



UNIVERSIDAD TÉCNICA ESTATAL DE QUEVEDO

UNIDAD DE POSGRADO

MAESTRÍA EN DESARROLLO Y MEDIO AMBIENTE

Tesis previa la obtención del Grado
Académico de Magíster en Desarrollo y
Medio Ambiente

TEMA:

COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES Y SU EFICACIA EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS QUEVEDO, SAN PABLO, LULO Y ESTERO LA CADENA. AÑO 2012 - PLAN DE DIFUSIÓN.

AUTOR:

Ing.For. VÍCTOR EDUARDO GUTIÉRREZ LARA

DIRECTOR:

Ing.RAUL QUIJIJE P. M.Sc.

QUEVEDO – ECUADOR

2013

CERTIFICACIÓN

El suscrito certifica que la Tesis para la obtención del Grado Académico de Magister en Desarrollo y Medio Ambiente, titulado **“COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES Y SU EFICACIA EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS QUEVEDO, SAN PABLO, LULO Y ESTERO LA CADENA. AÑO 2012- PLAN DE DIFUSIÓN”** de la autoría del Ing. For. VÍCTOR EDUARDO GUTIÉRREZ LARA, ha sido revisado en todos sus componentes, por lo que se autoriza su presentación formal ante el Tribunal respectivo.

Quevedo, agosto 26 del 2013

Ing. M. Sc. RAUL QUIJIJE PINARGOTE
DIRECTOR

AUTORÍA

Yo, Ing. For. VÍCTOR EDUARDO GUTIÉRREZ LARA, autor de la Tesis denominada **“COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES Y SU EFICACIA EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS QUEVEDO, SAN PABLO, LULO Y ESTERO LA CADENA. AÑO 2012- PLAN DE DIFUSIÓN.”**, declaro que los resultados y conclusiones de la misma, son de mi exclusiva responsabilidad.

Quevedo, agosto26 del 2013

Ing. For. VÍCTOR EDUARDO GUTIÉRREZ LARA

DEDICATORIA

A mi Dios quien es el que hace posible que los esfuerzos se cristalicen, acompañándome una vez más estos dos años junto a mis padres.

A mi querido padre Santos Victoriano Gutiérrez que es el hombre que más admiro en la tierra.

A mí querida madre que gracias a su apoyo soy el hombre que soy hasta ahora
Y a todas las personas que creen en mi potencial como ser humano y como profesional.

VÍCTOR EDUARDO

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la comprensión y apoyo de:

- Mi adorado padre: Santos Victoriano Gutiérrez
- Mi venerable madre: Carmen Lara Olalla
- Mi hermosa y apreciada novia Johanna T, que me supo apoyar en todo el trayecto de esta maestría
- Mis compañeros y amigos
- La extraordinaria guía y tutoría del apreciado y respetable docente y amigo Ing. Raúl Quijje P.
- A los docentes de la unidad de posgrado quienes con su sabiduría supieron guiarnos durante el trayecto de los módulos de esta maestría
- A los directivos de la unidad de Posgrado y a la facultad de Ciencias Ambientales

VÍCTOR EDUARDO

PRÓLOGO

La presente tesis de grado titulada “COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES Y SU EFICACIA EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS QUEVEDO, SAN PABLO, LULO Y ESTERO LA CADENA. AÑO 2012 - PLAN DE DIFUSIÓN”, constituye un valioso aporte a las comunidades del entorno debido a que permite en primer lugar conocer la calidad de agua que utilizan los pobladores de los sectores aledaños a la playita de Jaime, el río San Pablo, el estero La Cadena y el río Lulo.

El trabajo desarrollado representa un aporte al conocimiento técnico científico (teórico y práctico), el cual compara algunos protocolos relacionados con los macroinvertebrados acuáticos, utilizados como bioindicadores para medir la calidad del agua en ríos y esteros, procediendo luego a la selección del más práctico y eficiente para el uso del bioindicador más exacto en medir la calidad del agua para nuestra comunidades. El resultado de esta investigación será socializando y/o adaptado a los ríos y esteros de esta región y posiblemente para el país.

La Investigación contribuye a garantizar el cuidado y los derechos de la naturaleza, promoviendo un ambiente sano y saludable, especialmente en lo referente a la medición de la contaminación y/o salubridad del agua para luego, aplicar los correctivos necesarios para el tratamiento del recurso hídrico, que es indispensable para la vida, principalmente de la población Quevedeña y Valenciana de la provincia de Los Ríos.

