



INSTITUTO TECNOLÓGICO SUPERIOR
SUDAMERICANO
QUITO - ECUADOR

ESCUELA DE
GESTIÓN AMBIENTAL

PROYECTO DE TITULACIÓN

TEMA:

***ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS A LO LARGO DE LA
QUEBRADA ENCAÑADA PERTENECIENTE AL RÍO CHICHE,
PROVINCIA DE PICHINCHA.***

AUTOR(ES): *ASIPUELA PERUGACHI DORIS DAYANA*

TUTOR: *Ing. ANÍBAL GRANIZO*

San Francisco de Quito, Noviembre del 2018

AUTORÍA

Yo, *Doris Dayana Asipuela Perugachi*, portador de la cédula de ciudadanía No. *1723228522*, declaro bajo juramento que el trabajo aquí descrito, es de mi autoría; que no ha sido previamente presentado para ningún grado o calificación profesional y que he consultado e investigado en base a las referencias bibliográficas que se incluyen en este documento. Esta investigación no contiene plagio alguno y es resultado de un trabajo serio desarrollado en su totalidad por mi persona.

Doris Dayana Asipuela Perugachi

CERTIFICACIÓN

Una vez que se ha culminado la elaboración del proyecto de titulación cuyo tema es: ***“ESTUDIO DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS A LO LARGO DE LA QUEBRADA ENCAÑADA PERTENECIENTE AL RÍO CHICHE, PROVINCIA DE PICHINCHA.”***, certifico que el mismo se encuentra habilitado para su defensa pública.

Ing. Aníbal Granizo
Coordinador de la Escuela de
Gestión Ambiental
Instituto Tecnológico Superior Sudamericano Quito

CERTIFICACIÓN

Por medio del presente certifico que el señorita Doris Dayana Asipuela Perugachi, ha realizado y concluido su trabajo de titulación, cuyo tema es: “Estudio de calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a lo largo de la quebrada encañada perteneciente al río Chiche, Provincia de Pichincha”, para obtener el título de Tecnólogo en Gestión Ambiental, bajo mi tutoría.

Ing. Aníbal Geovanny Granizo Murillo
Director del Proyecto de Titulación

AGRADECIMIENTOS

Me van a faltar palabras para agradecer a las personas que se han involucrado en la realización de este proyecto de titulación, sin embargo quiero expresar mi gratitud a Dios, quien con su bendición llena siempre mi vida y a toda mi familia por estar siempre presentes con su apoyo y dedicación me ayudaron a culminar mi carrera y me dieron el sostén suficiente para no decaer cuando todo parecía complicado e imposible.

De igual manera mis agradecimientos al Instituto Tecnológico Superior Sudamericano, a toda a Escuela de Gestión Ambiental, Protección del Medio Ambiente y Administración Turística, a mis profesores quienes con sus enseñanzas de sus valiosos conocimientos hicieron que pueda crecer día a día como profesional, gracias a cada uno de ustedes por su paciencia, dedicación apoyo y amistad.

Finalmente quiero expresar mi más grande y sincero agradecimiento al Ing. Aníbal Granizo, principal colaborador durante todo este proceso, quien con su dirección, conocimiento, enseñanza y colaboración permitió el desarrollo de este proyecto de titulación.

DEDICATORIA

A Dios

Por darme la vida y siempre estar con migo, guiándome en mi camino.

A mis Padres

El esfuerzo y las metas alcanzadas, reflejan la dedicación y el amor de los padres es sus hijos. Gracias a mis padres soy quien soy, orgullosamente y con la cara en alto agradezco a Cesar Enrique Asipuela y Gina Araceli Perugachi Sandoval, mi mayor fuente de inspiración y valentía pese a las dificultades, gracias a mis padres he concluido con una meta más en mi vida.

A mis hermanos (as)

Por estar siempre presentes, acompañándome y por el apoyo moral, que me brindaron a lo largo de esta etapa de nuestras vidas.

A mis tíos (as)

Gracias por el apoyo brindando, el cariño y el apoyo moral para que día a día siga superándome como persona y profesional.

A mis amigos (as)

Por el apoyo brindado en cada momento de mi vida.

Y por su puesto a mi Institución y a todas las autoridades, por permitir concluir con una etapa de mi vida, gracias por la paciencia, orientación y guiare en el desarrollo de esta investigación.

RESUMEN

El presente trabajo es una investigación que permitir establecer la calidad del agua de la Quebrada Encañada, mediante un estudio de macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua, debido que es una zona de unión de varias vertientes para formar el río hasta llegar a la zona baja antes de la carretera E-35, con la finalidad de contribuir metodológicamente a otras investigaciones de evaluación y monitoreo de cuencas hidrográfica.

El río Chiche está conformado por varias sub cuencas y una de ellas es el río que se encuentra en la Quebrada Encañada por ello se establecieron tres puntos de muestreo alto, medio y bajo los cuales fueron seleccionados por ser posibles puntos de contaminación. Los macroinvertebrados se recolectaron siguiendo un muestreo semi cuantitativo para su posterior identificación en el laboratorio la cual llega hasta el nivel de familia, habiendo encontrado una total de 24 familias y 886 individuos con lo cual se elaboró un registro de la comunidad de macroinvertebrados del río.

Se determinaron variables físicas como la temperatura ambiente, temperatura del agua, pH y condiciones meteorológicas.

La presencia de macroinvertebrados en el agua nos indica que existe una relación con el pH del agua, ya que mientras ésta sea más neutral-alcalino más alto será el número de macroinvertebrados indicadores de la calidad del agua.

Los índices de calidad propuestos son: índice EPT, BMWP y ABI. Los mismos que nos indican la cantidad de macroinvertebrados como indicadores de calidad, los cuales empiezan a disminuir en la parte media hasta llegar a la baja por el aumento de actividades antrópicas como la descarga de efluentes provenientes de la plantación que se encuentra en el borde del río.

A pesar de estas alteraciones se pudo determinar que el agua del río, cuenta con la presencia de macroinvertebrados, los mismos que son indicadores de calidad, encontrados en abundancia en la parte alta y por ende manifiesta una calidad buena, pero en las zonas de transición media y baja va disminuyendo la existencia de macroinvertebrados.

ABSTRACT

The present work is an investigation that allows to establish the quality of the water of the Quebrada Encañada, through a study of macroinvertebrates as bioindicators of water quality, due to the fact that it is a junction area of several slopes to form the river until reaching the area It goes down before the E-35 road, with the purpose of contributing methodologically to other watershed assessment and monitoring investigations.

The Chiche River is made up of several sub-basins and one of them is the river that is located in Quebrada Encañada. For this reason, three high, medium and low sampling points were established, which were selected as possible contamination points. The macroinvertebrates were collected following a semi-quantitative sampling for later identification in the laboratory which reaches the family level, having found a total of 24 families and 886 individuals, with which a record of the community of macroinvertebrates of the river was drawn up.

Physical variables were determined such as ambient temperature, water temperature, pH and weather conditions.

The presence of macroinvertebrates in the water indicates that there is a relationship with the pH of the water, since as long as it is more neutral-alkaline the higher the number of macroinvertebrates indicating water quality.

The proposed quality indexes are: EPT index, BMWP and ABI. The same ones that indicate the quantity of macroinvertebrates as indicators of quality, which begin to decrease in the middle part until reaching the decrease due to the increase in anthropic activities such as the discharge of effluents from the plantation located on the edge of the River.

Despite these alterations, it can be determined that the river water has the presence of macroinvertebrates, which are quality indicators, found in abundance in the upper part and therefore show good quality, but in the transition zones medium and low, the existence of macroinvertebrates decreases.

ÍNDICE

1.	Introducción	1
2.	Justificación.....	3
3.	Antecedentes	4
4.	Objetivos	5
4.1.	Objetivo General	5
4.2.	Objetivos Específicos	5
5.	Marco Teórico	6
5.1	Ciclo del agua.....	6
5.1.1	Concepto de la calidad del agua	6
5.1.2	Legislación aplicable.....	7
5.2	Control de calidad del agua.....	18
5.2.1	Condiciones naturales de referencia.....	19
5.2.2.	Parámetros de la calidad del agua	20
5.3	Límites de calidad	25
5.4	Sistemas de control de la calidad	27
5.4.1	Índices de la calidad el agua.....	27
5.5	Bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua	28
5.5.1	Características que debe cumplir para ser considerados un bioindicador	29
5.5.2	Ventajas de la utilización de bioindicadores	29
5.5.3	Aceptación de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores	29
5.6	Los macroinvertebrados acuáticos	30
5.6.1	Tipos de hábitat de los macroinvertebrados acuáticos	31
5.6.2	Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos	32
5.7	Metodología de muestreo y tratamiento de muestras de macroinvertebrados	34
5.7.1	Metodología de muestreo	34
5.7.2	Conservación de muestras	35
5.7.3	Tratamiento de muestras en el laboratorio	36
5.8	Ubicación geográfica.....	37
5.9	Características de los puntos de muestreo	38

5.10	Bioindicadores de la Quebrada Encañada	38
5.11	Índices de calidad	38
5.11.1	Índice Biótico EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)	38
5.11.2	Índice BMWP	39
5.11.3	Índice ABI	40
5.12	Materiales y métodos	41
5.12.1	Materiales	41
5.12.2	Métodos	41
5.12.3	Monitoreo de macroinvertebrados.....	44
5.12.4	Identificación de macroinvertebrados	44
6.	Resultados	46
6.1	Muestreo Nivel Alto	46
6.1.1	Características de la estación de muestreo.....	46
6.2	Muestreo Nivel Medio	47
6.3	Muestreo Nivel Bajo	48
6.3.1	Características de la estación de muestreo	48
6.4	Lista de macroinvertebrados encontrados en el río de la Quebrada Encañada.	49
6.5	Interpretación de los Índices Bióticos	53
6.5.1	Nivel Alto.....	53
6.5.2	Nivel Medio.....	56
6.5.3	Nivel Bajo	59
7.	Conclusiones y Recomendaciones	61
7.1.	Conclusiones	61
7.2.	Recomendaciones.....	62
	Referencias	63

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático.	33
Figura 2. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático.	33
Figura 3. Macroinvertebrados representantes del bentos en un ecosistema acuático.	34
Figura 4. . Modelo de rótulo para la conservación de macroinvertebrados acuáticos.	36
Figura 5. Mapa Quebrada Encañada	37
Figura 6. Método de piedras y hojarasca.....	42
Figura 7. Método Red “D”	44
Figura 8. Muestras recolectadas para la posterior identificación.	45
Figura 9. Ordenes de Macroinvertebrados - Quebrada Encañada.....	52

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Metodología de toma de muestras, frecuencia, representatividad espacio-temporal.	19
Tabla 2. Tipología de las aguas superficiales.....	20
Tabla 3. Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP.	39
Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP.	40
Tabla 5. Composición taxonómica y análisis numérico nivel alto.....	46
Tabla 6. Composición taxonómica y análisis numérico nivel medio.....	48
Tabla 7. Composición taxonómica y análisis numérico nivel bajo.....	49
Tabla 8. Lista de macroinvertebrados - Quebrada Encañada.....	50
Tabla 9. Lista de macroinvertebrados encontrados en el rio de la Quebrada Encañada.	52

LISTA DE ANEXOS

- ANEXO 1: Protocolo de campo
- ANEXO 2: Índice EPT
- ANEXO 3: Índice BMWP
- ANEXO 4: Campaña de muestreo
- ANEXO 5: Mapa Quebrada Encañada (Formato A3)
- ANEXO 6: Formularios protocolo de campo

1. Introducción

A pesar de que la naturaleza ha sido generosa con nuestro planeta durante mucho años hemos abusado del recurso hídrico como si fuese inagotable; y es así que se ha convertido grandes ríos en basureros y en las fuentes de contaminación.

El desarrollo, el cambio demográfico, el crecimiento poblacional y otras actividades como la ganadería, agricultura y deforestación están provocando notables impactos en los ecosistemas, especialmente en los acuáticos. La provincia de Pichincha no está fuera de estos impactos, debido a que sus ríos han sido alterados por actividades humanas como la descarga de aguas residuales.

Siendo el cantón Quito parte de la provincia de Pichincha se encuentra enmarcado dentro de los impactos antes mencionados, este cantón está conformado por varios ríos en este caso nos centraremos en el río Chiche el cual tiene una serie de sub cuencas que lo abastecen siendo la Quebrada Encañada una de ellas. La Quebrada Encañada recibe descargas directas de activadas ganaderas, florícolas y residuos en general que generan impactos al ecosistema hídrico.

El presente proyecto de titulación es un estudio de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos a lo largo de la Quebrada Encañada, ubicada en la comunidad Inga Alto. Para ello se analizaron parámetros básicos de calidad del agua: la temperatura, el nivel de pH y los índices ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), BMWP (Biological Monitoring Working Party) y ABI (Andean Biotic Index) de macroinvertebrados.

El monitoreo se efectuó tres veces en los niveles alto, medio y bajo durante el mes de noviembre, determinando que efectivamente la Quebrada Encañada presenta un bajo índice de contaminación en la parte alta y media, pero en la baja ya existe la presencia de contaminación.

Este estudio sirvió para generar conciencia a nivel comunal sobre los cuidados que se debe tener con el manejo y aprovechamiento del recurso hídrico forjado conciencia ambiental en el manejo de residuos sólidos urbanos ya que se observó en la parte baja del río dichos residuos.

Este trabajo de investigación está delimitado dentro de un enfoque ambientalista que busca indagar la forma en que la sociedad afecta al entorno y el recurso hídrico. Por ello la principal pregunta de investigación es cuál será el índice de contaminación de la Quebrada Encañada según los tipos de especies de macroinvertebrados.

El objetivo general es determinar la calidad del agua mediante la composición de comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores del agua, mientras que cada uno de los objetivos específicos son los pasos que se debe seguir para realizar el análisis comparativo de la calidad el agua.

En el procedimiento se abarco dos métodos como: piedras y hojarasca, la red “D” para la recolección de los macroinvertebrados acuáticos principales bioindicadores de la calidad del agua.

Los resultados obtenidos hasta el momento nos indican que son aguas de calidad buena a nivel alto y medio, mientras que contaminada a nivel bajo, lo cual se determina mediante los tipos de macroinvertebrados recolectados y el puntaje que adquieren cada uno ellos.

Es necesario un manejo sustentable del río debido a su riqueza ecológica que posee, evitando así las alteraciones ambientales y sociales, ya que provee de agua para bebedero y riego en las comunidades ubicadas desde la parte alta hasta la baja.

Por lo antes mencionado y rigiéndose en la Constitución del Ecuador que ampara la protección al recurso hídrico nace la preocupación de realizar estudios en este río que permitan conocer su estado, utilizando adecuadas metodologías.

Los macroinvertebrados bentónicos se consideran como excelentes indicadores, debido a que es un grupo de organismos adecuados para determinar la calidad del agua, para ello necesario conocer su composición taxonómica y estructura de las comunidades existentes en el río para determinar la magnitud de afección que puede causar las perturbaciones antrópicas al agua.

2. Justificación

El estudio de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuático determinará la calidad del agua de la pendiente longitudinal Encañada perteneciente al río Chiche. La importancia del presente proyecto de titulación es analizar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados acuáticos, ya que este río sirve de bebedero, riego y agua de consumo para los poblados cercanos, es por ello que se realizará un monitoreo en el río para identificar los cambios ocurridos en el agua tomando datos en diferentes partes del río. Con ello se elaborara un registro de la comunidad de macroinvertebrados encontrados en el río. Así, los valores generados constituirán una base sólida para identificar ecosistemas vulnerables, planteando criterios más objetivos en la toma de decisiones y manejo de recursos hídricos, permitiendo enfocar de mejor manera los esfuerzos de conservación en el tiempo y en el espacio (Carvajal, 2016). De esta forma, pudiendo compararse la calidad del agua río arriba y río abajo considerando los ambientes que le rodean o las actividades que suceden a su proximidad.

