



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

FACULTAD DE CIENCIAS

CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

**DINAMISMO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS DEL RIO GALA DEL CANTÓN CAMILO PONCE
ENRÍQUEZ**

Trabajo de Titulación

Tipo: Proyecto de Investigación

Presentado para optar al grado académico de:

INGENIERO EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

AUTOR: ALEX OSWALDO ESCOBAR CABAY

DIRECTOR: Dr. CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO PhD.

Riobamba – Ecuador

2021

© 2021, Escobar Cabay Alex Oswaldo

Se autoriza la reproducción total o parcial, con fines académicos por cualquier medio o procedimiento, incluyendo la cita bibliográfica del documento, siempre y cuando se reconozca el Derecho de Autor

Yo, ALEX OSWALDO ESCOBAR CABAY declaro que el presente Trabajo de Titulación es de mi autoría y los resultados del mismo son auténticos. Los textos en el documento que provienen de otras fuentes están debidamente citados y referenciados.

Como autor asumo la responsabilidad legal y académica de los contenidos de este trabajo de Titulación. El patrimonio intelectual pertenece a la Escuela Superior Politécnica de Chimborazo.

Riobamba, 01 de abril de 2021

A handwritten signature in blue ink, appearing to read 'Alex Oswaldo Escobar Cabay', written over a horizontal line.

Alex Oswaldo Escobar Cabay

060435944-8

ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO
FACULTAD DE CIENCIAS
CARRERA DE INGENIERÍA EN BIOTECNOLOGÍA AMBIENTAL

El Tribunal de Trabajo de Titulación certifica que: El Trabajo de Titulación; Tipo: Proyecto de Investigación: **DINAMISMO BIOLÓGICO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS DEL RIO GALA DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ** realizado por el señor **ALEX OSWALDO ESCOBAR CABAY**, ha sido minuciosamente revisado por los Miembros del Tribunal del Trabajo de Titulación, el mismo que cumple con los requisitos científicos, técnicos, legales, en tal virtud el Tribunal autoriza su presentación.

	FIRMA	FECHA
Ing. Cristina Gabriela Calderón Tapia MsC. PRESIDENTE DEL TRIBUNAL	 Firmado electrónicamente por: CRISTINA GABRIELA CALDERON TAPIA	01 de abril de 2021
Dr. Celso Guillermo Recalde Moreno PhD. DIRECTOR DEL TRABAJO DE TITULACIÓN	CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO  Firmado digitalmente por CELSO GUILLERMO RECALDE MORENO Fecha: 2021.11.08 22:31:55 -05'00'	01 de abril de 2021
Ing. Ana Rafaela Pacurucu Reyes MsC. MIEMBRO DEL TRIBUNAL	ANA RAFAELA PACURUCU REYES  Firmado digitalmente por ANA RAFAELA PACURUCU REYES Fecha: 2021.11.08 17:32:11 -05'00'	01 de abril de 2021

DEDICATORIA

Me tomo el espacio necesario para expresar que este trabajo de titulación es el resumen completo que fue vivir un proceso de desarrollo profesional y quienes en mi camino fueron, son y serán inspiración. A mi madre y padre que fueron gran apoyo, a mi abuela quien formo mi carácter y dijo en lo que sea, pero el mejor. Esto es apenas la primera escalera de mi éxito personal. Soy ser humano extraordinario, se y vivo un mundo diferente sé que de lo tradicional hay algo diferente. Sal, busca, investiga, crece y desarróllate personalmente y repite después de mí, soy millonario, tengo una mente millonaria. Feliz y agradecido.

Alex

AGRADECIMIENTO

A mi Madre quien fue testigo de todo mi desarrollo, fue quien me formó mi Ser, mi carácter, gracias por soportar mi juventud, creo que el amor de madre es infinito y ella es a quien agradezco todo el aprendizaje en mi vida y es por eso que tomo la decisión de ser millonario, el dinero no lo es todo, pero realmente es una herramienta que nos ayuda a tomar mejores decisiones, si lees esto amado lector, toma la decisión de hacerte millonario con lo que te apasiona y cumple tu palabra. A mis abuelos con sus frases con entusiasmo en lo que hagas, feliz y agradecido por mi vida y la vida de los seres humanos que me inspiraron en toda mi vida universitaria.

Mi estimada Dianita como me gusta llamarla, mi compañera de oficina en mis prácticas, gracias por el apoyo y el estar al pendiente, creo yo que todo se alinea y llego en el momento perfecto cuando necesitaba hacer la tesis, gracias por el apoyo.

A mi tutor de tesis Dr. Celso Recalde, quien admiro por su liderazgo, carácter, paciencia y amor, así es, es un gran ser humano es fuente de inspiración y dedicación, un gran ejemplo de trabajo y esfuerzo. Gracias.

A mis amigos, colegas, socios y compañeros. Realmente fueron, son y serán las mejores causalidades que pasaron en mi vida universitaria.

Alex

TABLA DE CONTENIDOS

ÍNDICE DE TABLAS	ix
ÍNDICE DE FIGURAS	x
ÍNDICE DE GRÁFICOS	xi
RESUMEN	xii
ABSTRACT	xiii
INTRODUCCIÓN	1

CAPÍTULO I

1.	MARCO TEÓRICO REFERENCIAL	4
1.1.	El Agua	4
1.2.	Cuenca hidrográfica	4
1.3.	Humedales	5
1.4.	Ubicación y puntos de muestreo	7
1.4.1.	<i>Medición de caudales</i>	7
1.4.2.	<i>Macroinvertebrados acuáticos</i>	7
1.4.3.	<i>Método de Molinete</i>	7
1.4.4.	<i>Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos</i>	9
1.4.5.	<i>Neuston</i>	9
1.4.6.	<i>Necton</i>	9
1.4.7.	<i>Bentos</i>	10
1.4.8.	<i>Adaptaciones a la vida en el agua</i>	11
1.4.9.	<i>Respiración Hidropnéustica</i>	11
1.4.10.	<i>Respiración aeropnéstica</i>	11
1.5.	Índices relacionados con la calidad del agua	12
1.5.1.	<i>Índice ICA</i>	12
1.5.2.	<i>Índice ABI</i>	13
1.6.	Análisis de la calidad de agua	13
1.6.1.	<i>Parámetros físicos</i>	14
1.6.1.1.	<i>Conductividad</i>	14
1.6.1.2.	<i>Turbidez</i>	14
1.6.1.3.	<i>Temperatura</i>	14
1.6.1.4.	<i>SD</i>	14

1.6.2.	<i>Parámetros químicos</i>	15
1.6.2.1.	<i>Alcalinidad</i>	15
1.6.2.2.	<i>Cloruros</i>	15
1.6.2.3.	<i>DBO5</i>	15
1.6.2.4.	<i>Fósforo total</i>	15
1.6.2.5.	<i>Nitrógeno Total</i>	15
1.6.2.6.	<i>Nitrógeno Amoniacal</i>	16
1.6.2.7.	<i>Oxígeno Disuelto</i>	16
1.6.2.8.	<i>pH</i>	16
1.6.2.9.	<i>Nitratos</i>	16
1.6.2.10.	<i>Fosfatos</i>	16
1.6.3.	<i>Parámetros biológicos</i>	17
1.6.3.1.	<i>Coliformes Fecales</i>	17
1.6.3.2.	<i>Coliformes totales</i>	17
1.7.	La minería	17
1.7.1.	<i>La minería en Ecuador</i>	18
1.7.2.	<i>Tipos de minerías en Ecuador</i>	18
1.7.3.	<i>Efectos de la minería a cielo abierto</i>	19
1.8.	Cantón Camilo Ponce Enríquez	19
1.8.1.	<i>Río Gala</i>	20
1.8.2.	<i>Ubicación geográfica</i>	20
1.8.3.	<i>Dinamismo de los Macroinvertebrados</i>	20
1.8.4.	<i>Incidencia de la actividad Minera en el rio Gala</i>	21
1.8.5.	<i>Uso actual del suelo</i>	21
1.9.	Base legal	24
1.9.1.	<i>Constitución de la República del Ecuador</i>	24
1.9.2.	<i>Recursos Hídricos: Ley orgánica, Usos y Aprovechamiento</i>	25

CAPÍTULO II

2.	METODOLOGÍA	27
2.1.	Descripción del área de estudio	27
2.2.	Puntos de muestreo	28
2.3.	Medición de caudales	30
2.4.	Mediciones in situ	30

2.5.	Recolección y muestreo de macroinvertebrados	32
2.6.	Identificación de macroinvertebrados	32
2.7.	Cálculo del índice ABI	32
2.8.	Cálculo del ICA	35
2.9.	Análisis estadístico.....	36
2.9.1.	<i>Operacionalización de Variables</i>	36
2.9.2.	<i>Formulación de la hipótesis</i>	36
2.9.3.	<i>Técnicas</i>	37

CAPÍTULO III

3.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	38
3.1.	Aspectos biológicos	38
3.2.	Aspectos físico-químicos	45
3.3.	Análisis estadístico.....	52
3.3.1.	<i>Dendrograma Clúster</i>	52
3.3.2.	<i>CART</i>	53
3.3.3.	<i>Análisis Clúster</i>	56
3.3.4.	<i>Análisis Cart</i>	56

CONCLUSIONES	57
--------------------	----

RECOMENDACIONES.....	58
----------------------	----

BIBLIOGRAFÍA

ANEXOS

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1-1: Clasificación de cuencas, Subcuenca, microcuencas, sector y unidad.....	5
Tabla 2-1: Humedales del Ecuador según el Ramsar.	6
Tabla 3-1: Ponderaciones para parámetros propuestos por el índice ICA por la NSF.	12
Tabla 4-1: Rangos de calidad del agua según el índice WQI.	13
Tabla 5-1: Valores para la calidad del agua según el índice ABI.	13
Tabla 6-1: Uso de suelo en Camilo Ponce Enríquez.....	22
Tabla 1-2: Coordenadas de muestreo	29
Tabla 2-2: Métodos de ensayo para la caracterización de los parámetros físico-químicos y microbiológicos	31
Tabla 3-2: Puntajes para la calidad del agua según el índice ABI.	33
Tabla 4-2: Ponderaciones de los parámetros por el índice ICA.....	35
Tabla 5-2: Operacionalización de variables	36
Tabla 1-3: Operacionalización de variables	45

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1-1: Ejemplo clasificación para una Cuenca Hidrográfica de Orden 4	5
Figura 2-1: Macroinvertebrados neuston en un ecosistema acuático.....	9
Figura 3-1: Macroinvertebrados bentos en un ecosistema acuático.....	10
Figura 4-1: Macroinvertebrados bentos en un ecosistema acuático.....	10
Figura 5-1: Macroinvertebrados acuáticos que utilizan respiración hidropnéustica.	11
Figura 6-1: Macroinvertebrados acuáticos que utilizan respiración hidropnéustica.	12
Figura 7-1: Uso actual del suelo en el cantón Camilo Ponce Enríquez.....	22
Figura 8-1: Uso actual del suelo en la cuenca del río Gala en el cantón Camilo Ponce Enríquez.	23
Figura 1-2: Ubicación del Cantón Ponce Enríquez y el Río Gala	27
Figura 2-2: Mapa de los puntos de muestreo.....	28

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1-3:	Distribución porcentual de familias durante el muestreo	38
Gráfico 2-3:	Distribución porcentual de familias durante el muestreo	39
Gráfico 3-3:	Distribución absoluta de individuos por familia en los puntos de muestreo 1 y 2	39
Gráfico 4-1:	Distribución porcentual de los individuos por familia en los puntos de muestreo 1 y 2.....	40
Gráfico 5-3:	Distribución absoluta de los individuos por familia en los puntos de muestreo 3, 4 y 5.....	40
Gráfico 6-3:	Distribución porcentual de la riqueza de familias por sitio de muestreo	41
Gráfico 7-3:	Distribución porcentual de la riqueza de familias por sitio de muestreo	41
Gráfico 8-3:	El índice ABI en puntos de muestreo	42
Gráfico 9-3:	Representación de la variación de los puntos con respecto al Índice ICA.....	48
Gráfico 10-3:	Representación de la variación de los puntos con respecto al Índice ICA.....	51
Gráfico 11-3:	Variación del índice DBO.....	52
Gráfico 12-3:	Porcentaje de similitud entre las estaciones muestreadas de acuerdo a la estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros físico-químicos con respecto a las muestras de agua en la época de invierno.....	53
Gráfico 13-3:	Clasificación en dos grupos de invierno	54
Gráfico 14-3:	Clasificación de las variables según los puntos de muestreo.....	55
Gráfico 15-3:	Clasificación de los grupos	56

RESUMEN

En el estudio realizó monitoreos en la cuenca del Río Gala para medir la calidad del agua con parámetros físico-químicos, biológicos y el uso de bioindicadores, se tomó 5 muestras de agua mediante un muestreo puntual, los parámetros analizados, son de vital importancia por la zona de estudio en la que se encuentra la cuenca, en adición de las recomendaciones que se mencionan en el TULSMA. El estudio pudo determinar un total de 3592 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron: Baetidae 31,84%, Leptophlebiidae 12,52%, Hydropsychidae 12,30% (Trichoptera), Elmidae 10,91% (Coleóptera) y Leptohyphidae 9,35% (Ephemeroptera), siendo el orden Ephemeroptera el más frecuente ya que constituyó el 53,73% de individuos; además, la familia de los Baetidae fue la más representativa con 1144 individuos. Dentro de los parámetros físico-químicos, se analizaron sólidos totales y disueltos, dureza, Demanda Química de Oxígeno (DQO), fósforo, oxígeno disuelto y turbiedad en agua; teniendo en cuenta que en general se obtuvo una calidad del agua. Los análisis estadísticos Clúster y Cart evidenciaron diferencias e influencias de acuerdo con los parámetros biológicos y físico-químicos entre los puntos que presentan minería y los que no tienen esta actividad, principalmente en el punto 1 de las aguas del río Gala. Según los índices de calidad de agua (ICA) e índice biológico andino (ABI) se hallaron ciertas particularidades en las propiedades de la calidad del agua, en el caso de los puntos 5 y 4 las propiedades lo clasifican como Aceptable y Buena (verde) respectivamente, las demás coordenadas visibilizaron una muy baja calidad de agua debido a la coloración de la misma. Los resultados hallados reflejan que los índices ICA y ABI muestran resultados semejantes en cuanto a la valoración de calidad del agua.

Palabras clave: <INGENIERÍA AMBIENTAL>, <RIO GALA>, <MINERÍA>, <DEMANDA QUÍMICA DE OXIGENO>, <ÍNDICES DE CALIDAD DE AGUA (ICA)>, <ÍNDICE BIOLÓGICO ANDINO (ABI)>

Firmado electrónicamente por:
ELIZABETH FERNANDA AREVALOMEDINA



1513-DBRAI-UPT-2021

ABSTRACT

The aim of the research was based on the monitoring of Gala River basin to measure the water quality through physical-chemical and biological parameters and the use of bioindicators. 5 water samples were taken through a punctual sampling, the parameters analyzed are essential for the study area where the basin is located, in addition to the recommendations mentioned in the TULSMA legislation. The study determined a total of 3592 people from 52 families in groups of 14, where the five most representative taxa were: Baetidae 31.84%, Leptophlebiidae 12.52%, Hydropsychidae 12.30% (Trichoptera), Elmidae 10.91% (Coleoptera) and Leptohiphidae 9.35% (Ephemeroptera), being Ephemeroptera the most frequent percentage with 53.73% of people; Furthermore, the Baetidae family was the most representative with 1144 people. Within the physical-chemical parameters, total and dissolved solids, hardness, Chemical Oxygen Demand (COD), phosphorus, dissolved oxygen and turbidity in water were analyzed taking into account that the main purpose was the water quality. The Cluster and Cart statistical analyzes reflected differences and influences according to the biological and physical-chemical parameters between the areas which reflect mining processes and those which do not reflect, especially at point 1 of Gala River waters. According to the water quality indices (WQI) and Andean biological index (ABI), some particularities were found in the properties of water quality and according to the properties, points 5 and 4 are classified as acceptable and good (green) respectively, the other points revealed a very low water quality due to its color. The results reflect that WQI and ABI indices show similar results with regard to the water quality assessment.

Keywords: <ENVIRONMENTAL ENGINEERING>, <PRUNING RESIDUE>, <BIOCARBON>, <PYROLYSIS>, <NITROGEN ADSORPTION>.

INTRODUCCIÓN

El ecosistema acuático es el resultado de la interacción de los organismos que allí viven con una calidad fisicoquímica equilibrada del agua, la atmosfera y el medio terrestre que lo rodea. El agua es el compuesto más abundante sobre la tierra, posee características físicas y químicas que la hacen fundamental y única para el desarrollo de la vida. Por tanto, cualquier alteración que el hombre cause en ella, repercute en las comunidades que la habitan. Además, el agua tiene la capacidad de transportar rápidamente todo tipo de sustancias, incomparable con ningún otro compuesto (Roldan, 2000, p. 51).

En el ámbito de la Biotecnología Ambiental, un ecosistema acuático es un sistema funcional en el cual hay un intercambio cíclico de materia y energía entre los organismos vivos y el ambiente abiótico. Por tanto, la biología y la química están estrechamente relacionadas en la evaluación de las aguas naturales y contaminadas, por cuanto juegan papeles complementarios (Guachía, 2009, p. 25).

El análisis fisicoquímico y bacteriológico ha sido desde tiempos anteriores uno de los patrones clásicos para evaluar la calidad de agua, pero en la última década muchos de los países han decidido incluido la presencia de familias acuáticas en los patrones de evaluación (Ministerio del Ambiente, 2019). En la vigilancia y control de la contaminación de las aguas, en base a organismos como “bioindicadores”, existen multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, micrófitos, macroinvertebrados, peces, etc. (Rios B. Costa, 2008, pp.43-44).

Formulación del Problema

El cantón Ponce Enríquez por ser un territorio donde una de las principales actividades económicas es la minería, la población se encuentra expuesta permanentemente a la contaminación del medio ambiente por los químicos que se utilizan, situación que se agravan si se suma los frecuentes accidentes, tala de bosques y enfermedades propias de la actividad minera (Guachía, 2009, p. 18).

Los asentamientos humanos en la parte alta especialmente en el área minera carecen de una infraestructura adecuada, al no contar con los servicios básicos en donde existe contaminación biológica debido a los desechos orgánicos, basura, etc. que son evacuados a la intemperie siendo éstos arrastrados hacia las corrientes de agua (Min. Ambiente, 2015, p. 15).

Prácticamente toda actividad de minería tiene el potencial de contaminar las aguas. Las minas y sus instalaciones auxiliares ocupan grandes áreas expuestas a las lluvias, propiciando el contacto de las aguas con el mineral, con los estériles y con el suelo expuesto, potencializando una serie

de procesos físicos como la erosión, o procesos químicos como la oxidación de los sulfuros, causantes del drenaje ácido (Schreckinger, 1990, pp. 27-34).

Una conclusión general a la que llegan los estudios de Monitoreo Ambiental en el Sur del Ecuador manifiesta lo siguiente: “La explotación de oro en el sur del Ecuador ha causado considerables impactos ambientales, siendo los más severos los de las áreas Portovelo, Zaruma y Ponce Enríquez. Los principales contaminantes son cianuro, metales pesados y mercurio. Las fuentes más significativas de estos contaminantes son las colas descargadas directa o indirectamente en los ríos, por los sistemas de disposición inadecuados” (Luis Vásquez, 2015, p.17).

En el cantón Ponce Enríquez existen escasos trabajos enfocados en el monitoreo de la calidad de agua, literatura del uso de macroinvertebrados como indicador de las condiciones ecológicas es prácticamente inexistente, por lo que, no es posible realizar una comparación de la biodiversidad de invertebrados bentónicos de los ríos de la región Sierra con los del cantón.

Justificación del proyecto

La evaluación, seguimiento y control de la calidad del agua en Ecuador no incluye hasta el momento la presencia de comunidades acuáticas por lo que el presente estudio busca determinar la calidad del agua de la sub cuenca del río Gala teniendo su punto más alto a 504 m.s.n.m. y el más bajo a 29 m.s.n.m., caracterizando la red hidrográfica en base a sus variables físico-químicas y biológicas (Guachia, 2009, pp. 77-78).

La importancia de este estudio se debe al uso y mal manejo de los recursos naturales en la zona de la cuenca del río Gala provocado por las actividades de minería, agricultura y ganadería, mismas que están alterando los bosques, Humedales, cambiando la dinámica biológica y la composición del agua generando un desequilibrio ecológico.

OBJETIVOS

OBJETIVO GENERAL

Establecer el dinamismo biológico de macro-invertebrados acuáticos mediante el índice de calidad del agua en el sector minero del río Gala del Catón Camilo Ponce Enríquez.

OBJETIVOS ESPECÍFICOS

- Identificar las especies de macroinvertebrados presentes en la zona de estudio.
- Determinar la calidad de agua del río Gala bajo los requerimientos de estudio del índice ICA-NSF.
- Evaluar la relación de las especies de macroinvertebrados identificados con la calidad del agua del río Gala.

