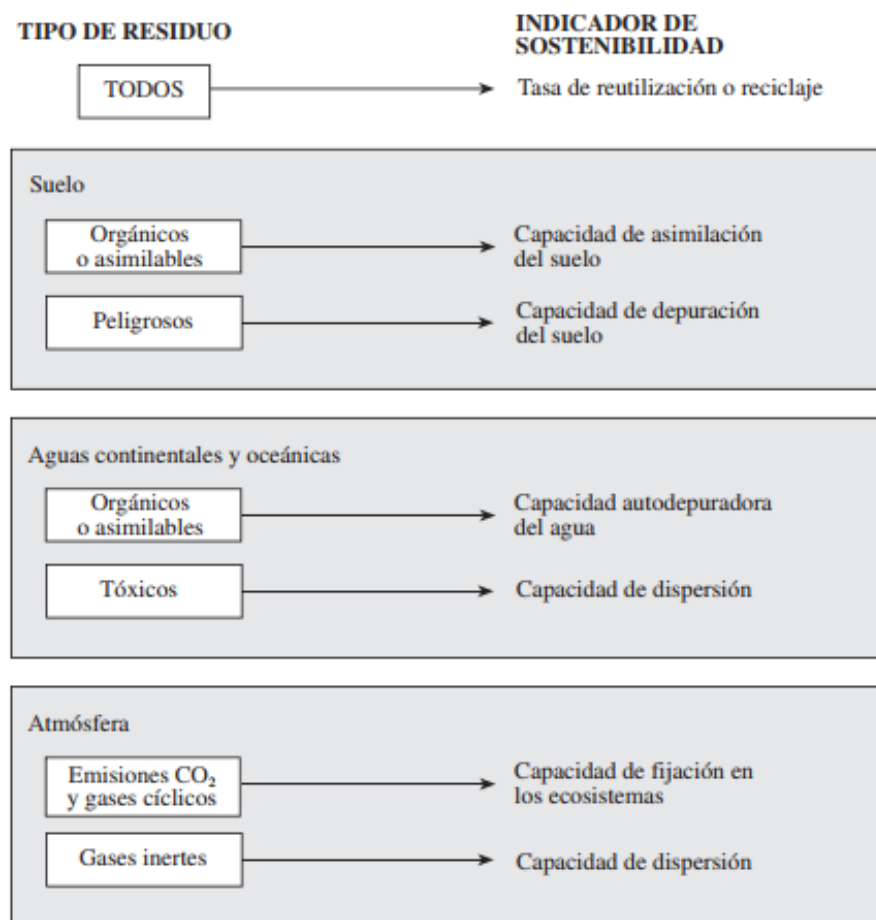
Lilia Albert menciona que las clases fundamentales de contaminaciones son: química, biológica, y física [7] ; de igual manera se puede indicar la clase de contaminación de la siguiente manera:



Figura 1 Clasificación de los contaminantes.
Fuente: L. Albert [7].

Los indicadores de sostenibilidad se emplean para evaluar la presencia de distintos desechos en el medio [6], en la Tabla I se muestra el tipo de residuo y los indicadores en el suelo, agua y atmósfera.

Tabla I Indicadores de sostenibilidad utilizables para evaluar la liberación de diferentes tipos de desechos al medio.



Fuente: A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo, y L. Garmendia [6, p. 38]

F. Tipos de desechos.

La OMS menciona que existen diversos desechos, que son producto de las actividades humanas[8]. La Corporación Eléctrica del Ecuador (CELEC) en su Instructivo para la gestión de residuos sólidos menciona los distintos desechos que produce la sociedad (Figura 2).

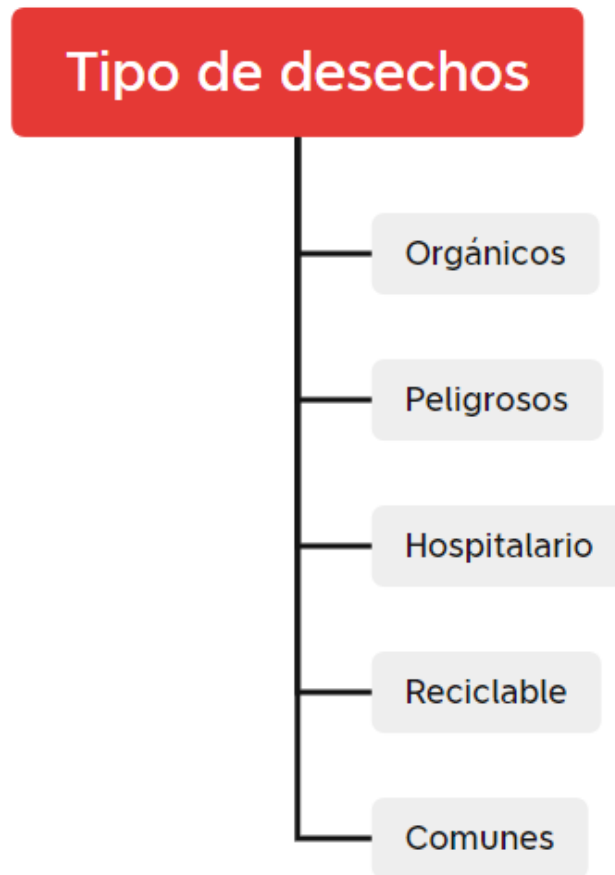


Figura 2 Tipos de desechos sólidos.
Fuente: CELEC [9].

G. Calidad de agua.

La calidad de agua se define como: Un grupo de parámetros físicos y químicos del agua [10]; la calidad se encuentra en función de la interacción vegetación, suelos y tiempo de inundación [11]. Esta puede variar por causas naturales o por factores externos (contaminación) [12].

6) Propiedades físicas y químicas del agua.

Carlos Sierra en su libro, calidad del agua evaluación y diagnóstico menciona las siguientes características físicas y químicas que se deben tener en cuenta para valorar la calidad del agua [10].

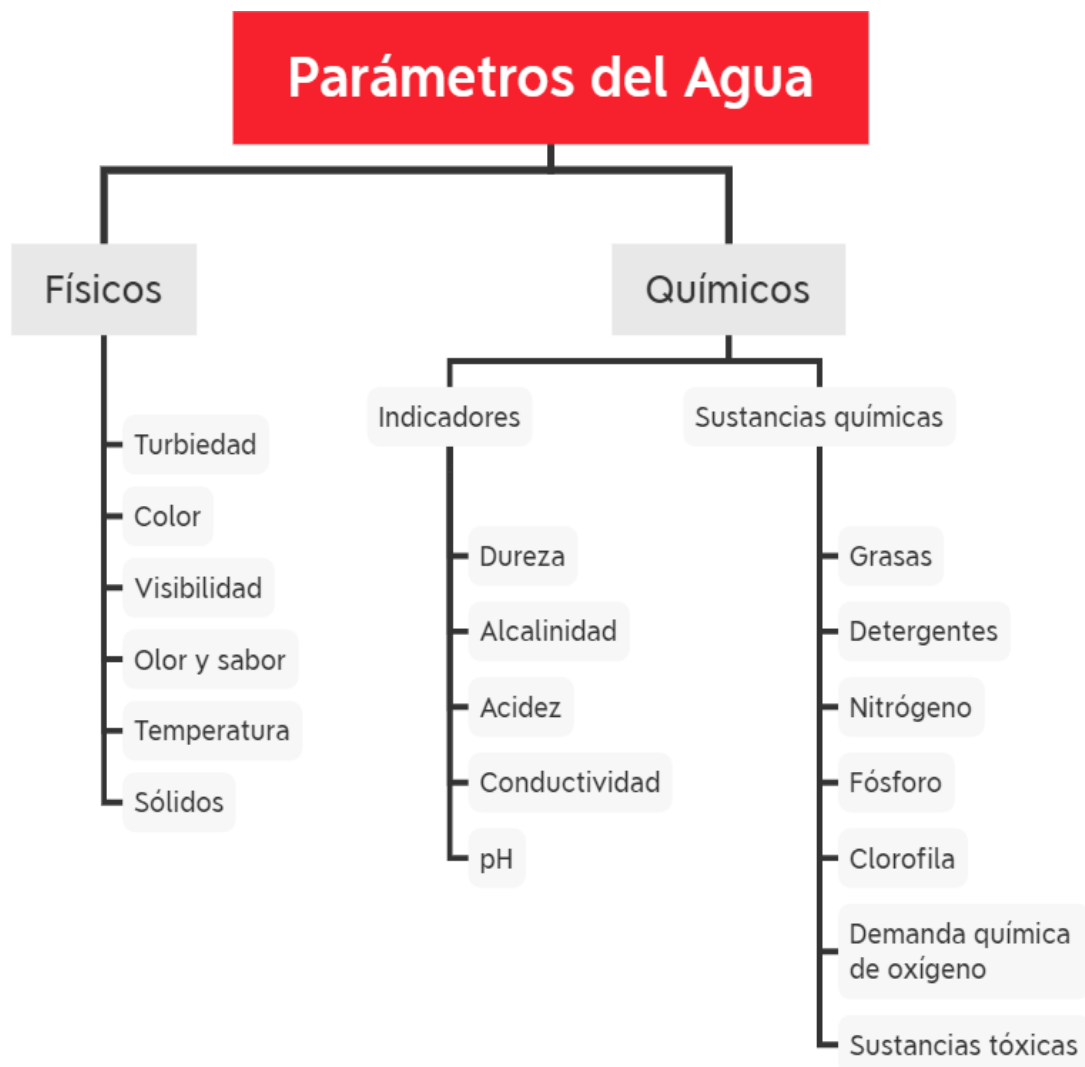


Figura 3 Propiedades físicas y químicas del agua.

Fuente: Carlos Sierra [10].

a) *Propiedades físicas.*

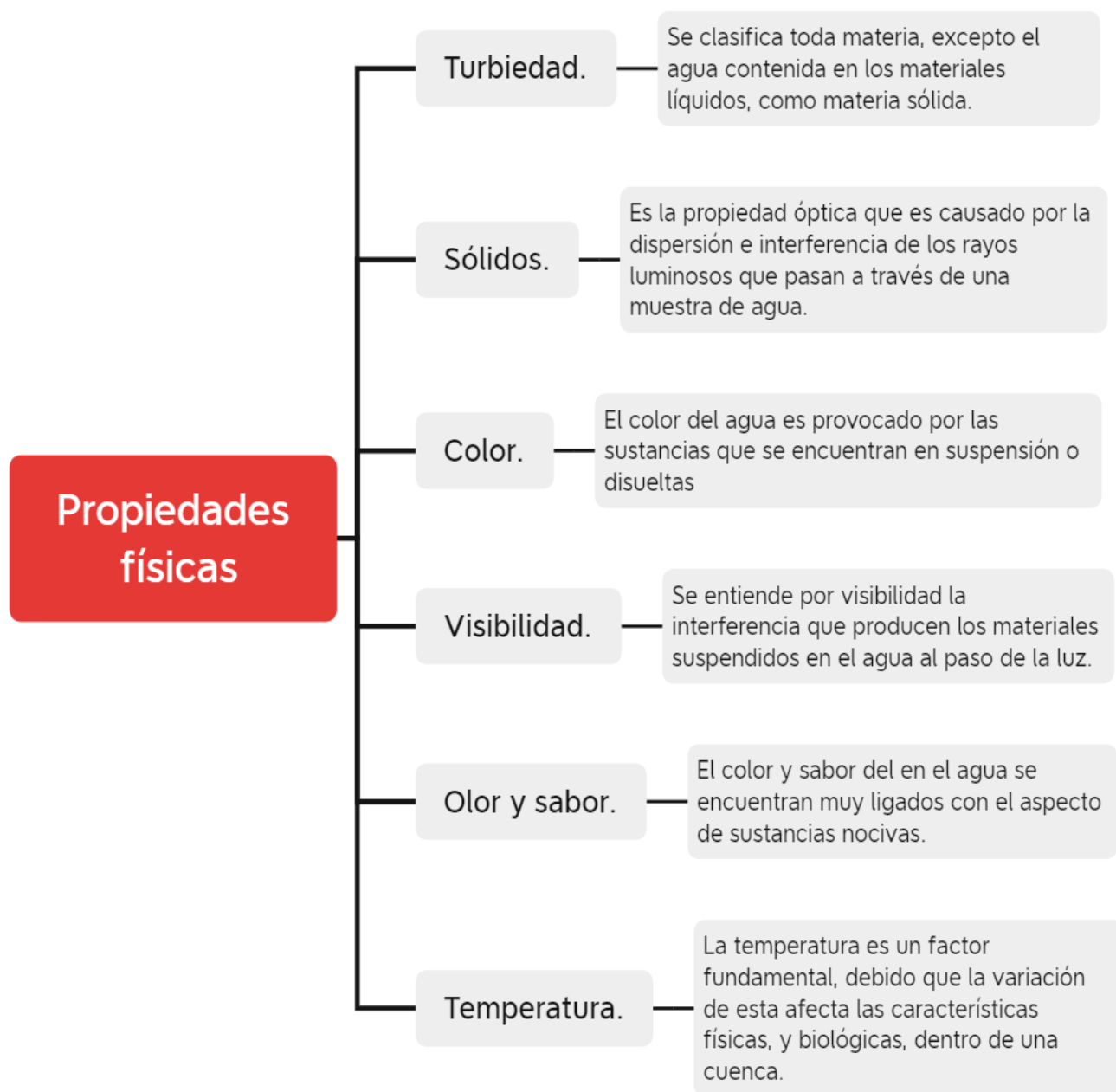


Figura 4 Propiedades físicas del agua.

Fuente: J. Romero [13].

b) Propiedades químicas.

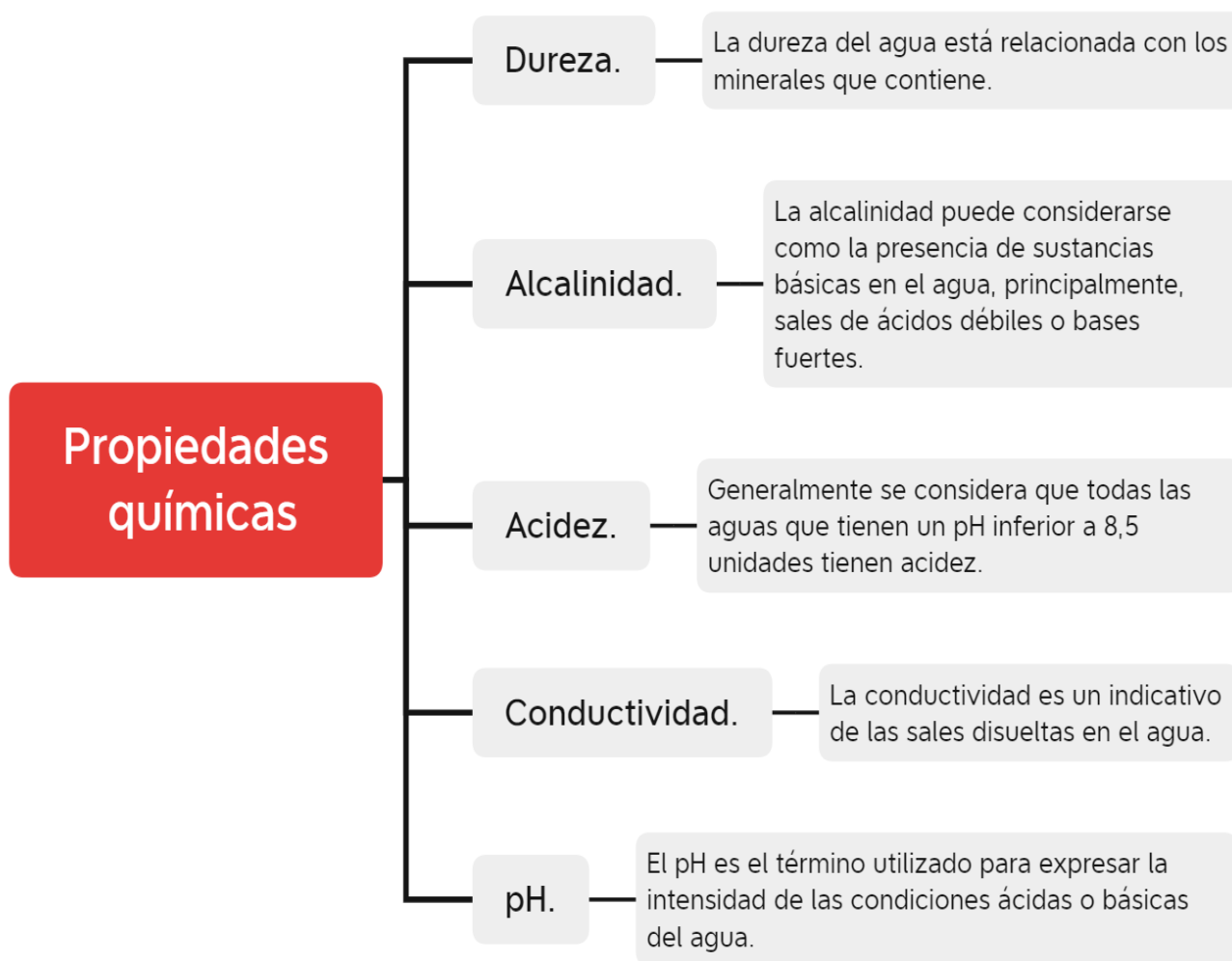


Figura 5 Propiedades químicas.

Fuente: BBVA [14].

7) Contaminación del agua.

Es la consecuencia de ingresar materiales que afecten las condiciones sobre el agua [15], debido a la alteración física y de su composición química, por las diversas actividades del ser humano [16].

c) Causas de la contaminación del agua.

Las actividades domésticas, industriales y agrícolas son una gran fuente de contaminación; debido a los desechos que el ser humano arroja a los ríos como residuos industriales, pesticidas desechos orgánicos entre otros [16].

d) Factores que contaminan el agua.