Para examinar la calidad del agua existen varias formas rápidas, baratas y fáciles de realizar como el uso de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de los ecosistemas. Los beneficios del uso de estas herramientas integradoras y no solo las de características fisicoquímicas del agua para la medida de su calidad han sido explicadas en muchos libros y manuales, también forman parte de la legislación en muchos países.

Los efectos de la contaminación han generado una gran cantidad de estudios de impacto ambiental, pero muchos de ellos nunca son publicados, por lo que existe una extensa, pero restringida difusión, literatura gris que no se refleja en publicaciones científicas y además raramente estos estudios han originado protocolos estandarizados.

3. Antecedentes

El agua es uno de los recursos fundamentales para la vida; para los seres humanos en particular el agua no solo cumple el rol orgánico-fisiológico, sino que además sus propiedades físicas y químicas han determinado que se utilice en numerosas instancias de índole social, productiva e industrial.

En la Quebrera Encañada el agua proviene de los pajonas del límite provincial entre la provincia de Pichincha y el Napo, en los mismo que se encuentra ganadería pecuaria a habitantes de comuna Inga Alto, venados, conejos, lobos entre otras especies. En el trascurso del cauce del río que se encuentra en la Quebrada Encañada se observa partes accesible de personas lo cual no afecta en gran porcentaje ya que el mismo es de forma repentina, en la parte baja se puede evidenciar mayor contaminación debido a la existencia de dos empresas como son: Novopan del Ecuador S.A. la cual de manera involuntaria arroja los troncos del patio de almacenamiento de madera al río principalmente por la acción de resbalamiento y la plantación Agro-Planta las misma que arroja sus efluentes directamente al río.

La principal iniciativa de determinar la calidad del agua de este río es la existencia de comunidades en la parte baja por donde transcurre. Este río tiene la utilidad de sistemas de riego y bebedero, en el puto medio del mismo se produce una división es por ello que no se afecta en su mayoría al sistema de riego y bebedero ya que los pobladores tomaron estas medidas a tiempo.

Es por ello que se busca que el proyecto sirva de guía para implementar soluciones a la contaminación la cual es generada por residuos como: plásticos, llantas, entre otros que se encuentran en los árboles y piedras del río sin dejar de lado a los efluentes que son arrojados de forma directa en la parte baja del río.

4. Objetivos

4.1. Objetivo General

Determinar la calidad del agua mediante la composición de comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores del agua.

4.2. Objetivos Específicos

1. Elaborar un registro de la comunidad de macroinvertebrados encontrados en la Quebrada Encañada.
2. Establecer la relación entre macroinvertebrados y variables físicas.
3. Determinar la calidad del agua mediante los índices EPT, BMWP, ABI.
4. Identificar los tramos críticos de contaminación a lo largo del sub cuenca del río Chiche en la Quebrada Encañada en caso de existir.

5. Marco Teórico

5.1 Ciclo del agua

El ciclo del agua consiste en la evaporación, que se produce desde la superficie de los cuerpos de agua. Cuando el vapor del agua llega a la atmósfera se produce la condensación, es decir que este vapor cambia de estado físico para luego precipitarse en forma de lluvia, granizo, nieve o rocío. Estas precipitaciones pueden quedar en la superficie de la tierra o filtrarse a través del suelo convirtiéndose en aguas subterráneas o logran llegar por medio de escorrentía a ríos, lagos e incluso el mar (Mendoza, 2018) .

Descripción de las fases fundamentales del agua:

- Evaporación

El calor actúa en forma directa sobre el agua provocando su evaporación. Esta última puede producirse del mar, de los lagos, de los ríos y de los organismos animales y vegetales (Mendoza, 2018).

- Condensación

El vapor del agua sube hasta la atmósfera, donde se condensa para luego precipitarse en forma líquida o sólida (Mendoza, 2018).

- Precipitación

El vapor del agua, ya condensado cambia su estado para precipitar en forma de lluvia, granizo, nieve o rocío. De esta manera el agua vuelve al mar o a la superficie terrestre (Mendoza, 2018).

- Infiltración y escurrimiento

El agua que precipita sobre la superficie de la tierra puede seguir diferentes caminos. Una de las posibilidades es que se infiltre en el terreno, convirtiéndose en agua subterránea o evaporándose nuevamente a través de la transpiración de las plantas. Otra de las posibilidades es que el agua se escurra sobre la superficie formando ríos, lagos y lagunas (Mendoza, 2018).

5.1.1 Concepto de calidad del agua

La calidad del agua es un atributo que representa al agua, de tal manera que reúna criterios de aceptabilidad para diversos usos. Es el conjunto de características químicas, físicas y biológicas del elemento, que lo hace apto para un uso determinado y no lo sea para otro. Es evidente que no es necesario que reúna los mismos requisitos el agua destinada para el consumo humano que un agua destinada para riego. (Picazo, 2016)

Una mala calidad de agua puede deberse tanto a causas naturales, como a las debidas por la geología del terreno o artificiales como la contaminación en zonas con gran presión antrópica. La fuente más importante de contaminación es la falta de gestión y tratamientos adecuados de los residuos humanos, industriales y agrícolas. Es indiferente de donde proceda el agua lo importante es establecer tratamientos y límites necesarios para los diferentes usos y actividades para garantizar una buena calidad de vida a todos a su vez cuidando y respetando el medio ambiente. (Picazo, 2016)

5.1.2 Legislación aplicable

La finalidad de la normativa vigente en la Constitución de Ecuador con respecto al recurso hídrico se centra en que "El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico". También se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas.

Bajo este marco de la legislación vigente en Ecuador, sirve como sustento legal a esta investigación lo siguiente:

De conformidad con el principio de supremacía constitucional, que jerarquiza a la Constitución en la cúspide del orden jerárquico, estableciendo de forma expresa que:

Art. 225.- El sector público comprende: 1. Los organismos y dependencias de las funciones Ejecutiva, Legislativa, Judicial, Electoral y de Transparencia y Control Social. 2. Las entidades que integran el régimen autónomo descentralizado. 3. Los organismos y entidades creados por la Constitución o la ley para el ejercicio de la potestad estatal, para la prestación de servicios públicos o para desarrollar actividades económicas asumidas por el Estado. 4. Las personas jurídicas creadas por acto normativo de los gobiernos autónomos descentralizados para la prestación de servicios públicos.

Art. 3.- Son deberes primordiales del Estado:

1. Garantizar sin discriminación alguna el efectivo goce de los derechos establecidos en la Constitución y en los instrumentos internacionales, en particular la educación, la salud, la alimentación, la seguridad social y el agua para sus habitantes.

Art. 12.- El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida.

Art. 15.- El Estado promoverá, en el sector público y privado, el uso de tecnologías ambientalmente limpias y de energías alternativas no contaminantes y de bajo impacto. La soberanía energética no se alcanzará en detrimento de la soberanía alimentaria, ni afectará el derecho al agua.

Se prohíbe el desarrollo, producción, tenencia, comercialización, importación, transporte, almacenamiento y uso de armas químicas, biológicas y nucleares, de contaminantes orgánicos persistentes altamente tóxicos, agroquímicos internacionalmente prohibidos, y las tecnologías y agentes biológicos experimentales nocivos y organismos genéticamente modificados perjudiciales para la salud humana o que atenten contra la soberanía alimentaria o los ecosistemas, así como la introducción de residuos nucleares y desechos tóxicos al territorio nacional.

Art. 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.

Art. 66.- Se reconoce y garantizará a las personas:

2. El derecho a una vida digna, que asegure la salud, alimentación y nutrición, agua potable, vivienda, saneamiento ambiental, educación, trabajo, empleo, descanso y ocio, cultura física, vestido, seguridad social y otros servicios sociales necesarios.

Art. 264.- Los gobiernos municipales tendrán las siguientes competencias exclusivas sin perjuicio de otras que determine la ley:

4. Prestar los servicios públicos de agua potable, alcantarillado, depuración de aguas residuales, manejo de desechos sólidos, actividades de saneamiento ambiental y aquellos que establezca la ley.

Art. 276.- El régimen de desarrollo tendrá los siguientes objetivos:

4. Recuperar y conservar la naturaleza y 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, y a los beneficios de los recursos del subsuelo y del patrimonio natural.

Art. 281.- La soberanía alimentaria constituye un objetivo estratégico y una obligación del Estado para garantizar que las personas, comunidades, pueblos y nacionalidades alcancen la autosuficiencia de alimentos sanos y culturalmente apropiado de forma permanente.

Para ello, será responsabilidad del Estado:

4. Promover políticas redistributivas que permitan el acceso del campesinado a la tierra, al agua y otros recursos productivos.

Art. 282.- El Estado normará el uso y acceso a la tierra que deberá cumplir la función social y ambiental. Un fondo nacional de tierra, establecido por ley, regulará el acceso equitativo de campesinos y campesinas a la tierra.

Se prohíbe el latifundio y la concentración de la tierra, así como el acaparamiento o privatización del agua y sus fuentes.

El Estado regulará el uso y manejo del agua de riego para la producción de alimentos, bajo los principios de equidad, eficiencia y sostenibilidad ambiental.

Art. 313.- El Estado se reserva el derecho de administrar, regular, controlar y gestionar los sectores estratégicos, de conformidad con los principios de sostenibilidad ambiental, precaución, prevención y eficiencia.

Los sectores estratégicos, de decisión y control exclusivo del Estado, son aquellos que por su trascendencia y magnitud tienen decisiva influencia económica, social, política o ambiental, y deberán orientarse al pleno desarrollo de los derechos y al interés social.

Se consideran sectores estratégicos la energía en todas sus formas, las telecomunicaciones, los recursos naturales no renovables, el transporte y la refinación de hidrocarburos, la biodiversidad y el patrimonio genético, el espectro radioeléctrico, el agua, y los demás que determine la ley.

Art. 314.- El Estado será responsable de la provisión de los servicios públicos de agua potable y de riego, saneamiento, energía eléctrica, telecomunicaciones, vialidad, infraestructuras portuarias y aeroportuarias, y los demás que determine la ley.

El Estado garantizará que los servicios públicos y su provisión respondan a los principios de obligatoriedad, generalidad, uniformidad, eficiencia, responsabilidad, universalidad, accesibilidad, regularidad, continuidad y calidad. El Estado dispondrá que los precios y tarifas de los servicios públicos sean equitativos, y establecerá su control y regulación.

Art. 318.- 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. Se prohíbe toda forma de privatización del agua.

La gestión del agua será exclusivamente pública o comunitaria. El servicio público de saneamiento, el abastecimiento de agua potable y el riego serán prestados únicamente por personas jurídicas estatales o comunitarias.

El Estado fortalecerá la gestión y funcionamiento de las iniciativas comunitarias en torno a la gestión del agua y la prestación de los servicios públicos, mediante el incentivo de alianzas entre lo público y comunitario para la prestación de servicios.

El Estado, a través de la autoridad única del agua, será el responsable directo de la planificación y gestión de los recursos hídricos que se destinarán a consumo humano, riego que garantice la soberanía alimentaria, caudal ecológico y actividades productivas, en este orden de prelación. Se requerirá autorización del Estado para el aprovechamiento del agua con fines productivos por parte de los sectores público, privado y de la economía popular y solidaria, de acuerdo con la ley.

Art. 326.- El derecho al trabajo se sustenta en los siguientes principios:

15. Se prohíbe la paralización de los servicios públicos de salud y saneamiento ambiental, educación, justicia, bomberos, seguridad social, energía eléctrica, agua potable y alcantarillado, producción hidrocarburífera, procesamiento, transporte y distribución de combustibles, transportación pública, correos y telecomunicaciones. La ley establecerá límites que aseguren el funcionamiento de dichos servicios.

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

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

Art. 408.- Son de propiedad inalienable, imprescriptible e inembargable del Estado los recursos naturales no renovables y, en general, los productos del subsuelo, yacimientos minerales y de hidrocarburos, sustancias cuya naturaleza sea distinta de la del suelo, incluso los que se encuentren en las áreas cubiertas por las aguas del mar territorial y las zonas marítimas; así como la biodiversidad y su patrimonio genético y el espectro radioeléctrico.

Estos bienes sólo podrán ser explotados en estricto cumplimiento de los principios ambientales establecidos en la Constitución.

El Estado participará en los beneficios del aprovechamiento de estos recursos, en un monto que no será inferior a los de la empresa que los explota.

El Estado garantizará que los mecanismos de producción, consumo y uso de los recursos naturales y la energía preserven y recuperen los ciclos naturales y permitan condiciones de vida con dignidad.

Art. 411.- El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico. Se regulará toda actividad que pueda afectar la calidad y cantidad de agua, y el equilibrio de los ecosistemas, en especial en las fuentes y zonas de recarga de agua.

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 412.- La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad cooperará y se coordinará con la que tenga a su cargo la gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Art. 413.- El Estado promoverá la eficiencia energética, el desarrollo y uso de prácticas y tecnologías ambientalmente limpias y sanas, así como de energías renovables, diversificadas, de bajo impacto y que no pongan en riesgo la soberanía alimentaria, el equilibrio ecológico de los ecosistemas ni el derecho al agua.

Art. 415.- El Estado central y los gobiernos autónomos descentralizados adoptarán políticas integrales y participativas de ordenamiento territorial urbano y de uso del suelo, que permitan regular el crecimiento urbano, el manejo de la fauna urbana e incentiven el establecimiento de zonas verdes.

Los gobiernos autónomos descentralizados desarrollarán programas de uso racional del agua, y de reducción reciclaje y tratamiento adecuado de desechos sólidos y líquidos. Se incentivará y facilitará el transporte terrestre no motorizado, en especial mediante el establecimiento de ciclo vías.

Art. 419.- La ratificación o denuncia de los tratados internacionales requerirá la aprobación previa de la Asamblea Nacional en los casos que:

8. Comprometan el patrimonio natural y en especial el agua, la biodiversidad y su patrimonio genético.

Art. 423.- La integración, en especial con los países de Latinoamérica y el Caribe será un objetivo estratégico del Estado. En todas las instancias y procesos de integración, el Estado ecuatoriano se comprometerá a:

2. Promover estrategias conjuntas de manejo sustentable del patrimonio natural, en especial la regulación de la actividad extractiva; la cooperación y complementación energética sustentable; la conservación de la biodiversidad, los ecosistemas y el agua; la investigación, el desarrollo científico y el intercambio de conocimiento y tecnología; y la implementación de estrategias coordinadas de soberanía alimentaria.

DISPOSICIONES TRANSITORIAS

PRIMERA.- El órgano legislativo, en el plazo máximo de ciento veinte días contados desde la entrada en vigencia de esta Constitución aprobará la ley que desarrolle el régimen de soberanía alimentaria, la ley electoral, la ley reguladora de la Función Judicial, del Consejo de la Judicatura y la que regula el Consejo de Participación Ciudadana y Control Social.

En el plazo máximo de trescientos sesenta días, se aprobarán las siguientes leyes:

2. La ley que regule los recursos hídricos, usos y aprovechamiento del agua, que incluirá los permisos de uso y aprovechamiento, actuales y futuros, sus plazos, condiciones, mecanismos de revisión y auditoría, para asegurar la formalización y la distribución equitativa de este patrimonio.

VIGESIMOSEXTA.- En el plazo de trescientos sesenta días a partir de la entrada en vigencia de esta Constitución, las delegaciones de servicios públicos en agua y saneamiento realizadas a empresas privadas serán auditadas financiera, jurídica, ambiental y socialmente.

El Estado definirá la vigencia, renegociación y, en su caso, la terminación de los contratos de delegación, de acuerdo con lo establecido en esta Constitución y en los resultados de las auditorías.