CAPÍTULO I

1. MARCO TEÓRICO REFERENCIAL

1.1. El Agua

Es la fuente vital para el ser humano que se encuentran en diferentes formas y lugares como en los océanos, atmosfera, lagos, ríos aguas subterráneas, etc.(Ramírez, 2013, p.25). El 2.5% es agua dulce, que se lo utiliza para diferentes actividades como para la alimentación e industria, siendo un pilar fundamental en el desarrollo de la sociedad.

Ríos

Son aquellas corrientes que se caracterizan porque fluyen unidireccionalmente a velocidades que varían entre 0,1 y 1 m/s. Los ríos son considerados cuerpos de agua porque se encuentran mezclados y se mueven desde partes elevadas a partes más bajas, por lo que tiene gran importancia la calidad del agua en el sentido del flujo.(Ramírez, 2013, p. 25).

1.2. Cuenca Hidrográfica

Es aquella parte que se encuentra en el lugar más alta de las montañas, laderas o colinas, aquí se forma un sistema de drenaje superficial que almacena sus aguas en un río principal donde llega a integrarse al mar o lago. Las cuencas se sitúan en el suelo, agua y vegetación, ahí reside el hombre donde realiza actividades.(Jorge Faustino, 2000, p. 14).

Las redes de drenaje según su orden jerárquico se clasifican según el grado de ramificación de un sistema de drenaje, los causes de primer orden no tienen tributarios, los causes de segundo orden se forma por la unión de los causes de primer orden, mientras que los causes de orden n se forman por la unión de dos causes de orden n-1. Al unirse un cauce de orden mayor, el canal de aguas abajo se queda con el mayor de los órdenes.

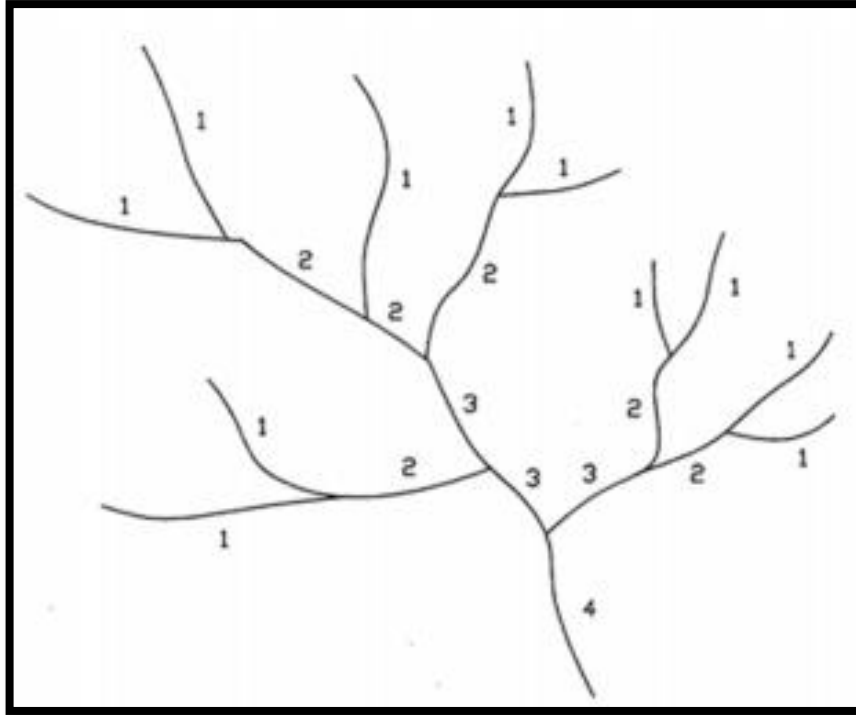


Figura 1-1: Ejemplo clasificación para una Cuenca Hidrográfica de Orden 4
Realizado por: Escobar A. 2020.

Tabla 1-1: Clasificación de cuencas, Subcuenca, microcuencas, sector y unidad.

NOMBRE	Unidad	Sector	Microcuenca	Subcuenca	Cuenca
ÁREA	< 5	may-20	20 - 100	100 - 300	> 300

Fuente: Microcuencas forma una Subcuenca.(Jorge Faustino, 2000)

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.3. Humedales

En el Ecuador existes 18 tipos de humedales según el Ramsar, que consta el 49% en la sierra y costa y en el Oriente con un 2% mientras que en la región insular no consta ningún humedal según el Ramsar.

Tabla 2-1: Humedales del Ecuador según el Ramsar.

N°	Sitio Ramsar	Área Protegida	Provincia	Superficie
1	Manglares Churute	Reserva Ecológica Manglares Churute	Guayas	35042
2	Zona Marina Parque Nacional Machalilla	Parque Nacional Machalilla	Manabí	14430
3	Reserva Biológica Limoncocha	Reserva Biológica Limoncocha	Sucumbíos	4613
4	Abras de Mantequilla	No	Los Ríos	22500
5	La Segua	No	Manabí	1836
6	Isla Santay	Área Nacional de Recreación	Guayas	4705
7	Laguna de Cube	Reserva Ecológica Mache Chindul	Esmeraldas	113
8	Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	Refugio de Vida Silvestre Isla Santa Clara	El Oro	46
9	Parque Nacional Cajas	Parque Nacional Cajas	Azuay	29477
10	Humedales del Sur de Isabela	Parque Nacional y Reserva Marina Galápagos	Galápagos	872
11	Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje	Reserva Ecológica de Manglares Cayapas-Mataje	Esmeraldas	44847
12	Complejo de Humedales Ñucanchi Turupamba	Parque Nacional Cayambe Coca	Napo, Pichincha	12290
13	Complejo Llanganati	Parque Nacional Llanganates	Tungurahua, Cotopaxi	30355
14	La Tembladera	No	El Oro	1471
15	Manglares del Estuario Interior del Golfo de Guayaquil “Don Goyo”	No	Guayas	15337
16	Reserva Ecológica El Ángel	Reserva Ecológica El Ángel	Carchi	17003
17	Sistema Lacustre Lagunas del Compadre	Parque Nacional Podocarpus	Loja y Zamora Chinchipe	23962
18	Sistema Lacustre Yacuri	Parque Nacional Yacuri	Loja y Zamora Chinchipe	27760

Fuente: Ambiente, 2015.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.4. Ubicación y puntos de muestreo

Para la ubicación de los puntos de muestreo se deben considerar los siguientes criterios:

- Identificación
- Accesibilidad
- Representatividad
- Seguridad

Para los puntos de muestreos se consideran los siguientes criterios:

- Para descargas
- Para aguas receptoras

1.4.1. Medición de caudales

Hace referencia a la cantidad de agua que recorre por un tramo delimitado en cierto instante de tiempo. La medición de caudales llamado también aforo y se realiza en diferentes formas dependiente el objetivo de monitoreo.(Burbano, 2016, p. 23).

1.4.2. Macroinvertebrados acuáticos

Son organismos que se utilizan para determinar la contaminación de ríos, como indicador de las condiciones ecológicas o de la calidad del agua, estos organismos miden más de 500 μm , donde se incluyen a las esponjas, los macroinvertebrados acuáticos tienen un ciclo de vida largo en comparación a otros.(Rojas, 2012, p.3).

Las comunidades acuáticas suelen evaluar los distintos impactos como: contaminación por residuos municipales, agrícolas, industriales e impactos y otros usos de suelo sobre los cursos de aguas superficiales, este método es utilizado en todo el mundo ya que es un método muy confiable.

1.4.3. Método de Molinete

Este método toma presencia cuando una partícula gira la hélice y se desplaza una cantidad cuantificable de revoluciones, resultado que se transforma en una distancia plana, un método alineado para entender el mecanismo es suponer que el agua permanece estática y permite que

ruede el molinete sobre la superficie del río a tal punto que la hélice del aparato gire, a continuación, la fórmula con la que se calcula.

Fórmula de velocidad:

$$\text{Si } 0 < n < 0.58 \rightarrow v = 0.0147 + 0.1488 * n$$

$$\text{Si } 0 < n < 3.53 \rightarrow v = 0.0147 + 0.1488 * n$$

$$\text{Si } 0 < n < 10 \rightarrow v = 0.0147 + 0.1488 * n$$

Donde:

V = Velocidad

n = Número de revoluciones / Tiempo (30 s)

Fuente: (Neacato, 2018, p.26).

Fórmula del área:

$$A_p = \left(\frac{(x_1 - x_0) * (h_1 - h_0)}{2} \right) + [(x_1 - x_0) * (h_0)]$$

A_p = Área parcial entre dos verticales

X = Distancia

h = Profundidad

Fuente: (Neacato, 2018, p 26).

El área total es la sumatoria de las áreas parciales.

Fórmula de Caudal:

$$Q = V_m * A$$

Dónde:

Q = caudal

A = Área

V_m = Velocidad media

Fuente: (Neacato, 2018, pp. 26-27).

1.4.4. *Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos*

Estos organismos tienen diferentes formas de vivir, se las puede encontrar en la superficie del agua caminando, también se las encuentra en el fondo del río o nadando libremente, de esta manera han tomado diferentes nombres acordes al tipo de adaptación.

1.4.5. *Neuston*

Este tipo de macroinvertebrados se encuentran en la superficie del agua a veces se les encuentra caminando o brincando, esto se debe a que el cuerpo de estos organismos está cubierto de cera que lo hacen impermeable haciendo que venza la tensión superficial del agua y puedan transitar normalmente sin hundirse. Aquí se encuentran las familias *Gerridae*, *Hidrometridae* y *Mesoveliidae* (Pérez, 2003, p.12).

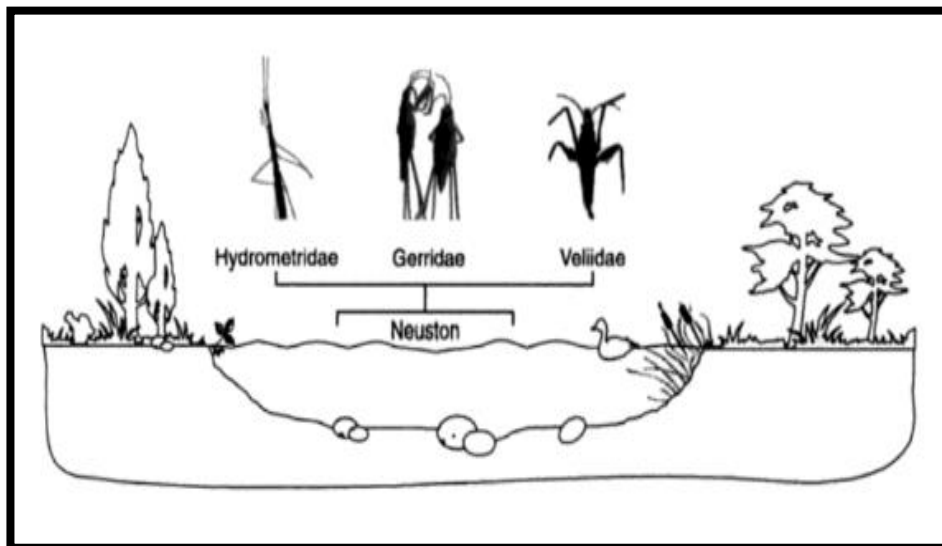


Figura 2-1: Macroinvertebrados neuston en un ecosistema acuático.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.4.6. *Necton*

En esta clase se encuentran los organismos que se localizan libremente en la superficie del agua, aquí se encuentran (Figura 8-1): “*Corixidae* y *Notonectidae* del orden *Hemiptera*; *Dytiscidae*, *Gyrinidae* e *Hydrophilidae* del orden *Coloptera* y *Baetidae* el orden *Ephemeroptera*”(Pérez, 2003, p.12).

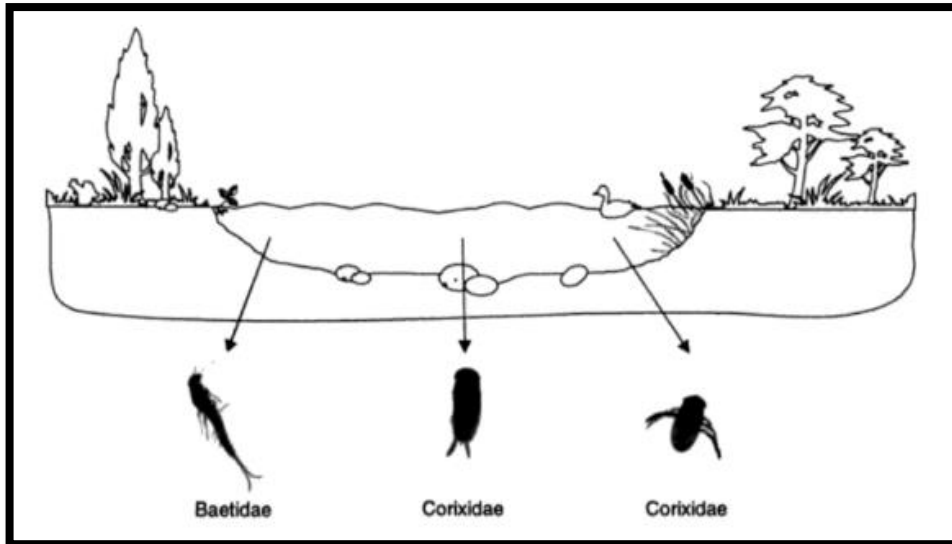


Figura 3-1: Macroinvertebrados bentos en un ecosistema acuático.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.4.7. Bentos

A esta clase pertenecen los organismos que se encuentran en el fondo de un río o lago, están adheridos a hojzeca, palos, ramas, trocos u otros bases similares (Figura 9-1). “Las comunidades mayoritarias son: *Megaloptera*, *Diptera*, *Plecoptera*, *Trichoptera*, *Euthyplociidae*, *Blephariceridae* y *Ephemeroptera*” (Pérez, 2003, p.12).

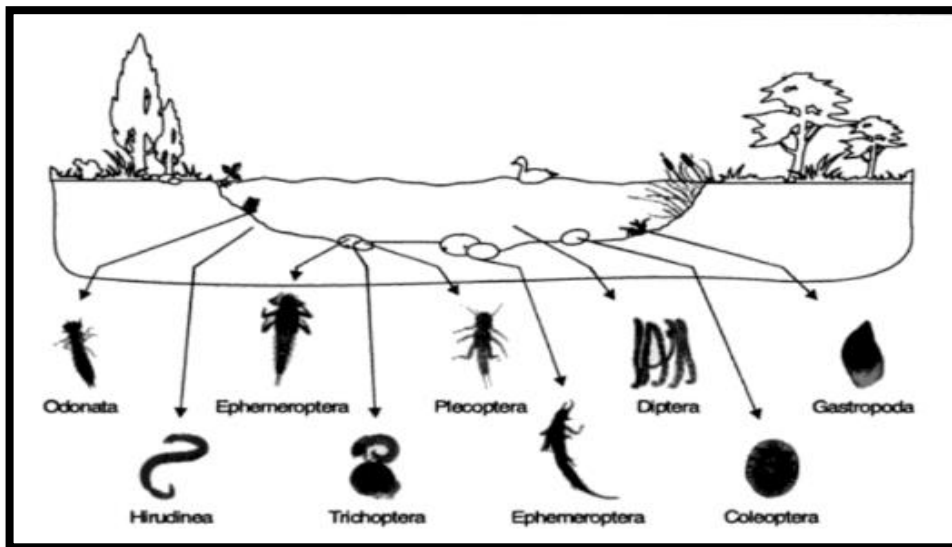


Figura 4-1: Macroinvertebrados bentos en un ecosistema acuático.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.4.8. Adaptaciones a la vida en el agua

Para la mayoría de los organismos que viven en los ríos o lagos, se alimentan del oxígeno disuelto para sobrevivir, sin embargo, la contaminación que prevalece en estos ecosistemas es perjudicial para los macroinvertebrados acuáticos puesto que disminuye los niveles de oxígeno en el agua y son letales para la mayoría de los macroinvertebrados que habitan en estos lugares (Pérez, 2003, p.14).

1.4.9. Respiración Hidroprnéustica

Los macroinvertebrados acuáticos que habitan en estos lugares en su mayoría toman oxígeno disuelto para vivir y lo hacen a través de su piel, este tipo de respiración realizan la mayor parte de organismos, pero también existe organismos que en aguas con déficit de oxígeno como son: las ninfas de *Euthyplocia* y *Campylocia* (Figura 9-1) (Pérez, 2003, p.14).

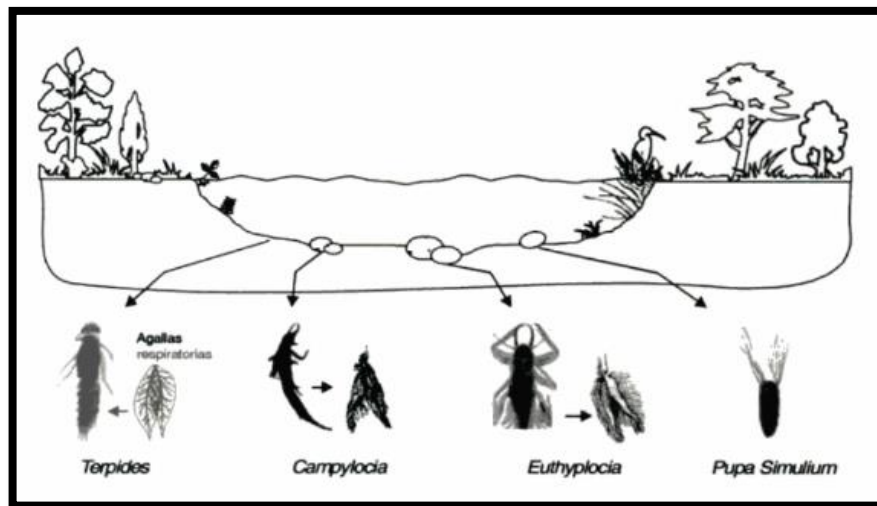


Figura 5-1: Macroinvertebrados acuáticos que utilizan respiración hidroprnéustica.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.4.10. Respiración aeroprnéstica

Los macroinvertebrados acuáticos (Figura 11-1) que se encuentran en esta clase utilizan el oxígeno directamente del aire, algunos organismos nadan hasta la superficie para atrapar burbujas de aire, otras poseen élitros que le ayudan a reservar oxígeno otros lo realizan perforando tallos esponjosos donde se esconden por tiempos muy largos y donde capturan el oxígeno del aire allí acumulado (Pérez, 2003, p.15).

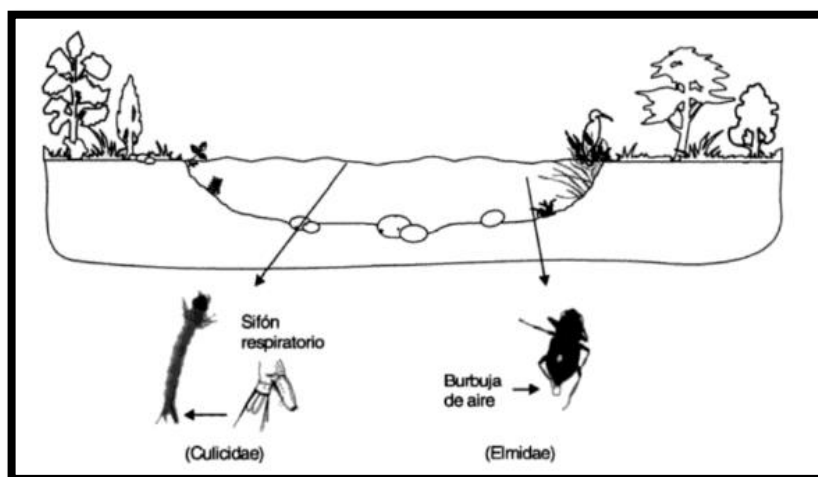


Figura 6-1: Macroinvertebrados acuáticos que utilizan respiración hidropnéstica.

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.5. Índices relacionados con la calidad del agua

1.5.1. Índice ICA

Evalúa la alteración de la calidad del agua en un punto específico del río en relación al tiempo. Se calcula dando un porcentaje a cada parámetro analizado que sume un total de 1, que es el máximo valor de calidad de 100. El resultado obtenido se evalúa de acuerdo a la siguiente tabla (tabla 4-1) para determinación si el agua de buena o mala calidad. (Toledo & Mendoza, 2017, p. 65).

Tabla 3-1: Ponderaciones para parámetros propuestos por el índice ICA por la NSF.

Parámetro	Ponderación
Oxígeno Disuelto	0,17
Coliformes Fecales	0,16
pH	0,11
DBO	0,11
Cambio de temperatura	0,10
Fosfatos	0,10
Nitratos	0,10
Turbiedad	0,08
Sólidos Disueltos Totales	0,07

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017).

Realizado por: Tibanquiza F, Richard E. 2020.

Tabla 4-1: Rangos de calidad del agua según el índice WQI.

Rangos	Calidad
91-100	Excelente
71-90	Buena
51-70	Media
26-50	Mala
0-24	Muy mala

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017).

Realizado por: Tibanquiza F, Richard E. 2020.

1.5.2. Índice ABI

Evalúa de manera cualitativa la calidad del agua en ríos andinos que superen los 2000 m.s.n.m. para identificar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos se realiza a nivel taxonómico o de familia y el orden depende del análisis que requiera analizar. Una vez identificado se da un valor con la tabla (tabla 5-1) preestablecido sumando los valores y se obtiene el valor del índice para determinar la calidad del agua (Silva Haun & Arancibia Fortes, 2015, p. 87).