La contaminación de agua se debe a los cambios que se causa en los ecosistemas marinos ya sea de manera natural o artificial [16].

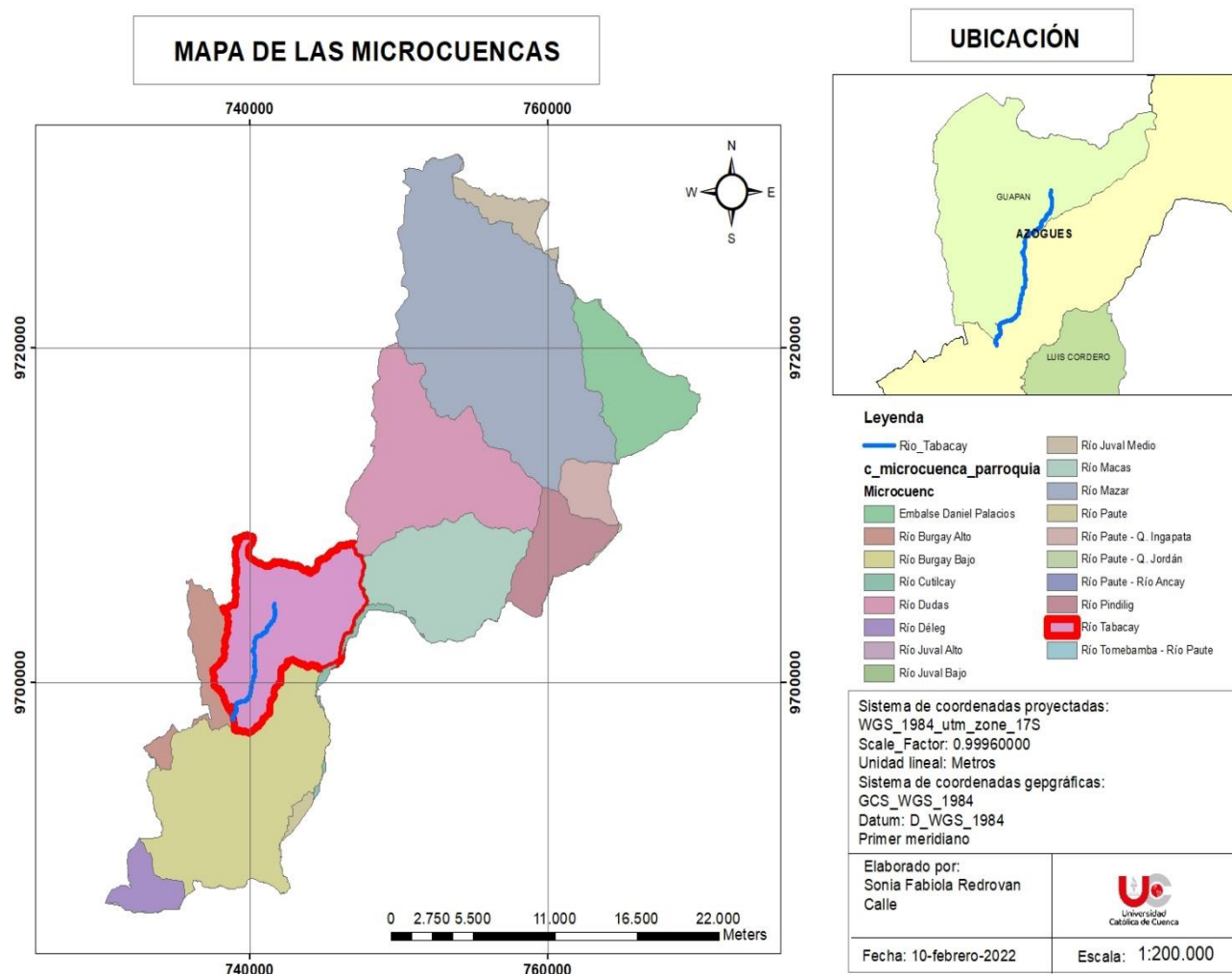


Figura 6 Factores que contaminan el agua.
Fuente: Brian Poveda [16].

H. Caracterización del río Tabacay.

La microcuenca del río Tabacay pertenece a la subcuenca del río Burgay y a su vez a la cuenca del río Paute; esta se encuentra dentro cantón Azogues, ubicada entre la parroquia rural Guapán y la parroquia urbana Bayas aportando con el 80% y el 70% de su superficie respectivamente (Gráfica 2) [17].

Gráfica 2 Ubicación de la microcuenca del río Tabacay.



8) Caracterización hidrológica.

En la caracterización hidrológica de la microcuenca del río Tabacay (Figura 7) se describen las propiedades morfométricas y parámetros meteorológicos, en el Anexo 1, Anexo 2 y Anexo 3 se muestran los mapas de relieve, drenaje e isoyetas respectivamente de dicha cuenca.

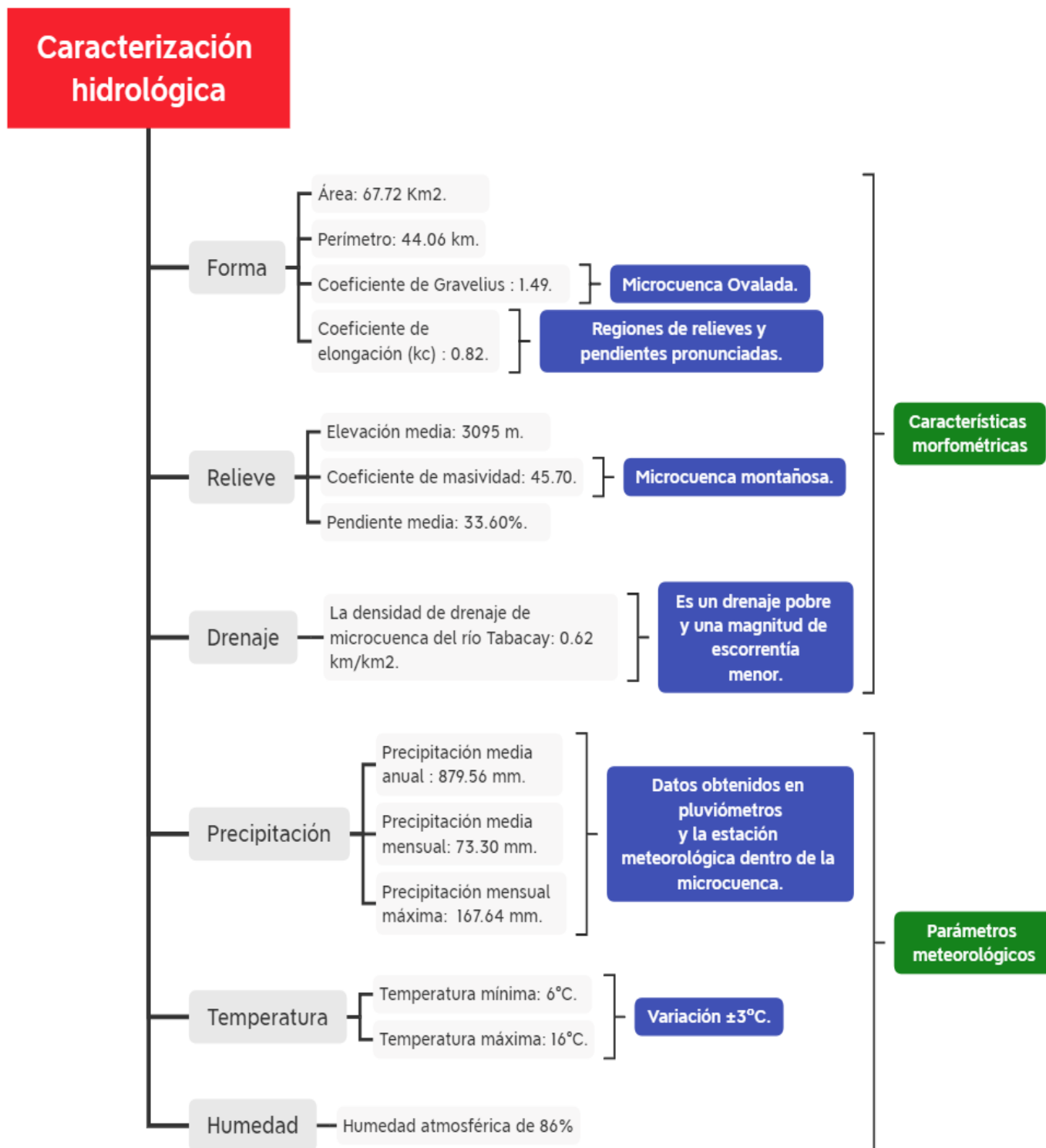


Figura 7 Caracterización morfométricos y parámetros meteorológicos de la micro cuneca del río Tabacay.

Fuente: Karla Jaramillo [18].

9) Suelo.

Para determinar el tipo de textura superficial de la microcuenca del río Tabacay se lo realiza a través del triángulo de texturas de la USDA (Figura 8) [19].

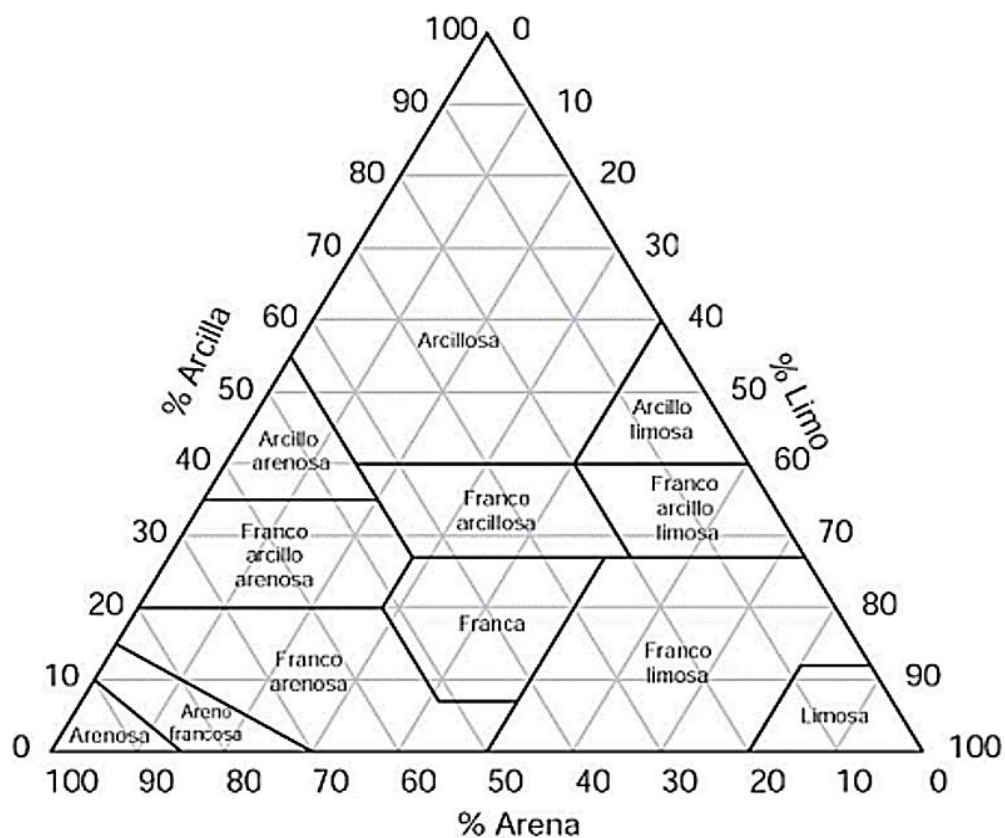


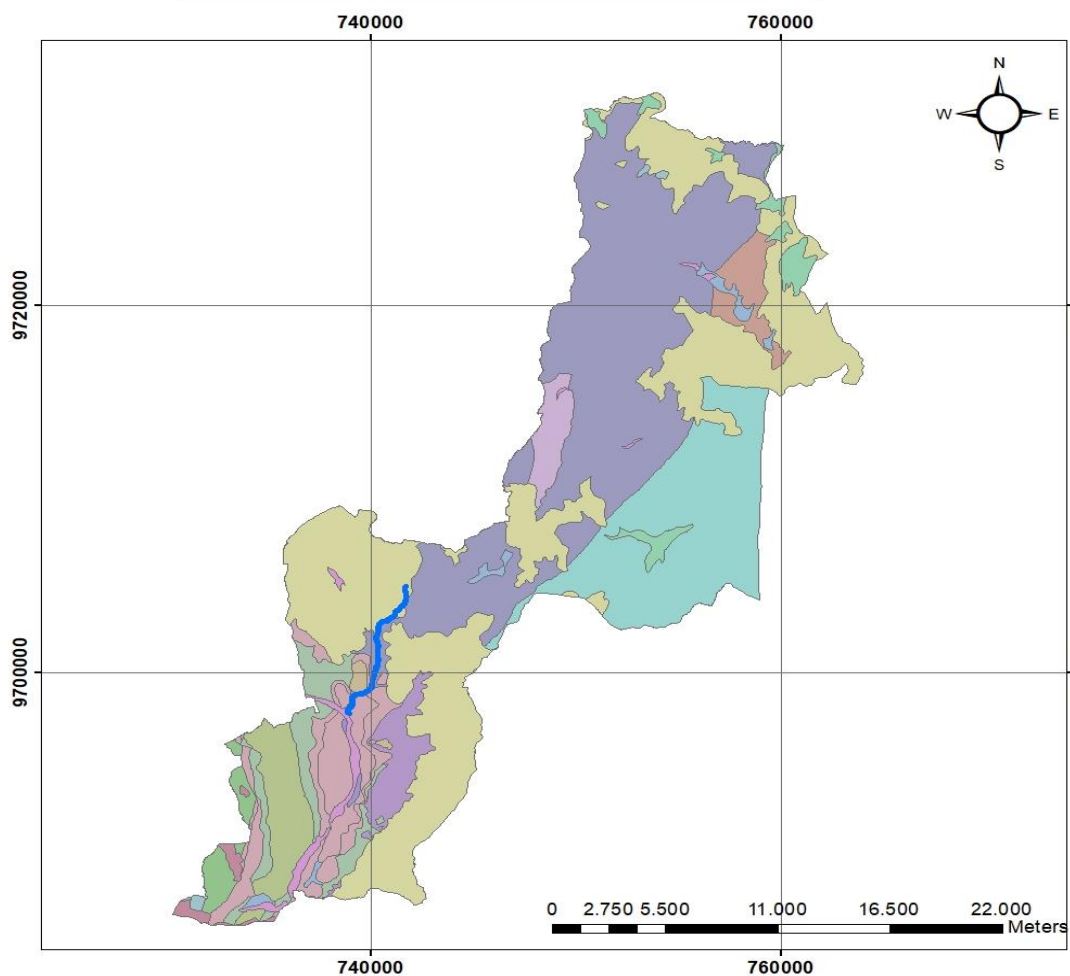
Figura 8 Triángulo de texturas de la USDA.

Fuente: Gisbert, S. Ibañez, y H. Moreno [19].

Dentro de la microcuenca del río Tabacay se encuentra diversas texturas de suelo que se pueden apreciar en la Gráfica 3 [20]

Gráfica 3 Texturas de suelo.

MAPA DE TEXTURAS



UBICACIÓN



Leyenda

— Rio Tabacay

clip geología parroquias

LOCALMENTE CONGLOMERADO DE BASE

AGLOMERADO LAVA DACITA

ARENISCA ARCILLA AGLOMERADO

ARENISCA LUTITA ANDESITA

ARGILTA ARENISCA TOBACCO TOBA

SENTOMITA LOCALMENTE CONGLOMERADO DE BASE

DEPOSITO ALUVIAL

DEPOSITO COLUVIAL

DERRUMBE

META VOLCANICAS DE SAN FRANCISCO

META ANDESITA FILITA META VOLCANICOS, SAN FRANCISCO

PIROPLASTICOS Y LAJAS ANDESITAS

TABLAS DE GUALACEO VOLCANICOS DE LLACAO

TERRAZAS (1-3)

TLITA

TRAVERTINO

VETAS CARBON, WASHINGTON

Sistema de coordenadas proyectadas:

WGS_1984_utm_zone_17S

Scale_Factor: 0.99960000

Unidad lineal: Metros

Sistema de coordenadas geográficas:

GCS_WGS_1984

Datum: D_WGS_1984

Primer meridiano

Elaborado por:

Sonia Fabiola Redrovan

Calle



Universidad
Católica de Cuenca

Fecha: 10-febrero-2022

Escala: 1:200.000

10) Contaminación del agua del río Tabacay.

Uno de los mayores impactos sobre la microcuenca se debe a las actividades agrícolas y pecuarias, que afecta al ecosistema, en especial la calidad del agua de la cuenca [17].

Marcelo Matovelle enumera las causas de la contaminación dentro de la microcuenca del río [21]:

1. Ausencia de alcantarillado.
2. Escasez de plantas de tratamiento de aguas residuales.
3. Contaminación por ganadería y agricultura.

I. Bioindicadores de calidad de agua

Un bioindicador es un organismo o comunidades conformadas de especies vegetales, hongos o animales [16], que a través de su manifestación revelan el nivel de conservación o el estado de un hábitat [22]. Este es sensible a las alteraciones de los factores físicos y químicos de su medio [23]; por ello se pueden emplear para evaluar la magnitud de la perturbación producida por el ser humano[24].

11) Evaluación biológica de la calidad del agua.

Los macro-invertebrados son un conjunto de bioindicadores, los cuales se usan para el estudio de la calidad del agua [25], debido a que algunos de ellos necesitan una buena calidad de agua para sobrevivir, mientras que otros pueden sobrevivir en aguas de baja calidad [26].

12) Macroinvertebrados acuáticos.