Se condona a las usuarias y usuarios en extrema pobreza las deudas de agua de consumo humano que hayan contraído hasta la entrada en vigencia de esta Constitución.

VIGESIMOSÉPTIMA.- El Ejecutivo, en el plazo de dos años desde la entrada en vigencia de esta Constitución, revisará la situación de acceso al agua de riego con el fin de reorganizar el otorgamiento de las concesiones, evitar el abuso y las inequidades en las tarifas de uso, y garantizar una distribución y acceso más equitativo, en particular a los pequeños y medianos productores agropecuarios.

La ley que regule la participación de los gobiernos autónomos descentralizados en las rentas por la explotación o industrialización de los recursos no renovables, no podrá disminuir las rentas establecidas por la Ley 010 del Fondo para el Ecodesarrollo Regional Amazónico y de fortalecimiento de sus Organismos Seccionales, así como las establecidas en la ley de asignaciones del cinco por ciento de las rentas generadas por la venta de energía que realicen las Centrales Hidroeléctricas de Paute, Pisayambo y Aگویán (Ley 047) para beneficio de las provincias de Azuay, Cañar, Morona Santiago y Tungurahua.

En la ley de prevención y control de la contaminación ambiental de la constitución del Ecuador, CAPITULO II de la prevención y control de la contaminación de las aguas se menciona:

Art. 6.- Queda prohibido descargar, sin sujetarse a las correspondientes normas técnicas y regulaciones, a las redes de alcantarillado, o en las quebradas, acequias, ríos, lagos naturales o artificiales, o en las aguas marítimas, así como infiltrar en terrenos, las aguas residuales que contengan contaminantes que sean nocivos a la salud humana, a la fauna, a la flora y a las propiedades.

Art. 7.- El Consejo Nacional de Recursos Hídricos, en coordinación con los Ministerios de Salud y del Ambiente, según el caso, elaborarán los proyectos de normas técnicas y de las regulaciones para autorizar las descargas de líquidos residuales, de acuerdo con la calidad de agua que deba tener el cuerpo receptor.

Art. 8.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, fijarán el grado de tratamiento que deban tener los residuos líquidos a descargar en el cuerpo receptor, cualquiera sea su origen.

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de

aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

En la Ley De Aguas - Título I - Disposiciones Generales - Capítulo I - Principios Generales se menciona:

Art. 1.- El Estado Plurinacional Ecuatoriano reconoce y garantiza el derecho humano al agua. Constituye un derecho fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y esencial para la vida. Es considerado también como un elemento vital para la naturaleza y la existencia de los seres humanos. Se prohíbe toda forma de privatización y su gestión será exclusivamente pública o comunitaria.

Art. 2.- Las disposiciones de la presente Ley regulan el ejercicio del derecho humano fundamental al agua, su gestión, aprovechamiento y conservación, incluyendo las aguas marítimas, superficiales, subterráneas, glaciares y atmosféricas del territorio nacional, en todos sus estados físicos y formas.

Art. 3.- El objeto de la presente ley es regular la obtención, preservación, conservación, uso y aprovechamiento del agua, comprendidos dentro del territorio nacional en sus distintas fases, formas y estados físicos, a fin de garantizar el Sumak Kawsay o buen vivir.

Art. 4.- Son titulares de derecho de la presente Ley: las personas, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos y la naturaleza, así como las agrupaciones que constituyan una unidad en el uso y aprovechamiento del agua.

Art. 5.- Son principios generales para la gestión del agua:

a) El agua es un derecho humano fundamental, de necesidad y utilidad pública, de interés y seguridad nacional.

b) El derecho humano al agua no debe interpretarse de forma restrictiva, simplemente en relación con cantidades volumétricas y consideraciones de tipo tecnológico. El agua debe tratarse como un bien social y cultural, y no como un bien económico.

c) El modo en que se ejerza el derecho al agua también debe ser sustentable, de manera que este derecho pueda ser ejercido por las generaciones actuales y futuras.

d) La función social del agua es garantizar el consumo humano, la soberanía alimentaria, el caudal ecológico y las actividades productivas.

e) La gestión del agua respetará la territorialidad de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos tomando en cuenta los valores sociales, ecológicos y organizativos.

f) La participación, gestión social y comunitaria, estará garantizada en todos los niveles de decisión.

g) El uso democrático y equitativo del agua fomenta la redistribución a favor de los grupos empobrecidos y de atención prioritaria, las economías campesinas y las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades; se proscribire toda forma de acaparamiento o privatización.

h) La gestión del patrimonio hídrico nacional es exclusivamente Estatal o comunitaria.

i) La gestión del agua es multidimensional, involucra aspectos ambientales, socioeconómicos, culturales, paisajísticos y recreativos.

j) La presente Ley se fundamenta en los principios de precaución, prevalencia, corresponsabilidad, solidaridad y sustentabilidad.

Título III - De Las Cuencas Hidrográficas Biodiversidad Y Calidad De Las Aguas - Capítulo I - De Las Cuencas Hidrográficas

Art. 32.- Las cuencas hidrográficas constituyen la unidad técnica de coordinación y ejecución de las políticas emanadas desde la Asamblea del CPA. Estas actividades deberán reconocer la territorialidad, los usos, aprovechamientos y prácticas ancestrales de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos.

Art. 33.- Declárese de interés nacional y responsabilidad del Estado la conservación y rehabilitación de las cuencas, sub cuencas y micro cuencas hídricas del país, para lo cual el Estado destinará los fondos necesarios de acuerdo con la planificación.

Art. 34.- Se crearan los Consejos de Cuenca y estarán conformados democráticamente por representantes de todos sectores, respetando la proporcionalidad poblacional y en cumplimiento de los Derechos de las (os) ciudadanos (as), comunas, comunidades, pueblos y nacionalidades.

Capítulo IV - De la Conservación

Art. 43.- Será prioridad del Consejo Plurinacional del Agua, velar por la conservación de los páramos, bosques, humedales, manglares y todas las áreas de recolección y regulación hídrica, con la participación activa de los usuarios, comunas, comunidad, pueblos, nacionalidades, campesinos y otras colectividades de la sociedad civil.

Art. 44.- Previo a una evaluación y planificación con los usuarios, comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos, el Estado destinará los fondos necesarios y la asistencia técnica para garantizar la protección y conservación de las fuentes de agua y sus áreas de influencia.

Art. 45.- Los páramos por ser ecosistemas de alta biodiversidad esenciales en el ciclo hidrológico y que constituyen espacios de vida de las poblaciones urbanas, campesinas, pueblos y nacionalidades, son patrimonio estatal y comunitario indivisible, inalienable e inafectable. Se prohíbe su privatización, concesión de cualquier índole, expropiación, apropiación; así como, su inclusión bajo ninguna forma en el mercado de servicios ambientales.

Art. 46.- Los bosques, humedales y manglares son ecosistemas de alta biodiversidad con incalculable riqueza de flora y fauna, esenciales en el ciclo hidrológico y biológico; constituyen espacios de vida y patrimonio de diversas comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades, campesinos, pescadores y del estado por lo que es indivisible, inalienable e inafectable. Se prohíbe su privatización, concesión de cualquier índole, expropiación, apropiación; así como, su inclusión bajo ninguna forma en el mercado de servicios ambientales.

Art. 47.- Se prohíbe la expansión de la frontera agrícola y de manera especial a la que afecte a las fuentes de agua, zonas de amortiguamiento y de generación de agua, el estado garantizará el cumplimiento de esta ley.

Art. 48.- Con la finalidad de reducir la presión sobre los páramos, bosques y humedales, el Estado a través del fondo del agua, fortalecerá la soberanía alimentaria y el manejo territorial integral por parte de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos asentadas en las zonas de amortiguamiento y aledañas. Será obligación del Estado fomentar

proyectos de producción y consumo que promuevan la conservación del suelo, eviten la contaminación y la degradación de fuentes de agua.

Capítulo II - De los Delitos y Sanciones Relacionados con el Agua

Art. 179.- Además de los tipificados en el Código Penal se establecen como delitos contra el agua los siguientes.

a) El que altere la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en perjuicio de la salud humana, agricultura, flora, fauna, así como a terceros.

b) El que altere o modifique en forma temporal o permanente los sistemas de aguas para uso de la población.

c) El que construya obras o utilice instalaciones, sin autorización y en contravención de las normas técnicas que rigen la materia, susceptibles de causar contaminación grave a los recursos.

d) El que vierte hidrocarburos o mezclas de hidrocarburos, sustancias tóxicas, radioactivas y residuos de minería, directa o indirectamente en ríos, lagos y otras fuentes hídricas, en cualquier actividad de: investigación, exploración, explotación, construcción, pesca, transporte de modo que cause daño a la salud de las personas, la fauna, flora, y medio ambiente en general.

e) El que destruya los páramos, pantanos, bosques nativos y fuentes de agua.

f) El que realice o ejecute actividades de pesca en períodos de veda en zonas protegidas.

Todo servidor público al igual que cualquier persona natural o colectiva, jurídica o de hecho tiene la obligación de denunciar ante la autoridad competente del agua la violación a las normas establecidas en la presente ley.

Norma de la calidad ambiental y de descarga de efluentes: Recurso Agua – Libro VI
Anexo 1 (TULSMA)

Sección 4 numeral

4.1 Normas generales de criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios.

La norma tendrá en cuenta los siguientes usos del agua:

a) Consumo humano y uso doméstico.

b) Preservación de Flora y Fauna.

c) Agrícola.

- d) Pecuario.
- e) Recreativo.
- f) Industrial.
- g) Transporte.
- h) Estético.

En los casos en los que se concedan derechos de aprovechamiento de aguas con fines múltiples, los criterios de calidad para el uso de aguas, corresponderán a los valores más restrictivos para cada referencia.

4.2 Criterios generales para la descarga de efluentes

4.2.1 Normas generales para descarga de efluentes, tanto al sistema de alcantarillado, como a los cuerpos de agua

4.2.3 Normas de descarga de efluentes a un cuerpo de agua o receptor: Agua dulce y agua marina

Sabiendo que la Ley Ecuatoriana es la única que da derecho a la naturaleza se ha tomado para reforzar esta investigación solo los artículos que van desde la protección, que parte desde la leyes generales concernientes al recurso agua, siguiendo con los compromisos de conservación de cuencas hídricas y con ello a los organismos que allí habitan.

5.2 Control de calidad del agua

Los elementos a considerar para el control de la calidad del agua son:

- Condiciones naturales o de referencia (composición natural del agua).
- Parámetros a controlar (indicadores de calidad pH, SS, DBO, DQO, turbidez, etc.).
- Límites o estándares a establecer (definición de categorías de calidad).
- Criterios de control (metodología de toma de muestras).
- El objetivo de calidad el cual está relacionado con las actividades o usos previstos (abastecimiento, agricultura, industria, piscícola, etc.). (Tejero, 2006)

En la Tabla 1 se describe la frecuencia para realizar el control de calidad del agua en sus diferentes parámetros.

Tabla 1. Metodología de toma de muestras, frecuencia, representatividad espacio-temporal.

Indicador de Calidad	Ríos	Lagos	Aguas de transición	Aguas costeras
Biológicos				
Fitoplancton	6 meses	6 meses	6 meses	6 meses
Otra flora acuática	3 años	3 años	3 años	3 años
Macroinvertebrados	3 años	3 años	3 años	3 años
Peces	3 años	3 años	3 años	
Hidromorfológicos				
Continuidad	6 años			
Hidrología	Continuo	1 mes		
Morfología	6 años	6 años	6 años	6 años
Fisicoquímicos				
Condiciones térmicas	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Oxigenación	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Salinidad	3 meses	3 meses	3 meses	
Estado de los nutrientes	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Estado de acidificación	3 meses	3 meses		
Otros contaminantes	3 meses	3 meses	3 meses	3 meses
Sustancia prioritarias	1 mes	1 mes	1 mes	1 mes

Fuente: (Sanchez, 2016)

5.2.1 Condiciones naturales de referencia

Las condiciones naturales de referencia de la masa de agua son:

Según su naturaleza

- Naturales
- Artificiales
- Muy modificadas

Según su categoría (para las masas de agua naturales):

- Ríos
- Lagos
- Aguas de transición

- Aguas costeras

En la Tabla 2 se describe la tipología de las aguas superficiales según factores fisicoquímicos que determinan las comunidades biológicas.

Tabla 2. Tipología de las aguas superficiales.

	Ríos	Lagos	Agua de transición	Aguas costeras
Factores obligatorios	Altitud Latitud Geología Dimensión	Altitud Latitud Longitud Profundidad Geología Dimensión	Latitud Longitud Amplitud marea Salinidad	Latitud Longitud Amplitud marea Salinidad
Factores facultativos	Longitud Energía de flujo Anchura media Profundidad media Pendiente media Forma de cauce Categorías de flujo (caudal) Forma del valle Trasporte de sólidos Cap. neutralización ácido Composición sustrato Cloruro Temperatura media del aire Oscilación de la temperatura del aire Precipitaciones	Profundidad media Forma del lago Tiempo residencia Temperatura media del aire Oscilación de temperatura del aire Régimen de mezcla-neutralización ácido Estado natural de nutrientes Composición de sustrato Nivel de fluctuación	Profundidad Velocidad corriente Exposición al oleaje Tiempo residencia Temperatura media del agua Oscilación de la temperatura del agua Características de la mezcla del agua Turbidez Composición sustrato Forma	Velocidad corriente Exposición al oleaje Temperatura media del agua Oscilación de la temperatura del agua Características de la mezcla del agua Turbidez Tiempo residencia Composición sustrato

Fuente: (Sanchez, 2016)

5.2.2. Parámetros de calidad del agua

La manera más sencilla para determinar la calidad del agua se realiza mediante estudios basados en parámetros físicos, químicos y biológicos para establecer límites que permitan definir las categorías relacionadas a los diferentes usos.

Parámetros físicos

No son índices absolutos de contaminación, sino indicadores relativos debido a que sus valores normales pueden variar considerablemente, estos cambios pueden ser tan apreciables que en un solo parámetro llegue a dar una idea del grado de contaminación y la extensión de la zona afectada. (Sanchez, 2016)

Los principales parámetros físicos son:

- Turbidez
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Transparencia
- Propiedades organolépticas (color, olor, sabor)
- Temperatura
- Conductividad

Parámetros químicos

Son muy importantes para definir la calidad del agua ya que permiten identificar y cuantificar agentes causales de contaminación por ejemplo si han recibido vertidos urbanos o industriales (Sanchez, 2016), se debe analizar los siguientes parámetros:

- Dureza
- Oxígeno disuelto (OD)
- Demanda Química de Oxígeno (DQO)
- Carbono Orgánico Total (COT)
- Sólidos Suspendidos (SS)
- Alcalinidad

Si es necesario realizar observaciones más detalladas puede incluirse otros parámetros como:

- pH
- Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)
- Nitrógeno de nitratos
- Nitrógeno Amoniacal
- Fosfatos Totales
- SAAM

Parámetros biológicos

Se basan en la utilización de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua debido a su gran variedad biológica siendo organismos más significativos, fáciles de

identificar y cuantificar mediante el control de presencia, abundancia y estructura de los organismo vivos. (Sanchez, 2016)

Los organismos que se usan como indicadores son todos los seres vivos acuáticos:

- Bacterias
- Hongos
- Macroinvertebrados
- Peces

El índice de calidad del agua permite realizar un análisis para determinar el grado de contaminación de un cuerpo de agua, implementando datos múltiples como: parámetros físicos, químicos y biológicos los cuales permiten determinar el ICA el mismo que es establecido a nivel global, considerando los siguientes parámetros:

1. Demanda Química de Oxígeno (DQO)

Indica la cantidad de compuestos oxidables presentes en el agua. Es un parámetro determinado rápidamente y de importancia para estudios de corrientes fluviales, desechos industriales y el control de plantas de tratamiento de desecho.