Tabla 5-1: Valores para la calidad del agua según el índice ABI.

Calidad del Agua	Puntuación
Muy Bueno	>96
Bueno	59-96
Regular	35-58
Malo	14-34
Pésimo	<14

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017).

Realizado por: Escobar A. 2020.

1.6. Análisis de la calidad de agua

Para determinar el índice de calidad del agua, las características fisicoquímicas son tomadas en el sitio de muestreo de cada estación, se toma una muestra compuesta de agua que serán evaluados y comparadas, se realiza en dos temporadas estación lluviosa y seco. Estas características se encuentran relacionados directamente con las condiciones climáticas de sitio de muestreo.

1.6.1. Parámetros físicos

1.6.1.1. Conductividad

El agua es un aislante eléctrico donde las sustancias disueltas proporcionan al agua la capacidad de conducir la corriente eléctrica. Para tomar la conductividad de una muestra se lo debe realizar in situ y las muestras se almacenan en frascos de polietileno a una temperatura de 2-4 °C. La forma más común para tomar la conductividad del agua es con instrumentos de lectura directa que el resultado son expresados en unidades de micro siemens cm^{-1} ($\mu\text{S cm}^{-1}$) (Rojas, 1999, p.72).

$$SD (\text{mg/L}) = 0,8 \cdot \Lambda_0 (\mu\text{S cm}^{-1})$$

1.6.1.2. Turbidez

Este parámetro es la propiedad óptica de una suspensión en la cual la luz que ingresa será remitida y no transmitida por la suspensión. En el agua la turbidez se da por materiales que se encuentran suspendidos que se encuentran en diferentes tamaños como puede ir desde dispersiones coloidales hasta partículas gruesas. Las unidades que se utiliza NTU, donde a mayor luz remitida en suspensión mayor turbidez, los valores de turbidez que generen sirven para determinar el grado de tratamiento requerido (Rojas, 1999, p.72).

1.6.1.3. Temperatura

Es un parámetro muy importante del agua ya que es una magnitud escalar que nos ayuda a medir la cantidad de energía térmica que tiene un cuerpo para saber así, si afecta o no a la viscosidad y la velocidad de las reacciones químicas (Ramírez, 2013, p. 89).

1.6.1.4. SD

Se obtiene por la diferencia de los sólidos totales y los sólidos suspendidos. Si se determina directamente se seca a una temperatura de 103 – 105°C, el líquido se evapora y en el fondo se queda los sólidos disueltos (Rojas, 1999, p. 111).

1.6.2. Parámetros químicos

1.6.2.1. Alcalinidad

Es un indicador que determina la concentración de carbonatos, bicarbonatos, hidróxidos, en el agua podemos encontrar otros tipos de compuestos como boratos, fosfatos, silicatos y componentes básicos que contribuyen a su alcalinidad. Las aguas que poseen baja alcalinidad menor a 24 mg CaCO₃/L tienen poca capacidad reguladora. Para determinar este parámetro se determina por titulación con ácido sulfúrico 0.02N (Rojas, 1999, p. 115).

1.6.2.2. Cloruros

En el agua la cantidad de cloro se encuentra como cloruro (Cl⁻), esta sustancia entra a las aguas superficiales por efluentes industriales, aguas domésticas y por escorrentías de zonas agrícolas, que se encuentran por lo general menor a 10 mg/L y a veces más baja de 2 mg/L, solo se pueden encontrar concentraciones muy elevadas de cloruros al desfogue de las aguas domésticas.

1.6.2.3. DBO5

Este parámetro determina la cantidad total de oxígeno disuelta consumida por microorganismos al cabo de 5 días en condiciones estándar, que se da por la biodegradación de la materia orgánica que se encuentra en el agua (Minaya, 2017, p. 65).

1.6.2.4. Fósforo total

Para este parámetro se utiliza por espectrofotometría, la unión del fósforo con el nitrógeno hace que se forme en el agua gran cantidad biomasa acuática (eutrofización), el fósforo se encuentra en un nivel alto en el agua por la utilización de abonos fosfatados y detergentes. (Antonio, 2000, pp. 85-87).

1.6.2.5. Nitrógeno Total

Este parámetro determina la concentración de nitrógeno total que se encuentra en el agua. Se utiliza la prueba de Kjeldahl (Ramírez, 2013, p. 95).

1.6.2.6. Nitrógeno Amoniacal

Es todo el nitrógeno que se encuentra como ion amonio.(Rojas, 1999, p.120). Este indicador se localiza en solución acuosa en forma de ion amoniaco o ion amonio.(Ramírez, 2013, pp. 95-96).

1.6.2.7. Oxígeno Disuelto

Para determinar este parámetro el método más utilizado para el análisis es el de Alsterberg se adiciona de álcali-ioduro-nitruro y sulfato de magnesio para saber la cantidad disuelta de oxígeno en el agua, se utiliza 2 mL de ácido sulfúrico que libera yodo y se titula con tiosulfato sódico hasta que la muestra se vuelva amarillo pálido y luego se utiliza almidón como indicador. Cuando el valor de oxígeno disuelto es baja el agua es de mala calidad por la presencia de materia orgánica (Minaya, 2017, p. 63).

1.6.2.8. pH

Nos ayuda a medir la intensidad de las condiciones ácidas o básicas del agua. El pH se lo puede medir in situ o en el laboratorio utilizando un pH-metro (Ramírez, 2013, p. 106).

1.6.2.9. Nitratos

Para la determinación de nitratos se realiza mediante espectrofotometría de adsorción o la utilización de electrometría de electrodos selectivos.(Anton, 2000, p. 81). Los nitratos se encuentran en el agua que al consumir en altos niveles traen graves consecuencias al ser humano y a bajas concentraciones son normales, este contaminante por llegar a nuestras fuentes de agua por medio de lixiviación (Minaya, 2017, pp. 67-68).

1.6.2.10. Fosfatos

En el agua la cantidad de fosforo se encuentra como fosfatos $(PO_4)^{3-}$, nos ayuda a controlar la eutrofización en los cuerpos de aguas este problema se da por detergentes, fertilizantes, escurrimiento de tierras agrícolas y desechos industriales (Minaya, 2017, p. 69).

1.6.3. Parámetros biológicos

1.6.3.1. Coliformes Fecales

Estos contaminantes pueden soportar temperaturas de hasta 45°C, también forman parte de los Coliformes totales, pero tienen una gran diferencia en que estos son índole positiva. Es un indicador de alta valoración ya que nos ayuda a determinar la presencia de contaminación de bacterias o virus de carácter patógenos (Minaya, 2017, pp. 73-74).

1.6.3.2. Coliformes totales

La presencia de estos contaminantes nos muestra que las aguas superficiales se encuentran contaminadas por materia orgánica de origen humana o animal (Ramírez, 2013, p. 109).

1.7. La minería

La minería es una actividad económica que comprende el proceso de extracción, explotación y aprovechamiento de minerales que se hallan en la superficie terrestre con fines comerciales (Banco Central del Ecuador, 2010, p. 25).

Los minerales se definen como sólidos de origen natural, con propiedades físicas y químicas uniformes, formados por un proceso inorgánico, como resultado de la evolución geológica, con composición química definida y estructura interna ordenada (Banco Central del Ecuador, 2010, p. 25).

Metálicos

Son los que se explotan con el fin de extraer el elemento metálico que contienen, entre los que se considera los metales preciosos (el oro, la plata y los metales del grupo del platino), los metales siderúrgicos (hierro, níquel, cobalto, titanio, vanadio y cromo), los metales básicos (cobre, plomo, estaño y cinc), los metales ligeros (magnesio y aluminio), los metales nucleares (uranio, radio y torio) y los metales especiales (litio, germanio, galio y arsénico) (Banco Central del Ecuador, 2010, p. 28).

No metálicos

Son los que se aprovechan con finalidad distinta a la de extraer metales, a pesar de que los contengan, entre los que se encuentran los minerales industriales que incluyen los de potasio y

azufre, el cuarzo, la trona, la sal común, el amianto, el talco, el feldespato y los fosfatos. Los materiales de construcción, entre ellos la arena, la grava, las arcillas, la caliza y los esquistos materia prima del cemento, las piedras pulidas, como el granito, el mármol, etc. Las Gemas o piedras preciosas, entre las que se incluyen las esmeraldas, los diamantes, los rubíes y zafiros; y, las gemas o piedras semipreciosas como: turquesa, cuarzo, perla, jade, zircón, ámbar, malaquita, etc. Los Combustibles, entre ellos el carbón, el lignito, el petróleo y el gas (Banco Central del Ecuador, 2010, pp. 28-29).

1.7.1. La minería en Ecuador

Aparece en 1983 la minería a pequeña escala en el cantón Ponce Enríquez, que fue azotado por un fenómeno del niño, dejándolo cubierto por inundaciones, paralelamente en Paruma-Portoviejo y Nambija, se halló el metal noble, oro, por mineros sin trabajo, mientras en Ponce Enríquez una vez terminadas las inundaciones los campesinos incursionaban en la minería como una forma de ingreso adicional (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016, p. 126).

Ecuador se rige por normativas legales que son propuestas en la asamblea nacional, la ley minera no es la excepción, en 2009 se aprueba la última reforma, en la cual menciona que el estado es el responsable de la intervención de las personas que se dedican a esta actividad, sean personas naturales o jurídicas, nacionales o extranjeras, este velará por que las empresas cumplan con sus planes de remediación ambiental, dando lugar a uno de los principios ambientales, “quien contamina paga” (Cruz y Tamami, 2017, p. 32).

En la provincia del Azuay se encuentra ubicado el cantón Camilo Ponce Enríquez, entre las actividades a las que se dedican sus habitantes se encuentra el cultivo de banano y cacao, siendo la minería el principal oficio al cual dedican su tiempo, misma que reporta la mayor cantidad de ingresos económicos al cantón (Maldonado, 2018, p.16).

1.7.2. Tipos de minerías en Ecuador

Minería Subterránea

Es la que desarrolla su actividad de explotación en el interior de la tierra a través de túneles, ya sean verticales u horizontales. En las minas, se trabaja desde una chimenea de acceso y se establecen niveles a intervalos regulares, por lo general con una separación de 50 metros o más; así como también, a partir de varios túneles de acceso con diferente altura, o de rampas de acceso que unen diferentes niveles.

Minería de superficie o a cielo abierto

Es la que se desarrolla sobre la superficie de la tierra, de manera progresiva por capas o terrazas en terrenos previamente delimitados. Este tipo de minería se aplica en sitios donde los minerales están a poca profundidad.

Minería aluvial

Comprenden actividades y operaciones mineras realizadas en riberas o cauces de los ríos; también se emplean métodos de minería aluvial para la extracción de minerales y materiales en terrazas aluviales, que constituyen pequeñas plataformas sedimentarias o mesas construidas en un valle fluvial por los propios sedimentos del río.

1.7.3. Efectos de la minería a cielo abierto

No es mucha la diferencia que hay entre los efectos ocasionados entre cielo abierto y ambiente, ya que los dos efectos dañan principalmente al medio ambiente y a sus fuentes de agua, puesto que un yacimiento de mina debe estar cerca de una fuente de agua. Además de contaminar el ambiente acuífero de las diferentes zonas, también causa el malestar en las poblaciones aledañas a la mina explotada (Toapanta, 2017, p. 12).

1.8. Cantón Camilo Ponce Enríquez

Creado el 28 de marzo del 2002, se encuentra ubicado al sur-occidente de la provincia del Azuay, Ecuador en el litoral del país, a 3 horas de la ciudad de Cuenca, este cantón se caracteriza por sus bosques húmedos, con una temperatura media que varía entre los 22.5 y los 25.8°C y registra una pluviosidad de cerca de 3800mm con una humedad relativa que puede llegar al 89% (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2015, p. 14). La fauna que se puede encontrar en este cantón son aves, como el Periquito del Oro y tucán Arasari, Piquipalido, entre los mamíferos cuchucho de occidente y oso hormiguero. La flora de este cantón se aprecia en su máximo esplendor en el Bosque Siempre verde Piemontano. Se puede observar árboles que puedan alcanzar hasta 30m de altura. Al cantón es atravesado por el río Gala.

1.8.1. Río Gala

El río Gala nace en las alturas en la zona conocida como lagunas. El río Gala desemboca en el Océano Pacífico en la parte costanera de la Provincia del Azuay. El río Gala recorre hacia el Sur y Sur Oeste, teniendo un mayor cauce en la parte baja del Cantón. Los ríos secundarios que aportan al río Gala son: el río Mangán, Palmas, Pijilí Chico y Campanas; en Duco tenemos 4 ríos a considerar: El río Palmas y el río Chancay como afluentes del río San Jacinto y el río Duco y el Buriaco que se unen directamente al río Gala (Vásconez y Durán, 2015, pp. 31-33). Es una cuenca húmeda en su estructura, sometida a precipitaciones significativas; tiene dos subcuencas principales y subcuencas secundarias: 2 en la zona alta y 1 en la zona baja, además tiene una subcuenca lateral del río Gala. Como cauces principales tenemos al río Panecillo y al río Mangán, siendo este primero afluente del segundo, que luego se vierte directamente al río Gala; el río Panecillo nace en el pico del mismo nombre; el río Mangán se origina entre las dos comunidades mencionadas (Vásconez y Durán, 2015, p.34).

1.8.2. Ubicación geográfica

La cuenca se encuentra ubicada al Suroccidente del Ecuador, en el Cantón Camilo Ponce Enríquez de la provincia del Azuay y Guayas. En este sector se puede encontrar desde pequeños terrenos hasta fincas de más de 20 hectáreas de extensión. La zona alta (Lagunas, Palmas, Pijilí Chico y Mangan) se concentra la ganadería, en esta área se encuentran pastizales donde antes eran bosque, se puede observar actividad agrícola en menor escala. En la zona media de la cuenca el uso del suelo está destinado a la producción agrícola y ganadera, las actividades mineras en esta parte son pueden ser apreciadas, pero sin llegar a tener una presencia completa en el sector, en su mayoría artesanal se agrupan en lugares adyacentes a las comunidades de El Progreso y San Juan de Naranjillas. La zona baja dedicada completamente a la agricultura se especializa por la presencia de grandes extensiones de cultivos de cacao sin variantes, y en menor proporción banano, el avance de la frontera agrícola para el desarrollo del cultivo de cacao reduce las zonas de bosque para dicho cultivo provocando una mayor deforestación del bosque y la montaña hasta hace poco tiempo intactos (Vásconez y Durán, 2015, p. 38).

1.8.3. Dinamismo de los Macroinvertebrados

Dentro de los cuerpos hídricos existen diversos macroinvertebrados como: herbívoros, trituradores, recolectores, filtradores y depredadores, en los procesos de los ecosistemas de

arroyos. Muchos insectos que habitan en arroyos explotan las características físicas de los arroyos para obtener sus alimentos. Como consumidores en niveles tróficos intermedios, los macroinvertebrados están influenciados por fuerzas ascendentes y descendentes en las corrientes y sirven como conductos por los cuales se propagan estos efectos. Los macroinvertebrados pueden tener una influencia importante en los ciclos de nutrientes, la productividad primaria, la descomposición y la translocación de materiales. Las interacciones entre los macroinvertebrados y sus recursos alimenticios varían entre los grupos funcionales. Los macroinvertebrados constituyen una fuente importante de alimento para numerosos peces y, a menos que los subsidios energéticos externos sean mayores que los recursos alimentarios de los peces, la ordenación pesquera eficaz debe tener en cuenta los vínculos entre peces e invertebrados y los vínculos entre los macroinvertebrados y los recursos y hábitats. Los macroinvertebrados también sirven como valiosos indicadores de la degradación de los arroyos (Wallace y Webster, 1996, pp. 96-102).

1.8.4. Incidencia de la actividad Minera en el rio Gala

La minería artesanal que existe en el cantón Camilo Ponce Enríquez contamina los principales afluentes del rio Gala, como lo relata Luís Vascones en 2015 menciona que dicha actividad arroja al rio Cachi, sólidos en suspensión, cianuros, metales pesados, materia orgánica, plásticos entre otros (Vásconez y Durán, 2015, p. 39). Dicha minería también altera el ecosistema fluvial del rio Gala, muchos macroinvertebrados son sensibles a este tipo de contaminación esto contribuye al deterioro de la calidad del agua, esta, misma agua es utilizada por los pobladores en aguas de regadío y en ganadería, trayendo llevando el problema hacia un suelo que no debería ser afectados por estos problemas, acelerando la desertificación del mismo, y dañando la capa arable (Vásconez y Durán, 2015, p.39).

1.8.5. Uso actual del suelo

El uso actual del suelo es muy variado; existen 18 tipos diferentes de uso del suelo; el pasto natural intervenido es el que ocupa la mayor extensión, seguido del bosque natural sin intervención antrópica.

El cantón todavía mantiene una riqueza de flora propia del sector, siendo, por su extensión, el cantón con mayor cobertura vegetal de la provincia (SCHRECKINGER, 1990, pp. 39-45). Pero un punto muy importante es que la tala de los bosques con fines comerciales y sin medidas de conservación está causando un grave impacto visual y ecológico en la zona, cada vez se puede apreciar cómo se incrementa los claros de bosque.

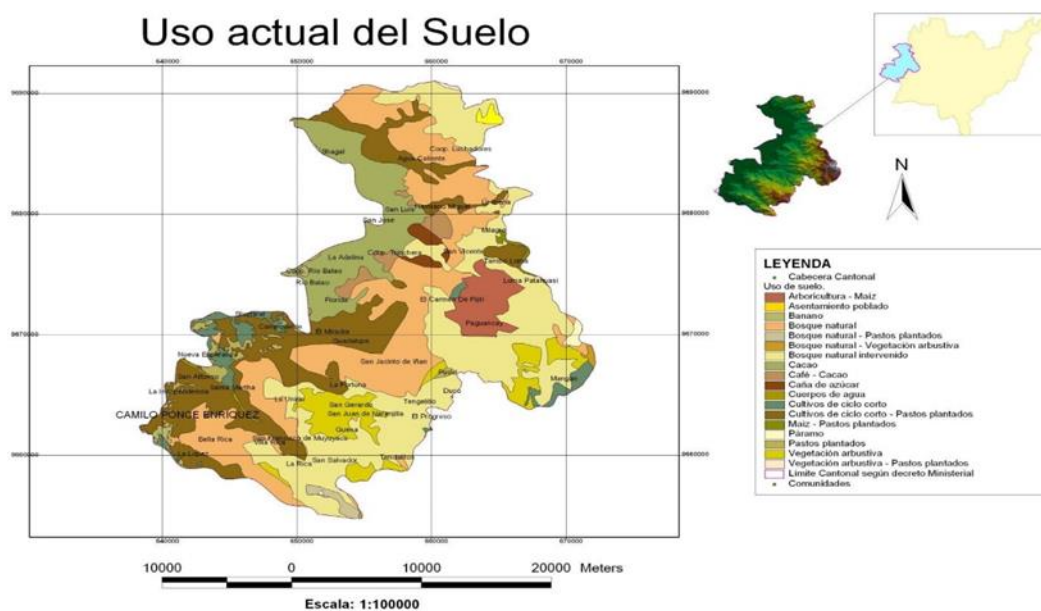


Figura 7-1: Uso actual del suelo en el cantón Camilo Ponce Enríquez.

Realizado por: Escobar A. 2020.

En el cantón Camilo Ponce Enríquez existe un predominio de cultivos de ciclo corto más pastos seguidos del cultivo de cacao lo cual lo hace un cantón netamente agrícola:

Tabla 6-1: Uso de suelo en Camilo Ponce Enríquez

Uso de Suelo	Hectáreas	%
Arboricultura maíz	3331,5	5,09
Asentamiento poblado	16,93	0,03
Banano	232,5	0,36
Bosque Natural	16086,07	24,59
bosque Natural Pasto plantado	354,78	0,54
Bosque Natural Vegetación	97,78	0,15
Bosque Natural Intervenida	18362,67	28,07
Cacao	6655,21	10,17
Cacao café	1001	1,53
Caña de Azúcar	531,3	0,81
Cuerpos de Agua	145,58	0,22
Cultivos de ciclo corto	1781,92	2,72
Cultivos de ciclo corto Pastos	11333,9	17,32
Maíz Pastos plantados	157,29	0,24
Páramo	184,2	0,28
Pastos Plantados	1013,93	1,55
Vegetación Arbustiva	3882,22	5,93
Vegetación Arbustiva Pastos	259,46	0,40
Total	65428,24	100,00

Realizado por: Escobar. 2020.

Uso actual del suelo en la cuenca del Río Gala

La cuenca del Río Gala presenta 11 tipos diferentes del uso del suelo; siendo el bosque intervenido el de mayor extensión, seguido del bosque natural y cacao – pasto natural variado.