Son organismos invertebrados son fáciles de distinguir , tienen un tamaño entre 2mm y 30cm [27]. El grupo de invertebrados que predomina en aguas dulces son los insecto [26].

e) *Clases de Macroinvertebrados acuáticos.*

La Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados del cantón Cuenca menciona la existencia 11 clases de macroinvertebrados que se indica en la Figura 9. Dentro del Anexo 4 se menciona todas las ordenes, familias y géneros que tiene cada macroinvertebrado más a detalle [28].

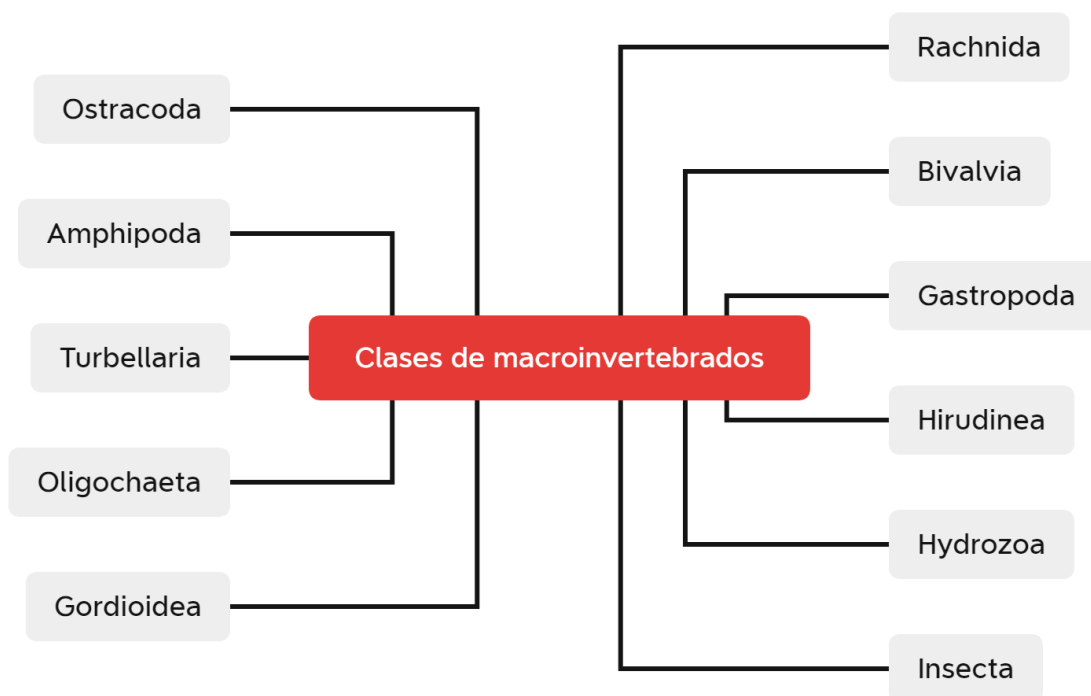


Figura 9 Clases de macroinvertebrados

Fuente: H. González, E. Crespo, R. Acosta, y H. Hampel [28].

f) *Evaluación según BMWP.*

Para la evaluación de la calidad biológica del agua se emplea el método Biological Monitoring Working Party (BMWP)[29], con el uso de macroinvertebrados que se pueden medir a través de datos cualitativos (presencia-ausencia) [30].

Para su desarrollo, se identifican los macroinvertebrados y se designa su puntaje (Tabla II) [29]. Las puntuaciones se encuentra entre 10 (mayor sensibilidad) a 1 (más tolerantes a la contaminación) [30].

Tabla II Familias de macroinvertebrados y puntajes.

Familias	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Griptopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae.	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Lymnaeidae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae.	8
Ancyliidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae.	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae.	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephyridae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae.	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Isopoda, Stratiomyidae, Tipulidae.	3

Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae.	2
Haplotaxida, Tubificidae	1

Fuente: G. Roldán [31].

Luego de haber identificado cada una de las familias y asignadas su respectiva puntuación, se realiza una suma de todos estos valores, con el resultado se compara con la Tabla III y se determina la calidad del agua.

Tabla III Clasificación de la calidad de agua.

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado
I	Buena	≥ 150	Aguas muy limpias
		123-149	Aguas no contaminadas
II	Aceptable	71-122	Ligeramente contaminadas: se evidencia efectos de la contaminación
III	Dudosa	46-70	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Crítica	21-45	Aguas muy contaminadas
V	Muy crítica	< 20	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica

Fuente: S. Luz [32].

III. METODOLOGÍA

Para el desarrollo de este proyecto, se indicarán los problemas y cada uno de los componentes que alteran a la calidad del agua del río Tabacay, tomando en cuenta la metodología internacional BMWP. y el sistema de puntuación asignada por la guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos del cantón Cuenca.

En Ecuador las normativas vigentes TULASMA, consideran límites máximos permisibles en base a parámetros identificables en laboratorio (DBO, DQO, sólidos en suspensión, coliformes totales, dureza, etc). Se procede a la identificación de los diferentes puntos de control o monitoreo a lo largo del río, con la finalidad de aplicar la metodología de análisis e identificación de cada uno de los organismos acuáticos existentes en el lugar.

La metodología propuesta ha sido aplicada con éxito en países como Colombia, Cuba, etc., e incluso en nuestro país, en el río Cachaco que atraviesa la comunidad de Getsemaní en la provincia de Imbabura para monitoreo y determinación de la calidad de agua [27]. Consiste en la colocación de trampas en ríos de poca profundidad con corrientes más o menos torrentosas y fondo de piedras pequeñas [2]. Luego se procede a realizar la identificación y el conteo respectivo de cada una de las especies y en base a criterios o tablas preestablecidas determinar dentro de que rango de calidad de agua se encuentra la misma.; luego de la toma de la muestra, se produce la alteración de la población de estos organismos por lo que no se puede tomar otra muestra en el mismo lugar [28].

El análisis se desarrolla en tres puntos a lo largo del río; tomando una muestra en cada punto considerando zona alta, media y baja, debido a que, con el muestreo, tomando como ejemplo el análisis realizado en el río Teusacá de Colombia, se considera que al realizar el muestreo se extrae toda la población de macroinvertebrados acuáticos existente en la zona; pues las poblaciones de estos invertebrados se regeneran a más de un año [2].

La calidad de agua del río Tabacay, se determinará acorde a los parámetros establecidos por el método de Biological Monitoring Working Party [2], el cual lo valora de manera rápida y simple,

a través del uso de macroinvertebrados como bioindicadores. Para establecer la presencia de dichos organismos, se requiere identificar cada familia o taxón a la que pertenecen cada uno de ellos y su presencia, independientemente de la cantidad de individuos recolectados, se determina la calidad del agua. Esta metodología permitirá que se estime la calidad de agua de acuerdo con una calificación dada según la presencia de cada uno de los macroinvertebrados, contemplando valores entre 1 y 10, donde la comunidad de organismos con mayor tolerancia obtiene un valor menor con respecto a las que necesitan una mejor calidad de agua [3].

J. Muestreo.

El autor Carlos Carrera Reyes menciona que, para un monitoreo adecuado de la calidad de agua de un río, se requiere un análisis de 2 muestras como mínimo a lo largo del río [27].

En este caso se tomarán tres muestras en diferentes zonas: alta, media y baja, con el fin de tener más información y poder comparar de mejor manera los cambios que pueden darse en la calidad del agua conforme se acerca o pasa por diferentes poblados o descargas puntuales.

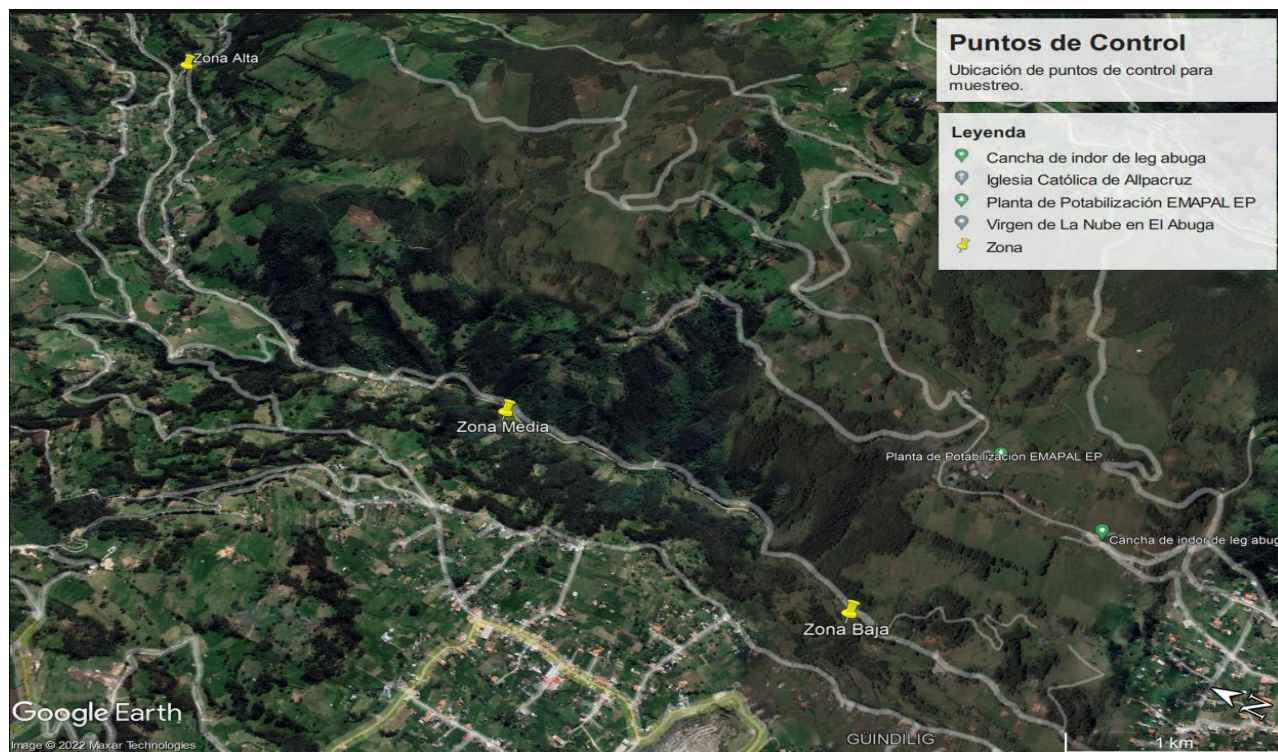


Ilustración 1 Puntos de control.

K. Instrumento de recolección de datos.

- GPS
- Red.
- Recipientes de vidrio.
- Alcohol.
- Lupa.
- Guantes.
- Botas de caucho.
- Cámara fotográfica.
- Microscopio.

L. Técnica de recolección de datos.

Luego de haber identificado los 3 puntos de control a lo largo de la cuenca, se procede a la recolección e identificación de los macroinvertebrados, y de igual manera, la determinación de la calidad del agua; para ello se realiza el siguiente proceso:

1. En cada punto de control se realiza un barrido contra corriente con una red que se coloca de orilla a orilla del cauce del río [33] desde las 8:00 am. hasta las 10:00 am en el primer punto de control; a las 11:00 am. hasta las 1:00 pm, en el segundo punto de control y a las 2:00 pm. a 4 pm. en el tercer punto de control.



Ilustración 2 Tendido de red.

2. Se retira la red del río y se recolecta los macroinvertebrados obtenidos, se los colocan en recipientes con alcohol al 70% y se los mantiene a una temperatura controlada 4°C [33].



Ilustración 3 Recolección de macroinvertebrados.

3. En laboratorio se procede a identificar, agrupar y registrar con fotografías los macroinvertebrados recolectados en campo (Ilustración 4).

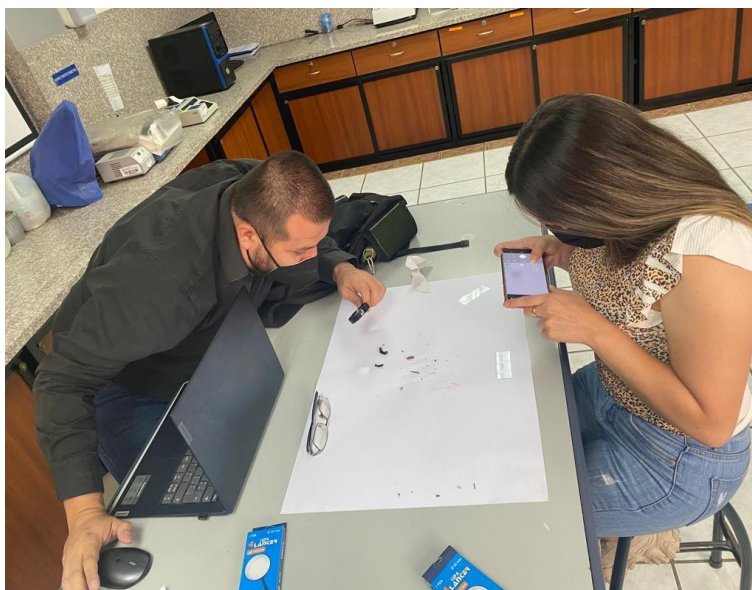


Ilustración 4. Separación, agrupación y registro fotográfico de macroinvertebrados.

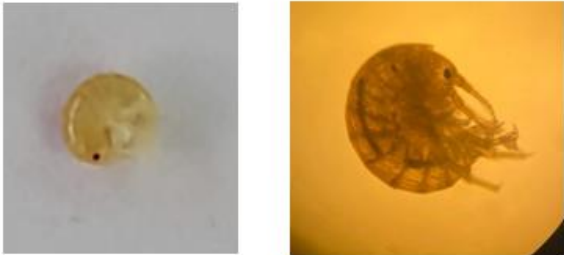

4. Con el uso de un microscopio se procede a distinguir las características físicas de cada uno de los macroinvertebrados.



Ilustración 5 Identificación de las características físicas de los macroinvertebrados.

5. Se procede a identificar y cuantificar los macroinvertebrados obtenidos (Tabla IV). Dentro del Anexo 5 se encuentra todas las identificaciones de las muestras obtenidas.

Tabla IV Identificación de macroinvertebrados.

Cuenca Alta							
Clase	Malacostraca	Orden	Amphipoda	Familia	Hyaellidae	Género	Hyaellidae
							
<p>Descripción: Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola). Cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos, en los machos el segundo par es más largo que el resto. Son de color anaranjado que suele ponerse blanco al ser conservados.</p>							

6. A través del puntaje que establece el BMWP se procede a colocar los distintos valores que corresponde a cada familia y establecer la calidad del agua.

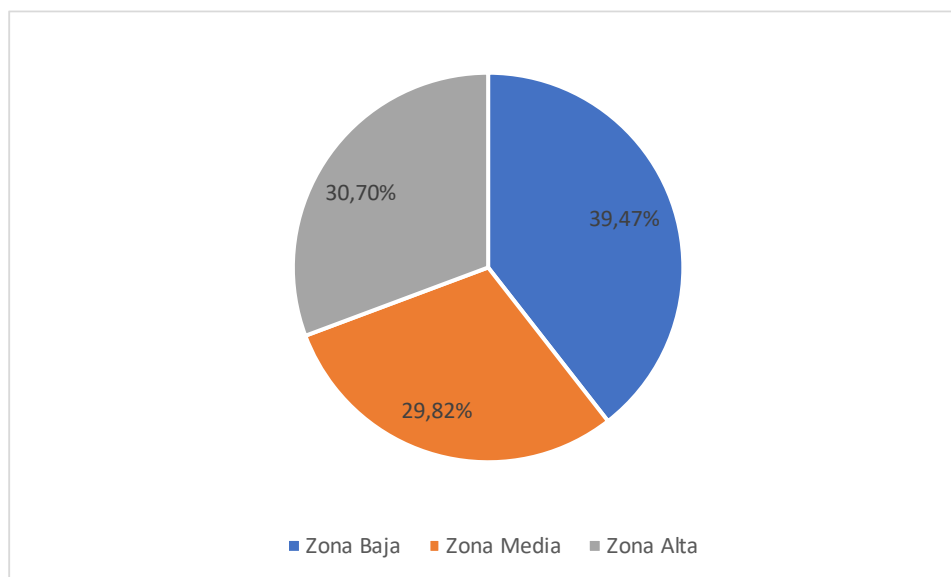
CAPÍTULO IV

IV. ANÁLISIS Y RESULTADOS

M. Composición y abundancia.

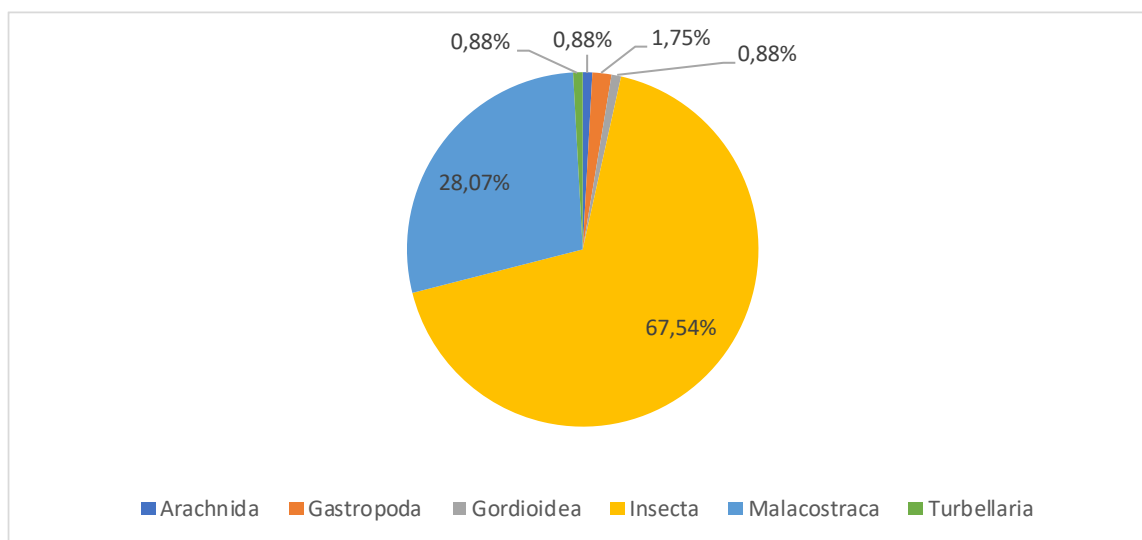
Los tres muestreos fueron realizados en el mes de diciembre del 2021, en donde se recaudó un total de 144 macroinvertebrados acuáticos correspondientes a 25 familias, 11 órdenes y 6 clases, el porcentaje de especies que se distribuye dentro de la cuenca se indica en la Gráfica 4; en donde se tiene que 39,47% de los microorganismos se encuentra en la zona baja; el 29,82% en la zona media y el 30,70% en la zona alta.