2. Oxígeno Disuelto (OD)

El oxígeno es un elemento muy importante en el control de la calidad del agua, ya que su presencia es esencial para mantener formas superiores de vida biológica en el agua debido a que la mayoría de los organismos acuáticos necesitan oxígeno para sobrevivir y desarrollarse. Algunas especies requieren niveles elevados de oxígeno disuelto como la trucha y la mosca de piedra. Otras especies no requieren niveles altos de oxígeno disuelto como los gusanos y las libélulas.

3. Coliformes fecales

Los coliformes fecales se denominan termotolerantes por su capacidad de soportar temperaturas elevadas, aproximadamente el 95% de este grupo están presentes en las heces fecales.

4. Coliformes Totales

Los coliformes son una familia de bacterias que se encuentran comúnmente en las plantas, el suelo y los animales, incluyendo a los humanos. Se utilizan para determinar la calidad bacteriológica de los efluentes de los sistemas de tratamiento de aguas servidas. (Castro, 2009)

5. Potencial de Hidrogeno (pH)

Mide la concentración de iones de hidrógenos presentes en una disolución. Permitiendo identificar si la muestra es acida o básica.

6. Dureza Total (DT)

Se denomina dureza al contenido de carbonatos, bicarbonatos, cloruros, sulfatos y ocasionalmente nitratos de calcio y magnesio, pero también está constituida por sales de hierro, manganeso, cobre, bario, zinc, plomo. Las cuales se encuentran en pequeña proporción y se pueden clasificar de la siguiente manera:

- Dureza Cálctica: Dada por la concentración de calcio
- Dureza Magnésica: Dada por la concentración de magnesio
- Dureza Total: $[Ca^{2+}] + [Mg^{2+}]$

7. Sólidos Disueltos (SD)

Son la suma de los minerales, sales, metales, cationes o aniones disueltos en el agua.

8. Sólidos Suspendidos (SS)

Son partículas que permanecen en suspensión en el agua debido al movimiento del líquido o debido a que la densidad de la partícula es menor o igual que la del agua. Los sólidos en suspensión pueden ser de origen orgánico o inorgánico.

9. Conductividad Eléctrica

Es la capacidad que tienen las soluciones acuosas de conducir la corriente eléctrica. La conductividad del agua está en función de la concentración de iones, que provienen principalmente de los ácidos y sales: sólidos inorgánicos disueltos tales como cloruros, nitratos, sulfatos y fosfatos (aniones) o de sodio, magnesio, calcio, hierro y aluminio (cationes).

10. Alcalinidad

Es la capacidad del agua para neutralizar ácidos y se debe principalmente a la presencia de bicarbonatos, carbonatos e hidróxidos de elementos como el calcio, magnesio, sodio, potasio o el amoníaco.

11. Grasas y Aceites

Las grasas y aceites son compuestos orgánicos constituidos principalmente por ácidos grasos de origen animal y vegetal que son arrojados a los cuerpos de agua.

Una de sus principales características, es que las grasas son el componente de las aguas residuales que tiene una mayor tendencia a oxidarse. Esto provoca que, al llegar a los reactores biológicos, fijen rápidamente el oxígeno disuelto disponible, pudiendo ocasionar situaciones de anoxia puntuales que podrían propiciar la proliferación de microorganismos

filamentosos. Además, las grasas y aceites tienen tendencia a flotar, debido a que su densidad es inferior a la del agua, lo que genera capas en la superficie de los reactores biológicos, dificultando la transferencia de oxígeno. (iAgua Conocimiento, 2018)

12. Nitrógeno de nitratos

Las concentraciones altas de nitratos generalmente se encuentran en el agua en zonas rurales por la descomposición de la materia orgánica y los fertilizantes utilizados. Si un recurso hídrico recibe descargas de aguas residuales domésticas, el nitrógeno estará presente como nitrógeno orgánico amoniacal, el cual, en contacto con el oxígeno disuelto, se irá transformando por oxidación en nitritos y nitratos. Este proceso de nitrificación depende de la temperatura, del contenido de oxígeno disuelto y del pH del agua. (Pradillo, 2016)

13. Nitrógeno amoniacal

Las descargas de aguas residuales y domésticas incrementan las concentraciones de nitrógeno amoniacal en las aguas superficiales y subterráneas, afectando la calidad de las mismas. En condiciones normales la fuente de nitrógeno amoniacal en aguas superficiales proviene de la degradación natural de la materia orgánica presente en la naturaleza. Es uno de los componentes transitorios en el agua, porque es parte del ciclo del nitrógeno, y se ve influido por la actividad biológica. (González, 2013)

14. Fosfatos totales

El fósforo es un elemento esencial en el crecimiento de plantas y animales. Actualmente se considera como uno de los nutrientes que controlan el crecimiento de algas, el fósforo se encuentra en aguas naturales y residuales casi exclusivamente como fosfatos, los cuales se clasifican en ortofosfatos, fosfatos condensados (piro-, meta-, y otros poli fosfatos) y fosfatos orgánicos. (Sanabria, 2004)

15. SAAM

SAAM (sustancias activas al azul de metileno), la mayoría de los tensoactivos de las aguas residuales domésticas se combinan con cantidades proporcionales de las partículas adsorbidas. En las aguas la concentración de tensoactivos suele ser inferior a 0,1 mg/L excepto en las proximidades de una desembocadura u otra fuente de entrada puntual. Un alto contenido de detergentes en el agua puede provocar formación de espuma, toxicidad para la vida acuática y crecimiento desmesurado de la flora acuática por el aporte de fosfatos.

16. Color

Esta característica del agua puede estar ligada a la turbidez o presentarse independiente de ella. Se considera que el color natural del agua puede originarse por las siguientes causas:

- La descomposición de la materia.

- La materia orgánica del suelo.
- La presencia de hierro, manganeso y otros compuestos metálicos.

En la formación del color en el agua intervienen, entre otros factores, el pH, la temperatura, el tiempo de contacto, la materia disponible y la solubilidad de los compuestos colorantes. (Pradillo, 2016)

17. Turbiedad

Es originada por las partículas en suspensión o coloides. Es decir, causada por las partículas que por su tamaño, se encuentran suspendidas y reducen la transparencia del agua en menor o mayor grado. Por esta razón, si bien las normas de calidad establecen un criterio para turbidez, esta debe mantenerse mínima para garantizar la eficacia del proceso de desinfección (Pradillo, 2016).

5.3 Límites de calidad

Los límites o estándares de calidad del agua son valores límite de contaminación establecidos para un cierto parámetro, lo cual constituye un punto de referencia para determinar la calidad del agua, para ello se requiere de frecuentes revisiones. (Sanchez, 2016)

Los factores en los que se basa los límites o estándares de calidad del agua son:

- Prácticas establecidas o en curso
- Disponibilidad de recursos técnicos
- Disponibilidad de recursos económicos
- Resultados de experimentos biológicos
- Posibilidad de realizar medidas fiables de los parámetros
- Evidencias procedentes de la exposición humana accidental
- Opinión de expertos
- Ampliación de modelos matemáticos
- Exigencias legales

Los criterios de calidad para los usos de las aguas superficiales, subterráneas, marítimas y de estuarios son:

a) Consumo humano y uso doméstico

Se entiende por agua para consumo humano y domésticos aquella que se emplea en actividades como:

- Bebida y preparación de alimentos.
- Satisfacción de necesidades domésticas, individuales o colectivas, tales como higiene personal y limpieza de elementos, materiales o utensilios.

- Fabricación o procesamiento de alimentos en general.

b) Preservación de Flora y Fauna

Se entiende por uso del agua para preservación de flora y fauna, su empleo en actividades destinadas a mantener la vida natural de los ecosistemas asociados, sin causar alteraciones en ellos, o para actividades que permitan la reproducción, supervivencia, crecimiento, extracción y aprovechamiento de especies bioacuáticas en cualquiera de sus formas, tal como en los casos de pescas y acuicultura.

c) Agrícola

Se entiende por agua de uso agrícola aquella empleada para la irrigación de cultivos y otras actividades conexas o complementarias que establezcan los organismos competentes. Se prohíbe el uso de aguas servidas para riego, exceptuándose las aguas servidas tratadas y que cumplan con los niveles de calidad establecidos

d) Pecuario

Se entiende como aguas para uso pecuario a aquellas empleadas para el abrevadero de animales, así como otras actividades conexas y complementarias.

e) Recreativo

Se entiende por uso del agua para fines recreativos, la utilización en la que existe:

- Contacto primario, como en la natación y el buceo, incluidos los baños medicinales.
- Contacto secundario como en los deportes náuticos y pesca.

f) Industrial

Se entiende por uso industrial del agua su empleo en actividades como:

- Procesos industriales y/o manufactureros de transformación o explotación.
- Generación de energía
- Minería.

Para el uso industrial, se deberán observar los diferentes requisitos de calidad correspondientes a los respectivos procesos, aplicando el criterio de tecnología limpia que permitirá la reducción o eliminación de los residuos (que pueden ser sólidos, líquidos o gaseosos).

g) Transporte

Se entiende el uso del agua para transporte, su empleo para la navegación de cualquier tipo de embarcación o para la movilización de materiales por contacto directo. El único parámetro a regular será el Oxígeno disuelto, que deberá ser mayor a 3 mg/l.

h) Estético

El uso estético del agua se refiere al mejoramiento y creación de la belleza escénica.

Las aguas que sean usadas para uso estético, tendrán que cumplir con los siguientes criterios de calidad:

- Ausencia de material flotante y de espumas provenientes de la actividad humana.
- Ausencia de grasas y aceites que formen película visible.
- Ausencia de sustancias productoras de color, olor, sabor, y turbiedad.

5.4 Sistemas de control de calidad

Consisten en un conjunto de actividades permanentes que tiene como resultado garantizar que el uso del agua para consumo humano y uso doméstico, preservación de flora y fauna, agrícola, pecuario, recreativo, industrial, transporte y estético cumpla con los requisitos que establece la norma de calidad ambiental y de descarga de efluentes: recurso agua (Libro VI – Anexo1).

Es por ello que el objetivo principal de la norma es proteger la calidad del recurso agua para salvaguardar y preservar la integridad de las personas, de los ecosistemas y sus interrelaciones y el ambiente en general.

5.4.1 Índices de calidad del agua

Los índices o indicadores de calidad de aguas representan el grado de contaminación, proporcionando una valoración global, asignando un valor a la calidad del agua a partir del análisis de varios parámetros. El objetivo es obtener un valor único que defina el estado de una masa del agua a partir de diferentes indicadores específicos, representando los resultados de una forma más resumida y sencilla, suele obtenerse como la ponderación de los valores medios de varios parámetros a los que se les asigna distintos valores específicos. (Sanchez, 2016)

Fases para establecer un índice de calidad

- Selección de parámetros
- Transformación de los valores analíticos de los parámetros en una unidad de calidad común a todos.
- Asignación de valores (ponderación a cada uno de los parámetros).
- Formulación del índice como combinación de parámetros y valores.
- Explicación de la escala general de calidad.
- Establecimiento de rangos o categorías generales de calidad.

Tipos de índices de calidad

Índices fisicoquímicos

Es la combinación de parámetros físicos y químicos para integrar globalmente la calidad del agua:

- ICA (Índice de Calidad del Agua)

Índices biológicos

Se basan en la presencia de organismos vivos:

- Índices basados en los macroinvertebrados.
- Índices basados en las algas diatomeas.
- Índices basados en los peces.
- Índices de diversidad

Índices Hidromorfológicos

Evalúan las diferentes características hidrológicas y geomorfológicas actuales de una masa de agua:

- Índices hidrológicos
- Índices de continuidad fluvial
- Índices de condiciones morfológicas

5.5 Bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua

En las últimas décadas el crecimiento de las ciudades y el tratamiento inapropiado de residuos tanto domésticos como industriales, ha causado la contaminación de los cuerpos de agua, en especial en países en desarrollo. Con el fin de establecer herramientas apropiadas de administración y control de este recurso, se han desarrollado programas de evaluación de la calidad del agua. Los métodos de monitoreo de la calidad del agua más frecuentes incluyen los ensayos fisicoquímicos y bacteriológicos, sin embargo, estos presentan algunas limitaciones, en especial en ecosistemas donde las condiciones geomorfológicas y de hidrología varían con rapidez y no permiten la evaluación de la variabilidad en el tiempo o la integración de distintos factores ambientales. Con el fin de dar respuesta a estas restricciones se ha desarrollado una metodología de monitoreo basada en el uso de organismos vivos como indicadores de la calidad de un ecosistema. (García, 2017)

El uso de bioindicadores ofrece como ventaja la posibilidad de evaluar el estado ecológico en el que se encuentra un río en un momento determinado y adicionalmente observar su evolución en el tiempo. Con este fin se utilizan organismos sensibles a los cambios que en su

mayoría indican la presencia de contaminantes o alteraciones en su ecosistema. (Metcalf, 1989).

5.5.1 Características que debe cumplir para ser considerados un bioindicador

La capacidad del medio ambiente para mantener comunidades balanceadas, adaptables e integradas de organismos, que poseen una composición de especies, diversidad y organización funcional comparables con un ambiente natural y reflejan los procesos evolutivos naturales.

Requisitos que deben reunir los bioindicadores

- Amplia distribución
- Movimiento restringido
- Rol ecológico
- Capacidad de bioacumulación y respuestas específicas
- Criterio (exposición, dosis, respuesta)
- Permite la evaluación de impactos a nivel de individuo, población y comunidad para obtener como resultado indicadores tempranos de deterioro.

5.5.2 Ventajas de la utilización de bioindicadores

Las principales ventajas por las cuales se consideran a los macroinvertebrados como buenos indicadores de la calidad del agua son:

- Refleja las condiciones ecológicas de un sitio determinado.
- Los datos biológicos responden a situaciones, no a variables únicas.
- Los índices biológicos dan testimonio del impacto contaminante durante un periodo de tiempo más o menos largo, no solo del momento de la toma de muestras.
- La toxicidad de los contaminantes por sus efectos biológicos, no por su concentración en el agua.
- Permite la evaluación detallada de la capacidad de respuesta del medio (magnitud de impacto y recuperación).
- Menores costos del seguimiento biológico en comparación con el fisicoquímico.
- Los resultados del análisis biológico son fáciles de expresar y de interpretar.
- El carácter sedentario de muchas especies que son específicas a un tipo de medio permite determinar los efectos en el tiempo de las perturbaciones. (Cordero, 2015)

5.5.3 Aceptación de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores

Las razones por las cuales se consideran a los macroinvertebrados como los mejores bioindicadores de calidad del agua son:

- Visibles a simple vista.
- Abundantes y de amplia distribución.
- Las técnicas de muestreo son fáciles, están estandarizadas y no requieren equipos costosos.
- La mayoría son sedentarios, por lo tanto, reflejan las condiciones locales.
- Los ciclos de vida relativamente largos, les permite permanecer en los ecosistemas acuáticos el tiempo suficiente para detectar cualquier alteración en su abundancia y diversidad.
- Varían poco genéticamente.
- Relativamente fáciles de identificar, si se comparan con otros grupos.
- No es necesario realizar identificaciones a nivel de especie para aplicar los índices, sino que basta con realizar el reconocimiento a nivel de familia.