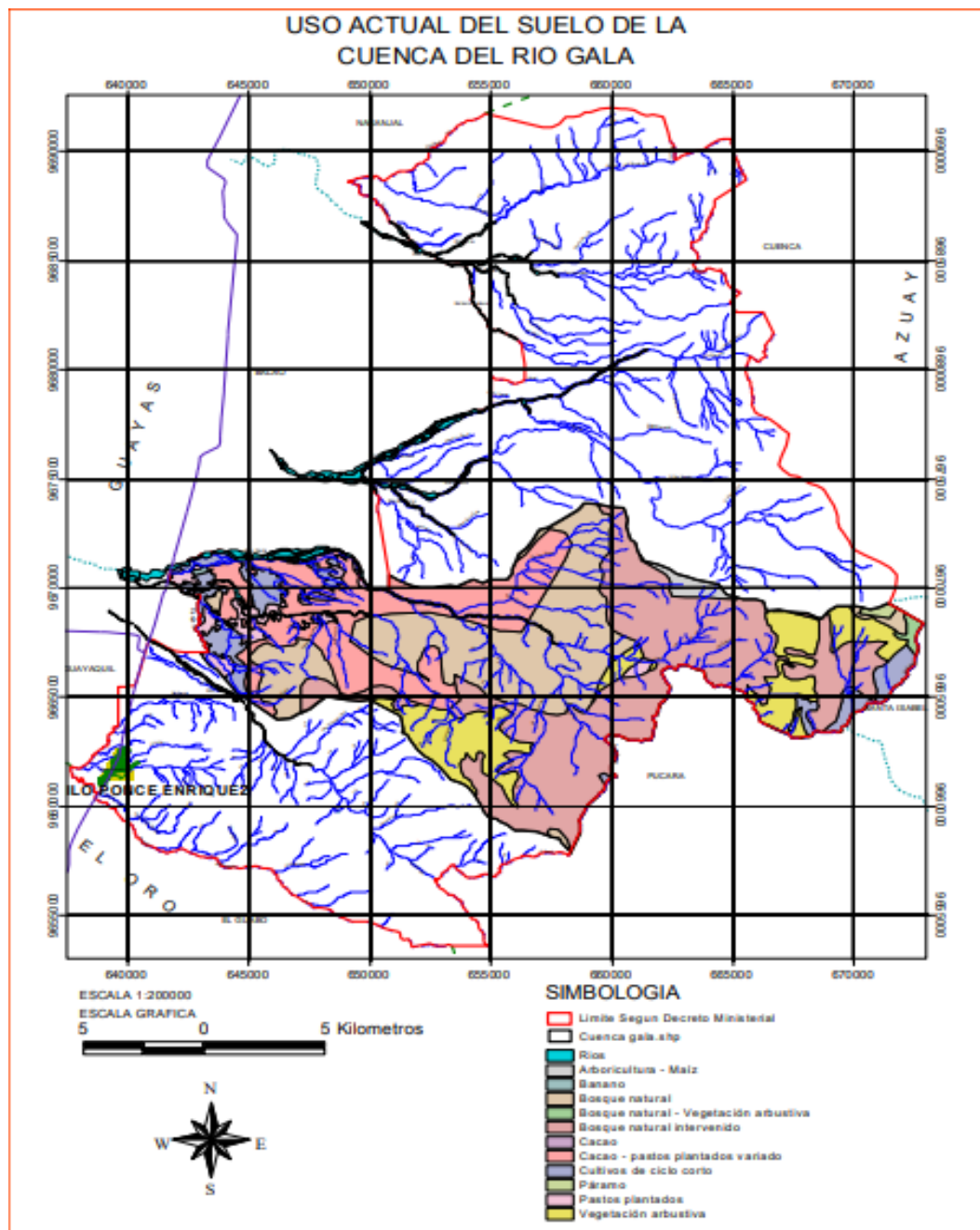


Figura 8-1: Uso actual del suelo en la cuenca del río Gala en el cantón Camilo Ponce Enríquez.

Realizado por: Escobar A. 2020.

La cuenca del río Gala a pesar de estar influenciada por el sector minero y agrícola (cacao principalmente) aún mantiene grandes extensiones entre bosque natural intervenido y bosque natural; que la hacen de gran importancia para su conservación e investigación por albergar una gran diversidad de flora y fauna, además de estar ubicada en la cordillera occidental (Extensión Utah State University, 2011, p. 28).

1.9. Base legal

1.9.1. Constitución de la República del Ecuador

En el Título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección primera de Agua y alimentación, en el artículo 12 se refiere a:

En el artículo 12 de la constitución del Ecuador, el agua es un derecho humano fundamental e irrenunciable y se constituye como patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. (Ecuador, 2008, p. 3)

En el título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección segunda de ambiente sano, en el artículo 15 se refiere a:

De igual forma en el artículo 15 se menciona que el sector público y privado hará uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto gracias a las directrices del estado, además la soberanía alimentaria no generará daños a la calidad de agua (Ecuador, 2008, p. 3).

En el título II, Capítulo segundo, derechos del buen vivir, corresponde a la sección séptima de Salud, en el artículo 32 se refiere a:

En el artículo 32 la salud es un derecho que garantiza el Estado, cuya realización se vincula al ejercicio de otros derechos, entre ellos el derecho al agua, la alimentación, la educación, la cultura física, el trabajo, la seguridad social, los ambientes sanos y otros que sustentan el buen vivir (Ecuador, 2008, p. 5).

En el título II, que corresponde al capítulo sexto, derechos de libertad, en el artículo 66 se refiere a:

El artículo 66 garantiza el derecho a una vida digna, salud, alimentación, nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad y otros servicios sociales necesarios (Ecuador, 2008, p. 10).

En el título V, Capítulo cuarto, que corresponde al régimen de competencias, en el artículo 264 se refiere a:

En el artículo 264 los municipios mantendrán competencias específicas sin perjudicar a las leyes de servicios públicos, agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos y actividades de saneamiento ambiental” (Ecuador, 2008, p. 36)

En el Título VI, Régimen de desarrollo, Capítulo primero, corresponde a los principios generales, en el artículo 276 se refiere a:

En el artículo 276 se menciona que entre los objetivos de desarrollo se debe recuperar y conservar la naturaleza para mantener un ambiente sano y sustentable que garantice a las personas y colectividades el acceso equitativo, permanente y de calidad al agua, aire y suelo (Ecuador, 2008, p. 39).

En los artículos 314 y 318 del Título VI del Régimen de desarrollo que corresponde al capítulo quinto de los sectores estratégicos, servicios y empresas públicas, se menciona que: El Estado garantizará la provisión en cuanto a calidad y precio de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, por otro lado en el artículo 318 se menciona que el agua es patrimonio nacional estratégico de uso público, dominio inalienable e imprescriptible del Estado, y constituye un elemento vital para la naturaleza y para la existencia de los seres humanos por lo que se prohíbe toda forma de privatización del agua (Ecuador, 2008, p. 43).

En el Título VII, Régimen del buen vivir, corresponde a la sección cuarta del hábitat y vivienda, en los artículos 375 se refieren a:

“Art. 375.- El Estado, en todos sus niveles de gobierno, garantizará el derecho al hábitat y a la vivienda digna, para lo cual:

Garantizará la dotación ininterrumpida de los servicios públicos de agua potable y electricidad a las escuelas y hospitales públicos.”

En el Título VII, Régimen del buen vivir, corresponde a la sección sexta del agua, en los artículos 411 y 412 se refieren a:

En el artículo 411 se habla de la garantía, conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico todo ello relacionado con la sustentabilidad del medio ambiente, mientras que en artículo 412 se comenta sobre la responsabilidad de las autoridades que planifican regulan y controlan la distribución equitativa del agua para coordinar de forma acertada el manejo del agua con un enfoque eco sistémico (Ecuador, 2008, p. 53).

1.9.2. Recursos Hídricos: Ley orgánica, Usos y Aprovechamiento

Según el Título II de los Recursos Hídricos correspondiente al capítulo 1, en el artículo 12 y 18 que se refiere a:

En relación al artículo 12, el gobierno junto con los organismos comunitarios, juntas de agua potable y riego, los usuarios y consumidores corresponsables serán responsables de la protección, recuperación y conservación de las fuentes de agua (Barrezueta, 2014, p. 4).

Con relación al artículo 18 donde se aborda temas relacionados a las competencias y atribuciones de las autoridades que dirigen los procesos del agua se indicó que se asegure el manejo integral de las reservas de aguas tanto superficiales como subterráneas

De acuerdo con el Título II, Recursos Hídricos, corresponde al capítulo II, Institucionalidad y gestión de los recursos hídricos, en el artículo 21 que se refiere a:

En cuanto a la regulación y control del agua manejado dentro del artículo 21 se indica que la agencia de Regulación y Control del Agua, ejercerá la regulación y control de la gestión integral de los recursos Hídricos (Barrezueta, 2014, p. 6).

De acuerdo con el Título III, Derechos, Garantías y Obligaciones, corresponde al capítulo V a los Derechos Colectivos de Comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades, en el artículo 73 que se refiere a la prevención y conservación del agua en el artículo 79 donde en cooperación mutua trabajaran las autoridades ambientales y los gobiernos autónomos para prohibir, prevenir, controlar y sancionar la contaminación de las aguas mediante vertidos o depósito de desechos; compuestos orgánicos, inorgánicos o cualquier otra sustancia tóxica que alteren la calidad del agua (Barrezueta, 2014, p. 29).

De acuerdo con el Título III, Derechos, Garantías y Obligaciones, corresponde al capítulo VII a las Obligaciones del estado para el derecho Humano, sección I, en artículo 73 que se refiere a:

Las políticas relacionadas a los recursos hídricos mencionadas en el artículo 83 hacen referencia a la generación obligatoria de políticas orientadas a la mejora en la infraestructura y cobertura de los sistemas de agua de consumo humano y riego (Barrezueta, 2014, p. 31).

Convención de Ramsar

De acuerdo con el manual de la convención de Ramsar, en reservas y formación de humedales corresponde al artículo 4.1 que se refiere a:

“Art 4.1.- estipula que cada Parte Contratante fomentará la conservación de los humedales y las aves acuáticas creando reservas naturales en aquellos, estén o no incluidos en la lista, y tomará las medidas adecuadas para su custodia” (Berlanga-robles & Ruiz-luna, 2008: p. 74).

“Art 4.5.- Las partes contratantes fomentarán la formación del personal para el estudio, la gestión y la custodia de los humedales. El personal capacitado, sobre todo en los campos de la gestión, la enseñanza y la administración, es esencial para la conservación y el uso racional efectivos de los humedales y sus recursos” (Berlanga-robles & Ruiz-luna, 2008: p. 74).

CAPÍTULO II

2. METODOLOGÍA

2.1. Descripción del área de estudio

El área de estudio se encuentra ubicada en el cantón Camilo Ponce Enríquez, de la provincia del Azuay, cercana a una zona minera de actividades agrícolas y actividades antrópicas, por lo cual toda la cuenca es importante para el estudio.

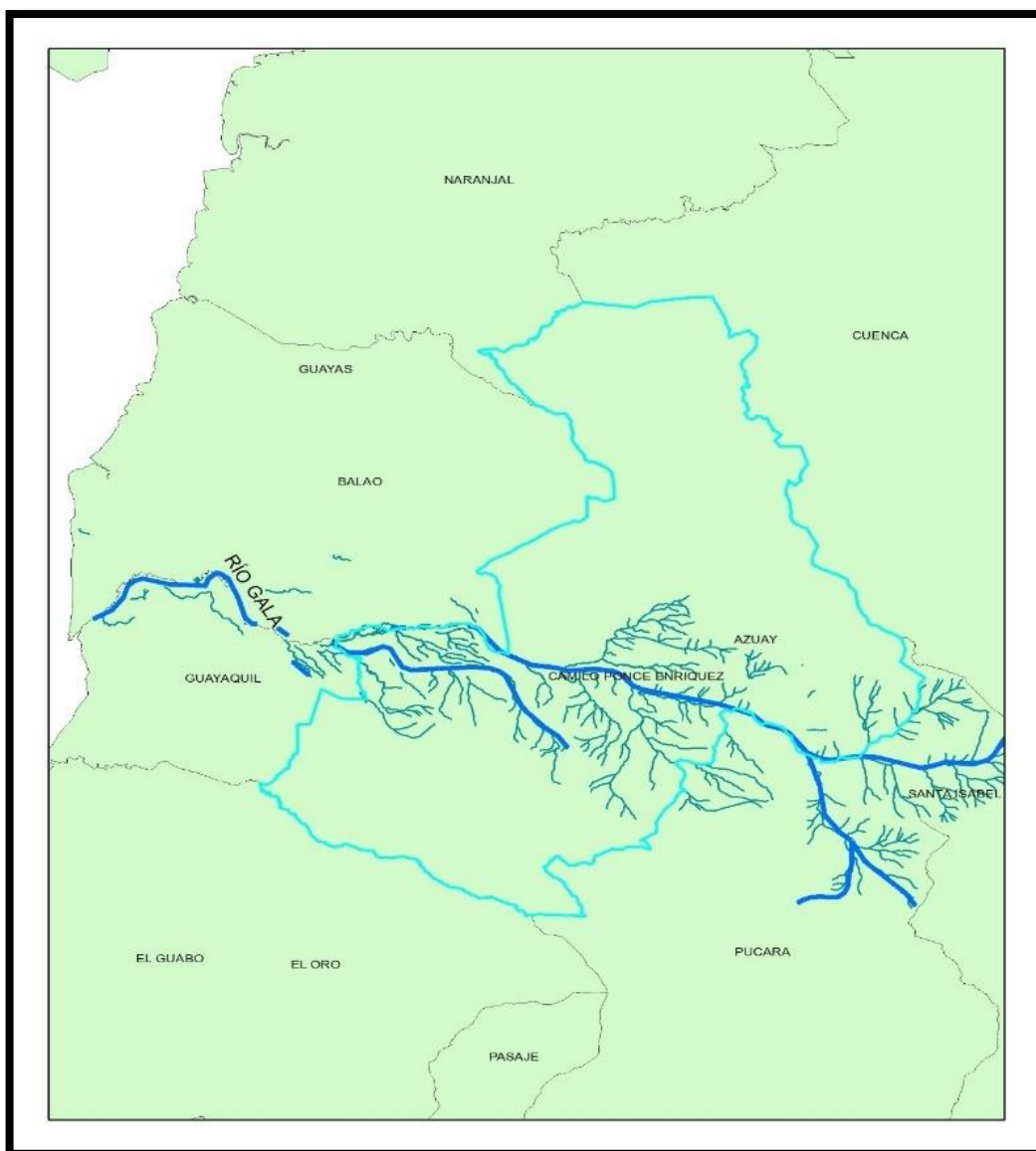


Figura 9-2: Ubicación del Cantón Ponce Enríquez y el Río Gala

Realizado por: Escobar A. 2020.

2.2. Puntos de muestreo

Para los puntos de muestreo se consideró los lugares donde las aguas toman su origen, y confluyen con otros ríos como el Río Chico, donde se combina aguas con diferente procedencia de actividades mineras o ganaderas, según la actividad de cada zona detallada en el marco conceptual; para ello se elaboró un mapa de puntos muestrales (mediante teledetección), mediante el sistema informático geográfico “ArcGIS” en su versión 10.3.1

Para la selección del sitio de muestreo y la ubicación de los puntos en ArcGIS se necesitó de una Imagen Satelital (capa raster), la cual ayudó a conocer de mejor manera la topografía de la zona de estudio, la capa se descargó del Instituto Nacional Geográfico Militar. (Instituto Geografico Militar, 2016, p. 12)

La capa raster se cargó en ArcGIS, se insertaron los puntos que serán seleccionados, previamente recopilados en un archivo Excel (.csv) en el cual se definieron las coordenadas de los puntos de muestreo.

Cargado el archivo de Excel en ArcGIS como una capa de texto, esta fue transformada en una .shp en el cual se colocaron los 5 puntos de muestreo lo más equidistantes posible, para la toma y conservación de las muestras de agua y macroinvertebrados biológicos de la calidad del agua.



Figura 10-2: Mapa de los puntos de muestreo

Realizado por: Escobar A. 2020.

Tabla 7-2: Coordenadas de muestreo

COORDENADAS	X	Y	ALTITUD (msnm)	DESCRIPCIÓN
E1	639420.40 m E	9670003.06 m S	9	El primer punto se estableció en la unión del río Gala y Chico, ubicado aproximadamente a 300 m. de la vía principal (Troncal de la Costa), para ello se ingresó en vehículo al punto de muestreo, considerando la ruta de acceso. (17/11/2019; 16H00. El clima presente en el punto de muestreo es nublado y húmedo. El río presenta un determinado grado de turbiedad.)
E2	644574.11 m E	9670961.87 m S	62	El segundo punto fue localizado a 500 m. de la parroquia Shumiral, en los tramos y alrededores del río se divisan plantaciones de banano y café. (18/11/2019; 10h00. El clima presente en el punto de muestreo es nublado y húmedo. El río presenta claridad en sus aguas.)
E3	650659.64 m E	9669367.31 m S	211	Para el tercer punto se accedió por senderos pequeños en el cual a su alrededor existen sembríos de banano. (18/11/2019; 11:30. El clima presente en el punto de muestreo es nublado y húmedo.
E4	655588.84 m E	9668221.67 m S	395	En el cuarto punto, debido a la altura del lugar de la microcuenca, como característica principal se pudo evidenciar la presencia de vegetación y plantaciones de banano. (18/11/2019; 14:30. El clima presente en el punto de muestreo es nublado y empiezan a generarse lluvias.)

E5-2	659667.02 m E	9666586.87 m S	703	En el Punto 4 por su elevación a lo largo de la microcuenca del Rio encontramos simplemente que se encuentra rodeada principalmente vegetación plantaciones de banano. (18/11/2019; 16:30. El clima presente es nublado y lluvioso.)
------	------------------	-------------------	-----	--

Realizado por: Escobar A. 2020.

2.3. Medición de caudales

La medición del caudal se efectuó en cada punto, utilizando la metodología del caudalímetro (se realizaron 3 repeticiones como se recomienda y las alturas varían entre las orillas que tiene el río a lo largo de la cuenca), que emplea un MOLINETE SEBA con hélice de 127-80 mm, marca Hach proporcionado por el Grupo de Investigación de Energías Alternativas y Ambiente. Con ayuda de un flexómetro se computó el ancho del torrente en cada coordenada y la altura de las orillas, se determinó el número de verticales de la profundidad de cada punto y luego se midió el número de revoluciones por minuto (RPM) en diferentes profundidades a lo ancho del río.

2.4. Mediciones in situ

Al concluir la medición de los caudales, se utilizó un multiparámetro para obtener el pH, conductividad, etc. Cada una de estas mediciones son importantes para reducir el grado de error en la conjunción de los datos restantes de ICA.

Caracterización Físico - Química y Microbiológico

Los monitoreos se realizaron durante un mes, donde, se tomaron 5 muestras de agua y para cada punto de muestreo se tomó una submuestra de agua mediante un muestreo puntual (tres submuestras de agua que componen una sola muestra compuesta).

Para el estudio microbiológico y la caracterización de parámetros físico-químicos, se utilizó el protocolo de muestreo y conservación de muestras Standard Methods (Para et al., 2016), se recolectó un litro de agua en botellas de plástico para realizar los análisis físico-químicos, también se tomó 100 mL de agua en un frasco estéril para el estudio microbiológico para establecer la

cantidad de Coliformes fecales. Las muestras se trasladaron en un Cooler y fueron llevadas directamente al Laboratorio de Microbiología Ambiental para su respectivo análisis (ESPOCH). En los parámetros fisicoquímicos se obtuvieron Fosfatos, Nitratos, STD, DBO5, Oxígeno Disuelto, Turbidez, Carbonatos, Cloruros, pH y Conductividad. Para determinar el pH, conductividad y los sulfatos se utilizaron: pH-metro, conductímetro y el HACH DR. 2800 respectivamente.

Tabla 8-2: Métodos de ensayo para la caracterización de los parámetros físico-químicos y microbiológicos.

PÁRAMETRO	MÉTODO DE ENSAYO	DESCRIPCIÓN
Turbidez	Método 2130A. Nefelométrico	Antes de iniciar con el análisis, se agitó el recipiente que contiene la muestra, y utilizando 30 mL de su contenido total se colocó en el recipiente del Hach 3000, mismo que se configuró para mediciones dentro del rango de aguas de ríos, seguido se analizó una muestra de agua desionizada y se realizó la medición de la muestra. Esto reiterativo para cada muestra.
Nitratos	Standard Methods No 4500-NO3B. Espectrofotométrico	Se preparó una solución madre para reconocer la presencia de nitratos, se colocaron 5 mL de la muestra en el recipiente del Hach 2800 y se agregó 2 ml de la solución madre, se agitó por 1 minuto y antes de medir se enceró el sensor con 7 mL de agua ionizada, finalmente se procedió a realizar la medición. * Esto reiterativo para cada muestra.
Fosfatos	Standard Methods 4500-B C. Colorimétrico	Para este parámetro el procedimiento es similar al que se utilizó para reconocer la presencia de nitratos.
DBO5	Standard Methods 4500-O C. Modificación de azida	Se preparó álcali-ioduro-nitruro y sulfato de magnesio para saber la cantidad de oxígeno disuelto en la muestra, misma que se almacenó por 5 días en un lugar sin luz, porque para el procedimiento se utilizó 2 mL de ácido sulfúrico que libera yodo, se titula la muestra con tiosulfato sódico hasta que se vuelva amarillo pálido y luego se utilizó almidón como indicador. *Se repite para cada muestra.
Oxígeno Disuelto	Standard Methods 4500-O C. Modificación de azida	Se preparó álcali-ioduro-nitruro y sulfato de magnesio para conocer la cantidad disuelta de oxígeno en la muestra, se utilizó 2 mL de ácido sulfúrico que libera yodo y se titula con tiosulfato sódico hasta que la muestra se vuelva amarillo pálido y luego se utilizó almidón como indicador. *Se repite para cada muestra.
Coliformes Fecales	Standard Methods 9221-B	Se utilizó un Petrifilm que permite el crecimiento de los microorganismos para posteriormente hacer el conteo de las unidades que forman la colonia.
Solidos Totales	Standard Methods 2540B.	Se colocó 10 mL de la muestra en una caja Petri misma, se dispuso en baño maría hasta evaporar toda el agua y obtener los sólidos fijados.