Gráfica 4 Porcentaje de macroinvertebrados por punto de control.



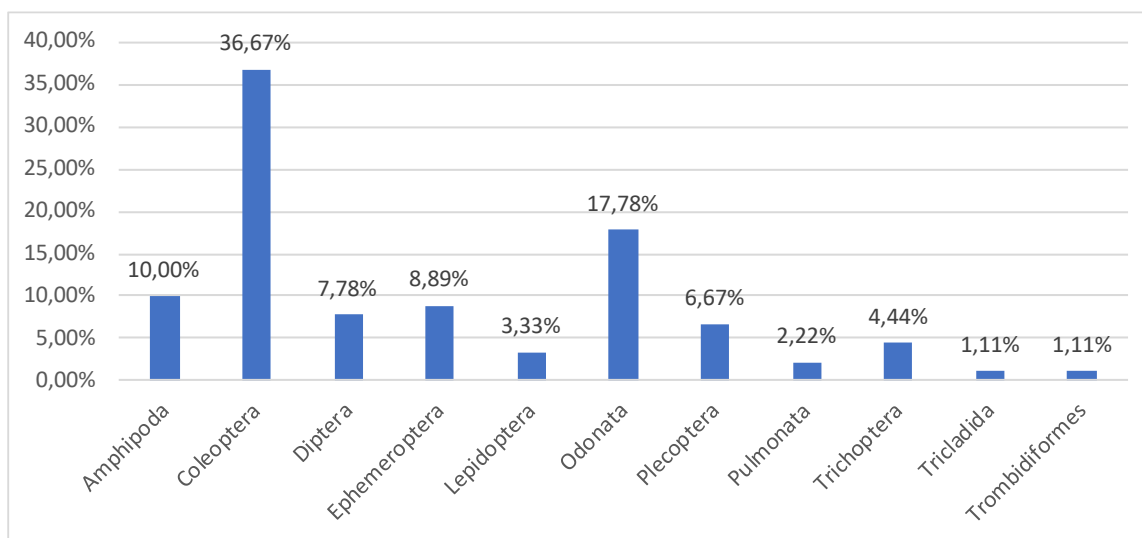
En las muestras obtenidas se puede distinguir 6 Clases de macroinvertebrados, el cual predomina es la clase Insecta con un 67,54%, la sigue clase es la Malacostraca con un 28,07%, la clase Gastropoda con un 1,75% y las clases Arachnida, Turbellaria y Gordioidea con un 0,88% cada una de ellas (Gráfica 5).

Gráfica 5 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.



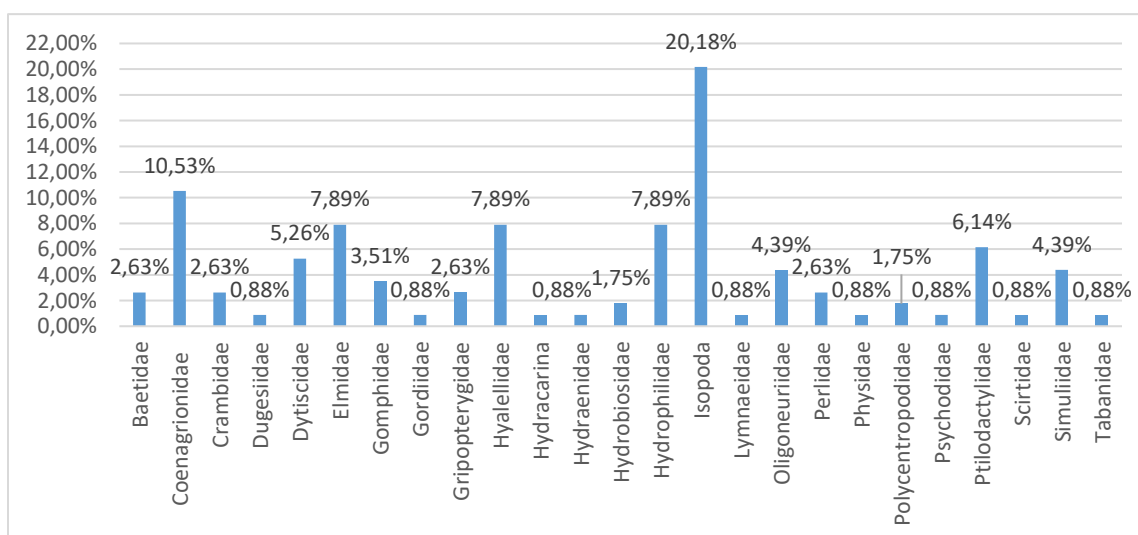
Se pudieron distinguir 11 órdenes, las cuales se encuentran presentes y distribuidos de la siguiente manera: Coleoptera con un 36,67%, Odonata con un 17,87%, Amphipoda con un 10,00%, Ephemeroptera con un 8,89%, Diptera con un 7,78%, Plecoptera con un 6,67%, Tricladida con un 4,44%, Lepidoptera con un 3,33%, Pulmonata con un 2,22% y las ordenes Trichoptera y Trombidiformes con un 1,11% cada una (Gráfica 6).

Gráfica 6 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.



Dentro de las familias de macroinvertebrados que se distribuyen dentro de la cuenca del río Tabacay tenemos las siguientes: la familia que predomina en el muestreo realizado es la Isopoda con un 20,18%; la familia Coenagrionidae con un 10,53%; las familias Elmidae, Hyalellidae y Hydrophilidae con un 7,89 %; la familia Ptilodactylidae con un 6,14%; la familia Dytiscidae con un 5,26%; las familias Oligoneuriidae y Simuliidae con un 4,39%; la familia Gomphidae con un 2,63%; las familias Baetidae, Crambidae, Gripopterygidae, Perlidae con un 2,63%; las familias Hydrobiosidae y Polycentropodidae con un 1,75%; las familias Dugesiidae, Gordiidae, Hydracarina, Hydraenidae, Lymnaeidae, Physidae, Psychodidae, Scirtidae y Tabanidae con un 0,88% (Gráfica 7).

Gráfica 7 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.

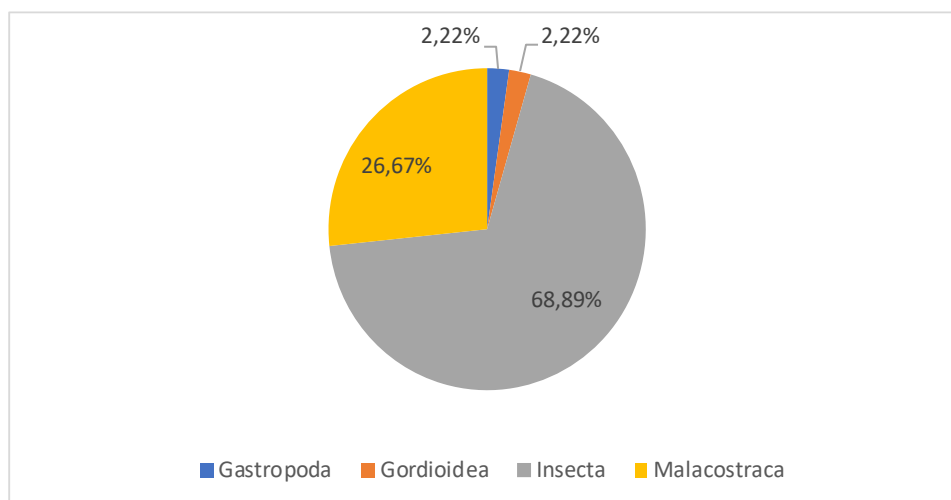


13) Zona Baja.

La primera muestra se realizó en la zona baja del río Tabacay en donde se obtuvieron 45 macroinvertebrados correspondientes a 10 familias, 5 órdenes y 4 clases.

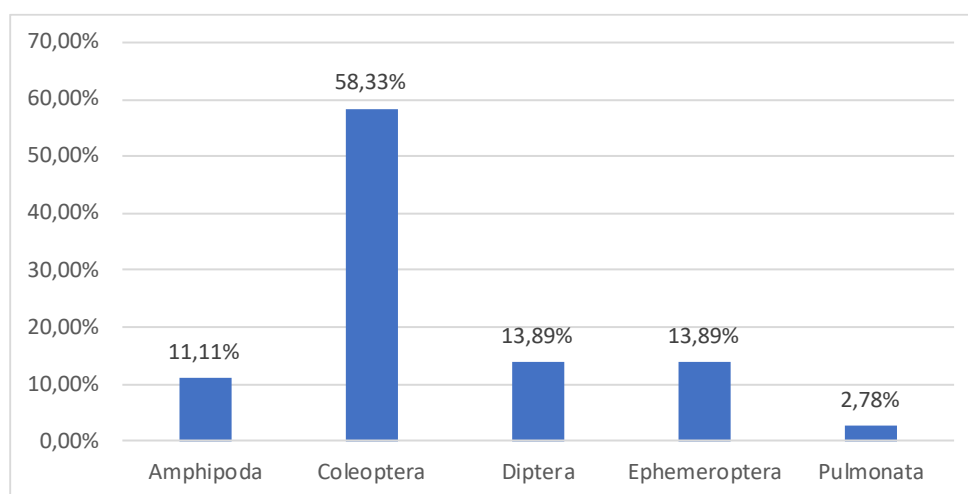
En la muestra obtenida se puede distinguir 4 Clases de macroinvertebrados, la cual predomina la clase Insecta con un 68,89%, la sigue la clase es la Gordioidea con un 26,67% y las clases Malacostraca y Gastropoda con un 2,22% cada una (Gráfica 8).

Gráfica 8 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.



Se pudieron distinguir 5 órdenes, la que tiene mayor abundancia es la orden Coleoptera con un 58,33%; las ordenes Diptera y Ephemeroptera con un 13,89% cada una; la orden Amphipoda con un 11,11% y la orden Pulmonata con un 2,78% (Gráfica 9).

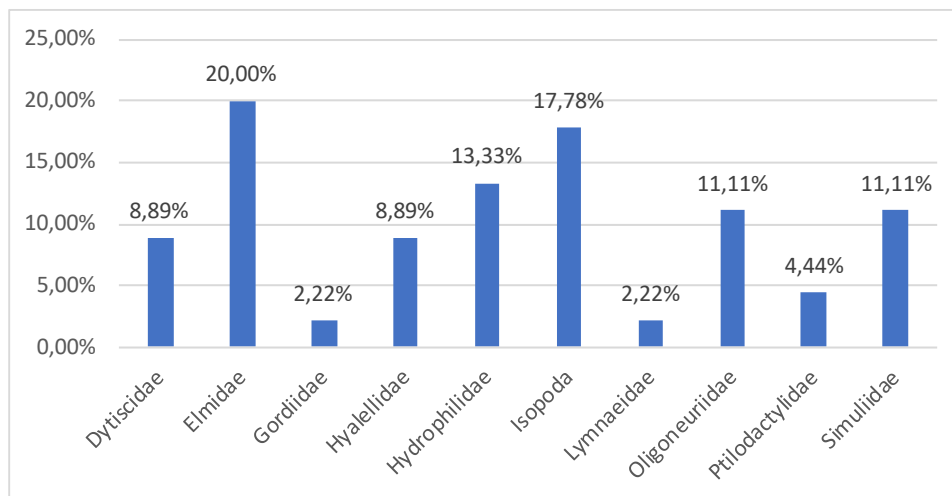
Gráfica 9 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.



En el caso de las familias de macroinvertebrados que se distribuyen dentro de la zona baja tenemos: la familia Elmidae con un 20,00%; la familia Isopoda con un 17,78%; la familia Hydrophilidae

con un 13,33%; las familias Oligoneuriidae y Simuliidae con un 11,11%; las familias Dytiscidae y Hyalellidae con un 8,89%; la familia Ptilodactylidae con un 4,44% y las familias Gordiidae y Lymnaeidae con un 2,22% cada una (Gráfica 10).

Gráfica 10 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.



g) Calidad de agua a través del BWMP.

Luego de haber identificado cada uno de los macroinvertebrados que se encuentra en la zona baja del río Tabacay, se procede a colocar la puntuación de cada uno de ellos con el uso de la Tabla II obteniendo un valor de 79 (Tabla V) y con el empleo de la Tabla III se procede a indicar la calidad del agua, como el resultado se encuentra entre 71 – 122 en este caso tenemos una Clase II, en la que se considera una calidad de agua aceptable.

Tabla V Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BWMP.

N°	Clase	Orden	Familia	Género	Cantidad	Puntuación
1	Malacostraca		Isopoda	Isopoda	8	3
2	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Austrelmis	3	7

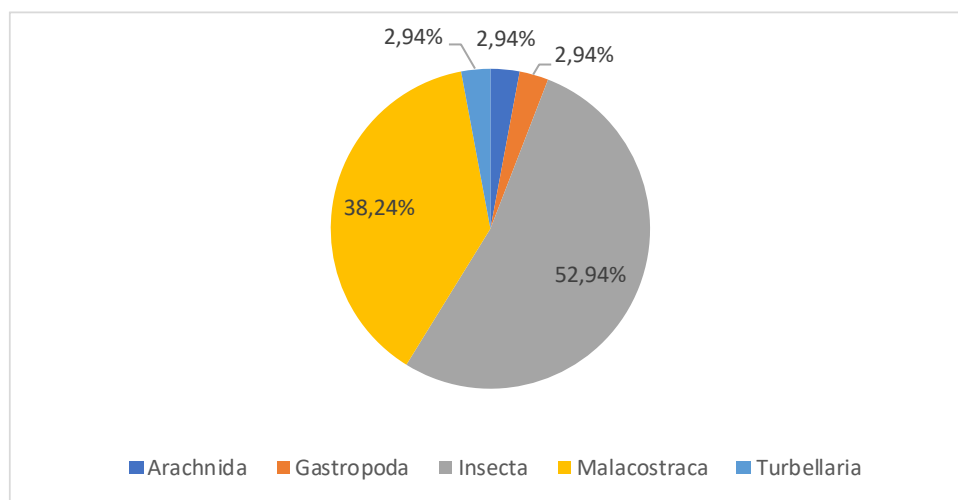
3	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus	2	10
4	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Rhantus	4	3
5	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	3	7
6	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus	6	3
7	Insecta	Ephemeroptera	Oligoneuriidae	Lachlania	5	9
8	Gordioidea		Gordiidae	Gordiidae	1	10
9	Gastropoda	Pulmonata	Lymnaeidae	Fossaria	1	8
10	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Macrelmis	3	7
11	Insecta	Diptera	Simuliidae	Gigantodax	5	5
12	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaellidae	4	7
Total					45	79
Clase: II Calidad: Aceptable						

14) Zona Media.

La segunda muestra se realizó en la zona media del río Tabacay en donde se obtuvo un total de 34 macroinvertebrados correspondientes a 12 familias, 9 órdenes y 5 clases.

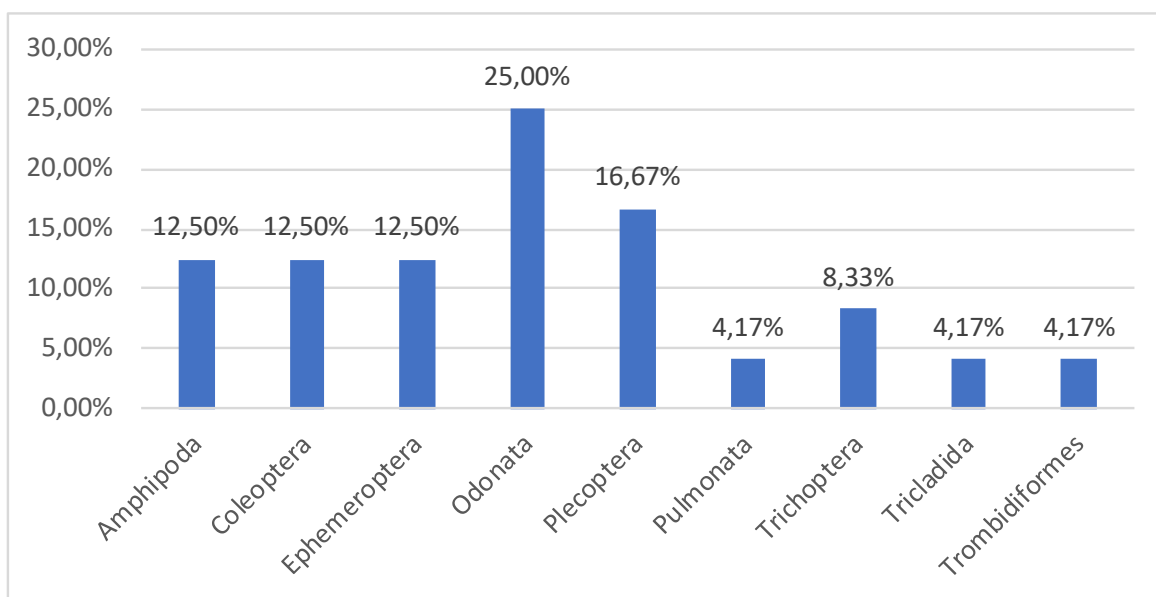
En la muestra obtenida se puede distinguir 5 Clases de macroinvertebrados, el cual predomina la clase Insecta con un 52,94%, la sigue clase es la Malacostraca con un 38,24% y las clases Gastropoda, Arachnida y Turbellaria con un 2,94% cada una (Gráfica 8).