A pesar de que son mayores las ventajas de la utilización de los macroinvertebrados como indicadores, algunas de sus características pueden impedir su uso eficaz en actividades de biomonitoreo y requieren consideración especial como:

- Ellos no responden a todos los tipos de impactos.
- Su distribución y abundancia puede ser afectada por otros factores tales como velocidad de corriente, tipo de sustrato.
- Su abundancia y distribución varía estacionalmente. (Álvarez L. F., 2005)

5.6 Los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados son excelentes indicadores de la calidad del agua son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llama macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tiene huesos, y acuáticos por que viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas. (Carrera & Fierro, 2001)

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y el usuario del monitoreo, puede entender claramente el estado en que ésta se encuentra: algunos de ellos requieren agua de buena calidad para sobrevivir; otros, en cambio, resisten, crecen y abundan cuando hay contaminación. Por ejemplo, las moscas de piedra sólo viven en agua muy limpia y desaparecen cuando el agua está contaminada. No sucede así con algunas larvas o gusanos de otras moscas que resisten la contaminación y abundan en agua sucia. Estos bichos, al crecer, se transforman en moscas que provocan enfermedades como la malaria y el paludismo.

Los macroinvertebrados incluyen larvas de insectos como mosquitos, caballos del diablo, libélulas, chinches o chicaposos, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre. (Carrera & Fierro, 2001)

Además de los insectos, otros macroinvertebrados son: caracoles, conchas, cangrejos azules, camarones de río, planearías, lombrices de agua, ácaros de agua y sanguijuelas o chupa-sangres.

Los macroinvertebrados pueden vivir:

- En hojas flotantes y en sus restos.
- En troncos caídos y en descomposición.
- En el lodo o en la arena del fondo del río.
- Sobre o debajo de las piedras.
- Donde el agua es más correntosa.
- En lagunas, lagos, aguas estancadas, pozas y charcos.

Se multiplican en grandes cantidades, se pueden encontrar miles en un metro cuadrado.

Son parte importante en la alimentación de los peces.

Los macroinvertebrados pueden alimentarse de:

- Plantas acuáticas, restos de otras plantas y algas.
- Otros invertebrados y peces.
- Pequeños restos de comida en descomposición y elementos nutritivos del suelo.
- Animales en descomposición.
- Elementos nutritivos del agua.
- Sangre de otros animales

Los macroinvertebrados tiene muchas formas; así, las conchas son redondas, los escarabajos son ovalados, las lombrices son alargadas y los caracoles tiene forma de espiral. Algunos tiene muchas patas, por ejemplo, los camarones tienen 10, los ácaros 8 y los chicaposas 6. Otros no tiene patas, como las larvas de mosca. (Cordero, 2015)

Casi todos los macroinvertebrados tienen los colores parecidos al sitio donde viven. Por ejemplo las conchas tiene colores oscuros, como el lodo que las rodea; las moscas de piedra son café amarillento, como las piedras cercanas. (Carrera & Fierro, 2001)

5.6.1 Tipos de hábitat de los macroinvertebrados acuáticos

En los ecosistemas dulceacuícolas los macroinvertebrados viven aguas lóxicas (ríos, arroyos, quebradas) como en aguas lénticas (lagos, lagunas, ciénegas, embalses, etc.). El

hábitat es el lugar donde vive un organismo y en los ecosistemas acuáticos éstos son muy heterogéneos y a cada uno de ellos corresponden una comunidad determinada.

En los ecosistemas lóticos algunos macroinvertebrados viven adheridos a la superficie de rocas, pequeñas piedras, troncos sumergidos o restos de vegetación; otros habitan en las orillas, adheridos a la vegetación emergente sumergida; unos viven sobre la superficie del agua, mientras que otros nadan en ella como los peces. Otros se entierran en sustratos arenosos, fangos o pedregosos. Unos prefieren corrientes rápidas, para lo cual los organismos tienen adaptaciones corporales como ganchos, ventosas y cuerpos aplanados para resistir la velocidad de la corriente; otros habitan en remansos.

En los ecosistemas lóticos se esperan mayores valores de diversidad de macroinvertebrados en los tramos de la corriente con mayor heterogeneidad del sustrato, mientras que en los tramos donde el sustrato es uniforme o existe una mayor homogeneidad del lecho de la corriente, la diversidad será menor. (Alvarez, 2005)

En los ecosistemas lénticos los macroinvertebrados habitan principalmente el área litoral y las raíces de las plantas acuática flotantes. En la zona litoral de los embalses son escasos, ya que el nivel del agua fluctúa permanentemente. La zona profunda de los lagos por lo regular ofrece condiciones estresantes por la falta de oxígeno y por la acumulación de gases tóxicos, por eso la fauna que allí se encuentra en la mayoría de los casos es poco variada, pero los individuos presentes pueden ser abundantes.

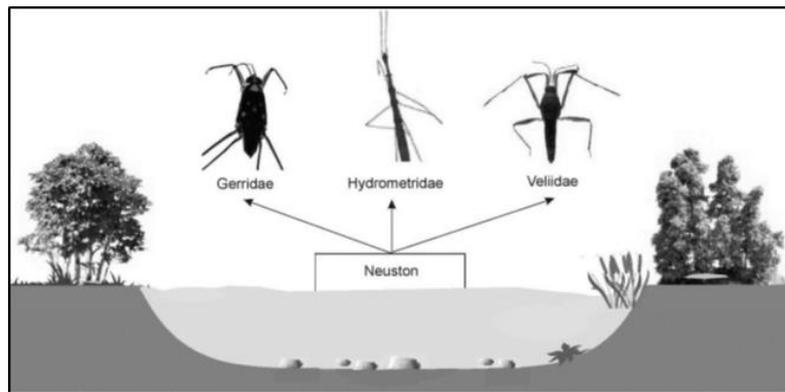
Debido a lo anterior, es importante que cuando se realicen estudios para evaluar la calidad del agua, éstos deban considerar todos los posibles habitantes presentes en el área de muestreo. (Alvarez, 2005)

5.6.2 Modos de vida de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados reciben diferentes nombres de acuerdo con el tipo de adaptación que presente, ya que pueden vivir en el fondo, en la superficie o nadar libremente.

Los Neuston son los organismos que viven sobre la superficie del agua caminando, patinando o brincando. Sus uñas, patas y su exoesqueleto están recubiertos por una especie de cera que los hace impermeables, así que en vez de hundirse, doblan la superficie del agua venciendo la tensión superficial. Entre los representantes están las familias Gerridae, Hydrometridae, Veliidae del Orden Hemiptera (Álvarez, 2005) (Figura 1).

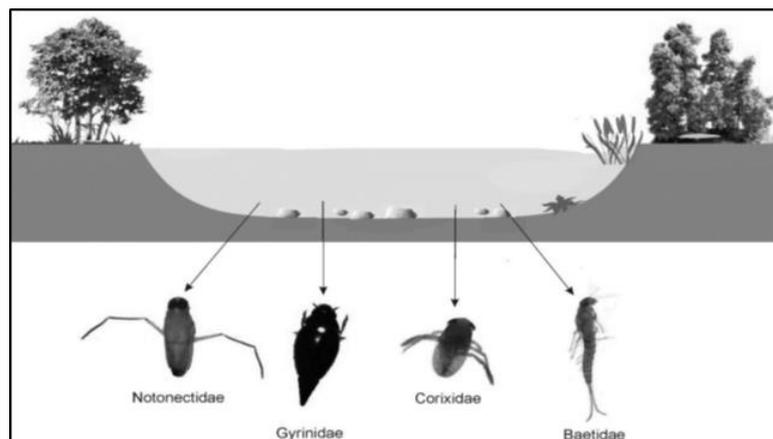
Figura 1. Macroinvertebrados representantes del neuston en un ecosistema acuático.



Fuente: (Álvarez, 2005)

Los Necton son los organismos que nadan libremente en el agua. Entre ellos se encuentra las familias Corixidae y Notonectidae del orden Hemíptera (Heteróptera); Dytiscidae, Gyrinidae e Hydrophilidae del orden Coleóptera y Baetidae del orden Ephemeroptera (Álvarez, 2005) (Figura 2).

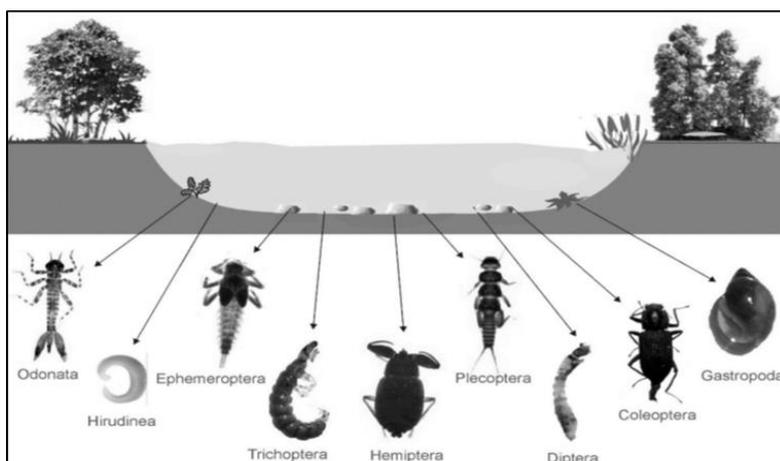
Figura 2. Macroinvertebrados representantes del necton en un ecosistema acuático.



Fuente: (Álvarez, 2005)

Los Bentos son todos aquellos organismos que viven en el fondo, adheridos a piedras, rocas, troncos, restos de vegetación y otros sustratos. Los principales representantes son: Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Diptera, Mollusca y algunos Hemiptera. Otros, como la familia Blephariceridae (Diptera), se adhiere fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. Ciertas especies pertenecientes al orden Odonata (Zygoptera) se encuentran adheridas a vegetación acuática sumergida o emergente (Álvarez, 2005) (Figura 3)

Figura 3. Macroinvertebrados representantes del bentos en un ecosistema acuático.



Fuente: (Álvarez, 2005)

5.7 Metodología de muestreo y tratamiento de muestras de macroinvertebrados

5.7.1 Metodología de muestreo

Para coleccionar la mayor diversidad posible de macroinvertebrados, es indispensable explorar cuidadosamente el sitio de muestreo, con el fin de cubrir todos los hábitats posibles, es decir, sustrato de fondo (arena, piedras, lodo, restos de vegetación); plantas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas); raíces de árboles, etc. Para obtener resultados comparables, el esfuerzo de muestreo debe cubrir un área de 10 y 20 m² y hacerse durante 20 o 30 min.

No se deben realizar muestreos después de lluvias intensas, ya que puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente. En los ríos grandes se debe hacer el muestreo en ambas orillas, pues la fauna puede ser diferente debido a la sombra, meandros, composición del fondo y eventual contaminación. No debe muestrearse en la confluencia inmediata de dos ríos, sino más abajo de la zona de mezcla. (Álvarez, 2005)

Para el muestreo de los macroinvertebrados acuáticos existen varios métodos dependiendo del tipo de sustrato y del tipo de estudios, si es cualitativo o cuantitativo.

Si se trata de corrientes con sustratos pedregosos el método cualitativo más utilizado es el de red de pantalla, es decir, sólo se determina la diversidad de especies, pero no su abundancia por unidad de área. Consiste en una red de malla metálica o plástica de aproximadamente 1 m² sujeta a cada lado por dos palos de 1.5 m de longitud. Mientras una persona sostiene la malla sobre el fondo del río, otro remueve el fondo en contra de la corriente; los organismos removidos quedan atrapados en la malla con el sustrato. Como método cualitativo en este tipo

de hábitat, también es muy útil levantar con la mano piedras, troncos y hojas y tomar los organismos a ellos adheridos con pinzas de punta fina o pinceles.

Para tomar muestras cuantitativas en sustratos pedregosos, es decir para conocer el número de individuos por unidad del área, se utiliza la red Surber. Ésta consiste de un marco metálico que puede variar de tamaño (generalmente es menor 0.25 m^2), al cual está unida una red de tejido muy fino (menor de 0.5 mm). El marco metálico se coloca sobre el sustrato en contra de la corriente y se remueven las piedras que se encuentran dentro de éste. Los organismos removidos quedan automáticamente atrapados en la red, junto con una parte del sustrato. Si se trata de sustratos fangosos, frecuentes en los remansos de los ríos, los muestreos cualitativos se realizan con la ayuda de dragas, en las cuales está definida el área de muestreo, la profundidad alcanzada en el sustrato y el volumen de material a extraer. Las más conocidas son las dragas Ekman, Van Veen y Peterson. (Álvarez, 2005)

Las orillas con vegetación son por lo regular muy ricas en fauna de macroinvertebrados. Allí viven especialmente larvas de odonatos, hemípteros, moluscos y crustáceos. Lo más utilizado para estos sitios es el muestreo cualitativo con una red de mano triangular o tipo "D-net". Con la ayuda de estas redes se hace un barrido a lo largo de las orillas con vegetación, atrapando de esta forma los organismos allí existentes.

Para todos los métodos anteriores, se recomienda tomar cinco réplicas, tratando de cubrir diferentes puntos de la sección transversal del recurso hídrico (Ramírez y Viña, 1998).

Las muestras recolectadas por los diferentes métodos se lavan, preferiblemente en un balde limnológico, con malla en el fondo (menor de 0.5 mm) y los organismos se llevan luego al laboratorio almacenados en bolsas o recipientes plásticos con alcohol al 70%, debidamente rotulados, para su separación, identificación y conteo.

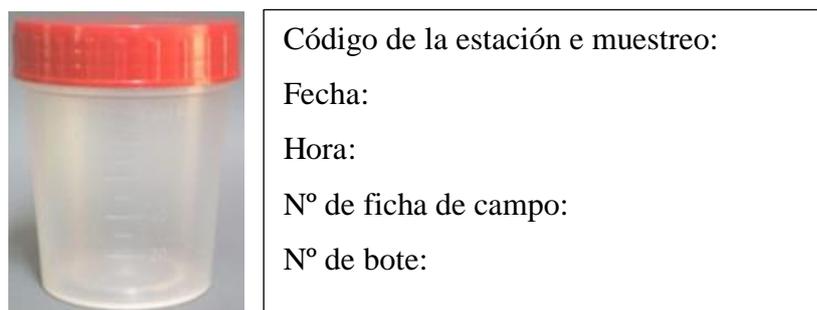
5.7.2 Conservación de muestras

Una vez introducida la muestra en uno o varios recipientes, se añade el alcohol como conservante. Se recomienda añadir primero sólo unas gotas para anestésicar a los invertebrados y evitar que adopten posturas rígidas que puedan dificultar su identificación y después de unos minutos añadir el resto del reactivo. (Agencia Vasca del Agua, 2014)

El formaldehído es tóxico y su uso requiere la aplicación de medidas de seguridad. En el campo se trabajará al aire libre, con guantes, se evitarán derrames y se usarán recipientes herméticos adecuados.

Todos los recipientes utilizados para la muestra quedarán identificados por una etiqueta en la que aparecerán al menos los siguientes datos:

Figura 4. . Modelo de rótulo para la conservación de macroinvertebrados acuáticos.



Elaborado por: Asipuela Doris

Una vez completa se pegada la etiqueta en el bote para evitar que se moje y deteriore la etiqueta en el traslado hacia el laboratorio.

En el traslado de las muestras del campo al laboratorio se tomarán las medidas necesarias para evitar la rotura de los botes de muestra o la liberación de vapores. Se utilizarán botes herméticos y se almacenarán en neveras o cajas con tapa, no refrigeradas y a temperatura ambiente, evitando la exposición prolongada al sol. (Agencia Vasca del Agua, 2014)

5.7.3 Tratamiento de muestras en el laboratorio

5.7.3.1 Separación de muestras

El procesado de las muestras implica el lavado de las mismas mediante bandejas blancas, bien iluminadas y con la ayuda de pinzas de punta fina se extraen los organismos presentes teniendo cuidado de no maltratarlos. El sustrato se va removiendo cuidadosamente de un extremo al otro de la bandeja, hasta asegurarse que no queden organismos. Debe tenerse en cuenta que cuando no se tienen suficiente experiencia, muchos organismos pueden pasar inadvertidos, bien sea por su tamaño o por estar camuflados con los restos de vegetación o sustratos minerales. Posteriormente se colocan en recipientes con alcohol al 70% debidamente rotulado para ser trasladados al laboratorio.