Realizado por: Escobar A. 2020.

2.5. Recolección y muestreo de macroinvertebrados

Para cada punto de muestreo se llenó la ficha de campo (Anexo C).

Se tomaron tres muestras de sedimento, cada frasco de un volumen de 2 litros, donde, 1 litro permitió identificar los macroinvertebrados, el otro litro se utilizó para determinar los parámetros físico-químicos. Según la Secretaria de Agua, el biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos identificó los diferentes micro hábitats (lenticos, rápidos, rocas, arenosos, de lecho) que existían en cada punto de la microcuenca del Río Gala. Mediante una solución en forma de aldehído al 96% (70% de formol y 30% de alcohol) se conservaron los macroinvertebrados encontrados en el muestreo y está la solución se colocó en cada frasco de las muestras.

Después de tomar las muestras de sedimento, se vertió lentamente el contenido en un cedazo para luego lavarlo y recolectar los macroinvertebrados presentes. Utilizando una pieza metálica se colocaron los mismos en frascos plásticos de 100 mL previamente llenados con una solución de aldehído al 96%, en el Laboratorio de Aguas se pudieron observar los macroinvertebrados en el microscopio estereoscopio.

2.6. Identificación de macroinvertebrados

Para identificar las familias de macroinvertebrados se llevaron las muestras al Laboratorio de Aguas de la ESPOCH y utilizando un microscopio estereoscopio y cajas Petri de vidrio se acomodaron los mismos para observarlos.

Para identificar a las familias se utilizó la metodología publicada en el "Protocolo y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de Ríos Andinos", y una guía de muestreo que fue facilitada por el Ministerio de Ambiente con el fin de identificar la taxonomía de los macroinvertebrados.

2.7. Cálculo del índice ABI

Este cálculo se realizó mediante la identificación de los macroinvertebrados hasta el nivel taxonómico de familia, a cada individuo observado en el laboratorio se asigna una puntuación determinada con el uso de la tabla 5 mismo que, mediante la sumatoria se obtiene el resultado del índice que muestra la presencia de todas las familias.

Tabla 9-2: Puntajes para la calidad del agua según el índice ABI.

ORDEN	FAMILIA	PUNTUACIÓN
<i>Tricladida</i>	<i>Planariidae</i>	5
<i>Hirudinea</i>	-	3
<i>Oligochaeta</i>	-	1
<i>Gastropoda</i>	<i>Ancylidae</i>	6
	<i>Physidae</i>	3
	<i>Hydrobiidae</i>	3
	<i>Lymnaeidae</i>	3
	<i>Planorbidae</i>	3
<i>Bivalvia</i>	<i>Sphaeriidae</i>	3
<i>Amphipoda</i>	<i>Hyalellidae</i>	6
<i>Ostracoda</i>		3
<i>Hydracarina</i>		4
<i>Ephemeroptera</i>	<i>Baetidae</i>	4
	<i>Leptophlebiidae</i>	
	<i>Leptohyphidae</i>	
	<i>Oligoneuridae</i>	
<i>Odonata</i>	<i>Aeshnidae</i>	6
	<i>Gomphidae</i>	8
	<i>Libellulidae</i>	6
	<i>Coenagrionidae</i>	6
	<i>Calopterygidae</i>	8
	<i>Polythoridae</i>	10
<i>Plecoptera</i>	<i>Perlidae</i>	10
	<i>Gripopterygidae</i>	10
<i>Heteroptera</i>	<i>Veliidae</i>	5
	<i>Gerridae</i>	5
	<i>Corixidae</i>	5
	<i>Notonectidae</i>	5
	<i>Belostomatidae</i>	4
	<i>Naucoridae</i>	5
	<i>Calamoceratidae</i>	10
	<i>Odontoceridae</i>	10
	<i>Leptoceridae</i>	8
	<i>Polycentropodidae</i>	8
	<i>Hydroptilidae</i>	6
<i>Trichoptera</i>	<i>Xiphocentronidae</i>	8

	<i>Hydrobiosidae</i>	8
	<i>Glossosomatidae</i>	7
	<i>Hydropsychidae</i>	5
	<i>Anomalopsychidae</i>	10
	<i>Philopotamidae</i>	8
	<i>Limnephilidae</i>	7
<i>Lepidoptera</i>	<i>Pyalidae</i>	4
<i>Coleoptera</i>	<i>Ptilodactilidae</i>	5
	<i>Lampyridae</i>	5
	<i>Psephenidae</i>	5
	<i>Scirtidae</i>	5
	<i>Staphylinidae</i>	3
	<i>Elmidae</i>	5
	<i>Dryopidae</i>	5
	<i>Gyrinidae</i>	3
	<i>Dytiscidae</i>	3
	<i>Hydrophilidae</i>	3
	<i>Hydraenidae</i>	5
<i>Diptera</i>	<i>Blepharoceridae</i>	10
	<i>Simuliidae</i>	5
	<i>Tabanidae</i>	4
	<i>Tipulidae</i>	5
	<i>Limoniidae</i>	4
	<i>Ceratopogonidae</i>	4
	<i>Dixidae</i>	4
	<i>Psychopodidae</i>	3
	<i>Dolichopodidae</i>	4
	<i>Stratiomyidae</i>	4
	<i>Empididae</i>	4
	<i>Chironomidae</i>	2
	<i>Culicidae</i>	2
	<i>Muscidae</i>	2
	<i>Ephydriidae</i>	2
<i>Athericidae</i>	10	
<i>Syrphidae</i>	1	

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017).

Realizado por: Escobar A. 2020.

2.8. Cálculo del ICA

El índice de la calidad de agua es utilizado para la medición de la variación de la calidad de agua en diferentes tramos de los ríos en tiempos. Los hallazgos son usados para identificar cuando un tramo del río o corriente es saludable o no.

Por consiguiente, para determinar del índice ICA se utilizaron todos los parámetros medidos in-situ en el laboratorio de Calidad del Agua de la ESPOCH, a saber: Oxígeno disuelto, Coliformes fecales, pH, DBO, cambio de temperatura, fosfatos, nitratos, turbiedad y sólidos disueltos totales, mismos que determinan un resultado aceptable o no de la calidad del agua de la microcuenca del Río Gala. A continuación, se muestra la ponderación de cada parámetro con su índice respectivo.

Tabla 10-2: Ponderaciones de los parámetros por el índice ICA.

Parámetro	Unidades	Factor de Ponderación
Oxígeno disuelto	% sat.	0.17
Coliformes fecales	#/100 mL	0.16
pH	unidades	0.11
DBO	mg/L	0.11
Cambio de temperatura	°C	0.1
Fosfatos	mg/L	0.1
Nitratos	mg/L	0.1
Turbidez	NTU	0.08
Sólidos Totales	mg/L	0.07

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017).

Realizado por: Tibanquiza F, Esparza R. 2020.

2.9. Análisis Estadístico

2.9.1. Operacionalización de Variables

Tabla 11-2: Operacionalización de variables

VARIABLES	CONCEPTO	INDICADOR	INSTRUMENTO
INDEPENDIENTE: Contaminación del agua por la acción minera en el río Gala.	La contaminación del agua por actividades mineras suele ser de índole muy alto, por lo cual se evalúa está en varios parámetros para tener un resultado claro de la calidad del agua.	pH Turbiedad Colorimetría. Temperatura DBO ₅ DQO Materia Orgánica. Solidos Totales disueltos. Oxígeno disuelto. Nitratos Fosfatos Coliformes fecales.	pH-metro. Colorímetro. nefelómetro o turbidímetro. Reactor DQO/DBO. Escala de calificación ICA-NSF.
DEPENDIENTE: La dinámica biológica en el río Gala.	Los macroinvertebrados al ser muy sensibles a cambios climáticos o a la presencia de cargas contaminantes son excepcionalmente importantes para determinar la calidad de agua.	Número de especies de Bioindicadoras en zonas muestreadas.	Catálogo del Índice ABI.

Fuente: (Toledo & Mendoza, 2017)

Realizado por: Escobar A. 2020.

2.9.2. Formulación de la hipótesis

A mayor relación (dinamismo) de familias de macroinvertebrados, mejor calidad de agua.

Hipótesis Nula

Ho: El dinamismo de los macroinvertebrados contribuye a la buena calidad de agua.

Hipótesis Alternativa

Ha: El dinamismo de los macroinvertebrados no contribuye a la buena calidad de agua.

2.9.3. Técnicas

Dendrográma Clúster

Se utilizó el programa Scan Chemometric

Es un análisis para determinar el porcentaje de similitud entre la composición de las comunidades bentónicas y los parámetros Físico-Químicos de cada punto de muestreo en el río, de acuerdo a las distancias euclidianas; para la agrupación de datos se utilizó el método completo, debido a que se agrupó de una forma real. (Universidad de Granada, 2020, p. 68).

Método Cart

Se trabajó con el programa Scan Chemometric. Para el análisis y el tratamiento de los datos se utilizó el método CART, que es un método no paramétrico que utiliza el concepto de la analogía, y no necesita hipótesis previas sobre la distribución de las variables, razones por las cuales fue elegido para este estudio. El método se basa sobre la selección de la variable discriminante y sobre la selección del valor de la variable mediante el cual extiende la evaluación de las clases propias para clasificar y agrupar el objeto.

CAPÍTULO III

3. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

3.1. Aspectos biológicos

Diversidad de organismos

En este estudio, en todos los muestreos se capturaron un total de 3592 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron: Baetidae 42,4%, Leptophlebiidae 16,2%, Hydropsychidae 16,30% (Trichoptera), Elmidae 14,91% (Coleóptera) y Leptohiphidae 12,35% (Ephemeroptera) siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 53,73% de individuos; además la familia de los Baetidae fue la más representativa con 1144 individuos.

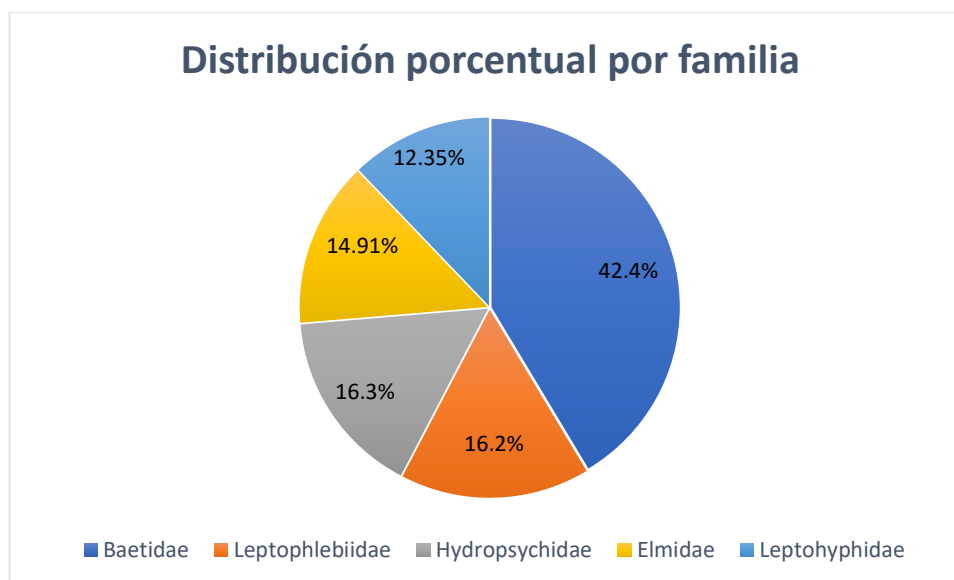


Gráfico 1-3: Distribución porcentual de familias durante el muestreo

Realizado por: Escobar A. 2020.

En los puntos 1 y 2 (se toman estos puntos pues son donde hay mayor cantidad de familias de macroinvertebrados), del muestreo se capturaron un total de 1716 individuos pertenecientes a 31 familias agrupadas en 12 órdenes, en donde los cuatro taxones más representativos fueron: Baetidae 48.19% (Ephemeroptera), Hydropsychidae 11.65% (Trichoptera), Elmidae 9.44% (Coleóptera) y Leptohiphidae 9.46%.

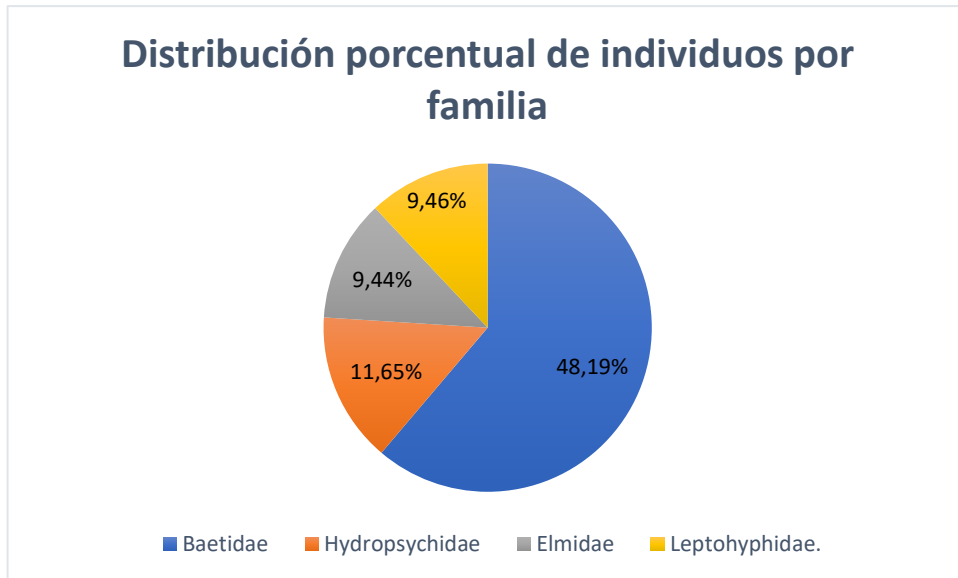


Gráfico 2-3: Distribución porcentual de familias durante el muestreo

Realizado por: Escobar A. 2020.

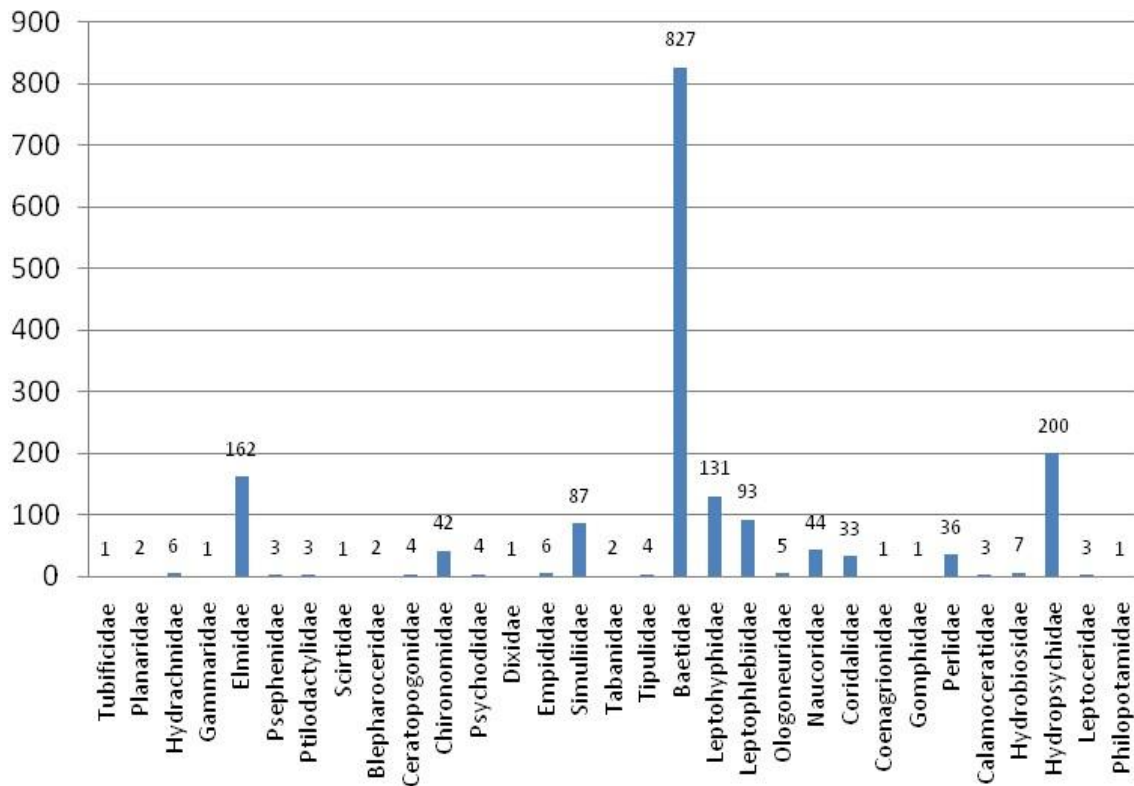


Gráfico 3-3: Distribución absoluta de individuos por familia en los puntos de muestreo 1 y 2

Realizado por: Escobar A. 2020.

En los puntos restantes de muestreo se capturaron un total de 1876 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron:

Leptophlebiidae 19.02% (Ephemeroptera), Baetidae 16.89% (Ephemeroptera), Hydropsychidae 12.89% (Trichoptera), Elmidae 12.26% (Coleóptera), Leptohiphidae 10.92%, (Ephemeroptera).

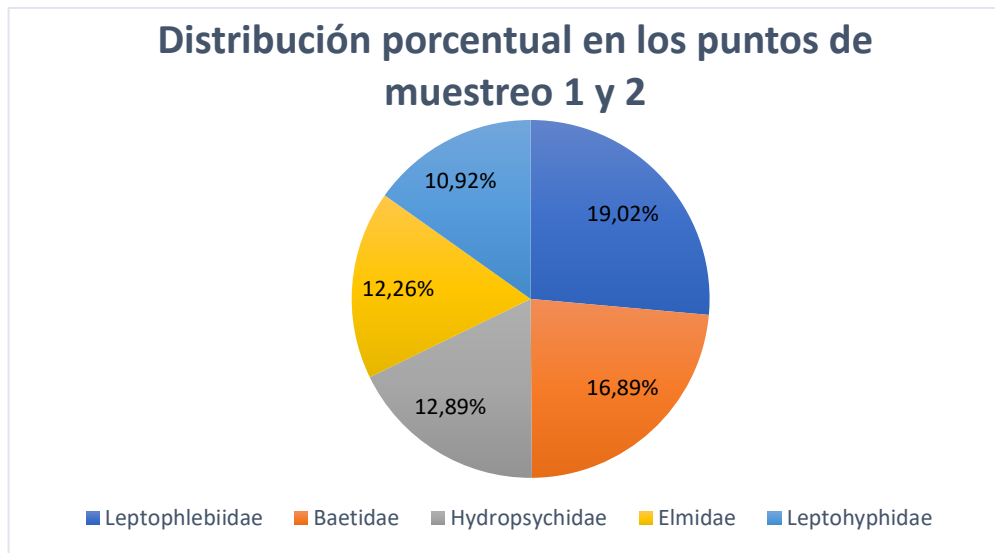


Gráfico 4-1: Distribución porcentual de los individuos por familia en los puntos de muestreo 1 y 2

Realizado por: Escobar A. 2020.

Siendo el orden Ephemeroptera el más importante ya que constituyó el 48.42% de individuos.