Gráfica 11 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.



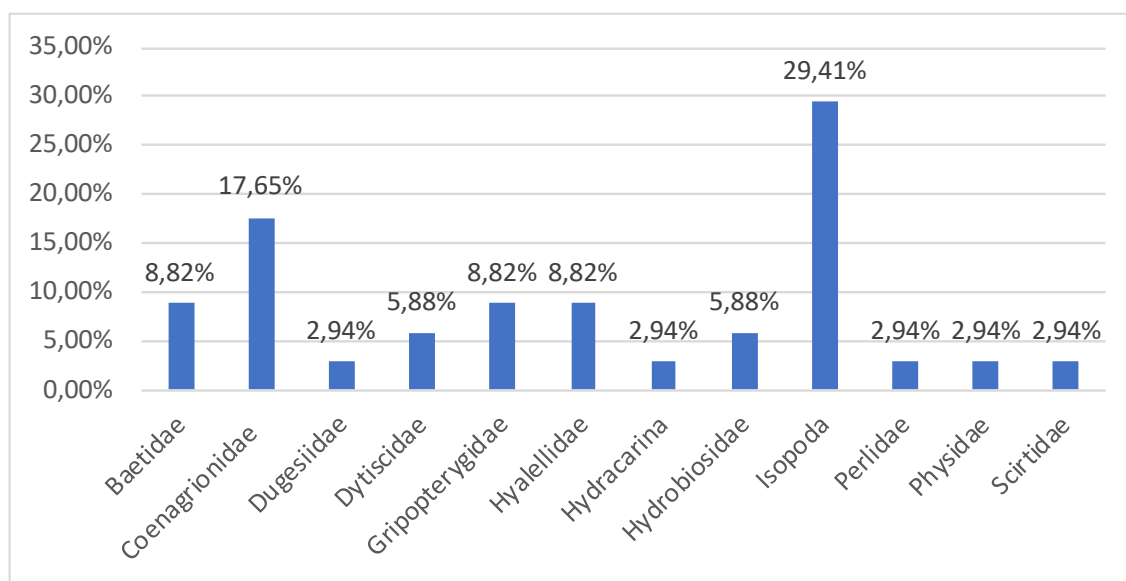
Se pudieron distinguir 9 ordenes; la que tiene mayor abundancia es la orden Odonata con un 25,00%; la orden Plecoptera con un 16,67%; las ordenes Amphipoda, Coleoptera y Ephemeroptera con un 12,50%; la orden Trichoptera con un 8,33% y las ordenes Pulmonata, Tricladida y Trombidiformes con un 4,17% cada una (Gráfica 9).

Gráfica 12 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.



En el caso de las familias de macroinvertebrados que se distribuyen dentro de la zona media tenemos: la familia Isopoda con un 29,41%, la familia Coenagrionidae con un 17,65%; las familias Baetidae, Gripopterygidae y Hyalellidae con un 8,82%; las familias Dytiscidae y Hydrobiosidae con un 5,88% y las familias Physidae, Perlidae, Scirtidae, Hydracarina y Dugesidae con un 2,94% (Gráfica 10).

Gráfica 13 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.



a) Calidad de agua a través del BWMP.

Luego de haber identificado cada uno de los macroinvertebrados que se encuentra en la zona media del río Tabacay, se procede a colocar la puntuación de cada uno de ellos con el uso de la Tabla II obteniendo un valor de 84 (Tabla VI) y con el empleo de la Tabla III se procede a indicar la calidad del agua, como el resultado se encuentra entre 71 – 122 en este caso tenemos una Clase II, en la que se considera una calidad de agua aceptable.

Tabla VI Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BMWP.

Nº	Clase	Orden	Familia	Género	Cantidad	Puntuación

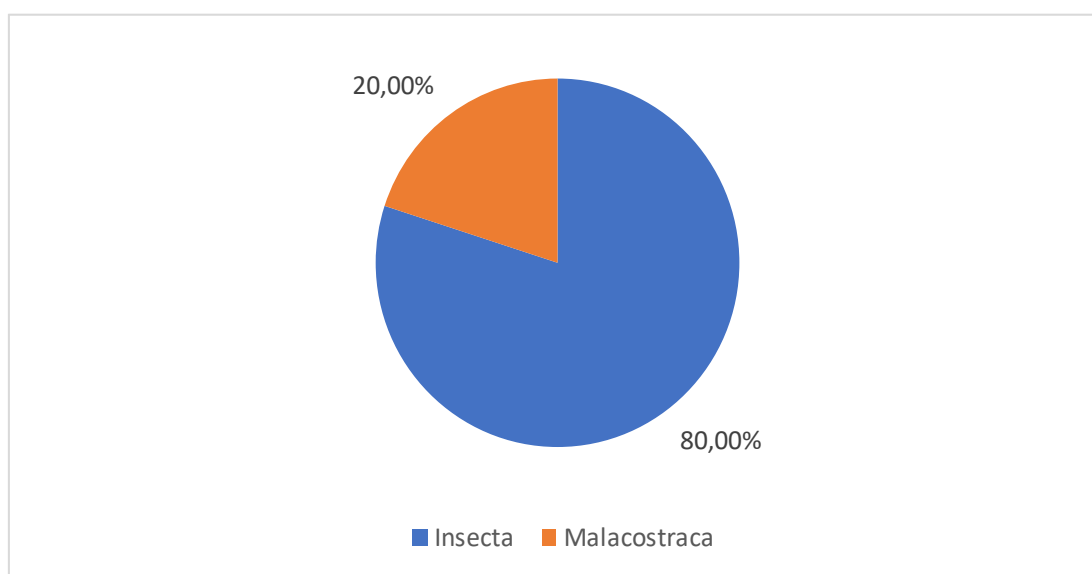
1	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Argia	5	7
2	Gastropoda	Pulmonata	Physidae	Physidae	1	3
3	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalellidae	3	7
4	Insecta	Plecoptera	Gripopterygidae	Claudioperla	3	10
5	Arachnida	Trombidiformes	Hydracarina	Hydracarina	1	8
6	Insecta	Coleoptera	Dytiscidae	Rhantus	2	3
7	Malacostraca		Isopoda	Isopoda	10	3
8	Insecta	Trichoptera	Hydrobiosidae	Atopsyche	2	9
9	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	1	10
10	Turbellaria	Tricladida	Dugesiidae	Girardia	1	6
11	Insecta	Ephemeroptera	Baetidae	Americabaetis	3	7
12	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Ishnura	1	7
13	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	Cyphon	1	4
Total					34	84
Clase: II Calidad: Aceptable						

15) Zona Alta.

La tercera muestra se realizó en la zona alta del río Tabacay en donde se obtuvieron un total de 35 macroinvertebrados correspondiente a 12 familias, 7 órdenes y 2 clases.

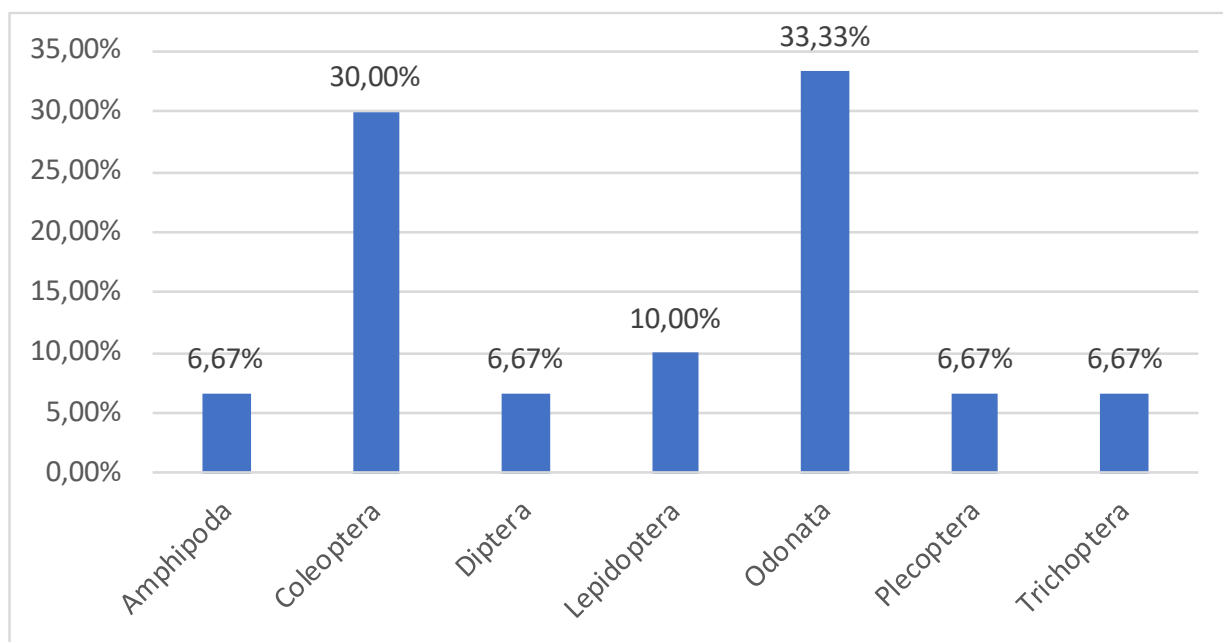
En la muestra obtenida se puede distinguir 2 Clases de macroinvertebrados, el cual predomina es la clase Insecta con un 80.00% y otra clase es la Malacostraca con un 20.00% (Gráfica 8).

Gráfica 14 Porcentaje de individuos por clase en la cuenca del río Tabacay.



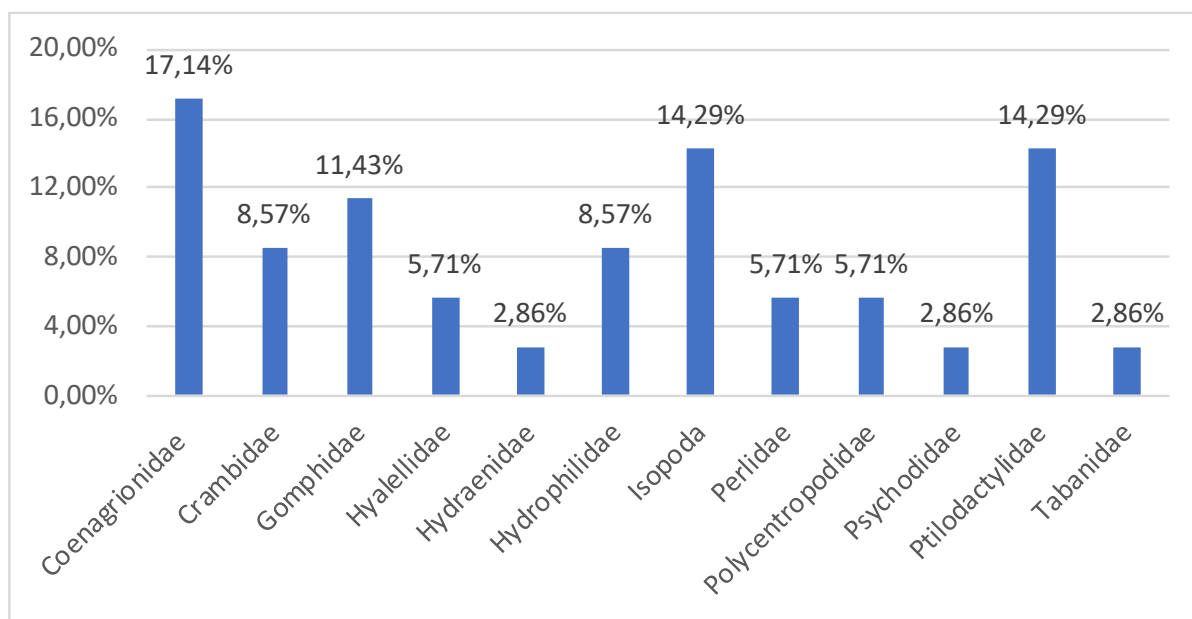
Dentro de las ordenes se pudieron distinguir 7; la que tiene mayor abundancia es la orden Odonata con un 33,33%; la orden Coleoptera con un 30,00%; la orden Lepidoptera con un 10,00% y las familias Amphipoda, Diptera, Plecoptera y Trichoptera con un 6,67% (Gráfica 9).

Gráfica 15 Porcentaje de individuos por orden en la cuenca del río Tabacay.



En el caso de las familias de macroinvertebrados que se distribuyen dentro de la zona alta tenemos: la familia Coenagrionidae con un 17,14% las familias Isopoda y Ptilodactylidae con un 14,29%; la familia Gomphidae con un 11,43%; las familias Crambidae y Hydrophilidae con un 8,57%; las familias Perlidae, Hyalellidae, Polycentropodidae con un 5,71% y las familias Psychodidae, Tabanidae y Hydraenidae con un 2,86 (Gráfica 10).

Gráfica 16 Porcentaje de individuos por familia en la cuenca del río Tabacay.



a) Calidad de agua a través del BWMP.

Luego de haber identificado cada uno de los macroinvertebrados que se encuentra en la cuenca baja del río Tabacay se procede a colocar la puntuación de cada uno de ellos con el uso de la Tabla II obteniendo un valor de 97 (Tabla VII) y con el empleo de la Tabla III se procede a indicar la calidad del agua, como el resultado se encuentra entre 71 – 122 en este caso tenemos una Clase II, en la que se considera una calidad de agua aceptable.

Tabla VII Calidad del agua en la cuenca baja del río Tabacay a través del BMWP.

Nº	Clase	Orden	Familia	Género	Cantidad	Puntuación
1	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Argia	2	7
2	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus	4	10
3	Malacostraca		Isopoda	Isopoda	5	3

4	Insecta	Diptera	Psychodidae	Maruina	1	2
5	Insecta	Trichoptera	Polycentropodidae	Cyrnellus	2	9
6	Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae	Hyaellidae	2	7
7	Insecta	Odonata	Coenagrionidae	Ishnura	4	7
8	Insecta	Diptera	Tabanidae	Tabanus	1	5
9	Insecta	Coleoptera	Hydraenidae	Hydraena	1	8
10	Insecta	Lepidoptera	Crambidae	Petrophila	3	7
11	Insecta	Plecoptera	Perlidae	Anacroneuria	2	10
12	Insecta	Coleoptera	Hydrophilidae	Tropisternus	3	3
13	Insecta	Odonata	Gomphidae	Gomphidae	4	9
14	Insecta	Coleoptera	Ptilodactylidae	Anchytarsus	1	10
Total					35	97
Clase: II Calidad: Aceptable						

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

N. Conclusiones.

Una vez finalizado el muestreo de los diferentes macroinvertebrados recolectados en el río Tabacay se pudo analizar la calidad del agua de este, recogiendo un total de 144 microorganismos, en donde abunda la clase Insecta con un 67,54% de especies dentro de las tres zonas, teniendo como resultado una calidad de agua aceptable.

La información recopilada para el estudio de la calidad de agua del río Tabacay se basó principalmente en la metodología (BMWP), la misma que, de acuerdo con la variedad de macroinvertebrados existentes dentro de la fuente hídrica se consideró la calidad de esta.

Una vez con la información recolectada, se pudo identificar los diferentes organismos presentes en las distintas zonas de estudio, determinando la calidad del agua y analizando la puntuación de acuerdo con la metodología aplicada; obteniendo los siguientes resultados:

- La primera muestra se realizó en la zona baja del río en donde se obtuvo una puntuación de 79 que equivale a una calidad aceptable de agua, dentro de la muestra se pudieron identificar 45 macroinvertebrados pertenecientes a la familia: Elmidae, Isopoda, Hydrophilidae, Oligoneuriidae, Simuliidae, Dytiscidae, Hyalellidae, Ptilodactylidae, Gordiidaey Lymnaeidae; de los cuales se dividen en 4 clases: la Insecta con un 68,89%, la clase Gordiooidea con un 26,67% y las clases Malacostraca y Gastropoda con un 2.22% cada una.
- La segunda muestra se realizó en la zona media del río en donde se obtuvo una puntuación de 84 que equivale a una calidad aceptable de agua, dentro de la muestra se pudieron identificar 34 macroinvertebrados pertenecientes a la familia: Isopoda, Coenagrionidae, Baetidae, Gripopterygidae, Hyalellidae, Dytiscidae, Hydrobiosidae, Physidae, Perlidae, Scirtidae, Hydracarina y Dugesiiidae; de los cuales se dividen en 5 clases : la Insecta con

un 52,94%, la Malacostraca con un 38,24% y las clases Gastropoda, Arachnida y Turbellaria con un 2,94% cada una.

- La tercera muestra se realizó en la zona alta del río en donde se obtuvo una puntuación de 97 que equivale a una calidad aceptable de agua, dentro de la muestra se pudieron identificar 35 macroinvertebrados pertenecientes a la familia: Coenagrionidae, Isopoda, Ptilodactylidae, Gomphidae, Crambidae, Hydrophilidae, Perlidae, Hyalellidae, Polycentropodidae, Psychodidae, Tabanidae y Hydraenidae; de los cuales se dividen en 2 clases: la Insecta con un 80.00% y otra clase es la Malacostraca con un 20.00%.