Con las medidas de protección necesarias, se procede a abrir el o los recipientes en el laboratorio y a verter la muestra de nuevo sobre un tamiz de 0,5 mm de luz. Se lava bajo el grifo con agua abundante hasta que desaparezca el olor a formaldehído.

Si la muestra tiene mucha arena o grava se intenta eliminar separando mediante lavados continuos. Este proceso se repetirá tantas veces como sea necesario en función de la cantidad de muestra con que se trabaje (Álvarez, 2005).

5.7.3.2 Identificación de los macroinvertebrados acuáticos

La identificación de los organismos se realiza mediante la observación de características morfológicas, utilizando una lupa binocular y siguiendo guías apropiadas de identificación que permitan alcanzar el nivel taxonómico. El nivel taxonómico exigido se cumplirá siempre que el estado del ejemplar lo permita. Cuando no sea así, ya sea por el mal estado del ejemplar o por no haber alcanzado un desarrollo suficiente y necesario, se determinará el nivel taxonómico que sea posible.

Una selección de ejemplares de cada uno de los taxones presentes se guardan en un bote con alcohol etílico al 70%, debidamente identificado por una etiqueta en la que se especifica: el código de identificación de la muestra, fecha de la toma de muestra y fecha del análisis en el laboratorio. Esta muestra se almacena en un lugar seco, a temperatura ambiente y protegido de la luz, por un periodo no inferior a 3 meses desde la fecha del análisis. (Álvarez, 2005)

5.8 Ubicación geográfica

La zona de estudio está localizada en la provincia de Pichincha, cantón Quito, parroquia Pifo en la comuna el Inga Alto debido a que el río tiene su origen en la parte alta y trascurre varios poblados en la Quebrada Encañada la misma que desemboca en el río Chiche.

La vegetación más representativa del sector es polylepis, chuquirahua, quishuar, pumamaqui, entre otros arbustos. La fauna se caracteriza por conejos, lobos, venados, curiquingues, patos andinos, colibrís, entre otros.

Figura 5. Mapa Quebrada Encañada



Elaborado por: Asipuela Doris

5.9 Características de los puntos de muestreo

Antes de empezar con el muestro se dio las indicaciones necesarias para realizar la toma de muestras según el método a realizarse, en este caso se trabajó con dos métodos como: pierdas y hojarasca, red “D”.

De manera general los puntos de muestreo fueron divididos en tres niveles alto, medio y bajo en los cuales se realizaron tres tomas de muestras en cada uno. Cada punto de muestreo se dividió en tres partes horizontales y una distancia de cinco metros por paraje de forma lineal. La vegetación en la orilla del río fue constante a excepción de varios lugares donde se podía observar espacios descubiertos, la corriente del río en el punto alto y bajo fue moderada, no obstante en el punto medio fue rápida, sin olvidar la presencia de rocas grandes y medianas en el trascurso del recorrido.

Se escogió los tres puntos de muestreo por las siguientes características:

- Fácil accesibilidad al punto de muestreo.
- Presencia de animales que trascurren por el lugar.
- Presencia de industrias cerca al cauce del río.
- Existencia de cultivos.
- Acumulación de residuos sólidos.

En el punto de muestro alto y medio no se observó la contaminación de manera directa, sin embargo en el punto bajo se identificó dos fuentes de contaminación como son: la descarga de efluentes provenientes de la plantación Agro-Planta y el manejo inadecuado de sus residuos sólidos que son desechados de forma directa al río.

5.10 Bioindicadores de la Quebrada Encañada

Se observó la presencia de bioindicadores bentónicos los cuales habitan en las zonas profundas de lagos y ríos adheridos a sustratos tales como rocas, residuos vegetales o plantas acuáticas o en ocasiones se encuentran enterrados en el sustrato.

5.11 Índices de calidad

5.11.1 Índice Biótico EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera)

Este índice utiliza los tres grupos de macroinvertebrados más sensibles a la contaminación orgánica, son los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, y Trichóptera.

El cálculo consiste en dividir el número de EPT presentes en la muestra para la cantidad total de organismos de la muestra:

$$\text{IEPT} = (\text{NEPT}/\text{N}) \cdot 100$$

Donde:

IEPT= índice EPT

NEPT= Número total de individuos EPT en la muestra

N= Número total de individuos en la muestra

5.11.2 Índice BMWP

El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), establecido en Inglaterra en 1970, es un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores; sólo requiere llegar hasta el nivel de familia. Los datos son cualitativos (ausencia o presencia). Las puntuaciones son determinadas en función de la sensibilidad o la tolerancia de diferentes grupos o familias a la contaminación orgánica, en un rango de 1 a 10. Las familias más sensibles como Perlidae (Plecoptera) y Oligoneuriidae (Ephemeroptera) presentan un puntaje de 10 y 9, en cambio las más tolerantes a la contaminación por ejemplo Tubificidae (Oligochaeta), tienen una puntuación de uno. La suma de todos los puntajes de todas las familias proporciona el puntaje total BMWP (Álvarez, 2005).

En la Tabla 3 se describe el puntaje asignado a cada familia de macroinvertebrados acuáticos para determinar el índice BMWP.

Tabla 3. Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP.

Familias	Puntajes
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gripopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcyidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelpusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dicteriadidae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesiidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6

Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrinidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephydriidae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae, Hirudinea, Psychodidae.	3
Chironomidae (cuando no es la familia dominante), Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae.	1

Fuente: (Álvarez, 2005)

En la Tabla 4 se indica la clasificación de las aguas y su significado mediante colores los mismos que son el resultado del índice BMWP.

Tabla 4. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice BMWP.

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

Fuente: (Álvarez, 2005)

5.11.3 Índice ABI

El ABI (Andean Biotic Index) es un índice basado en el índice BMWP, aplicando para las estribaciones de los Andes sobre los 2000 m.s.n.m. En este índice están incluidas menos familias de macroinvertebrados que en otras partes del mundo, donde se aplica el índice BMWP, debido a que la altura restringe la distribución de muchas familias (Cordero, 2015).

En estas zonas neotropicales generalmente las familias de macroinvertebrados reciben las mismas puntuaciones de resistencia a la contaminación que las familias de las zonas templadas. En las zonas de los Andes el gradiente de altura es muy importante y tiene gran influencia en la presencia y a la resistencia a ciertos contaminantes. Además varias consideraciones como el tipo de vegetación, el factor limitante como la altitud, no han sido tomadas en cuenta al momento de realizar adaptaciones del índice BMWP. En muchas

regiones de Sudamérica se ha aplicado versiones del índice BMWP en Colombia y Argentina han hecho sus adaptaciones preliminares, y en otras regiones con pocas modificaciones (Cordero, 2015).

El índice ABI se ha probado en dos cuencas de Ecuador y Perú, para comparar con otras adaptaciones de BMWP usadas anteriormente en el área. Se asignaron como en las otras adaptaciones, valores a cada familia y la suma total de esos valores da el índice.

5.12 Materiales y métodos

5.12.1 Materiales

Los materiales para el monitoreo son:

- Botas de caucho
- Guantes de caucho
- Bandejas blancas
- Frasco de plásticos pequeños
- Fundas herméticas
- Pinzas metálicas de punta fina
- Alcohol puro
- Lápiz
- Papel para etiquetas
- Lupa
- Estacas y cinta métrica
- Hojas de campo
- Cajas para transporte de muestra.

5.12.2 Métodos

Piedras y hojarasca

¿En qué consiste?

En esta técnica se busca macroinvertebrados en las piedras y hojas que se encuentran el fondo, en la superficie y en la orilla de los ríos.

¿Dónde se realiza?

Se puede realizar en cualquier río de fondo pedregoso y con vegetación flotante, es recomendable hacerlo en ríos correntosos y con piedras grande. No es aconsejable realizar en ríos que tiene fondos arenosos o arcillosos y que no tiene hojarasca en las orillas.

¿Cómo coleccionar los macroinvertebrados?

Ubicar al menos dos sitios de recolección es decir un área de control y un área afectada, fijar un tiempo para coleccionar los macroinvertebrados, aunque esto puede depender del número de personas que participen en la actividad. Durante este tiempo debemos buscar cuidadosamente los macroinvertebrados en las piedras y en la hojarasca. Para facilitar la búsqueda, se usa una lupa.

Para coleccionar los macroinvertebrados debemos ayudarnos de pinzas para colocarlos en el frasco con alcohol. Posteriormente escribir en la etiqueta la información solicitada.

Figura 6. Método de piedras y hojarasca



Elaborado por: Asipuela Doris

Red “D”

¿En qué consiste?

Es un instrumento de gran utilidad para la recolección macroinvertebrados ya que es un instrumento común de investigación de insectos acuáticos realizados en diferentes lugares a nivel mundial

¿Dónde se realiza?

Se realiza en lugares con mayor hábitats posibles como: zonas de corriente suave, corriente fuerte, sustrato duro, sustrato suave, vegetación acuática emergida tanto dentro del río como sus orillas, presencia de materia orgánica en descomposición (hojarasca , madera), contenido de lodos y arenas, evidencia de algas u otras condiciones que tiendan a favorecer la biodiversidad del organismos presentes.

¿Cómo coleccionar los macroinvertebrados?

Seleccionar un tramo del río lo más representativo posible el cual no presente indicios de haber sufrido alguna perturbación natural o inducida recientemente, que pueda tener las características físico químicas normales. Cuando el ancho, profundidad y corriente del río sea

demasiado fuerte se debe muestrear en la orilla. Considerando que las profundidades a muestrear oscilan entre 20 y 80 cm.

Las personas encargadas del muestreo deben tomar ciertas medidas de seguridad como: si la corriente del río implica algún peligro posible deberá sujetarse con una cuerda al nivel de la cintura un extremo y el otro a un objeto firme que puede ser un árbol o una roca, colocarse los guantes que le protejan de preferencia todo el brazo para evitar contacto con aguas contaminadas y protegerse de algún peligro físico al introducir la mano al río debido a que retirara piedras y moverá material. De preferencia colocarse anteojos adecuados para evitar que el agua pueda entrar en contacto con los ojos, especialmente si se tiene conocimiento de que el río está contaminado.

Dividir los microhabitats del río en tres partes lo más adyacentes posible para en cada una de estas partes se realizara un muestreo intenso por 5 minutos es decir un total de 15 minutos para las tres muestras.

También será necesario la información de la temperatura ambiente, temperatura del agua, ancho del río en el tramo muestreado y profundidad máxima de muestreo, así como como cualquier otro que se considere pertinente.

Antes de ingresar al río para tomar la muestra con la Red “D” será necesario colocar el alcohol en los recipientes para que su concentración disminuya y evitar el daño de los organismos atrapados.

Al ingresar al río realizar una cuenta regresiva de cinco minutos, colocando la red “D” en posición vertical tomando por la parte más alta del mango y colocar a contracorriente en contacto con el fondo del río a muestrear, posteriormente remover el fondo con los pies y procurar que el material que flote o arrastre la corriente sea atrapado en la red “D”. Al terminar los cinco minutos procurar que el material adherido a las paredes de la red se deposite en el fondo de la misma ya se introduciéndola en el agua o lanzando agua con la mano a las paredes. Inmediatamente colocar las muestras en la bandeja y seleccionar los macroinvertebrados para a ponerlos en los recipientes con alcohol y su etiqueta. Siempre enjuagar la red “D” con agua limpia antes de continuar con la toma la segunda muestra.

Figura 7. Método Red “D”



Elaborado por: Asipuela Doris

5.12.3 Monitoreo de macroinvertebrados

El monitoreo permite analizar los cambios en la salud del río. Así como usted se realiza un examen médico cuando se siente enfermo, lo mismo debe hacer con el río cuando sospecha que está contaminado. Un examen cada cierto tiempo, conocido como monitoreo, es importante para conocer con seguridad la salud del río.

El monitoreo en un río consiste en determinar los cambios ocurridos en el agua, los animales y la tierra que le rodea, a través de varias observaciones o estudios. Así podemos descubrir las enfermedades del río y sugerir el tratamiento necesario para sanarlo.

Para que este examen sea más exacto, es importante tomar datos en diferentes partes del río. De este modo, puede comparar la calidad del agua río arriba y río abajo, o de acuerdo con los ambientes que le rodean o con las actividades que suceden en sus proximidades. Por ejemplo, el río puede estar más sano cuando pasa cerca de bosques nativos, que cuando pasa cerca de chacras, porque los químicos usados para los cultivos contaminan el agua.

5.12.4 Identificación de macroinvertebrados

La identificación se realizó en varios días en los cuales se identificó la familia y el número de individuos recolectados por muestra para una mejor información de cada punto de muestreo en los diferentes niveles.

Figura 8. Muestras recolectadas para la posterior identificación.



Elaborado por: Asipuela Doris

6. Desarrollo del proyecto de Titulación

6.1 Muestreo Nivel Alto

6.1.1 Características de la estación de muestreo

El ancho aproximado del río varió de 4 a 5 metros con una profundidad que oscilaba entre los 35 – 40 centímetros con una velocidad del agua moderada con presencia de piedras y arena gruesa que se encontraban entre rocas grandes con crecimiento de algas, también se observaron trocos y ramas sumergidas, el color del agua fue transparente con presencia de vegetación en la orilla con exposiciones de sombras con ventanas.

6.1.2 Factores físicos

- Temperatura ambiente: 10 °C
- Temperatura del agua: 10 °C
- pH: 7.5
- Condiciones Meteorológicas : Nublado y soleado

6.1.3 Composición taxonómica y análisis numérico

El análisis de las muestras indica que de 496 individuos de invetrebrados encontrados, 7 pertenece al orden Amphipoda, 13 al Coleoptera, 210 al Diptera, 138 al Ephemeroptera, 2 al Hirudinea, 68 al Oligochaeta, 36 al Trichoptera y 22 al Turbellaria.

En cuanto a la densidad de individuos el orden Diptera con siete familias presenta una concentración de individuos (210), mientras que el orden Hirudinea presenta una concentración más baja de 2 individuos (Tabla 5).

Tabla 5. Composición taxonómica y análisis numérico nivel alto

ORDEN	FAMILIA	ABUNADANCIA
Amphipoda	Hyalellidae	7
Coleoptera	Lampyridae	3
	Scirtidae	2
	Ptilodactylidae	8
	Blephariceridae	162
Diptera	Chironomidae	20
	Dixidae	2
	Psychodidae	1
	Tabanidae	1
	Simuliidae	23
	Empididae	1

Ephemeroptera	Baetidae	138
Hirudinea	Hirudinea	2
Oligochaeta	Oligochaeta	68
Trichoptera	Glossosomatidae	15
	Leptoceridae	13
	Odontoceridae	4
	Polycentropodida	4
Turbellaria	Turbellaria	22
		496

Elaborado por: Asipuela Doris

6.2 Muestreo Nivel Medio

6.2.1 Características de la estación de muestreo

El ancho el río oscilaba entre los 5 y 6 metros con una profundidad de 40 – 45 centímetros ya que en su gran mayoría se observó la presencia de rocas muy grande con la presencia en ocasiones de crecimiento de algas, en las orillas de observo vegetación con una exposición de sombra con ventanas, la velocidad del agua fue rápida.

6.2.2 Factores físicos

- Temperatura ambiente: 20°C
- Temperatura del agua: 9 °C
- pH: 7.5
- Condiciones Meteorológicas: Soleado

6.2.3 Composición taxonómica y análisis numérico

El análisis de las muestras indica que de 204 individuos de invetrebrados encontrados, 2 pertenecen al orden Coleoptera, 49 al Diptera, 71 al Ephemeroptera, 1 al Heteroptera, 1 al Hirudínea, 12 al Oligochaeta y 68 al Trichoptera.