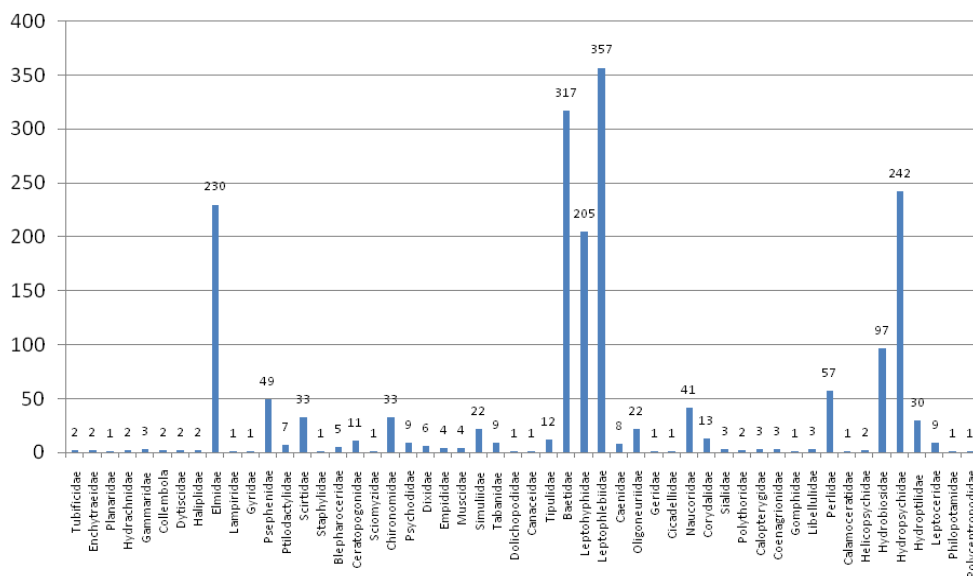


Gráfico 5-3: Distribución absoluta de los individuos por familia en los puntos de muestreo 3, 4 y 5

Realizado por: Escobar A. 2020.

En los 5 puntos de muestreo se registraron 22 familias en el punto 1 río Gala y el río Chico (unión), 25 familias en el río Gala cuenca media y 38 familias en el río Gala Cuenca alta.

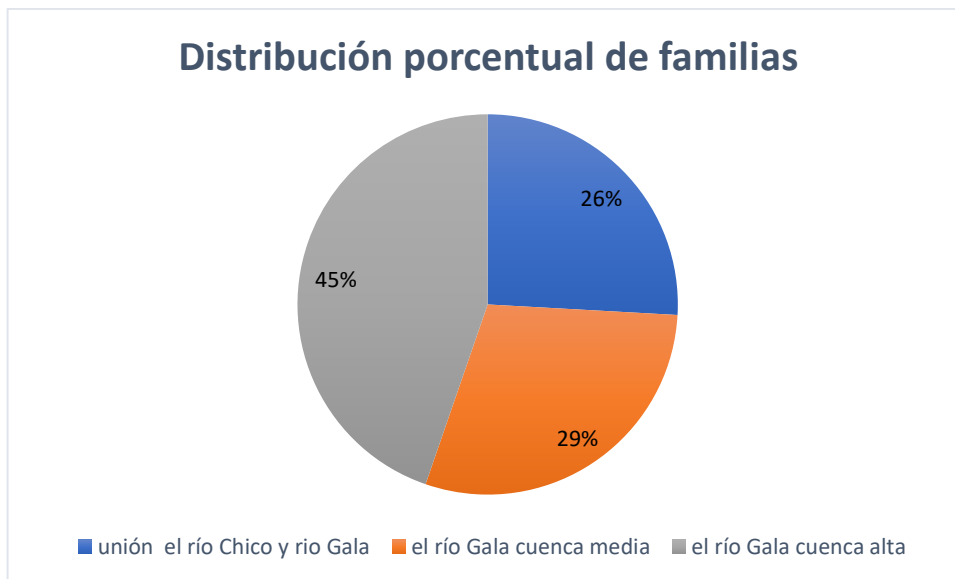


Gráfico 6-3: Distribución porcentual de la riqueza de familias por sitio de muestreo
Realizado por: Escobar A. 2020.

En el monitoreo en el río Gala en los puntos de muestreo que presentaron mayor abundancia fueron: el número 2 con 409 individuos; seguido del número 3 con 344 individuos y el número 4 con 330 individuos y la que presentó menor abundancia fue la estación número 1 con 247 individuos. El punto número 5 presentó 190 individuos.

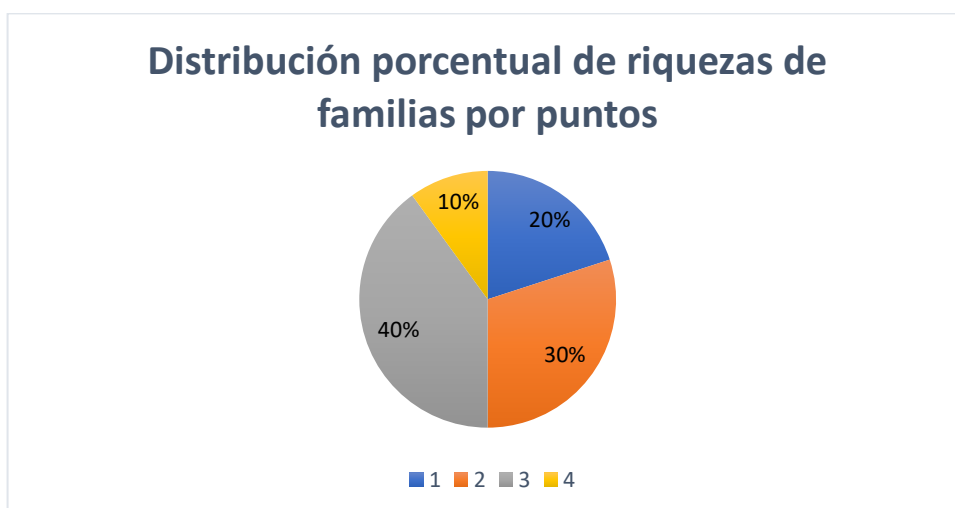


Gráfico 7-3: Distribución porcentual de la riqueza de familias por sitio de muestreo
Realizado por: Escobar A. 2020.

Índice ABI

Con el índice ABI adaptado (Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI, 2008, p. 50) propuesto para la evaluación en este estudio, en la época de invierno, se obtuvo que solamente en el punto 5 pertenece a la clase I categorizadas como aguas no contaminadas. De clase II llamadas aguas con algunos efectos de contaminación, se presentaron en todos los puntos de muestreo del río Gala y el punto 1 donde se unen los ríos Gala y Chico. Se obtuvieron valores de clase III categorizadas como contaminadas en los puntos 3 y 4 del río Gala y de clase IV llamadas aguas muy contaminadas se obtuvo en el punto 2 del río Gala. No se obtuvo agua de clase V categorizada como aguas fuertemente contaminadas en ninguna de los puntos de monitorio de los dos ríos.

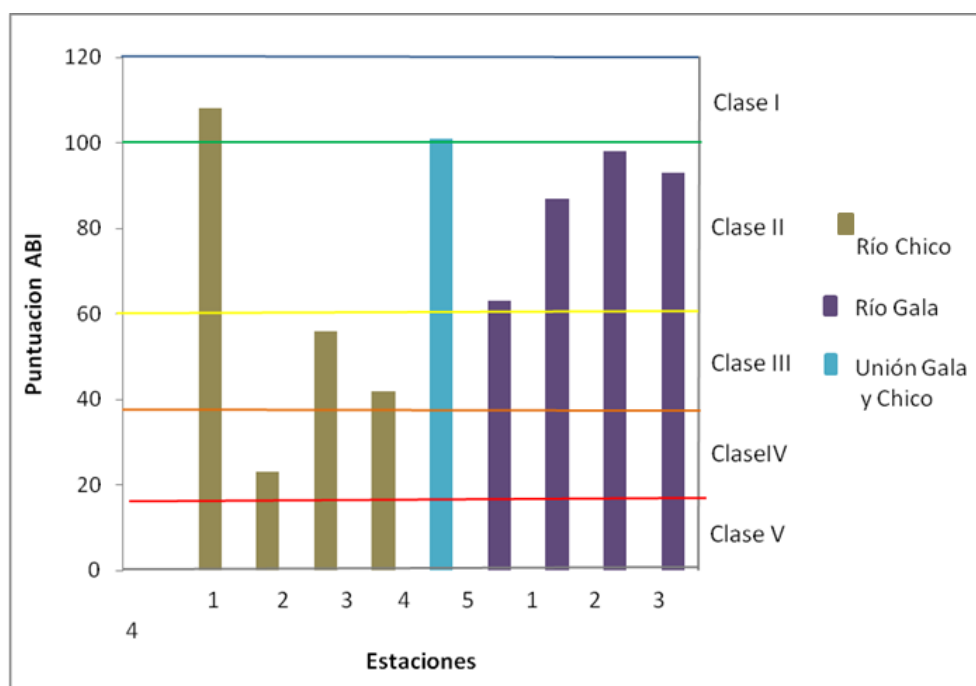


Gráfico 8-3: El índice ABI en puntos de muestreo

Realizado por: Escobar A. 2020.

Al igual que los parámetros físico-químicos, en los resultados biológicos hubo grandes diferencias en las comunidades de macroinvertebrados, entre los puntos que existía minería y las que no tenían influencia por esta actividad.

En cuanto a la abundancia de taxones presentes en todo el muestreo tenemos 3592 individuos encontrados, en donde *Baetidae*, *Leptophlebiidae* (*Ephemeroptera*), *Hydropsychidae*

(*Trichoptera*), *Leptohyphidae* (*Ephemeroptera*) y *Elmidae* (*Coleoptera*) fueron las familias dominantes; Siendo el orden *Ephemeroptera* el más importante ya que constituyó el 54,97% de taxones encontrados, así tenemos que (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016, p. 29). encontró datos similares en su estudio detallando un total de 4073 individuos dominados por *Leptophlebiidae* y *Baetidae* (*Ephemeroptera*), de igual forma (Sotomayor, G., 2007, p. 26) detalla datos parecidos en su estudio, con la diferencia de que en sus cinco taxones principales existen *Perlidae* (*Plecóptera*) y *Naucoridae* (*Hemíptera*). La gran mayoría de taxones pertenecen a los puntos que netamente están involucrados como Gala y el punto 1 del río Chico-Gala debido a que estas no tienen influencia por las actividades mineras, a diferencia de los demás puntos que por estar expuestas a la minería presentaron bajo número de estos.

En la riqueza de familias por sitio de muestreo se puede apreciar que hubo un mayor número en el río Gala 37 y 38 familias respectivamente en los puntos cercanos a la montaña, en cambio en los puntos iniciales fue menor (22 punto Chico- Gala y 25 Gala), esto se debe al incremento de las lluvias que aumentan el caudal en la temporada invernal, provocando un barrido de los individuos disminuyendo el número de estos, mientras en la temporada de estiaje las aguas permanecen estables y sin turbulencias permitiendo que los macroinvertebrados permanezcan constantes y estables en los ríos; a diferencia de estos datos, en un estudio realizado por (Sotomayor, G., 2007, p. 31) encontró un mayor número de individuos en invierno y solo en una estación obtuvo mayor número de estos en verano.

La abundancia relativa por puntos de muestreo, demuestra que si existen diferencias significativas entre los distintos puntos distribuidos en la cuenca del río, pues tenemos el bajo número de individuos en los puntos 2, 3 y 4 del río Gala respectivamente; esto se atribuye a que están influenciadas por la minería, especialmente el punto 2 que presentó el número más bajo de diversidad y abundancia en el estudio ya que está ubicada en plena área de los trabajos mineros, además la mayoría de taxones presentes fueron del orden Díptera como *Chironomidae* y *Psychodidae* que son tolerantes en aguas altamente contaminadas, este dato también lo demuestra (Roldán, 2003, p. 68) en su estudio ya que en aguas tenían considerables efectos de contaminación solo encontró *Chironomidos*; también se encontró un gran número de *Baetidae* (*Ephemeroptera*), *Hidropsichidae* (*Tricoptera*) y *Elmidae* (*Coleoptera*) que pueden tolerar aguas moderadamente contaminadas; este dato también lo demuestra (National Science Foundation, 2013, p. 33) que data un alto y bajo porcentaje de individuos en las estaciones que no tenían influencia antrópicas y las que presentaban esta influencia respectivamente; a diferencia del punto 1 del río Gala y las estaciones del río Gala que presentaron un alta diversidad y abundancia de individuos, debido a que ninguna estación tiene influencia por esta actividad, aunque la estación 5 del río Gala presento un bajo número de individuos en el invierno en relación a las demás estaciones de

este río, esto se puede explicar a que las condiciones de estación no son favorables (muy poca materia orgánica, y hojarasca, casi nada de sedimentos, sustrato mayormente formado por rocas y alta pendiente) y además el alto caudal formado por la lluvia provoca un barrido o lavado que sumado a los factores arriba citados ayuda a disminuir la presencia de macroinvertebrados. Todos los datos de riqueza y abundancia de macroinvertebrados arriba datados, también lo demuestra (Luis Vásquez, 2015, p. 70) ya que él encontró en su estudio, que cuando el río presentaba disturbios físico-químicos el número de individuos decrecía y al contrario tendía a elevarse el número de macro bentos cuando el agua del río mejoraba sus condiciones.

Según el índice ABI, tenemos que puntos 5 o zonas cercanas al punto 5 del río Gala pertenecen a la clase I categorizadas como aguas muy limpias, pues al no presentar influencia por las actividades mineras y debido al temporal donde el caudal permanece bajo y estable hubo un alto número de individuos en especial *Leptoplebiidae*, *Oligoneuriidae* (*Ephemeroptera*), *Perlidae* (*Plecóptera*) e *Hydrobiosidae* (*Tricoptera*), que, según (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016) son característicos de aguas muy limpias.

Valores pertenecientes a la clase II llamadas aguas con algunos efectos de contaminación se encontró en los puntos 5 del río Gala y 4 pues estos puntos de muestreo al encontrarse lejos de los trabajos mineros no tiene influencia fuerte o directa por estas actividades, donde se encontró un dominio de familias como *Leptohephyidae*, *Leptoplebiidae* y *Baetidae* (*Ephemeroptera*) e *Hydrobiosidae*, *Hidropsichidae* (*Tricoptera*), lo que manifiesta (Roldán, 2000, p. 20) que estos individuos son característicos de aguas limpias o poco contaminadas.

El punto 3 del río Gala presentó valores de clase III llamadas aguas contaminadas y la que presentó valores de clase IV categorizada como aguas muy contaminadas fue el punto 2 del río Gala, esto se puede explicar por lo que los puntos 2 y 3 respectivamente se encuentran ubicadas e influenciadas directamente por las actividades mineras; además se encontró casi en su totalidad familias de *Hidropsichidae* (*Tricoptera*) y *Baetidae* (*Ephemeroptera*) en el punto 3 y el punto 2 *Chironomidae* y *Psychodidae* (*Díptera*), donde según cita (Guachia, 2009, p. 114) son individuos característicos de aguas contaminadas y muy contaminadas respectivamente.

Un dato importante considerado en este estudio es la gran abundancia de la familia *Baetidae* (Gráfico 1-3) con un número de 1144 individuos en todos los muestreos a lo largo de la microcuenca; además fue la única familia que se encontró en todos los puntos de muestreo del río seguida de *Elmidae* (Gráfico 2-3) pero en menor número, esto se debe a la preferencia que tiene esta familia a aguas rápidas y su ligera tolerancia a la contaminación, la cual se ve favorecida también por la reducción de sus depredadores y competidores naturales, disponiendo de una mayor cantidad de alimento (Guachia, 2009, p. 115), con lo cual esto nos indica que existe un desequilibrio de las comunidades bentónicas debido a las diversas influencias y alteraciones que

sufren cada uno de los ecosistemas estudiados, como se pudo evidenciar en las gráficas en las que las familias *Batidae* son las que alcanzan un porcentaje mayor al 40%, siendo que esta familia posee características que nos ayudan a tener una idea acertada a primera vista sin analizar tanto de cómo está la calidad del agua.

3.2. Aspectos físico-químicos

Agua

Los resultados obtenidos en campo de los parámetros Físico-Químicos se los comparó con los valores de los límites permisibles definidos en el Texto Unificado de Legislación Secundaria del Ministerio del Ambiente (Ministerio del Ambiente, 2019, pp. 39-65) determinándose los parámetros que están fuera de los límites permisibles y que influyen en la calidad del agua.

Tabla 12-3: Operacionalización de variables

Parámetros	Unidades	Límite Permissible de agua de consumo humano y uso doméstico que solo requieran desinfección	Límite permisibles de agua para uso agrícola o riego	Límite permisibles de agua para la preservación de flora y fauna de aguas cálidas dulces
Sólidos Totales	mg/l	500	3 000,0	
Sólidos Disueltos	mg/l			
pH		6 a 9	6 a 9	6, 5-9
Turbiedad	UTN	10		
Oxígeno Disuelto	O ₂ /l	6		No menor al 60% y no menor a 5 mg/l
Cloruros	mg/l Cl	250	>10,0	10,0
Dureza Total	mgE/l	500		
Zn	mg/l	5	2	
Cd	mg/l	0,001	0,01	0,01
Cu	mg/l	1	2	0,02
Hg	mg/l	0,001	0,001	0,0002
Nitratos	mg/l	10		

Sulfatos	mg/l	250		
Fosforo Total	mg/l	0,1	0,1	10,0
DBO	mg/l	2		
DQO	mg/l			
CN	mg/l	0,01	0,2	0,1

Fuente: (Ministerio del Ambiente, 2019).

Realizado por: Escobar A. 2020.

El río Gala en algunos puntos presento datos que afectan a la calidad del agua debido a que este tiene influencia de la actividad minera que existe en la zona, y los puntos alejados que al no estar influenciado por la minería presentó datos que dan características de buena calidad de agua.

A continuación, se describen los parámetros analizados en las muestras de agua:

- *Sólidos totales:* El río Gala está dentro de los límites permisibles en la época de verano en la que se muestreo, aunque el punto 2 del río Gala está cerca de sobrepasar estos límites.
- *Sólidos disueltos:* Este parámetro, aunque no está considerado en el (Ministerio del Ambiente, 2019) presentó en la época de verano donde los ríos permanecen estables con poco caudal y sin arrastre de sólidos concentraciones muy elevadas de este en las estaciones 2, 3 y 4 del río Gala, especialmente el punto 2 que tiene concentraciones totalmente altas producto de la actividad minera que existe en este río en relación a las demás estaciones que no tienen actividad minera.
- *pH:* El río Gala y el punto 1 donde se unen los dos ríos presentaron valores de pH básico y fuera de los límites permisibles. Mientras que en el punto 2 del río Gala y 3 y 4 del río Gala de igual forma presentaron un pH básico y fuera de los límites permisibles.
- *Turbiedad:* Los puntos 2, 3 y 1 del río Gala están fuera de los límites permisibles de aguas para uso doméstico que solo necesita desinfección.
- *Oxígeno disuelto:* Este parámetro que es muy importante para la vida acuática y la calidad del agua en la época de invierno y verano presentó niveles que están fuera de los límites permisibles en los puntos 2, 3 y 4 del río Gala y el punto 1 donde se unen los ríos.

- *Cloruros*: Se encontró en el punto 2 del río Gala que es la que tiene incidencia directa de la minería, aunque está dentro de los límites permisibles.
- *Dureza*: está dentro de los límites permisibles en las dos épocas, aunque en el punto 2 del río Gala presentó niveles que están cerca de los límites.
- *Nitratos*: Los puntos 2, 3 y 4 del río Gala que son las que tienen influencia por la minería presentan niveles que están dentro de los límites permisibles, aunque en el verano estos tienden a aumentar. En las demás estaciones que no tienen actividad minera se encontró cero concentraciones de este.
- *Fósforo total*: Tiene concentraciones que están fuera de los límites permisibles en las dos épocas del año, pero los puntos del río Gala que presentan actividad minera aumentan sus concentraciones, en relación a los demás puntos que no tienen esta actividad.
- *DBO*: Este parámetro en el río Gala y en el punto 1 donde se unen los dos ríos presentaron valores altos que están fuera de los límites permisibles, el río Gala presentó iguales características, sumándose el punto 2, aunque con baja demanda, pero fuera de los límites permisibles.
- *DQO*: Los puntos 1, 3 y 4 del río Gala presentaron una baja demanda y los demás puntos una demanda más alta.

Las características físico-químicas de una fuente de agua están en función de la naturaleza de sus suelos, su uso y estado de conservación (Roldan, 2000, p. 38), que interactúan con la morfología del caudal y las variables hidráulicas. En los 5 puntos de muestreo pertenecientes a los ríos Gala y Chico hubo grandes diferencias entre cada muestreo que presentaron influencia de la actividad minera y las que estaban exentas de esta actividad. (Vimos, 2004, p. 85).

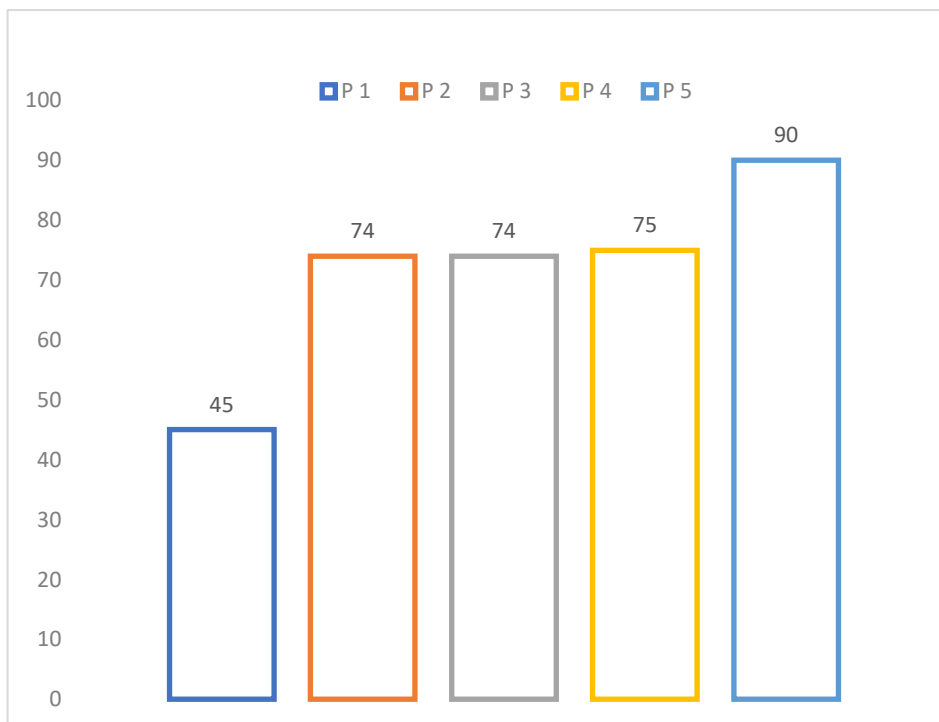


Gráfico 9-3: Representación de la variación de los puntos con respecto al Índice ICA.