A pesar de que la calidad del agua dentro de las tres zonas que se realizaron el muestreo es aceptable, en cada uno de estos tienen una variación de su puntaje dentro del índice BMWP, debido a la presencia de la agricultura y viviendas cercanas a los márgenes del río ocasionado que este valor disminuya de tal manera que la diferencia entre la zona alta (mayor puntaje) y la zona baja (menor puntaje) tenga una diferencia de 18 puntos entre ellos.

De igual manera, es importante considerar que aplicar este tipo de metodología para realizar un análisis de calidad del agua, resultó económicamente muy factible, ya que los costos fueron empleados únicamente en materiales para trampas y transporte hacia la zona de estudio.

O. Recomendaciones.

- Realizar un análisis físico químico para comparar la calidad del agua con el método BMWP, y determinar su eficiencia en campo.
- Desarrollar un estudio similar en el río que desemboca el río Tabacay con el fin de determinar la calidad del agua y determinar su influencia en el mismo.
- Establecer las distintas zonas de descargas hídricas para determinar las actividades humanas que más contaminación provocan dentro de las microcuencas de análisis, para determinar políticas de prevención y mejorar la calidad del agua.

P. Referencias bibliográficas

- [1] M. Mazari, «El agua como recurso», p. 3, 2003.
- [2] H. Cotler, A. Galindo, I. González, R. Pineda, y E. Ríos, *Cuencas hidrográficas. Fundamentos y perspectivas para su manejo y gestión*, 1ª. Mexico D.F.: Secretaría de Medio Ambiente y Recursos Naturales, 2013. [En línea]. Disponible en: <https://biblioteca.semarnat.gob.mx/janium/Documentos/Ciga/Libros2013/CD001596.pdf>
- [3] D. García, *Determinación del índice BMWP/COL, mediante la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, en el cauce del río Guachicos, que surge el acueducto del Municipio de Pitalito*. Colombia, 2018.
- [4] M. Sánchez, «EL INDICE BIOLÓGICO BMWP (Biological Monitoring Working Party score), MODIFICADO Y ADAPTADO AL CAUCE PRINCIPAL DEL RÍO PAMPLONITA NORTE DE SANTANDER», vol. 3, n.º 2, p. 15, 2006, [En línea]. Disponible en: <https://www.redalyc.org/pdf/903/90330207.pdf>
- [5] A. Conde, «Efectos nocivos de la contaminación ambiental sobre la embarazada», *Rev. Cuba. Hig. Epidemiol.*, vol. 51, n.º 2, pp. 226-238, ago. 2013, Accedido: 13 de mayo de 2021. [En línea]. Disponible en: http://scielo.sld.cu/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S1561-30032013000200011&lng=es&nrm=iso&tlng=es
- [6] A. Garmendia, A. Salvador, C. Crespo, y L. Garmendia, *Evaluación de impacto ambiental*, 1º. Madrid: Pearson Educación de México, S.A., 2005.
- [7] L. Albert, «Contaminación ambiental origen, clases, fuentes y efectos», [En línea]. Disponible en: <http://dsp.facmed.unam.mx/wp-content/uploads/2016/01/Contaminacion-ambiental-origen-clases-fuentes-y-efectos.pdf>
- [8] Organización Mundial de la Salud, «Desechos de las actividades de atención sanitaria», *Organización Mundial de la Salud*, 8 de febrero de 2018. <https://www.who.int/es/news-room/fact-sheets/detail/health-care-waste> (accedido 15 de mayo de 2021).
- [9] Corporación Eléctrica del Ecuador, Ed., «Instructivo para la gestión de residuos sólidos». Corporación Eléctrica del Ecuador. [En línea]. Disponible en: <https://www.celec.gob.ec/hidropaute/images/Ambiente/Gestion.de.residuos.solidos.pdf>
- [10] C. Sierra, *Calidad del agua: evaluación y diagnóstico*, 1a ed. Medellín, Colombia: Universidad de Medellín, 2011.
- [11] J. Gil, «DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS, Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO

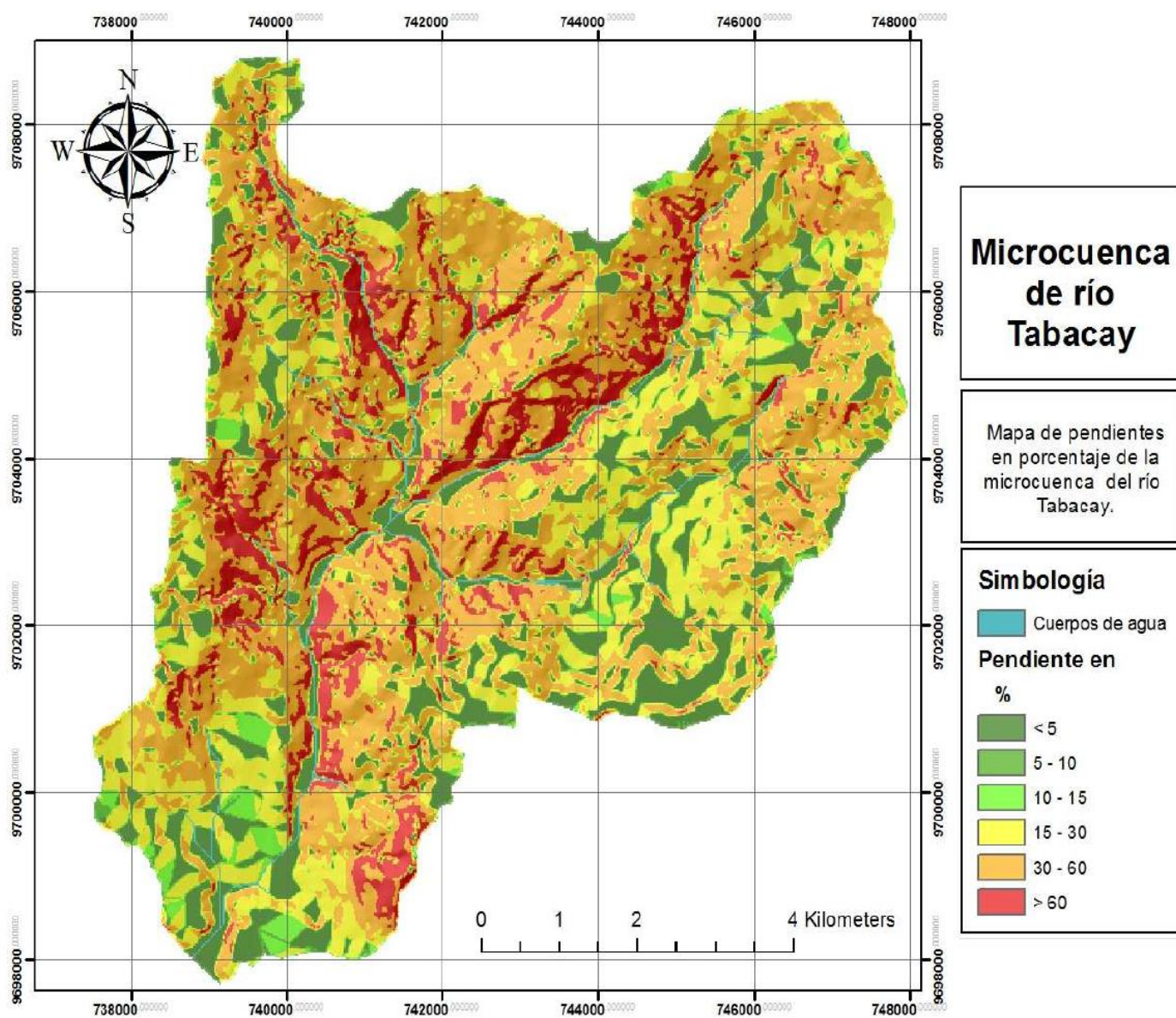
- BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GARAGOA», Tesis de maestría, Universidad de Manizales, Caldas, Colombia, 2014. [En línea]. Disponible en: <https://ridum.umanizales.edu.co/xmlui/bitstream/handle/20.500.12746/1803/tesisJAGG.pdf?sequence=1&isAllowed=y>
- [12] L. Álvarez, «Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua», Instituto de Investigación de Recursos Biológicos Alexander von Humboldt, Bogotá, D.C., Colombia, 2005. [En línea]. Disponible en: <http://repository.humboldt.org.co/handle/20.500.11761/31357>
- [13] J. Romero, *Calidad del agua*, 2º. Bogota: Escuela Colombiana de Ingeniería, 2005.
- [14] BBVA, «Qué es la dureza del agua y cómo afecta a su consumo», *BBVA NOTICIAS*. <https://www.bbva.com/es/sostenibilidad/que-es-la-dureza-del-agua-y-como-afecta-a-su-consumo/> (accedido 31 de enero de 2022).
- [15] G. Ibañez, «Elaboración de un plan de manejo ambiental para la conservación de la subcuenca del río San Pablo en el cantón la Maná, provincia de Cotopaxi», Tesis de grado, Universidad Técnica de Cotopaxi, Latacunga, 2012. [En línea]. Disponible en: <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/1577/1/T-UTC-2129.pdf>
- [16] B. Poveda, «Determinación de la calidad de agua del río Churuyacu en el barrio San Rafael de la ciudad de Puyo, mediante la identificación de macroinvertebrados acuáticos y análisis físico - químico y microbiológico, para proponer un plan de manejo ambiental», Universidad Nacional de Loja, Loja, Ecuador, 2016.
- [17] N. Cedillo, «Modelación de la calidad de agua en la microcuenca del río Tabacay perteneciente a la subcuenca del río Burgay», Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2017.
- [18] K. Jaramillo, «Caracterización Hidrológica e Hidrogeológica de la Microcuenca del río Tabacay», Universidad Católica de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2018.
- [19] J. Gisbert, S. Ibañez, y H. Moreno, «La textura del suelo», may 2010, Accedido: 29 de julio de 2021. [En línea]. Disponible en: <http://hdl.handle.net/10251/7775>
- [20] R. Sucuzhañay, «Efectos del uso del suelo sobre la calidad del agua, en las captaciones ubicadas en la microcuenca del río Tabacay, pertenecientes a la empresa pública municipal de agua potable, alcantarillado y saneamiento ambiental del cantón Azogues.», Tesis de grado, Universidad de Cuenca, Cuenca, Ecuador, 2017. [En línea]. Disponible en: <https://dspace.ucuenca.edu.ec/bitstream/123456789/27594/1/Tesis%20pdf..pdf>

- [21] M. Matovelle, «Desarrollo de un modelo de calidad de agua para la microcuenca del río Tabacay, cuenca del río Paute en la ciudad de Azogues. Ecuador», Máster Universitario en Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente, Universidad Politécnica de Valencia, Valencia, España, 2016. Accedido: 30 de julio de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://riunet.upv.es/handle/10251/66443>
- [22] S. Morais, A. Palau, y P. Silva, «Aplicação de métodos físicos, químicos e biológicos na avaliação da qualidade das águas em áreas de aproveitamento hidroelétrico da bacia do rio São Tomás, município de Rio Verde - Goiás», *Soc. Nat.*, vol. 21, n.º 3, pp. 393-412, dic. 2009, doi: 10.1590/S1982-45132009000300013.
- [23] N. Morales, «¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos. Propuesta Metodológica», Universidad Nacional de Colombia, Leticia, Colombia, 2011.
- [24] S. Noguez, A. Bager, P. Rocha, L. Isoldi, O. Lauz, y C. Heemann, «Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de qualidade de água na Barragem Santa Bárbara, Pelotas, RS, Brasil», *Ciênc. Rural*, vol. 36, n.º 2, pp. 494-500, abr. 2006, doi: 10.1590/S0103-84782006000200020.
- [25] S. Segnini, «El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente», *Ecotropicos*, vol. 16, n.º 2, pp. 45-63, ene. 2003, [En línea]. Disponible en: http://webdelprofesor.ula.ve/ciencias/segninis/publicaciones/uso_macroinvertebrados.pdf
- [26] R. Ladrera, «Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos», *Páginas Inf. Ambient.*, n.º 39, pp. 24-29, 2012, Accedido: 21 de agosto de 2021. [En línea]. Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=4015812>
- [27] C. Carrera y K. Fierro, Eds., *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*, 1. ed. Quito, Ecuador: EcoCiencia, 2001.
- [28] H. González, E. Crespo, R. Acosta, y H. Hampel, «Guía rápida para la identificación de macroinvertebrados de los ríos altoandinos del Cantón Cuenca.» ETAPA EP, 2018. [En línea]. Disponible en: <https://geo.etapa.net.ec/monitoreoecohidrologico/files/docs/GUIA%20MACROINVERTEBRADOS.pdf>
- [29] J. Mora, «Uso de macroinvertebrados como método de evaluación de la calidad de agua del río Sálina (Atacames – Ecuador)», Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Esmeraldas, Ecuador, 2018.
- [30] M. Buenaño, C. Vásquez, H. Zurina, G. Parra, y R. Pérez, «Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua,

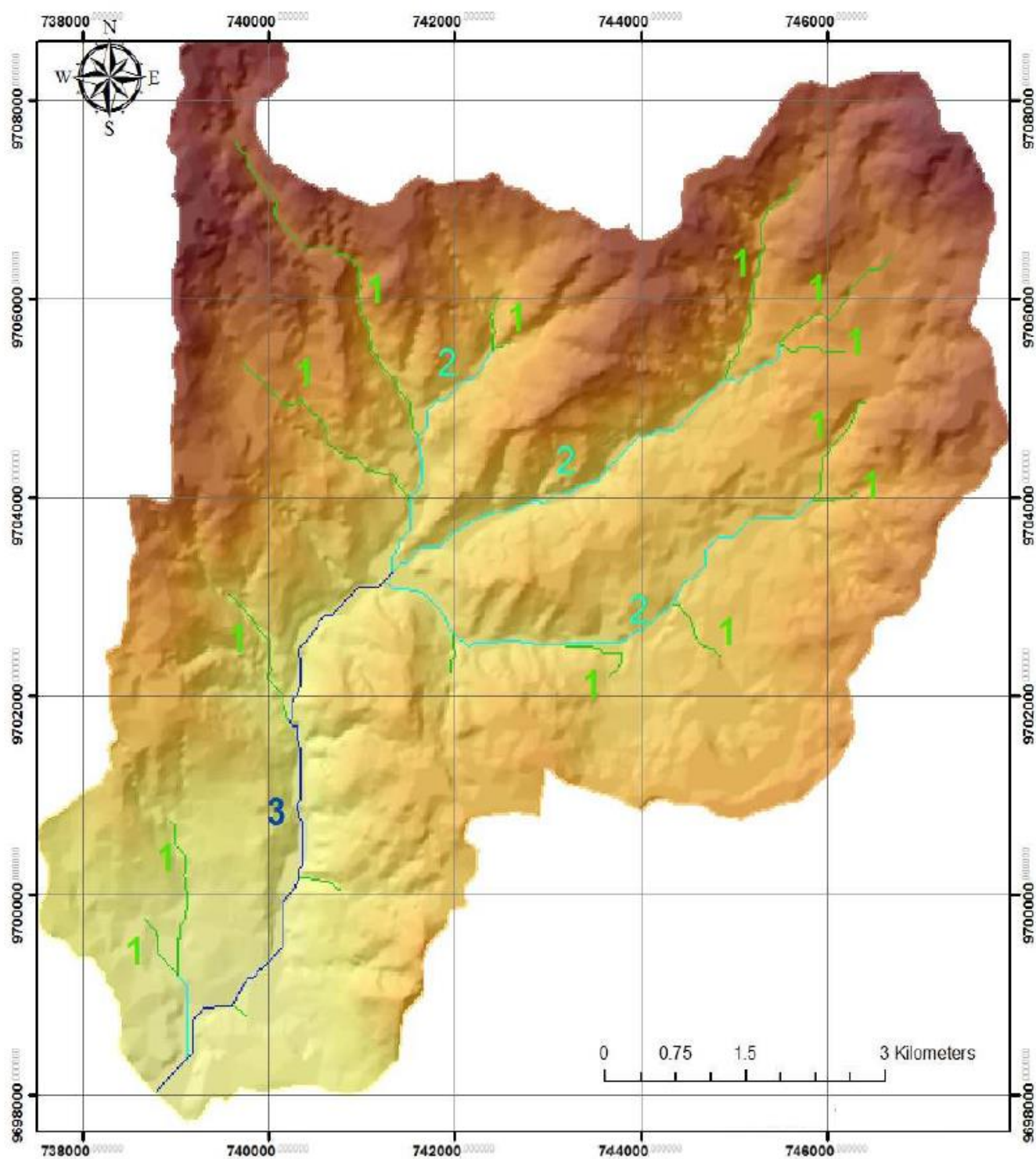
Ecuador | Intropica», *Intropica*, vol. 13, n.º 1, pp. 41-49, dic. 2018, doi: <https://doi.org/10.21676/23897864.2405>.

- [31] G. Roldán, *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia: propuesta para el uso del método BMWP Col*, 1. ed. Medellín, Colombia: Editorial Universidad de Antioquia, 2003.
- [32] S. Luz, *Manual de monitoreo del agua para el investigador local*. Bogotá: Instituto de investigación en recursos biológicos, 2008.
- [33] S. López, D. Huertas, Á. Jaramillo, D. Calderón, y J. L. Díaz, «Aquatic macroinvertebrates as indicators of water quality of the Teusaca river (Cundinamarca, Colombia) S a n t i a g o L ó p e z M e n d o z a *», *Ing. Desarro.*, vol. 37, n.º 2, pp. 269-288, mar. 2020, doi: 10.14482/inde.37.2.6281.