En cuanto a la densidad de individuos el orden Trichoptera con tres familias presenta una concentración de individuos (68), mientras que el orden Heteroptera y Hirudinea presenta una concentración más baja de 21 individuos (Tabla 6).

Tabla 6. Composición taxonómica y análisis numérico nivel medio

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA
Coleoptera	Scirtidae	2
Diptera	Blephariceridae	28
	Chironomidae	8
	Simuliidae	12
	Ceratopogonidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	71
Heteroptera	Corixidae	1
Hirudinea	Hirudinea	1
Oligochaeta	Oligochaeta	12
Tricoptera	Glossosomatidae	35
	Leptoceridae	25
	Odontoceridae	8
		204

Elaborado por: Asipuela Doris

6.3 Muestreo Nivel Bajo

6.3.1 Características de la estación de muestreo

El ancho aproximado del río fue de 5 a 6 metros con una profundidad de 35 - 45 centímetros, la velocidad del agua fue moderada, el tipo de sustrato que se observó es piedras y arena gruesa con presencia de rocas grandes con crecimiento de algas, en el sitio también se encontró troncos y ramas sumergidas, el color del agua era transparente con presencia de espuma en ocasiones y siempre se evidenció vegetación en la orilla, la exposición fue de sombra con ventanas.

6.3.2 Factores físicos

- Temperatura ambiente: 20°C
- Temperatura del agua: 11 °C
- pH: 7.5
- Condiciones Meteorológicas: Soleado

6.3.3 Composición taxonómica y análisis numérico

El análisis de las muestras indica que de 187 individuos de invertebrados encontrados, 2 pertenecen al orden Coleoptera, 20 al Diptera, 10 al Hirudinea, 38 al Gasteropoda, 116 al Oligochaeta y 1 al Turbellaria.

En cuanto a la densidad de individuos el orden Gasteropoda con dos familias presenta una concentración de individuos (38), mientras que el orden Turbellaria presenta una concentración más baja de 1 individuo (Tabla 7).

Tabla 7. Composición taxonómica y análisis numérico nivel bajo

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA
Coleoptera	Elmidae	2
Diptera	Ceratopogonidae	1
	Psychodidae	18
	Tipulidae	1
Hirudinea	Hirudinea	10
Gasteropoda	Hygrobiiidae	4
	Limnaeidae	34
Oligochaeta	Oligochaeta	116
Turbellaria	Turbellaria	1
		187

Elaborado por: Asipuela Doris

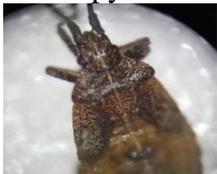
6.4 Lista de macroinvertebrados encontrados en el río de la Quebrada

Encañada.

Se encontraron 24 familias de macroinvertebrados acuáticos correspondientes a nueve órdenes como son Amphipoda, Coleoptera, Diptera, Ephemeroptera, Gasteropoda, Hirudinea y Oligochaeta (Tabla 8).

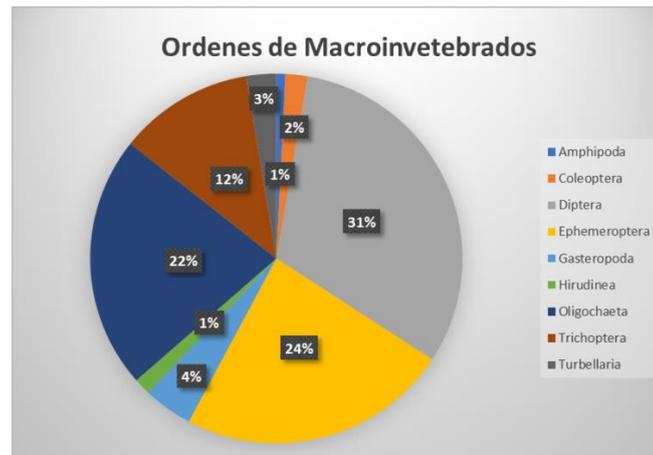
El orden con mayor número de registros fue Diptera con nueve familias (Blephariceridae, Chironomidae, Dixidae, Psychodidae, Tabanidae, Simuliidae, Empididae, Ceratopogonidae, Tipulidae), a continuación los órdenes Coleoptera (Lampyridae, Scirtidae Scirtidae Ptilodactylidae, Elmidae) y Trichoptera (Glossosomatidae, Leptoceridae, Odontoceridae, Polycentropodida) con cuatro familias cada uno, posteriormente el orden Gasteropoda representado con dos familias (Hygrobiiidae, Limnaeidae) y los órdenes que fueron Registrados por una sola familia son: Amphipoda (Hyaellidae), Ephemeroptera (Baetidae), Hirudinea (Hirudinea), Oligochaeta (Oligochaeta) (Figura 9).

Tabla 8. Lista de macroinvertebrados - Quebrada Encañada

ORDEN	FAMILIA Y GRÁFICO		
Amphipoda	<p style="text-align: center;">Hyaellidae</p> 		
Coleoptera	<p style="text-align: center;">Lampyridae</p> 	<p style="text-align: center;">Ptilodactylidae</p> 	
	<p style="text-align: center;">Scirtidae</p> 	<p style="text-align: center;">Elmidae</p> 	
Diptera	<p style="text-align: center;">Blephariceridae</p> 	<p style="text-align: center;">Psychodidae</p> 	<p style="text-align: center;">Chironomidae</p> 
	<p style="text-align: center;">Tabanidae</p> 	<p style="text-align: center;">Dixidae</p> 	<p style="text-align: center;">Simuliidae</p> 
	<p style="text-align: center;">Empididae</p> 	<p style="text-align: center;">Ceratopogonidae</p> 	<p style="text-align: center;">Tipulidae</p> 
Ephemeroptera	<p style="text-align: center;">Baetidae</p> 		

Gasteropoda	<p style="text-align: center;">Hygrobiiidae</p> 	<p style="text-align: center;">Limnaeidae</p> 
Hirudinea	<p style="text-align: center;">Hirudinea</p> 	
Oligochaeta	<p style="text-align: center;">Oligochaeta</p> 	
Trichoptera	<p style="text-align: center;">Glossosomatidae</p> 	<p style="text-align: center;">Leptoceridae</p> 
Trichoptera	<p style="text-align: center;">Odontoceridae</p> 	<p style="text-align: center;">Polycentropodida</p> 
Turbellaria	<p style="text-align: center;">Turbellaria</p> 	

Elaborado por: Asipuela Doris

Figura 9. Ordenes de Macroinvertebrados - Quebrada Encañada

Elaborado por: Asipuela Doris

Tabla 9. Lista de macroinvertebrados encontrados en el río de la Quebrada Encañada.

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA
Amphipoda	Hyalellidae	7
Coleoptera	Lampyridae	3
	Scirtidae	4
	Ptilodactylidae	8
	Elmidae	2
Diptera	Blephariceridae	190
	Chironomidae	28
	Dixidae	2
	Psychodidae	19
	Tabanidae	1
	Simuliidae	35
	Empididae	1
	Ceratopogonidae	2
	Tipulidae	1
Ephemeroptera	Baetidae	209
Gasteropoda	Hygrobiiidae	4
	Limnaeidae	34
Hirudinea	Hirudinea	13
Oligochaeta	Oligochaeta	196
Trichoptera	Glossosomatidae	50
	Leptoceridae	38
	Odontoceridae	12
	Polycentropodida	4
Turbellaria	Turbellaria	23
		886

Elaborado por: Asipuela Doris

6.5 Interpretación de los Índices Bióticos

6.5.1 Nivel Alto

Índice EPT

Sitio de recolección: Nivel Alto

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 09/11/2018

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	EPT PRESENTES
Amphipoda	Hyaletellidae	7	
Coleoptera	Lampyridae	3	
	Scirtidae	2	
	Ptilodactylidae	8	
Diptera	Blephariceridae	162	
	Chironomidae	20	
	Dixidae	2	
	Psychodidae	1	
	Tabanidae	1	
	Simuliidae	23	
	Empididae	1	
Ephemeroptera	Baetidae	138	138
Hirudinea	Hirudinea	2	
Oligochaeta	Oligochaeta	68	
Trichoptera	Glossosomatidae	15	15
	Leptoceridae	13	13
	Odontoceridae	4	4
	Polycentropodida	4	4
Turbellaria	Turbellaria	22	
TOTAL		496	174

35

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

Mediante la aplicación del índice EPT se determina que el agua posee una calidad regular, ya que para el estudio de este índice solo se requiere de tres ordenes como son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera de ahí su nombre.

Índice BMWP

Sitio de recolección: Nivel Alto

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 09/11/2018

ORDEN	FAMILIA	PRESENTES
Amphipoda	Hyaellidae	7
Coleoptera	Lampyridae	10
	Scirtidae	4
	Ptilodactylidae	10
	Blephariceridae	10
Diptera	Chironomidae	2
	Dixidae	7
	Psychodidae	2
	Tabanidae	5
	Simuliidae	5
	Empididae	4
	Ephemeroptera	Baetidae
Hirudinea	Hirudinea	3
Oligochaeta	Oligochaeta	1
Trichoptera	Glossosomatidae	7
	Leptoceridae	8
	Odontoceridae	10
	Polycentropodidae	9
Turbellaria	Turbellaria	6
Total		117
Agua no contaminada		

Al aplicar el índice BMWP determinamos que la calidad del agua del nivel alto no se encuentra contaminada, podemos manifestar esto con la comparación de puntajes que se ha realizado en base a la Tabla 3 y 4 para determinar la calidad en dicho índice.

Índice ABI

Sitio de recolección: Nivel Alto

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 09/11/2018

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	ABI
Amphipoda	Hyalellidae	7	6
Coleoptera	Lampyridae	3	5
	Scirtidae	2	5
	Ptilodactylidae	8	5
Diptera	Blephariceridae	162	10
	Chironomidae	20	2
	Dixidae	2	4
	Psychodidae	1	3
	Tabanidae	1	4
	Simuliidae	23	5
	Empididae	1	4
Ephemeroptera	Baetidae	138	4
Hirudinea	Hirudinea	2	3
Oligochaeta	Oligochaeta	68	1
Trichoptera	Glossosomatidae	15	7
	Leptoceridae	13	8
	Odontoceridae	4	10
	Polycentropodidae	4	8
Turbellaria	Turbellaria	22	5
		496	99

CALIDAD	IBA
Excelente	> 70
Buena	45-70
Regular	27-44
Mala	11-26
Muy mala	< 11

Con la ayuda de la aplicación Calculadora del IBA se establece que la calidad del agua es excelente, esta aplicación es desarrollada para determinar el índice biótico andino sobre los 2000 msnm.

6.5.2 Nivel Medio

Índice EPT

Sitio de recolección: Nivel Medio

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 11/11/2018

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	EPT PRESENTES
Coleoptera	Scirtidae	2	
Diptera	Blephariceridae	28	
	Chironomidae	8	
	Simuliidae	12	
	Ceratopogonidae	1	
Ephemeroptera	Baetidae	71	71
Heteroptera	Corixidae	1	
Hirudinea	Hirudinea	1	
Oligochaeta	Oligochaeta	12	
Trichoptera	Glossosomatidae	35	35
	Leptoceridae	25	25
	Odontoceridae	8	8
TOTAL		204	139

68

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

Mediante la aplicación del índice EPT se determina que el agua posee una calidad buena, ya que para el estudio de este índice solo se requiere de tres órdenes como son Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera de ahí su nombre.

Índice BMWP

Sitio de recolección: Nivel Medio

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 11/11/2018

ORDEN	FAMILIA	PRESENTES
Coleoptera	Scirtidae	4
Diptera	Blephariceridae	10
	Chironomidae	2
	Simuliidae	5
	Ceratopogonidae	5
Ephemeroptera	Baetidae	7
Heteroptera	Corixidae	5
Hirudinea	Hirudinea	3
Oligochaeta	Oligochaeta	1
Tricoptera	Glossosomatidae	7
	Leptoceridae	8
	Odontoceridae	10
Total		67
Aguas moderadamente contaminadas		

Al aplicar el índice BMWP determinamos que la calidad del agua del nivel medio se encuentra moderadamente contaminada, podemos manifestar esto con la comparación de puntajes que se ha realizado en base a la Tabla 3 y 4 para determinar la calidad en dicho índice.

Índice ABI

Sitio de recolección: Nivel Medio

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 11/11/2018

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	ABI
Coleoptera	Scirtidae	2	5
Diptera	Blephariceridae	28	10
	Chironomidae	8	2
	Simuliidae	12	5
	Ceratopogonidae	1	4
Ephemeroptera	Baetidae	71	4
Heteroptera	Corixidae	1	5
Hirudinea	Hirudinea	1	3
Oligochaeta	Oligochaeta	12	1
Tricoptera	Glossosomatidae	35	7
	Leptoceridae	25	8
	Odontoceridae	8	10
		204	64

CALIDAD	IBA
Excelente	> 70
Buena	45-70
Regular	27-44
Mala	11-26
Muy mala	< 11

Con la ayuda de la aplicación Calculadora del IBA se establece que la calidad del agua es buena, esta aplicación es desarrollada para determinar el índice biótico andino sobre los 2000 msnm.

6.5.3 Nivel Bajo

Índice EPT

Sitio de recolección: Nivel Bajo

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 08/11/2018

Este Índice no se puede calcular por la ausencia de los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera, y Trichóptera.

Índice BMWP

Sitio de recolección: Nivel Bajo

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 08/11/2018

ORDEN	FAMILIA	PRESENTES
Coleoptera	Elmidae	7
Diptera	Ceratopogonidae	5
	Psychodidae	3
	Tipulidae	3
Hirudinea	Hirudinea	3
Gasteropoda	Hygrobiidae	7
	Lymnaeidae	6
Oligochaeta	Oligochaeta	1
Turbellaria	Turbellaria	6
Total		41
Aguas muy contaminadas		

Al aplicar el índice BMWP determinamos que la calidad del agua del nivel bajo se encuentra muy contaminada, podemos manifestar esto con la comparación de puntajes que se ha realizado en base a la Tabla 3 y 4 para determinar la calidad en dicho índice.

Índice ABI

Sitio de recolección: Nivel Bajo

Nombre del río: Quebrada Encañada

Fecha de recolección: 08/11/2018

ORDEN	FAMILIA	ABUNDANCIA	IBA
Coleoptera	Elmidae	2	5
Diptera	Ceratopogonidae	1	4
	Psychodidae	18	3
	Tipulidae	1	5
Hirudinea	Hirudinea	10	3
Gasteropoda	Hygrobiiidae	4	3
	Limnaeidae	34	3
Oligochaeta	Oligochaeta	116	1
Turbellaria	Turbellaria	1	5
		187	32

CALIDAD	IBA
Excelente	> 70
Buena	45-70
Regular	27-44
Mala	11-26
Muy mala	< 11

Con la ayuda de la aplicación Calculadora del IBA se establece que la calidad del agua es regular, esta aplicación es desarrollada para determinar el índice biótico andino sobre lo 2000 msnm.