Realizado por: Escobar A. 2020.

El oxígeno disuelto es uno de los indicadores más importantes de la calidad del agua. Los valores normales varían entre los 7,0 y 8,0 mg/L. Este llega al sistema acuático por difusión de la atmosfera o por la fotosíntesis (Rios B. Costa, 2008, p. 75). Este parámetro en invierno y verano se encuentra con valores menores a 6,0 mg/L en los puntos 2, 3, 4 del río Gala y el punto 5 donde se une con el río Gala, caracterizándose como agua con alteración según Roldan (2003) y fuera de los límites permisibles de aguas para consumo humano y uso doméstico según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 48); debido a que estas estaciones se encuentran afectadas por los trabajos mineros, en cambio las demás estaciones que no tienen minería presentaron mejor oxigenación; un estudio realizado por (Roldan, 2000, p. 68) encontró un déficit de oxígeno en ríos contaminados y alta oxigenación en aguas sin contaminación o alteración.

Los sólidos Totales y la Turbiedad, entre estos tenemos: Los sólidos totales denominados así por la fracción de sólidos que no pasa por el filtro de 0,45 μ y los sólidos disueltos aquellos que no son retenidos por el filtro de 0,45 μ (ICT - Instituto Catalán de Tecnología, 1996, pp. 56-57). Estos parámetros en la época de los monitoreos se encuentran en concentraciones muy elevadas en el punto 1 de muestreo distribuido en el río Gala que tienen minería en contraste a los demás puntos que no tienen influencia directa de esta actividad, principalmente los sólidos totales y la turbiedad en los puntos 2 y 3 del río Gala que se encuentran fuera de los límites permisibles aguas para consumo humano, uso doméstico, agrícola y riego según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 79),

(Sotomayor, G., 2007, p. 36) en su estudio también encontró altos niveles de turbiedad en las estaciones que estaban ubicadas cerca de las minas.

El pH del agua (Orozco, 2008, p. 63), este parámetro en el periodo de muestreo en todas las estaciones de muestreo se encuentra dentro de los valores de aguas naturales que varían entre 6,0 y 9,0 según indica, (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 23); y que, aunque el río Gala a pesar de tener influencia de las minas el pH se encuentra en valores neutros en los monitoreos; esto se debe a las rocas del material aurífero están formadas en su mayoría por carbonatos.

La dureza aunque está dentro de los límites permisibles según el (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 31) en todos los puntos de muestreo en los monitoreos, presento altas concentraciones de este parámetro en el punto 1 (200 y 365 mg/L) del río Gala que está principalmente influenciado por las minas, caracterizándolas como aguas duras, mientras los demás puntos que no presentan esta actividad tuvieron bajas concentraciones (45 y 100 mg/L) consideradas como medianamente blandas; una investigación realizada por (Roldan, 2000, p. 36) reportó datos de aguas blandas (10 y 40 mg/L) en ríos sanos y aguas duras (hasta 350 mg/L) en ríos contaminados, también Sotomayor, (2007) en su estudio data una elevación de la dureza en las estaciones contaminadas por las minas. (Sotomayor, G., 2007, p. 45).

Los cloruros y sulfatos son dos de los aniones más importantes que se encuentran en las aguas naturales después de los carbonatos. Aunque el cloruro se detectó solamente en el monitoreo en el punto 2 del río Gala que tiene incidencia directa por las actividades mineras con un valor de 48 mg/L, y que está dentro de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente del Ecuador, 2016, p. 56), para (Roldan, 2000, p. 37) los cloruros en ríos de aguas normales de montaña presentan valores menores a 5 mg/L. En cambio, el sulfato se encontró en todas los puntos que presentan afección por los trabajos mineros con valores que van de 0,9 a 1,2 y de 3 a 5 consideradas dentro de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente, 2019), este dato también lo (Luis Vásquez, 2015, p. 56) quien manifiesta que estos parámetros en aguas naturales varían en valores que van desde los 2,0 hasta los 10 mg/L, aunque en un estudio realizado por (Guachia, 2009, p. 63) manifiesta que existe contaminación por la minería en los puntos estudiados en el río Gala con valores que varían entre 0 y 38 mg/L y un registro excepcionalmente alto de 210 mg/L. Pero también hubo sulfatos en punto 1 del río Gala que no tiene minería con valores normales, esto se debe según (Roldan, 2000, p. 67) a la naturaleza geoquímica del terreno que lo contiene, ya que el agua como solvente universal tiene la capacidad de disolver la mayoría de sales minerales. Estos parámetros en niveles muy altos producen en el agua una alta productividad en términos de biomasa causando una baja diversidad de especies (GAD Ponce Enriquez, 2015, p. 82).

Elementos como los nitratos y el fósforo (bionutrientes) son los principales causantes de la eutrofización de las aguas, pues esta induce a una disminución drástica del oxígeno disuelto, lo

que puede acabar con la vida normal del medio acuático (Min. Ambiente, 2015, p. 32). Se encontró la presencia de nitrato solamente en las estaciones del río Gala que presentaron actividad minera con valores entre 1 y 4 mg/L, en las dos épocas del año, aunque se encuentra dentro de los límites permisibles según (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 45), pero (Roldan, 2000, p. 42) dice que los valores normales de nitrato se sitúan entre 0,1 y 0,3 mg/L. En cambio el fósforo se detectó en los dos ríos en todas las estaciones de muestreo en el monitoreo del año fuera de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 49), aunque en los puntos 2, 3 y 4 del río Gala hubo elevadas concentraciones a diferencia de las demás, producto de las actividades mineras que existen en esta zona, así tenemos que (Guachia, 2009, p. 55) en su estudio data bajos niveles de fósforo y nitratos en ríos sanos, mientras que en aguas contaminadas encontró altos niveles de estos elementos. La razón de la presencia de fósforo en las estaciones que no existe minería se debe al mismo hecho de no existir esta actividad la gente utiliza el agua para uso doméstico (lavar ropa, bañarse, etc.) ocasionando la presencia de fosfatos por los detergentes utilizados (Orozco, 2008, p. 41), incluso el uso del agua para agricultura y riego podría aportar con este elemento debido al uso de pesticidas y fertilizantes.

Parámetros DBO y DQO. En lo que respecta al DBO definido por la cantidad de oxígeno requerido por un grupo de organismos principalmente las bacterias para descomponer la materia orgánica (Sotomayor, G., 2007, p. 23), se encontró niveles bajos de este parámetro (con valores entre 0,6 y 1,7 mg/L.) en todos los puntos de muestreo del río Gala, ubicándose dentro de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 80) y según (Luis Vásquez, 2015, p. 37) valores menores a 3 mg/L, considera como aguas puras, excepto el punto 2 del río Gala que está ubicada en plena actividad minera que presentó en verano el mes de muestreo un valor de 3,23 mg/L, quedando fuera de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 36) y según (Toapanta, 2017, p. 96) aguas entre 3 y 5 mg/L, son aguas de pureza intermedia; en cambio en el río Gala es a la inversa, presentó niveles altos con valores entre 8 y 22 mg/L, que lo ubica fuera de los límites permisibles según él (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 52) y según (Toapanta, 2017, pp. 65-68) valores mayores a 8 mg/L, son aguas que tienen algún tipo de contaminación.

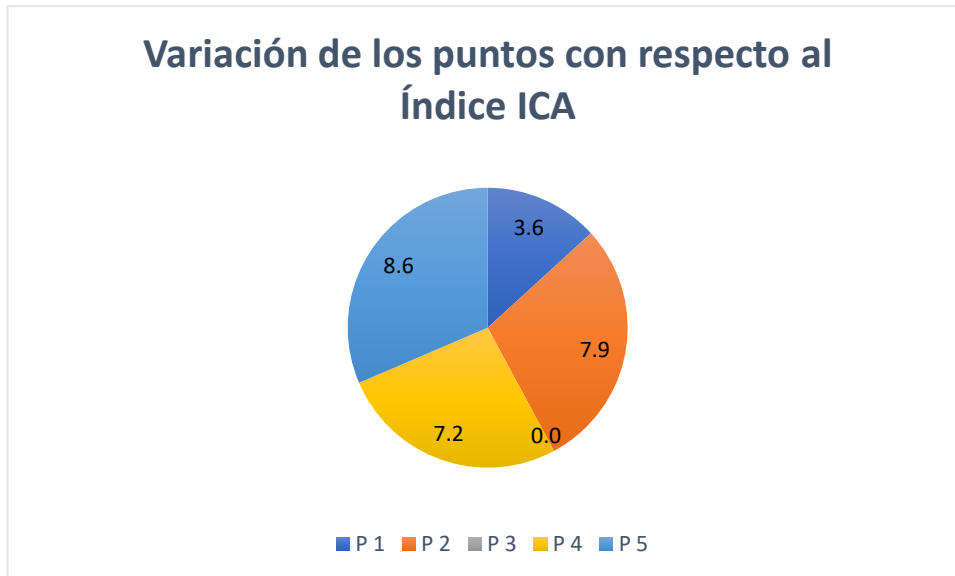


Gráfico 10-3: Representación de la variación de los puntos con respecto al Índice ICA.

Realizado por: Escobar A. 2020.

La Realidad de que el río Gala a pesar de estar afectado por algunos parámetros físico-químicos debido la influencia de las actividades mineras, presenta aguas de buena calidad o sanas según el DBO y la literatura citada, excepto el punto 5 que no tiene ningún tipo de influencia antrópica, esto se puede atribuir a que en este río en ciertos tramos no existe vida superior (Sotomayor, G., 2007, p. 82) y en los muestreos de macroinvertebrados se encontró un número relativamente bajo; ya que todas especies acuáticas son también las responsables de las demandas de oxígeno para poder vivir, además no tiene uso doméstico, riego y agricultura en la parte media y alta; en contraste el río Gala aunque no tiene afección por los trabajos mineros presenta aguas con problemas de contaminación según el DBO y la bibliografía, esto se le atribuye al hecho de no presentar actividad minera está sujeto al uso de sus aguas para agricultura, riego y doméstico provocando estos un incremento de materia orgánica y nutrientes y por ende el DBO, además este río presentó en este estudio una alta diversidad y abundancia de macroinvertebrados, también presenta una gran diversidad de vida superior ya que la gente de la zona se dedica al pesca como fuente de consumo alimenticio, incrementando estos una demanda de oxígeno. En lo relacionado al DQO que mide la cantidad de materia orgánicas o inorgánicas susceptible de oxidación química contenida en el agua, representando la cantidad de oxígeno equivalente para la descomposición de la materia (Toapanta, 2017, p. 26) tenemos, que en los puntos de muestreo 2 y 3 del río Gala se obtuvieron niveles muy elevados con valores 190 y 170 mg/L, respectivamente, debido a que están ubicadas respectivamente en plena actividad minera, lo que representa una alta contaminación según manifiesta (Ministerio del Ambiente, 2019, p. 45) que las aguas naturales y

destinadas para abastecimiento debe ser menor a 30 mg/L, a diferencia de las demás estaciones en donde los niveles son relativamente bajos (valores entre 2,4 y 62 mg/L.).

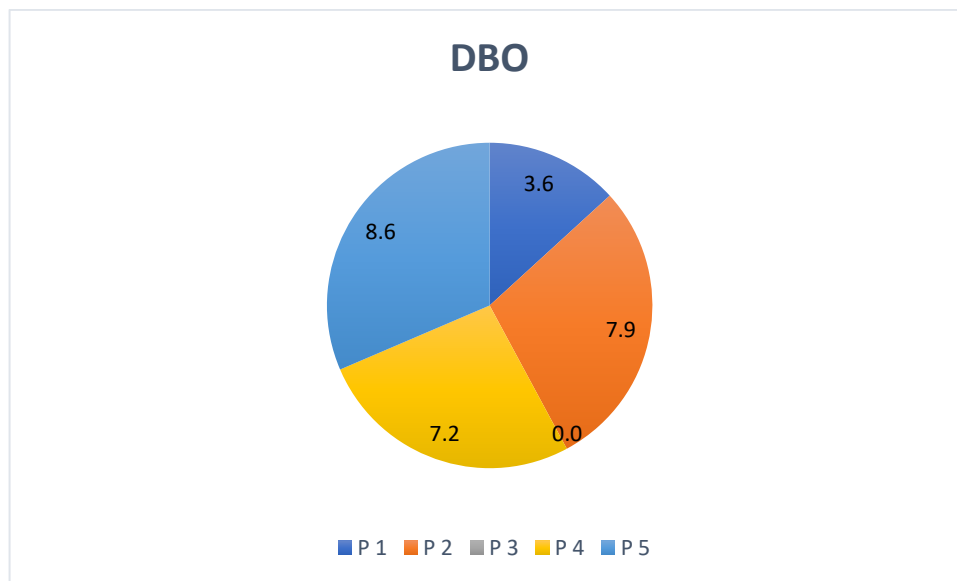


Gráfico 11-3: Variación del índice DBO

Realizado por: Escobar A. 2020.

Aunque en algunas estaciones especialmente en el río Gala hubo niveles sobre los 30 Mg/L, (hasta 62 mg/L.) lo que según manifiesta (Luis Vásquez, 2015, p. 29) deben ser menores, pudiendo causar un leve problema, esto se puede atribuir a que el río Gala está expuesto al uso del agua para agricultura, doméstico e incluso para turismo contribuyendo estos al incremento de materia causante del aumento de este parámetro, también el caudal es mucho mayor al del río Chico provocando arrastre de materiales especialmente en el invierno provocando igualmente un aumento del DBO.

3.3. Análisis estadístico

3.3.1. Dendrograma Clúster

Todos los puntos de muestreo del río Gala analizados sus variables de resultados, biológicos y físico-químicos en lo que corresponde a las muestras de agua, fueron sometidas a un Clúster de exploración y clasificación determinando si existen o no asociaciones entre las mismas. La clasificación de las estaciones mediante el análisis en base a las distancias euclidianas y similitud, permitió reconocer cuatro grupos fuertes de puntos de muestreo claramente

diferenciados. Siendo estos los siguientes: un grupo formado por el punto 2 del río Gala, otro formado por los puntos 3 y 4 del río Gala y 1 pertenece a la unión de los 2 ríos.

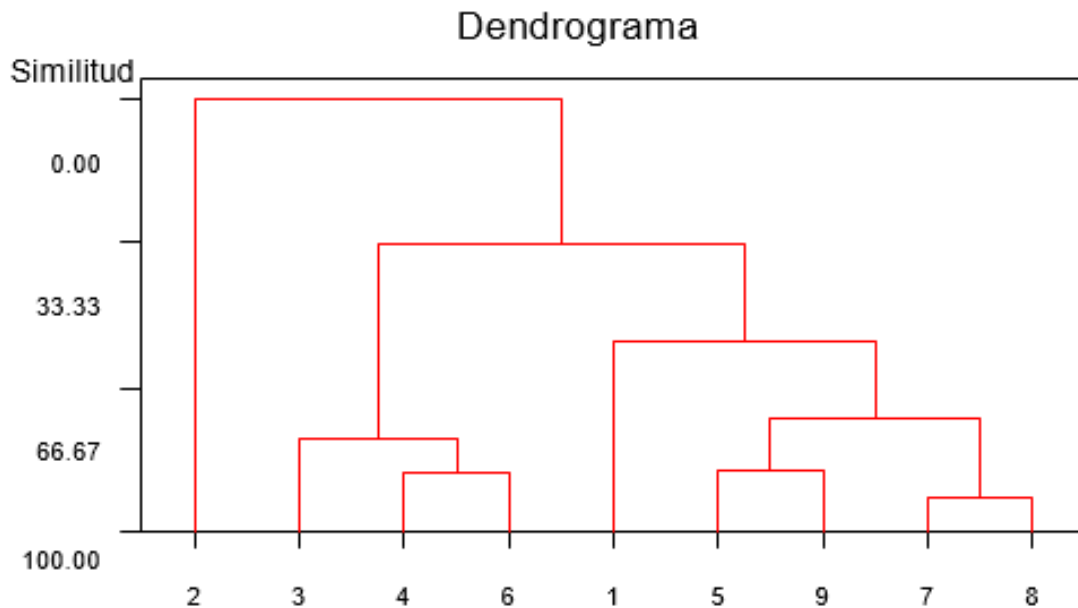


Gráfico 12-3: Similitud entre estaciones muestreadas, estructura y composición de comunidades de macroinvertebrados y parámetros físicoquímicos respecto a muestras de agua en invierno.

Realizado por: Escobar A. 2020.

3.3.2. CART

Para el análisis estadístico CART test no paramétrico de clasificación en base a clases asignadas, se eligió las siguientes variables: Clase 1 con minería y Clase 2 sin minería

El análisis CART se detalla la representación gráfica de la clasificación realizada, nótese en el cuadro del CART X valídate (que es la clase validada del test) del Gráfico 13 se puede decir que están bien clasificados, incluso el rango de error que nos da el test es 0.1111, es decir que es mínimo, reforzándonos esta aserción, aunque en las clases 1 existen puntos de muestreo aisladas del conglomerado o grupo determinado, esto se debe a que estos datos están fuera de la diagonal principal y mal clasificados pues no son considerados de gran similitud para pertenecer al grupo.

Así tenemos que el rango de error es el siguiente:

Cross-validated Error Rate: 0.1111

Cross-validated Risk: 0.1111

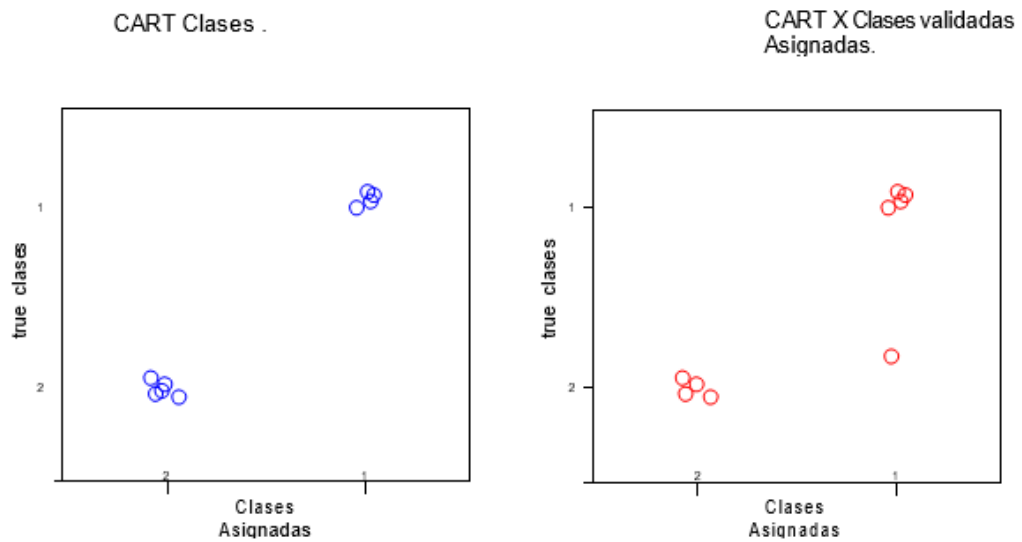


Gráfico 13-3: Clasificación en dos grupos de invierno

Realizado por: Escobar A. 2020.

En el Gráfico 13 procedente del análisis CART de todas las variables estudiadas se indica que las clases 1 y 2 son los grupos que se han establecido en nuestro manejo estadístico de datos.

Dichos grupos o clases se conforman por las actividades mineras presentes o no en los ríos muestreados en invierno, y están determinados por la afinidad que existen entre las mismas; de este modo agrupa asociaciones de puntos de muestreo basándose en similitud de características entre las mismas; así tenemos que:

Clase 1 con minería (color verde): se conforma por el punto 2 del río Gala y punto 1 en la unión de los ríos.

Clase 2 sin minería (color rojo): se conforma por los puntos 3, 4, 5 del río Gala.