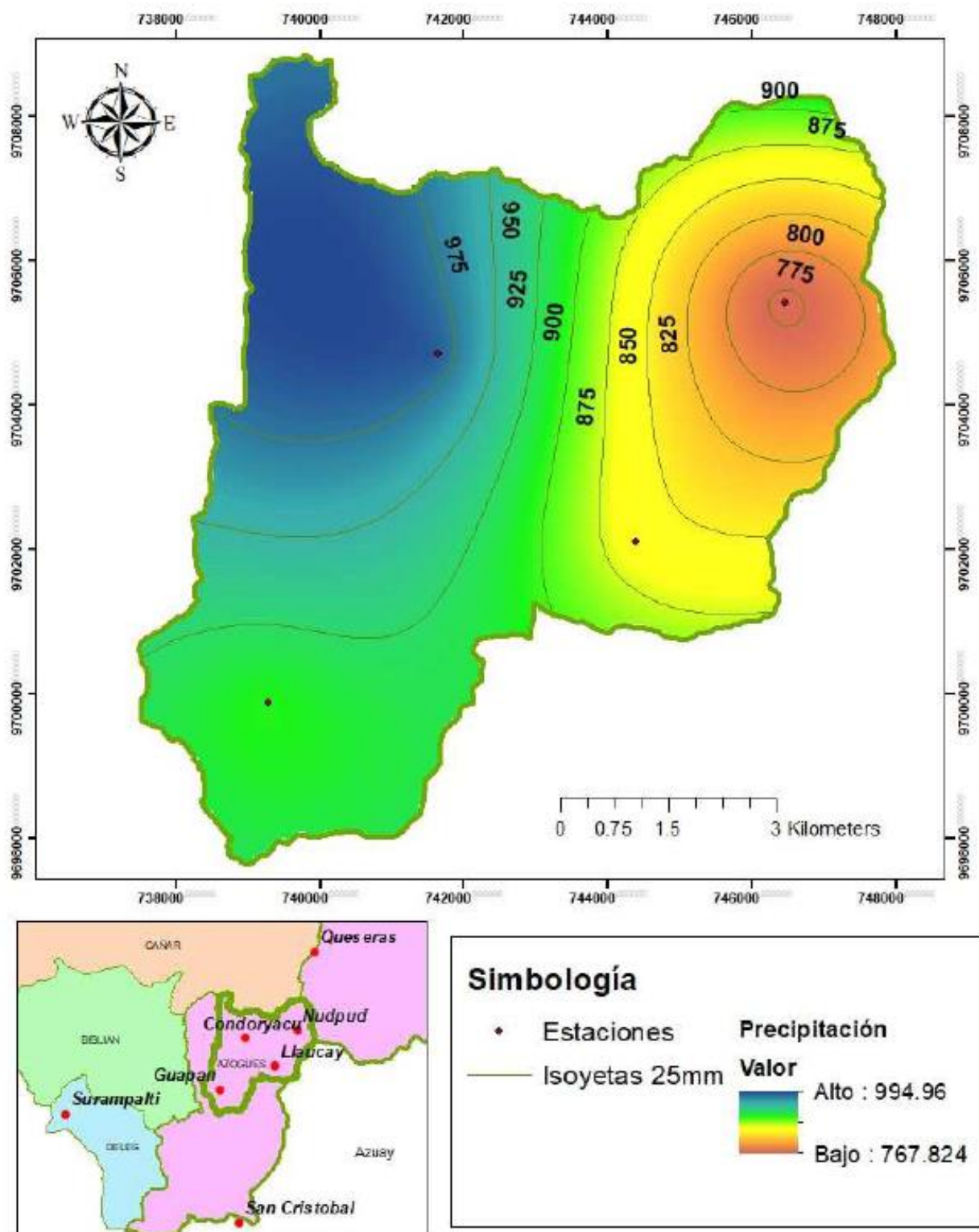
Anexo 1 Mapa de pendientes de la microcuenca del río Tabacay.



Anexo 2 Jerarquización de la red de drenaje de la microcuenca del río Tabacay.



Anexo 3 Mapa de isoyetas de la microcuenca del río Tabacay periodo 2013 -2016. Estaciones pluviométricas



Anexo 4 Clase, ordene, suborden, familia, subfamilia y género de los macroinvertebrados.

Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
Arachnida	Trombidiformes		Hydracarina			
Bivalvia				Sphaeriidae		Sphaerium Pisidium
Gastropoda	Pulmonata			Ancylidae		
				Lymnaeidae		Fossaria Pseudosuccinea
				Physidae		
				Planorbidae		
Hirudinea				Glossiphoniidae		Helobdella Theromyzon
Hydrozoa	Hydroida			Hydridae		Hydra
Insecta	Ephemeroptera			Baetidae		Americabaetis Andesiops Baetodes Camelobaetidius Cloeodes Mayobaetis Nanomis

Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
						Prebaetodes
				Leptohyphidae		Haplohyphes Leptohyphes Tricorythodes
				Leptophlebiidae		Ecuaphlebia Farrodes Thraulodes
				Oligoneuriidae		Lachlania
	Plecoptera			Gripopterygidae		Claudioperla
				Perlidae		Anacroneuria
	Odonata	Anisoptera		Aeshnidae		Allopetalia Rhhinoaeshna
				Gomphidae		
				Libellulidae		Erythrodiplax
		Zygoptera		Coenagrionidae		Argia Ishnura
	Hemiptera			Naucoridae		Limonicoris Cryphocricos
	Coleoptera	Adephaga		Dytiscidae		Rhantus Liodessus
				Gyrinidae		Gyretes

Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
						Gyrinus Andogyrus
		Polyphaga		Hydrophilidae		Tropisternus
				Dryopidae		Helichus
				Elmidae	Larinae	Hexanchorus Pharceonus Pseudodisersus
					Elminae	Austrelmis Austrolimnius Heterelmis Hexacylloepus Huleechius Macrelmis Microcyllloepus Neocyllloepus Neoelmis Notelmis Onychelmis Xenelmis
				Hydraenidae		Hydraena Ochthebius



Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
				Lutrochidae		
				Psephenidae		Pheneps
				Ptilodactylidae		Anchytarsus
				Scirtidae		Cyphon
	Trichoptera			Anomalopsychidae		Contulma
				Calamoceratidae		Phylloicus
				Ecnomidae		Austrotinodes
				Glossomatidae		Mortoniella
				Helicopsychidae		Helicopsyche
				Hydrobiosidae		Atopsyche Cailloma
				Hydropsychidae		Leptonema Smicridea
				Hydroptilidae		Leucotrichia Metrichia Neotrichia Ochrotrichia Oxyethira
				Leptoceridae		Atanatolica Grumichella Nectopsyche



Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
						Triplectides
				Limnephilidae		Anomalocosmoecus
				Odontoceridae		Marilia
				Polycentropodidae		Cyrnellus Polycentropus
				Xiphocentronidae		
	Lepidoptera			Crambidae		Petrophila
	Megaloptera			Corydalidae		Corydalus
	Diptera	Nematocera		Tipulidae		Tipula
				Blephariceridae		Limonicola Paltostoma
				Limoniidae		Hexatoma sp1 Hexatoma sp2 Limonia Molophilus Orimarga Polymera
				Ceratopogonidae	Ceratopogoninae	Alluaudomyia Palpomyia Bezzia Culicoides


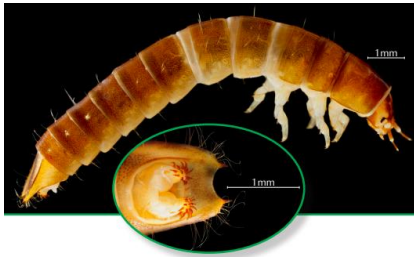
Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
					Forcipomyiinae	Atrichopogon Forcipomyia
				Chironomidae		
				Dixidae		Dixa Dixella
				Psychodidae		Maruina Psychoda Pericoma
				Simuliidae		Gigantodax Simulium
		Brachycera		Tabanidae		Tabanus
				Empididae		Neoplasta Clinocera
				Dolichopodidae		
				Stratiomyidae		
				Athericidae		
				Ephydriidae		
				Muscidae		Limnophora Lispe
				Syrphidae		



Clase	Orden	Suborden	Clado	Familia	Subfamilia	Género
Gordioidea				Gordiidae		
Oligochaeta						
Turbellaria	Tricladida			Dugesiiidae		Girardia
Malacostraca	Amphipoda			Hyalellidae		
	Isopoda					
Ostracoda						



Anexo 5 Identificación de macroinvertebrados zona baja.

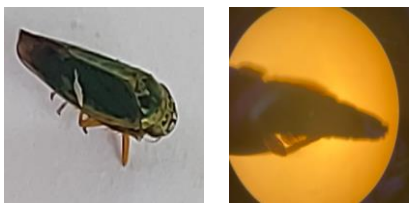
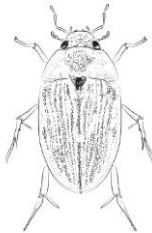
Cuenca Baja							
Clase	Malacostraca	Orden		Familia	Isopoda	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción: El cuerpo consta de tres regiones, la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza posee dos pares de antenas; el primero está bien desarrollado y lo utilizan para explorar, saborear y oler la comida; el segundo par de antenas es pequeño e invisible externamente.</p>							



Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Elmidae	Género	Austrelmis
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo color marrón oscuro, con segmentación muy evidente y prominente. • Presencia de un punto (mancha) oscuro en los laterales de cada segmento torácico y abdominal. • Dorso del último segmento abdominal suele tener un reborde medio. 							

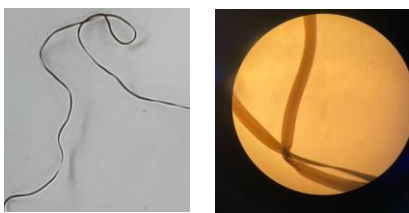
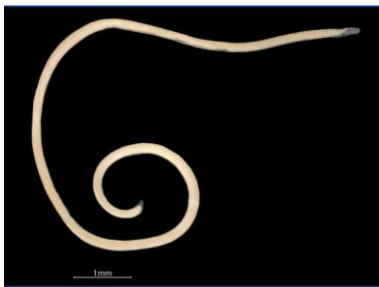
Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Ptilodactylidae	Género	Anchytarsus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Último segmento abdominal ventralmente con una cámara expuesta (sin opérculo) que lleva ganchos y papilas o filamentos. • Ancho del tórax y abdomen similares. • Patas bien desarrolladas, pero cortas. 							

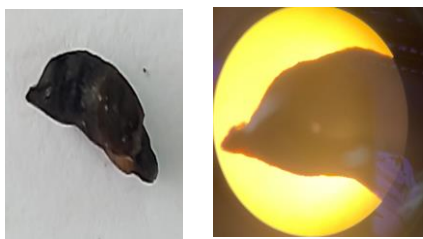

Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Dytiscidae	Género	Rhantus
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Margen anterior del frontoclípeo no prolongado hacia delante en una estructura a modo de nariz (nasale), con el margen anterior en una curva regular; último segmento de la antena simple. • Dos últimos segmentos abdominales sin hileras laterales de setas natatorias. • Cabeza con los márgenes laterales con muchas espinas cortas, mandíbulas con un canal cerrado a lo largo del margen interno. • Fémures, tibias y tarsos con setas natatorias. • Urofongos unisegmentados, moderadamente largos (1,5 veces más grandes que el último segmento). 							



Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Elmidae	Género	Macrelmis
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo aplanado dorsoventralmente. • Región anterior de la cabeza con un diente prominente entre el cípeo y la base de la antena. • Textura lustrosa y color marrón oscuro. • Región ventral del meso y metatórax con cinco escleritos ventrales: un esclerito anterior sub-pentagonal y dos pares laterales. • Escleritos pleurales del abdomen presentes hasta el segmento siete. 							


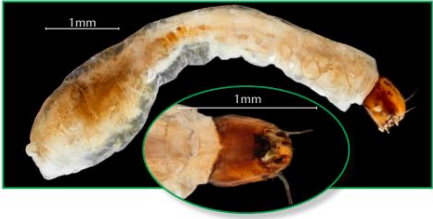
Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Hydrophilidae	Género	Tropisternus
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Longitud entre 5-15 mm. • Procesos Meso y metaesternales prolongados formando una punta o quilla larga y aguda y continua. • Esternitos abdominales caudales enteramente pubescentes. 							



Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Ephemeroptera	Familia	Oligoneuriidae	Género	Lachlania
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Presenta dos filamentos caudales. • Presencia de pelos en la tibia y fémur. 							

Cuenca Baja							
Clase	Gordioidea	Orden	0	Familia	Gordiidae	Género	
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: Gusanos Nematomorfos parásitos de artrópodos y sanguijuelas. Su coloración varía de blanco amarillento a pardo o gris. No presenta anillos ni segmentos. Su cuerpo es largo y liso. Carecen de sistema respiratorio, circulatorio y excretor.							


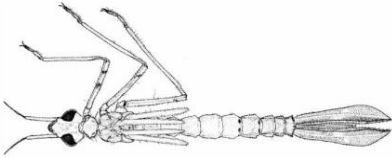
Cuenca Baja							
Clase	Gastropoda	Orden	Pulmonata	Familia	Lymnaeidae	Género	Fossaria
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: Espira breve con 3 vueltas, concha delgada y frágil. Abertura de la concha más larga que ancha.							



Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Elmidae	Género	Macrelmis
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Pronoto con dos carinas laterales. • Élitros con una corta estria accesoria (estria incompleta) entre la primera y segunda estrias. 							



Cuenca Baja							
Clase	Insecta	Orden	Diptera	Familia	Simuliidae	Género	Gigantodax
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Esclerito anal con un esclerito accesorio que forma un anillo completo alrededor de la porción posterior del cuerpo. • Mandíbulas con tres dientes externos. • Cabeza usualmente de color gris claro con manchas oscuras. • Gula sin una muesca o hendidura postgenal. 							



Cuenca Baja							
Clase	Malacostraca	Orden	Amphipoda	Familia	Hyalellidae	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <p>Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola). Cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereopodos, en los machos el segundo par es más largo que el resto. Son de color anaranjado que suele ponerse blanco al ser conservados.</p>							

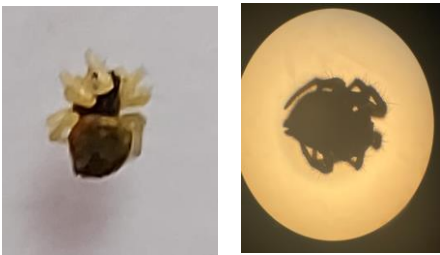

Anexo 6 Identificación de macroinvertebrados zona media.



Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Odonata	Familia	Coenagrionidae	Género	Argia
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción: Familia cosmopolita y más diversa del suborden Zygoptera, presentes en todo tipo de ambientes acuáticos lénticos y lóticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primer segmento de la antena más corto que la longitud combinada de los otros segmentos. • Premento subtriangular no peciolado, margen anterior (lígula) entero, sin incisión ni concavidad media. • Poseen láminas traqueales alargadas foliáceas y ensanchadas gradualmente hacia el ápice. 							



Cuenca Media							
Clase	Gastropoda	Orden	Pulmonata	Familia	Physidae	Género	
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción: Posee una concha alargada sin opérculo, con la abertura hacia el lado izquierdo. Su clasificación a nivel genérico para América del Sur no he llegado a un consenso, ya que la diagnosis de los géneros utilizando las conchas no es clara, debido a la ausencia de caracteres distintivos.</p>							


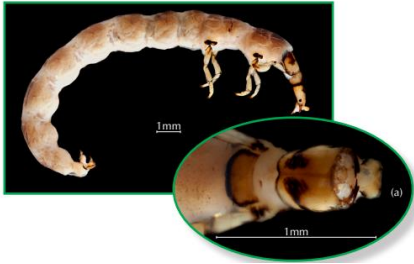
Cuenca Media							
Clase	Malacostraca	Orden	Amphipoda	Familia	Hyalellidae	Género	
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción: Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola). Cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos, en los machos el segundo par es más largo que el resto. Son de color anaranjado que suele ponerse blanco al ser conservados.</p>							



Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Plecoptera	Familia	Gripopterygidae	Género	Claudioperla
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Cabeza con tres ojos simples (ocelos). En larvas no maduras es frecuente que no sean evidentes. • Longitud de las antenas menor que la mitad del tamaño del cuerpo. • Palpos maxilares aparentemente de cuatro segmentos (cuarto y quinto segmentos fusionados). • Pterotecas presentes y alargadas. • Patas fuertes con el primer y segundo segmento tarsal de igual longitud. • Abdomen con traqueobranquias caudales. • Cercos con más de veinte segmentos. 							


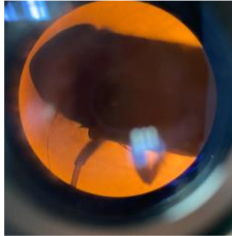

Cuenca Media							
Clase	Arachnida	Orden	Trombidiformes	Familia	Hydracarina	Género	
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción:</p> <p>Verdaderos ácaros acuáticos, reconocidos por colores brillantes, que van desde el rojo intenso al azul, o diferentes gamas de entre el verde y el amarillo.</p>							




Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Dytiscidae	Género	Rhantus
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Margen anterior del frontoclípeo no prolongado hacia delante en una estructura a modo de nariz (nasale), con el margen anterior en una curva regular; último segmento de la antena simple. • Dos últimos segmentos abdominales sin hileras laterales de setas natatorias. • Cabeza con los márgenes laterales con muchas espinas cortas, mandíbulas con un canal cerrado a lo largo del margen interno. • Fémures, tibias y tarsos con setas natatorias. • Urofongos unisegmentados, moderadamente largos (1,5 veces más grandes que el último segmento). 							



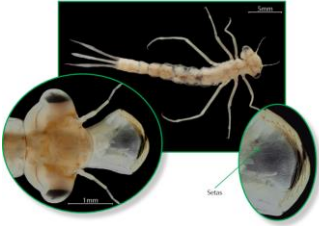
Cuenca Media							
Clase	Malacostraca	Orden		Familia	Isopoda	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: El cuerpo consta de tres regiones, la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza posee dos pares de antenas; el primero está bien desarrollado y lo utilizan para explorar, saborear y oler la comida; el segundo par de antenas es pequeño e invisible externamente.							



Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Trichoptera	Familia	Hydrobiosidae	Género	Atopsyche
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Tibia y tarso de la pata anterior no fusionados. • Proesterno con tres escleritos, el central es notoriamente mas grande (a). • Esclerito central grande. 							

Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Plecoptera	Familia	Perlidae	Género	Anacronuria
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Larvas de cuerpo alargado, de tamaño mediano a grande de coloración variable: amarillo pálido, pardo o marrón oscuro. • Tórax con pterotecas poco desarrolladas. • Branquias filamentosas blancas y cortas dispuestas en penacho, ubicadas en el margen posterior de las tres coxas. Las coxas anteriores llevan adicionalmente branquias en su margen anterior. (a) • Patas de tipo caminador con pilosidad evidente. 							


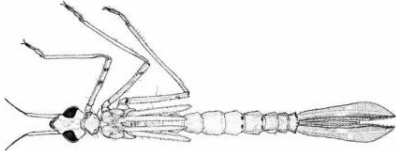
Cuenca Media							
Clase	Turbellaria	Orden	Tricladida	Familia	DugesIIDae	Género	Girardia
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> Organismos de simetría bilateral, de cuerpo blando (aunque muertos suelen tornarse duros) y epidermis ciliada. Aplanados dorsoventralmente. Se caracterizan porque su cabeza termina en forma de flecha, aunque cuando los individuos están muertos suele perderse dicha forma. Por lo general de color grisáceo, marrón o negro. Poseen un par de manchas oculares. 							



Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Ephemeroptera	Familia	Baetidae	Género	Americabaetis
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> Presenta dos filamentos caudales. Presencia de pelos en la tibia y fémur. 							


Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Odonata	Familia	Coenagrionidae	Género	Ishnura
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> Premento con setas dorsales (usualmente tres setas largas). Antenas de siete segmentos. Pterotecas de larvas maduras son paralelas al eje del cuerpo. 							



Cuenca Media							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Scirtidae	Género	Cyphon
Imagen en Laboratorio				Imagen de referencia			
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Último segmento abdominal con 2 setas. • Palpo maxilar con 3 segmentos 							



Anexo 7 Identificación de macroinvertebrados zona alta.

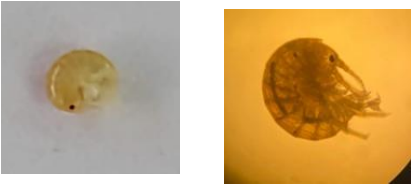

Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Odonata	Familia	Coenagrionidae	Género	Argia
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción: Familia cosmopolita y más diversa del suborden Zygoptera, presentes en todo tipo de ambientes acuáticos lénticos y lóticos.</p> <ul style="list-style-type: none"> • Primer segmento de la antena más corto que la longitud combinada de los otros segmentos. • Premento subtriangular no peciolado, margen anterior (lígula) entero, sin incisión ni concavidad media. • Poseen láminas traqueales alargadas foliáceas y ensanchadas gradualmente hacia el ápice. 							


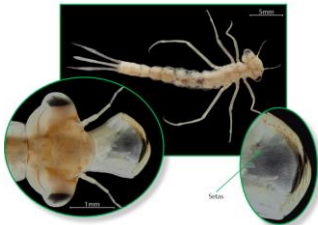
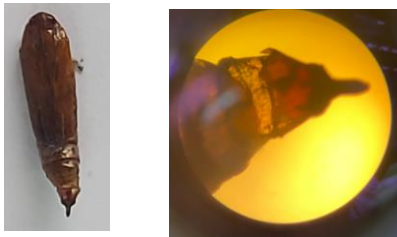



Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Ptilodactylidae	Género	Anchytarsus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Último segmento abdominal ventralmente con una cámara expuesta (sin opérculo) que lleva ganchos y papilas o filamentos. • Ancho del tórax y abdomen similares. • Patas bien desarrolladas, pero cortas. 							



Cuenca Alta							
Clase	Malacostraca	Orden		Familia	Isopoda	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
<p>Descripción: El cuerpo consta de tres regiones, la cabeza, el tórax y el abdomen. La cabeza posee dos pares de antenas; el primero está bien desarrollado y lo utilizan para explorar, saborear y oler la comida; el segundo par de antenas es pequeño e invisible externamente.</p>							



Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Diptera	Familia	Psychodidae	Género	Maruina
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Presenta ventosas ventrales como medio de fijación a los sustratos. • Cuerpo aplanado dorsoventralmente. • Generalmente se encuentra en zonas de rápidos. 							


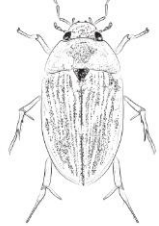
Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Trichoptera	Familia	Polycentropodidae	Género	Cynellus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Uña de la pseudopata anal sin dientes accesorios en el margen interno cóncavo. • Placa dorsal de la pseudopata anal con dos bandas negras que no se cruzan entre sí. 							

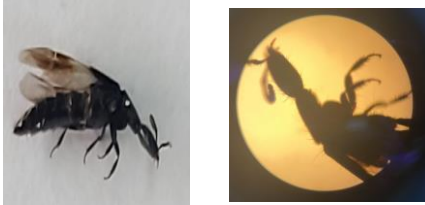

Cuenca Alta							
Clase	Malacostraca	Orden	Amphipoda	Familia	Hyalellidae	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <p>Cuerpo lateralmente comprimido, de 2,5 a 20 mm desde el extremo de la cabeza hasta el extremo del telson (último segmento antes de la cola). Cada segmento del tórax lleva un par de apéndices que comprenden 7 pares de pereiópodos, en los machos el segundo par es más largo que el resto. Son de color anaranjado que suele ponerse blanco al ser conservados.</p>							


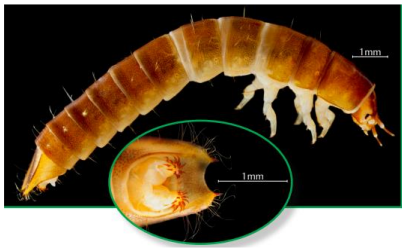
Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Odonata	Familia	Coenagrionidae	Género	Ishnura
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Premento con setas dorsales (usualmente tres setas largas). • Antenas de siete segmentos. • Pterotecas de larvas maduras son paralelas al eje del cuerpo. 							
Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Diptera	Familia	Tabanidae	Género	Tabanus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Cápsula cefálica medianamente desarrollada. • Extremo del abdomen con un sifón corto. • Cuerpo con pseudópodos o estructuras similares en toda su sección. 							
Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Hydraenidae	Género	Hydraena
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Palpos maxilares largos con el segundo segmento largo y angosto, segmento apical igual o más largo que el anterior. • Antenas de 9 segmentos. • Mentón con un proceso apical. • Sin áreas semitransparentes en los bordes laterales del pronoto. 							

Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Lepidoptera	Familia	Crambidae	Género	Petrophila
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Cuerpo aplanado dorsoventralmente. • Cabeza prognata (cápsula cefálica y piezas bucales dirigidas hacia delante). • Tórax y abdomen con numerosas branquias en cada segmento. 							

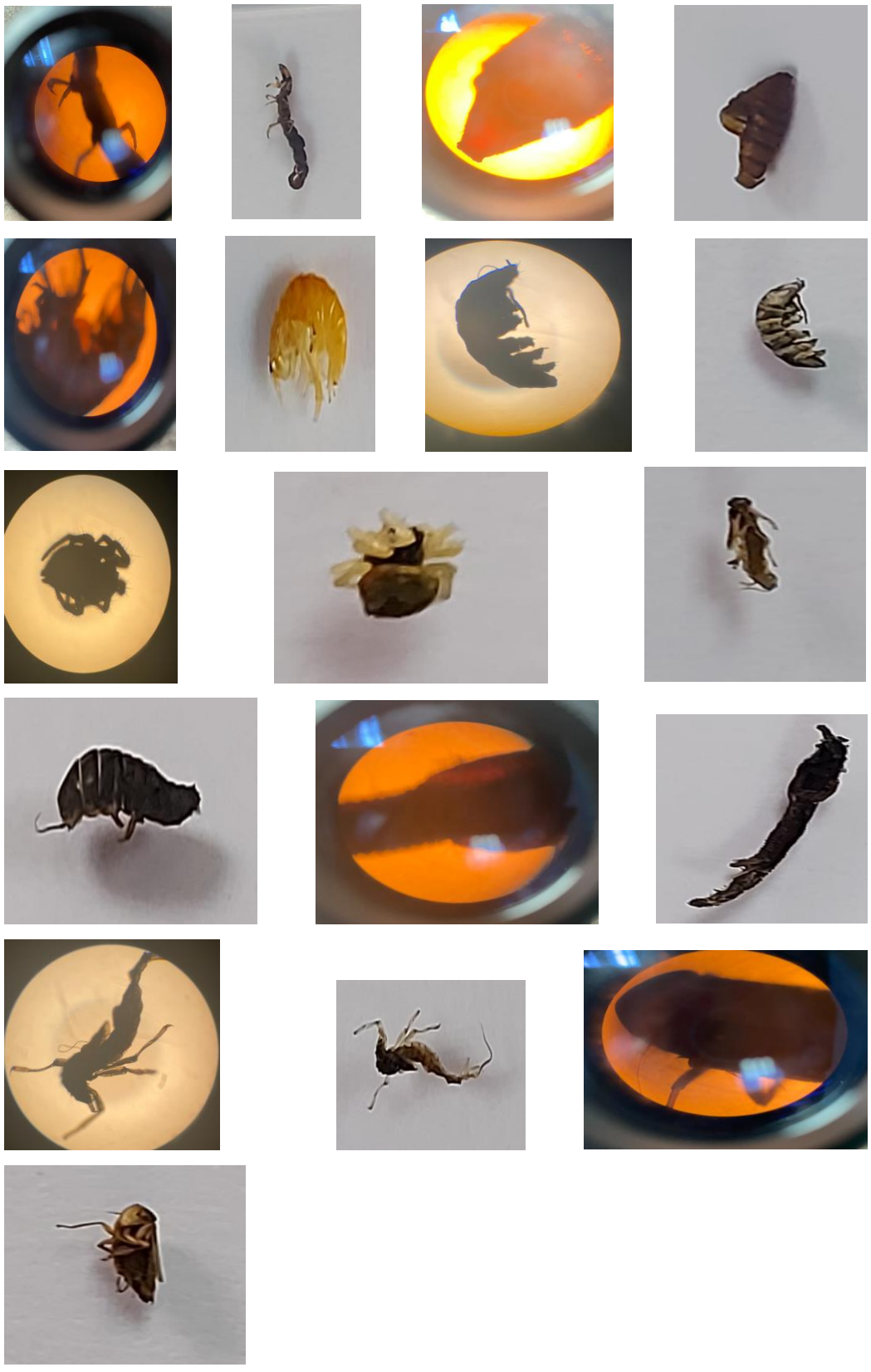
Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Plecoptera	Familia	Perlidae	Género	Anacroneuria
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Larvas de cuerpo alargado, de tamaño mediano a grande de coloración variable: amarillo pálido, pardo o marrón oscuro. • Tórax con pterotecas poco desarrolladas. • Branquias filamentosas blancas y cortas dispuestas en penacho, ubicadas en el margen posterior de las tres coxas. Las coxas anteriores llevan adicionales branquias en su margen anterior. (a) • Patas de tipo caminador con pilosidad evidente. 							

Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Hydrophilidae	Género	Tropisternus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Longitud entre 5-15 mm. • Procesos Meso y metaesternales prolongados formando una punta o quilla larga y aguda y continua. • Esternitos abdominales caudales enteramente pubescentes. 							

Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Odonata	Familia	Gomphidae	Género	
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Abdomen robusto, terminado en pirámide anal (a). • Prementón plano, no cubre labro y clipeo (b). • Antena de 3 a 4 segmentos, con segmento 3 más largo que la mitad de la longitud de la antena. 							

Cuenca Alta							
Clase	Insecta	Orden	Coleoptera	Familia	Ptilodactylidae	Género	Anchytarsus
Imagen en Laboratorio			Imagen de referencia				
							
Descripción: <ul style="list-style-type: none"> • Último segmento abdominal ventralmente con una cámara expuesta (sin opérculo) que lleva ganchos y papilas o filamentos. • Ancho del tórax y abdomen similares. • Patas bien desarrolladas, pero cortas. 							

Anexo 8 Fotografías





Anexo 9 Certificado de centro de Idiomas



Abstract

REDROVAN CALLE SONIA FABIOLA

There are several reasons why the water quality of a stream should be analyzed, since it is considered one of the most important resources available for its ecosystems and the health of a population; for this reason, the analysis of physical-chemical and biological conditions is fundamental to determine its status and possible uses.

The main objective of this research is to establish the water quality of the Tabacay River, in accordance with the presence of macroinvertebrate aquatic organisms, through the Biological Monitoring Working Party (BMWP) methodology, which provides an established score for different organisms found in the area, serving as bioindicators to establish the condition of the water. It is very important to emphasize that the analysis was based on samples obtained in the field for their subsequent recognition and identification of the family and order to which each organism belongs, with the purpose of determining the quality of the river's water.

The results obtained include an analysis of each of the zones that were studied, in the upper, middle and lower zones. In the lower zone, according to the methodology applied, a score of 79 was obtained, which is equivalent to an acceptable water quality; in the middle zone of the river, 84 points were obtained, giving an acceptable water quality; and in the upper zone of the river, 97 points given an acceptable water quality.

Keywords: water, quality, contamination, macroinvertebrates

Azogues, 21 de marzo de 2022

EL CENTRO DE IDIOMAS DE LA UNIVERSIDAD CATÓLICA DE CUENCA, CERTIFICA QUE EL DOCUMENTO QUE ANTECEDE FUE TRADUCIDO POR PERSONAL DEL CENTRO PARA LO CUAL DOY FE Y SUSCRIBO.



Abg. Liliana Urgilés Amoroso, Mgs.
COORDINADORA CENTRO DE IDIOMAS AZOGUES

www.ucacue.edu.ec

Anexo 10 Certificado de Antiplagio.



UCACUE-CAVU-UT-2022-001-AP
Azogues, 04 de marzo de 2022

Ingeniero
Ricardo Romero González
DIRECTOR DE CARRERA

Ingeniero
Luis Idrovo Ortiz
DOCENTE TUTOR DE TRABAJO DE TITULACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES
Ciudad

ASUNTO: Índice de similitud del trabajo de titulación del estudiante
REDROVÁN CALLE SONIA FABIOLA.

REFERENCIA: UCCSA-JC-010-21

Reciban un cordial y atento saludo; en atención a la solicitud en referencia, adjunto el presente informe de similitud *Turnitin* del trabajo de titulación: "**ANÁLISIS DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TABACAY A TRAVÉS DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICO**", elaborado por el estudiante **REDROVÁN CALLE SONIA FABIOLA**. El resultado presenta un índice de similitud del **NUEVE POR CIENTO (10%)**, siendo igual al límite de lo establecido en el *Reglamento de la Unidad de Titulación*, y en consecuencia **APTO** para continuar con el proceso de titulación. Adjunto el documento completo revisado por el sistema Turnitin.

RedrovanCalle-E1

INFORME DE ORIGINALIDAD			
10%	10%	2%	%
INDICE DE SIMILITUD	FUENTES DE INTERNET	PUBLICACIONES	TRABAJOS DEL ESTUDIANTE
FUENTES PRIMARIAS			
1	www.repositorio.usac.edu.gt Fuente de Internet		2%
2	repository.usta.edu.co Fuente de Internet		1%

Particular que pongo a su conocimiento para fines pertinentes.

Atentamente;
DIOS, PATRIA, CULTURA Y DESARROLLO


Ing. Cristian Arturo Vintimilla Ulloa MSc.
RESPONSABLE DE UNIDAD DE TITULACIÓN
INGENIERÍA CIVIL SEDE AZOGUES

Anexo 11 Certificado de no adeudar libros a la biblioteca



Universidad
Católica
de Cuenca

**CERTIFICADO DE NO ADEUDAR LIBROS EN
BIBLIOTECA**


CÓDIGO: F – DB – 31
VERSION: 01
FECHA: 2021-04-15
Página 1 de 1

El Bibliotecario de la Sede Azogues

CERTIFICA:

Que, **Sonia Fabiola Redrován Calle** portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0301661658** de la Carrera de **Ingeniería Civil**, Sede Azogues, Modalidad de estudios presencial no adeuda libros, a esta fecha.

Azogues, **22 de marzo del 2022**


Byron Alonso Torres Romo
Bibliotecario



Anexo 12 Autorización de Publicación en el Repositorio Digital



Universidad
Católica
de Cuenca

**AUTORIZACIÓN DE PUBLICACIÓN EN EL
REPOSITORIO INSTITUCIONAL**

CÓDIGO: F – DB – 30
VERSION: 01
FECHA: 2022-03-22
Página 1 de 1

Sonia Fabiola Redrován Calle portador(a) de la cédula de ciudadanía N° **0301661658**. En calidad de autor/a y titular de los derechos patrimoniales del trabajo de titulación "**Análisis de la calidad del agua del río Tabacay a través de macroinvertebrados acuáticos**" de conformidad a lo establecido en el artículo 114 Código Orgánico de la Economía Social de los Conocimientos, Creatividad e Innovación, reconozco a favor de la Universidad Católica de Cuenca una licencia gratuita, intransferible y no exclusiva para el uso no comercial de la obra, con fines estrictamente académicos y no comerciales. Autorizo además a la Universidad Católica de Cuenca, para que realice la publicación de éste trabajo de titulación en el Repositorio Institucional de conformidad a lo dispuesto en el artículo 144 de la Ley Orgánica de Educación Superior.

Azogues, **16 de marzo de 2022**

F: 

Sonia Fabiola Redrován Calle

C.I. 0301661658