7. Conclusiones y Recomendaciones

7.1. Conclusiones

- Los atributos de la calidad del agua de los atributos puede ser difícilmente evaluada con un monitoreo, sin datos anteriores en relación con la composición de las comunidades de macroinvertebrados del área de estudio y durante una vez al año. Lo que se puede indicar en base a los índices es que el nivel alto según el índice EPT manifiesta un resultado regular en la calidad del agua, mientras que el índice BMWP indica que el agua no está contaminada, en el nivel medio en el índice EPT manifiesta que la calidad del agua es buena no obstante el índice BMWP manifiesta que el agua esta moderadamente contaminada, en el nivel bajo no se pudo realizar el índice EPT ya que carece de esos ordenes, pero el índice BMWP menciona que el agua está muy contaminada.
- La utilización de bioindicadores como son los macroinvertebrados acuáticos para determinar la calidad del agua debido a que pueden indicar pureza o contaminación en las zonas alta, media y baja del río.
- Se elaboró un registro general de macroinvertebrados encontrados a lo largo de la Quebrada Encañada.
- Mediante el monitoreo se manifestó que no existe gran diferencia con las variables físicas de cada punto de muestro, indicando con ello que la principal afectación de diversidad de macroinvertebrados se da por la presencia de contaminación.
- Con el análisis de los índices de calidad se determinó que el tramo más afectado por la contaminación se encuentra en el nivel bajo el mismo que está cerca de la carretera E-35 principal, razón por la cual se puede evidencia presencia de residuos.

7.2. Recomendaciones

- Dar continuidad al estudio con la implementación de biomonitoreos regulares complementados con análisis físico químicos de manera continua para conocer mejor la variación de la calidad del agua durante el transcurso del año y ver como los factores de tiempo y clima afectan a las comunidades acuáticas.
- Promover el uso de esta metodología en las demás micro cuencas para enriquecer el litado de familia y así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad de estos a diferentes niveles de contaminación.
- Implementar el uso de esta metodología de medición de calidad de agua debido a su simplicidad por el nivel taxonómico requerido, el ahorro técnico e términos de tiempo y bajo costo. Además que este método permite la comparación de micro cuencas hidrográficas con relación al uso del suelo.

Referencias

- Agencia Vasca del Agua. (Noviembre de 2014). *PROTOCOLO DE MUESTREO, ANÁLISIS Y EVALUACIÓN DE FAUNA BENTÓNICA MACROINVERTEBRADA EN RÍOS VADEABLES*.
- Álvarez, L. F. (2005). *METODOLOGÍA PARA LA UTILIZACIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA*. Bogota.
- Arcos, M. d., Avila de Navia, S., Sandra, E., & Aura, G. (12 de Diciembre de 2005). *Indicadores microbiológicos de contaminación de las fuentes de agua*. Obtenido de http://www.unicolmayor.edu.co/invest_nova/NOVA/ARTREVIS2_4.pdf
- Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. Quito: EcoCiencia.
- Carvajal, L. V. (2016). *Gestión y conservación de las cuencas de los ríos Guayllabamba y Bllanco: aplicación de un índice multimétrico basado en la información existente sobre Macroinvertebrados Acuáticos*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/12501/TesisCarvajal%20FINAL%2020160711.pdf?sequence=1>
- Castro, C. (27 de Julio de 2009). *Calidad del Agua*. Obtenido de Coliformes Totales: <https://www.dspace.espol.edu.ec/bitstream/123456789/6154/2/Coliformes%20totales%20Celia%20CAstro.pdf>
- Cordero, P. A. (2015). *Calidad del agua para los ríos alto andinos, mediante indicadores biológicos*. Obtenido de <http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8746/Calidad%20del%20agua%20para%20los%20r%C3%ADos%20alto%20andinos%2C%20mediante%20indicadores%20biol%C3%B3gicos.%20Pablo%20Cordero.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

- Darrigran, G., Vilches, A., Legarralde, T., & Damborenea, C. (2007). *Guía para el estudio de macroinvertebrados. I.- Métodos de colecta y técnicas de fijación.* . Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/277100637_Guia_para_el_estudio_de_macroinvertebrados_I-Metodos_de_colecta_y_tecnicas_de_fijacion/download
- Estimacion del caudal de agua.* (s.f.). Obtenido de http://www.fao.org/tempref/FI/CDrom/FAO_Training/FAO_Training/General/x6705s/x6705s03.htm
- Farid A, T. (1988). Utilizacion de indicadores biologicos para el diagnostico del estado de contaminacion de las aguas loticas. Costa Rica.
- García, J. S. (2017). *Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña.* Obtenido de <file:///C:/Users/Hp/Downloads/659-2746-2-PB.pdf>
- Gil, M. J. (s.f.). *Calidad de los Rios Indices Biologicos y de bosque de ribera.*
- Gonzalez, L. (2013). Nitrógeno amoniacal, importancia de su determinación. 12-13.
- iAgua Conocimiento, S. (9 de Abril de 2018). *iagua. La importancia de la separación de aceites y grasas en el tratamiento del agua residual urbana.*
- Loayza, R. (13 de Septiembre de 2016). *Macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua.* Obtenido de <http://www.para-agua.net>
- Maroña, M., Marzoratti, G., Vilches, A., Legarralde, T., & Darrigran, G. (s.f.). *Guía para el estudio de macroinvertebrados. II.- Introducción a la metodología de muestreo y análisis de datos.* Obtenido de http://www.museo.fcnym.unlp.edu.ar/uploads/docs/divulgacion_2.pdf
- Mendoza, G. (2018). *Secretaria de Servicios Publicos EPAS.* Obtenido de Control, Regulación y Defensa de los Derechos del Usuario del Sistema Sanitario de Mendoza: <http://www.epas.mendoza.gov.ar/index.php/ciclo-del-agua>

- Metcalfe, J. (1989). Biological Water Quality Assessment of Running Waters Based on Macroinvertebrate Communities: History and Present Status in Europe. *Environmental Pollution*, 101-139.
- NMX-AA-039-SCFI-2001. (s.f.). *ANÁLISIS DE AGUAS - DETERMINACIÓN DE SUSTANCIAS ACTIVAS AL AZUL DE METILENO (SAAM) EN AGUAS NATURALES, POTABLES, RESIDUALES Y RESIDUALES TRATADAS - MÉTODO DE PRUEBA*. Obtenido de <http://legismex.mty.itesm.mx/normas/aa/aa039-01.pdf>
- Oscoz, J. (2009). *Guía de campo Macro-invertebrados de la Cuenca del Ebro*. Madrid: Conferencia Hidrográfica del Ebro.
- Oscoz, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). Clave dicotómica para la identificación de macroinvertebrados de la cuenca del Ebro. Zaragoza: Confederación Hidrográfica del Ebro.
- Palma, C., & Arana, J. (2014). *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Lima.
- Picazo, M. (29 de Abril de 2016). *ecoavant.com*. Obtenido de La actualidad del medio ambiente: <http://www.ecoavant.com/es/notices/2016/04/la-importancia-de-la-calidad-del-agua-2565.php>
- Pradillo, B. (12 de Septiembre de 2016). Parámetros de control del agua potable. *iAgua*.
- Sanabria S, D. (14 de Agosto de 2006). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS – DETERMINACIÓN TAXONÓMICA - CONTEO*. Obtenido de <http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/Macroinvertebrados+acuaticos..pdf/e5730a5b-069f-4400-8d2d-a31d8603a196>
- Sanabria, D. (13 de Mayo de 2004). *FÓSFORO TOTAL EN AGUA POR DIGESTION ACIDA ,MÉTODO DEL ACIDO ASCORBICO*. Obtenido de Instituto de Hidrología,

Meteorología y Estudios Ambientales:

<http://www.ideam.gov.co/documents/14691/38155/F%C3%B3foro+Total+en+Agua+M%C3%A9todo+del+Acido+Asc%C3%B3rico.pdf/bf2f449b-4b9b-4270-b77e-159258d653e2>

Sanchez, D. (11 de Mayo de 2016). *Ingeniería Ambiental Calidad de las aguas*. Obtenido de http://blog.uclm.es/davidsanchezramos/files/2016/05/11_Calidad-agua-y-control_v2015_resumen.pdf

Sermeño Chicas, J. P. (2010). *Metodología estandarizada de muestreo multi-hábitat de macroinvertebrados acuáticos mediante el uso de la Red "D" en ríos de El Salvador*. San Salvador: Universitaria UES.

Tejero. (2006). *Introducción a la Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Obtenido de Universidad de La Coruña.

ANEXOS

ANEXO 1: Protocolo de campo

Núm. Registro: _____

Protocolo de campo**Datos generales**

Nombre del Rio/Quebrada/Lago: _____

Localización: _____

Uso del curso del agua: _____

Fecha (D/M/A): _____

Hora de Muestreo: _____

Objetivo del Muestreo: _____

Recolectores: _____

Acompañante en el sitio: _____

Etapa de Muestreo: Inicio Desarrollo CierreDuración del muestreo: Número de Sitios Muestreados Técnica de Muestreo: Piedras y hojarasca Red D

Comentario u observación: _____

Firma: _____

Hoja:

Protocolo de Campo:

Detalle del Sitio o Punto de muestreo

Núm. _____ Nombre del Sitio: _____

Hecha (D/M/A): _____ Hora del Muestreo: _____

Coordenadas: _____ y _____ Altitud _____ msnm.

Temperatura del Ambiental: _____ °C. Temperatura del Agua: _____ °C.

pH: _____

Condiciones Ambientales: Soleado Lluvia Nublado Otro.Tipo de Curso: Inicial Medio BajoAncho aproximado: m. Profundidad aproximada m.Velocidad del agua: Rápido Moderado Lento Estancado.Si es medida m/s.Tipo de sustrato: Concreto Piedras-arena gruesa Arena Arcillo-
lodosoRocas: Muy grande Grandes Mediano Pequeños Superficie de las Rocas: Limpia Con crecimiento de algas MusgoEn el sitio hay: Hojarasca Troncos y ramas sumergidas Raíces
sumergidasOtra fauna: Renacuajos Peces Otros

Color del agua: _____ Olor del agua: _____

Presencia de: des. Orgánicos Espuma Aceites Org. Muertos
des. SolidosVegetación de la Orilla: Vegetación dentro del Agua: Exposición: 100% Sombra Sombra con ventanas Grandes claros 100%

ANEXO 2: Índice EPT

Sitio de recolección: _____

Nombre del río: _____

Fecha de recolección: _____

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Número de Individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthyplociidae		
Gastropoda		
Glossosomatidae		
Gordioidea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		
Hydropsichidae		
Leptoceridae		
Leptohiphidae		
Leptophlebiidae		
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		
Perlidae		
Philopotamidae		
Psephenidae		
Ptilodactylidae		
Pyralidae		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
TOTAL		
EPT TOTAL ÷ ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	

Calidad del agua

75 – 100% Muy buena

50 – 74% Buena

25 – 49% Regular

0 – 24% Mala

ANEXO 3: Índice BMWP

Sitio de recolección: _____

Nombre del río: _____

Fecha de recolección: _____

Puntuación asignada BMWP	Familias	Presentes
10	Anomalopsychidae	
	Atriplectididae	
	Blephariceridae	
	Ptilodactylidae	
	Chordodidae	
	Gripopterygidae	
	Lampyridae	
	Odontoceridae	
	Perlidae	
	Oligoneuriidae	
	Polymitarcyidae	
	Polythoridae	
	Psephenidae	
9	Coryphoridae	
	Ephemeridae	
	Euthyplociidae	
	Gomphidae	
	Hydrobiosidae	
	Leptophlebiidae	
	Limnephilidae	
	Oligoneuriidae	
	Philopotamidae	
	Platystictidae	
	Polycentropodidae	
	Xiphocentronidae	
8	Atyidae	
	Calamoceratidae	
	Hebridae	
	Helicopsychidae	
	Hydraenidae	
	Hydroptilidae	
	Leptoceridae	
	Naucoridae	
	Palaemonidae	
	Pseudothelpusidae	
	Trichodactylidae	
	Saldidae,	
Sialidae		

	Sphaeriidae	
7	Ancylidae	
	Baetidae	
	Calopterygidae	
	Coenagrionidae	
	Crambidae	
	Dicteriadidae	
	Dixidae	
	Elmidae	
	Glossosomatidae	
	Hyalellidae	
	Hydrobiidae	
	Hydropsychidae	
	Leptohyphidae	
	Lestidae	
	Ochteridae	
Pyrilidae		
6	Aeshnidae	
	Ampullariidae	
	Caenidae	
	Corydalidae	
	Dryopidae	
	Dugesiidae	
	Hyriidae	
	Hydrochidae	
	Limnichidae	
	Lutrochidae	
	Lymnaeidae	
	Megapodagrionidae	
	Mycetopodidae	
	Pleidae	
Staphylinidae		
5	Ceratopogonidae	
	Corixidae	
	Gelastocoridae	
	Gyrinidae	
	Libellulidae	
	Mesoveliidae	
	Nepidae	
	Notonectidae	
	Planorbidae	
	Simuliidae	
	Tabanidae	
Thiaridae		
4	Belostomatidae	

	Chrysomelidae	
	Curculionidae	
	Ephydriidae	
	Glossiphoniidae	
	Haliplidae	
	Hydriidae	
	Muscidae	
	Scirtidae	
	Empididae	
	Dolichopodidae	
	Hydrometridae	
	Noteridae	
	Sciomyzidae	
3	Chaoboridae	
	Cyclobdellidae	
	Hydrophilidae	
	Physidae	
	Stratiomyidae	
	Tipulidae	
2	Chironomidae (cuando no es la familia dominante)	
	Isotomidae	
	Culicidae	
	Psychodidae	
	Syrphidae	
1	Haplotaxida	
	Tubificidae	
	TOTAL	

ANEXO 4: Campaña de muestro



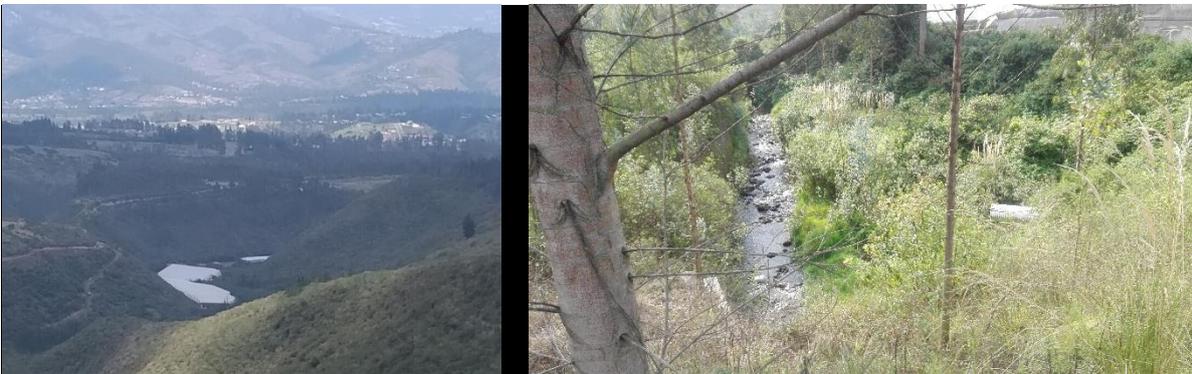
En las fotografías se puede observar cómo se desarrolló el muestreo, en primer plano se observa el grupo distribuido de tal manera que se abarque toda el área planificada, en la izquierda se indica el avance del grupo a otro punto y en la derecha miramos el método de recolección piedras y hojarasca realizado por dos estudiantes.



En las fotografías se observa el desarrollo del muestro, en primer plato el grupo se encuentra en otro punto de muestreo realizando la recolección de macroinvertebrados mediante el método piedras y hojarasca. A la derecha se encuentra el grupo resiviendo indicaciones de parte del tutor del proyecto de investigación, a la derecha se esta realizando la aplicación del método red “D”.



Las fotografías evidencian las actividades que se realizó para contribuir con el desarrollo del muestreo como son: la delimitación de los puntos para cada pareja, medición de pH y temperatura en cada uno de los puntos y la conservación de muestras que se dio en frascos y fundas dependiendo del método.



En las dos primeras fotografías se observa el punto alto de este muestreo, a continuación se evidencian la ruta de acceso al punto medio y el estado el mismo por último observamos el punto bajo antes del desarrollo del muestreo.

ANEXO 5: Mapa Quebrada Encañada (Formato A3)

ANEXO 6: Formularios protocolo de campo