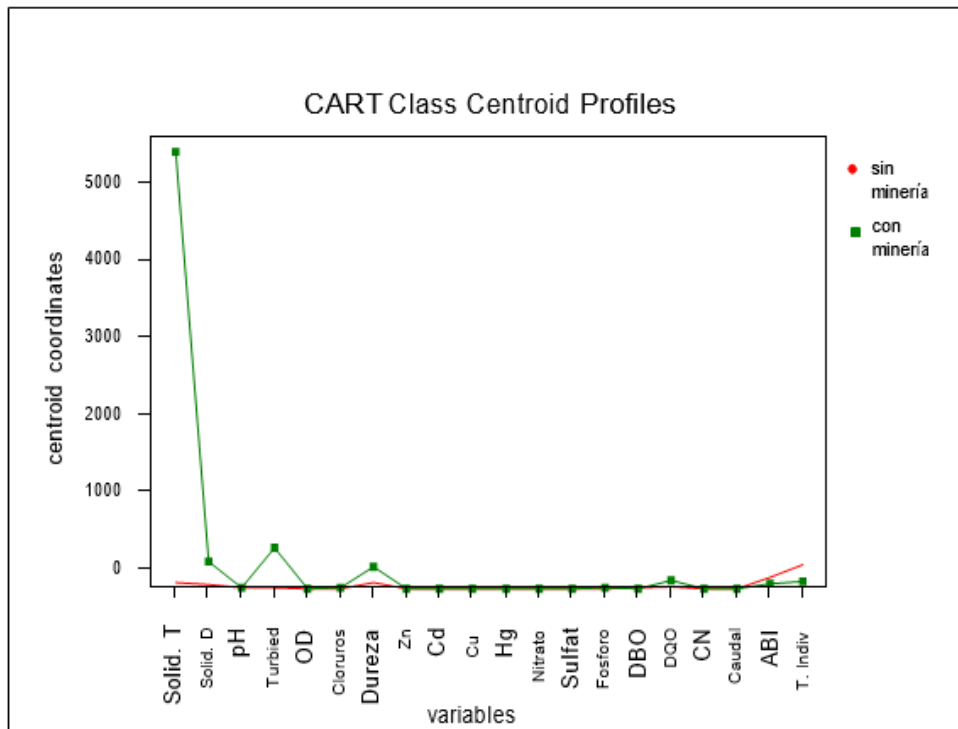


Gráfico 14-3: Clasificación de las variables según los puntos de muestreo

Realizado por: Escobar A. 2020.

En la época de verano con el análisis CART se detalla la representación gráfica de la clasificación realizada, nótese en el cuadro del CART X validada (que es la clase validada del test) del Gráfico 14 se puede decir que están bien clasificados, incluso el rango de error que nos da el test es 0.1111 es decir que es mínimo, reforzándonos esta aseercción, aunque en las clases 1 y 2 existen puntos de muestreo aisladas del conglomerado o grupo determinado, esto se debe a que estos datos están fuera de la diagonal principal y mal clasificados pues no son considerados de gran similitud para pertenecer al grupo.

Así tenemos que el rango de error es el siguiente:

Cross-validated Error Rate: 0.1111

Cross-validated Risk: 0.1111

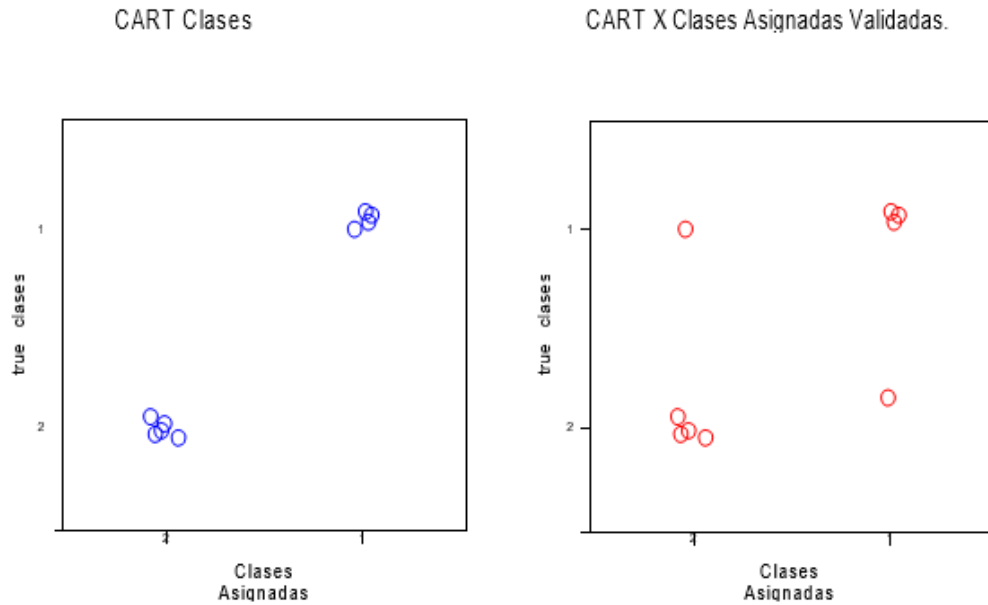


Gráfico 15-3: Clasificación de los grupos

Realizado por: Escobar A. 2020.

3.3.3. *Análisis Clúster*

Los datos biológicos y físico-químicos nos demuestran que existe un grave impacto según los puntos de muestreo del río Chico que están sometidas e influenciadas por las actividades mineras, especialmente del punto 2 que presentó los niveles más elevados de contaminantes y el más bajo número de macroinvertebrados por estar ubicada directamente donde se desarrollan estas actividades, esto también lo confirma el análisis clúster realizado en aguas y macroinvertebrados donde a el punto 2 la ubica como un grupo totalmente a parte y diferente de los demás puntos.

3.3.4. *Análisis Cart*

Este análisis también nos demuestra durante el muestreo que existe una influencia negativa de los parámetros físico-químicos en los biológicos. Así tenemos que en los muestreos en a lo largo de la cuenca en los distintos puntos de muestreo que presentan minería estaban influenciando en los parámetros como: los sólidos totales y disueltos, dureza, DQO, DBO y caudal, especialmente de los sólidos totales y la dureza ya que los demás parámetros tienen valores están parecidos, debido a la temporada de lluvia donde el caudal aumenta causando una dilución de estos, existe también una diferencia marcada de macroinvertebrados, según este análisis ya que es alta en la clase sin minería y en la clase con minería es baja.

CONCLUSIONES

En este estudio se pudo determinar un total de 3592 individuos pertenecientes a 52 familias agrupadas en 14 órdenes, en donde los cinco taxones más representativos fueron: Baetidae 31,84%, Leptophlebiidae 12,52%, Hydropsychidae 12,30% (Trichoptera), Elmidae 10,91% (Coleóptera) y Leptohyphidae 9,35% (Ephemeroptera), siendo el orden Ephemeroptera el más frecuente ya que constituyó el 53,73% de individuos; además, la familia de los Baetidae fue la más representativa con 1144 individuos.

De acuerdo a los resultados de los análisis de sólidos totales y disueltos, dureza, DQO, fósforo, oxígeno disuelto y turbiedad; se considera que el agua es de mala calidad. Los sólidos totales y la turbiedad en los puntos 2 y 3 se encuentran fuera de los límites permisibles para consumo humano, doméstico, agrícola y riego. El Oxígeno disuelto importante para la vida de microorganismos presenta niveles que están fuera de los límites permisibles en los puntos 2, 3 y 4, mientras que el DBO en el punto de unión de los dos ríos presenta valores altos que están fuera de los límites permisibles y el DQO en los puntos 1, 3 y 4 presenta baja demanda y los demás puntos una demanda más alta.

Los análisis estadísticos del Clúster y Cart evidenciaron diferencias e influencias de acuerdo a los parámetros biológicos y físico-químicos entre los puntos que presentan minería y los que no tienen esta actividad. Es evidente la incidencia de los trabajos de mineros sobre las aguas del río Gala, de manera especial en el punto 1.

De acuerdo con los índices ICA y ABI la calidad del agua en el punto 4 y 5 es Buena (verde) y Aceptable respectivamente, mientras que en los puntos restantes la calidad se vuelve dudosa debido a la coloración amarillenta. Los resultados sirven de evidencia para enfatizar que los dos índices mencionados valoran la calidad de agua de forma semejante aún a sabiendas que el índice ABI incluye todas las familias identificadas en los puntos de muestreo.

RECOMENDACIONES

Es importante realizar estudios comparativos para monitorear el río Chico y así determinar las posibles variaciones que puedan darse, debido a que ya existe como antecedente la paralización de actividades mediante decreto del Ministerio de Minas y Petróleo por no tener una minería tecnificada y por la evidente contaminación que existe, sumándose al reclamo las comunidades afectadas y los ambientalistas.

Considerar la realización de un estudio de elementos contaminantes en los organismos superiores en los tramos del río Gala, incluyendo su posible efecto en la desembocadura al mar para determinar problemas de bioacumulación y biomagnificación que estarían causando.

Se recomienda continuar con el estudio para obtener un contraste con temporalidades climáticas que son claramente representativas en la concentración de los contaminantes y de la formación de microhábitats de los macroinvertebrados.

BIBLIOGRAFÍA

BANCO CENTRAL DEL ECUADOR. 2010. Ministerio de Minería e hidrocarburos. *Anexo - Cartilla de Minería*. [En línea] 2010. [Citado el: 12 de 09 de 2020.] <https://contenido.bce.fin.ec/documentos/Estadisticas/Hidrocarburos/cartilla00.pdf>.

EXTRENSIÓN UTAH STATE UNIVERSITY. 2011. Water Quality. *Aquatic Macroinvertebrates*. [En línea] 5 de January de 2011. [Citado el: 20 de Marzo de 2020.] <https://extension.usu.edu/waterquality/learnaboutsurfacewater/propertiesofwater/aquaticmacros>.

GAD PONCE ENRIQUEZ. 2015. GAD Ponce Enriquez. *PLAN DE DESARROLLO Y ORDENAMIENTO TERRITORIAL DEL CANTÓN CAMILO PONCE ENRÍQUEZ*. [En línea] 01 de 01 de 2015. [Citado el: 20 de 09 de 2020.] http://app.sni.gob.ec/sni-link/sni/PORTAL_SNI/data_sigad_plus/sigadplusdiagnostico/0760033860001_PDYOT_DIAGNOSTICO_16-03-2015_11-00-54.pdf.

GUACHIA, JAVIER FRANCISCO. 2009. Influencia de las actividades antropicas en la calidad del Agua la subcuenca del río GALA. [En línea] 2009. [Citado el: 30 de 09 de 2020.] <http://dspace.uazuay.edu.ec/bitstream/datos/157/1/07528.pdf>. ISBN.

INSTITUTO GEOGRAFICO MILITAR. 2016. Instituto Geografico Militar. *GeoPortal*. [En línea] 2016. [Citado el: 18 de 09 de 2020.] <http://www.igm.gob.ec/index.php/en/servicios/catalogos>. ISBBN 4755.

LUIS VÁSCONEZ, WILMER DURAN. 2015. Evaluacion Ambiental de la Cuenca del Río Gala del Canton Camilo Ponce Enriquez. [En línea] 2015. [Citado el: 30 de 09 de 2020.] <file:///E:/tesisAescobar/UPS-CT005022.pdf>. ISBN.

MIN. AMBIENTE. 2015. Ministerio del Ambiente. *Programa de reparación AMBIENTAL Y SOCIAL*. [En línea] 01 de 01 de 2015. [Citado el: 01 de 09 de 2020.] http://pras.ambiente.gob.ec/documents/228536/737569/PRI_Tenguel.pdf/58596e7c-d3aa-4380-b0c8-dfe9fde6ff2b. ISBN.

MINISTERIO DEL AMBIENTE DEL ECUADOR. 2016. Pasivos ambientales y reparación integral: experiencias de gestión en el Ecuador . [aut. libro] Ministerio del Ambiente del Ecuador. *Pasivos ambientales y reparación integral: experiencias de gestión en el Ecuador* . Quito : Quito:PRAS, 2016.

MINISTERIO DEL AMBIENTE. 2019. Ministerio del Ambiente y el Agua. [En línea] Ministerio de Gobierno, 2019. [Citado el: 18 de 09 de 2020.] <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2014/05/AM-129-Reforma-020-neumaticos.pdf>.

NATIONAL SCIENCE FOUNDATION. 2013. macroinvertebrates.org. *Learning to See, Seeing to Learn*. [En línea] National Science Foundation, 6 de June de 2013. [Citado el: 21 de April de 2020.] www.macroinvertebrates.org.

OEI. 2019. formacionib.org. *Contaminación transfronteriza en cuenca binacional Puyango Tumbes*. [En línea] 30 de Marzo de 2019. [Citado el: 15 de Febrero de 2020.] <http://formacionib.org/noticias/?Contaminacion-transfronteriza-en-cuenca-binacional-Puyango-Tumbes>.

OROZCO, C. 2008. Contaminación ambiental: Una visión desde la química. [aut. libro] C OROZCO. *Contaminación ambiental: Una visión desde la química*. Madrid-España : Thomson Editores Spain Parainfo, S.A., 2008, págs. 63-101.

PRODEMINCA. 2005. ambiental de las áreas mineras en el sur del Ecuador. Quito : s.n., 2005.

RIOS B. COSTA, R. 2008. Distribution of macroinvertebrate communities in the high Andes and their tolerance to pollution. A review and proposal of a biotic index for high Andean streams (Andean Biotic Index, ABI. [En línea] 2008. ISBN.

ROLDAN, G. 2000. *Fundamentos de la Limnología Neotropical*. Medellín - Colombia : S.N., 2000. Vol. 1. ISBN.

ROLDÁN, GABRIEL. 2003. *Bioindicación de la calidad del agua en Colombia : propuesta para el uso del método BMWP Col*. Medellín, Colombia : Ciencia y tecnología (Medellín, Colombia), 2003.

SCHRECKINGER. 1990. mpacto ambiental de la minería en Zaruma y Portovelo. *Impacto ambiental de la minería en Zaruma y Portovelo*. Quito-Ecuador : s.n., 1990, págs. 27-34p.

SOTOMAYOR, G. 2007. Análisis de los efectos causados por la actividad minera sobre los cuerpos de agua en la microcuenca del Río Tenguel cantones Ponce Enríquez y Pucara mediante la utilización de parámetros físico – químicos y biológicos. [En línea] 2007. [Citado el: 18 de 09 de 2020.] ISBN.

TOAPANTA, ANTONIO. 2017. Política minera y sostenibilidad ambiental en Ecuador. [En línea] 10 de 10 de 2017. [Citado el: 12 de 09 de 2020.] <https://www.revistabionatura.com/files/2017.02.04.5.pdf>. ISSN 1390-7042.

UNIVERSIDAD DE GRANADA. 2020. MÉTODOS DE ANÁLISIS MULTIVARIANTE: ANÁLISIS CLÚSTER. *Universidad de Granada*. [En línea] 20 de 01 de 2020. [Citado el: 20 de 09 de 2020.] <http://wpd.ugr.es/~bioestad/guia-spss/practica-8/>. ISBN.

VIMOS, D. 2004. Bio evaluacion rápida de las principales fuentes de agua de las 14 parroquias del canton Cuenca, en la cuenca alta del Rio Paute. [En línea] 2004. [Citado el: 18 de 09 de 2020.] ISBN.

ANEXOS

ANEXO A: TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS EN LOS 2 RÍOS EN LA ÉPOCA DE VERANO.

Monitoreo				Puntos de Muestreo						Frecuencia de individuos
HYDROCODE				ABI	RG-E1	RG-E2	RG-E3	RG-E4	GYC-E5	
Phylum	Clase	Orden	Familia							
Annelida	Oligochaeta	Haplotaxida F y	Tubificidae	1	1	1				2
			Enchytraeidae	1	1				1	2
Platyhelminthes	Turbellaria	Tricladia	Planariidae	5			1			1
Arthropoda	Aracnida	Acari	Hvdrachnidae	4						2
	Crustacea	Amphipoda	Gammaridae	6	3					1
	Insecta	Collembola						1	1	2
		Coleoptera	Dytiscidae	3	1					2
			Halipidae							1
			Elmidae	5	9	1	2	2	3	9
			Lampiridae	5	1					1
			Gvridae	3				1		1
			Psephenidae	5	4			1		6
			Ptilodactylidae	5						4
			Scirtidae	5						4
			Staphylidae	3						1
		Diptera	Blepharocerida	10						4
			Ceratopogonida	4	4			1	2	6
			Sciomyzidae		1					1
			Chironomidae	2	10	14		2		7
			Psychodidae	3	3	6				2
			Dixidae	4	2			1		5
			Empididae	4				2		2
			Muscidae	2	1	1		1		4
			Simuliidae	5	1					5
			Tabanidae	4	1			1	4	5
			Dolichopodidae	4		1				1
			Canaceidae		1					1
			Tipulidae	5	5					5
		Ephemeroptera	Baetidae	4	17	1	62	17	14	9
			Leptohyphidae	7	24		3	20	32	8
			Lentophlebiidae	10	40		4	5	63	8
			Caenidae						3	2
			Oligoneuriidae	10	1			3	1	7
		Hemiptera	Geridae	10						1
			Cicadellidae							1
			Naucoridae	5	7				4	6
		Megaloptera	Corvidalidae			1	2			6
		Neuroptera	Sialidae							1
		Odonata	Polythoridae	6	1					2
			Calonteryzidae	6						3
			Coenagrionidae	8					1	3
			Gomphidae	8					1	1
			Libellulidae	6						2
		Plecoptera	Perlidae	10	7					5
			Calamoceratida	10	1					1
		Trichoptera	Heliconsychidae	10				1		2
			Hydrobiosidae	8	1		1		10	7
			Hydronsychidae	5	15		13	15	48	8
			Hydroptilidae	6				2	1	6
			Leptoceridae	8	1			1	1	6
			Philopotamidae	8	1					1
			Polvcentronodi	10						1
TOTAL INDIVIDUOS					165	26	88	77	190	

ANEXO C: RECOLECCIÓN DE MUESTRAS Y MEDICIONES DEL CAUDAL.



ANEXO D: MEDICIÓN DE PARÁMETROS IN-SITU





ANEXO E: SEPARACIÓN DE LAS MUESTRAS EN EL LABORATORIO



ANEXO F: MACROINVERTEBRADOS CON MAYOR PRESENCIA EN LA CUENCA.



ANEXO G: TOMA DE LOS MACROINVERTEBRADOS EN EL MONITOREO Y EMBALAJE PARA POSTERIOR TRANSPORTE.



ANEXO H: FICHA DE CAMPO

FICHA DE CAMPO

Fecha: 18/11/2019
Responsable del muestreo: Alex Escobar

Hora: 09:36 am
Firma: 

IDENTIFICACION DE LA MUESTRA

Número de la muestra: 1
Tipo de muestra: Compuesto.
Cantidad de muestra: 1000 mL

LOCALIZACION

Cuenca: Río Gala Subcuenca: Río Gala.
Estación:
Coordenadas GPS: X: 634420,40 mE Y: 4670003,06 mS
Código fotograma:
Descripción de acceso al lugar: A 500 m del puente y vía principal del camino y av. principal de Emilio Ponce Enriquez; camino de Hierro; y sembríos.
Descripción física del lugar: Sembríos de Café; excombro y vegetación del local.
Registro de los cambios observados en el lugar: Ríos; cambio de coloración y obras frescas.
Actividades en la zona cercana al punto de muestreo: Zonas de agricultura y sembríos.

PARAMÉTRROS DE CAMPO

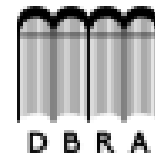
pH del agua: 7.34
Conductividad eléctrica del agua: 376 $\mu S/cm$
T del agua:
O₂:

Cu:
Fe:
pH del suelo:
Conductividad eléctrica del suelo:
T del aire:
Caudal:
Cr (VI):

CONDICIONES METEREOLÓGICAS

Precipitaciones:
Viento:

ANEXO J: CERTIFICADO DE BIBLIOTECA



ESCUELA SUPERIOR POLITÉCNICA DE CHIMBORAZO

DIRECCIÓN DE BIBLIOTECAS Y RECURSOS DEL APRENDIZAJE
UNIDAD DE PROCESOS TÉCNICOS Y ANÁLISIS BIBLIOGRÁFICO Y DOCUMENTAL

REVISIÓN DE NORMAS TÉCNICAS, RESUMEN Y BIBLIOGRAFÍA

Fecha de entrega: 05 / 11 / 2021

INFORMACIÓN DEL AUTOR/A (S)
Nombres – Apellidos: <i>Alex Oswaldo Escobar Cabay</i>
INFORMACIÓN INSTITUCIONAL
Facultad: <i>Ciencias</i>
Carrera: <i>Ingeniería en Biotecnología Ambiental</i>
Título a optar: <i>Ingeniero en Biotecnología Ambiental</i>
I. Analista de Biblioteca responsable: <i>Dg. Leonardo Medina Nuste MSc.</i>

LEONARDO
FABIO MEDINA
NUSTE

Firmado digitalmente por LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Número de reconocimiento (RNE) 0182,
en SERVICIO CENTRAL DEL ECUADOR,
en ENTIDAD DE CERTIFICACION DE
INFORMACION ECIBCI, (QUITO),
Serial#10461000021488, cn=LEONARDO
FABIO MEDINA NUSTE
Fecha: 2021.11.05 16:28:01 -0500'



1513-DBRA-UTP-2021