Dr. WillsFlowers
Investigador Prometeo

RESUMEN EJECUTIVO

El uso de los bioindicadores de aguas se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad de los ecosistemas acuáticos; esto no quiere decir que desplace a los métodos tradicionales como son los análisis físico-químicos del agua. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos presentes, basándose en índices de diversidad y sensibilidad ajustados a rangos que califican la categoría de la calidad del agua.

En el presente estudio se propuso como objetivo la comparación de los protocolos IBF, ETP, Alpha y BMWCR como bioindicadores de la calidad del agua en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y estero La Cadena. Además de este objetivo puntual o específico, la investigación propone identificar macroinvertebrados presentes en estos ecosistemas acuáticos de la zona que caractericen las secciones de los ríos y esteros. La presente investigación tuvo como hipótesis que todos los protocolos de bioindicadores de agua son iguales y aplicables a los ríos y esteros para la medición de la calidad del agua pero sus procedimientos resultan costosos y no son iguales y aplicables a nuestros ríos y esteros.

El plan de difusión del mejor protocolo ETP como bioindicador de la calidad del agua en los ríos y estero es una excelente propuesta como alternativa planteada en esta investigación, ya que ayudará a muchos profesionales (ambientalistas e ingenieros) dedicarse al estudio de la calidad del agua, usando esta nueva técnica.

SUMMARY

The use of bioindicators of water is being proposed as a new tool to determine the quality of aquatic ecosystems, this does not mean to displace traditional methods such as physical-chemical analysis of water. Its use greatly simplifies the field and laboratory activities, since its application only requires the identification and quantification of organisms based on diversity indices and adjusted sensitivity ranges that qualify the category of water quality.

In this study it was our objective to compare the protocols IBF, ETP, Alpha and BMWCR as bioindicators of water quality in rivers Quevedo, San Pablo, Lulo and Estero La Cadena. Apart from this specific point or goal, the research proposes Identify macroinvertebrates present in these aquatic ecosystems that characterize the area sections of rivers and estuaries. The hypothesis of this research was that all protocols are equal bioindicators of water and apply to rivers and estuaries for measuring water quality but their procedures are costly and are not identical and applicable to our rivers and streams.

The best plan for dissemination of ETP protocol as bioindicator of water quality in rivers and estuary is an excellent alternative proposal put forward in this research, as it will help many professionals (environmentalists and engineers) devoted to the study of water quality using this new technique.

INDICE DE CONTENIDO

TEMA	PÁGINA
PORTADA.....	I
CERTIFICACIÓN.....	li
AUTORÍA.....	lii
DEDICATORIA.....	lv
AGRADECIMIENTO.....	V
PRÓLOGO.....	Vi
RESUMEN EJECUTIVO.....	Vii
SUMARY.....	Viii
ÍNDICE DE CONTENIDO.....	lx
ÍNDICE DE CUADROS.....	X
ÍNDICE DE FIGURAS.....	Xi
INTRODUCCIÓN.....	Xii
CAPITULO I. MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN	
1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA.....	1
A. CANTON QUEVEDO.....	1
A.1. RÍO QUEVEDO, SECTOR ‘LA PLAYITA DE JAIME’.....	1
B. CANTON VALENCIA.....	2
B.1. RÍO SAN PABLO, SECTOR “ABAJO DEL PUENTE”.....	2
B.2. ESTERO “LA CADENA”.....	3
B.3. RÍO “LULO”.....	3
1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA.....	4
1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	5
1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA.....	6
1.5. JUSTIFICACIÓN.....	6
1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN.....	6
1.7. OBJETIVOS.....	7
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO	
2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL.....	3
2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA.....	10
2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL.....	20
CAPÍTULO III. METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN	
3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN.....	23
3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN.....	24
3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO.....	24
3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA.....	24
3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN.....	26
3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS.....	30
3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN.....	30

CAPÍTULO IV. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LAS HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS.....	32
4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS.....	32
4.3. RESULTADOS DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS.....	43
4.4. RESULTADOS DE LA COMPORACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA.....	45
4.5. COMPROBACIÓN / DISPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS.....	45
4.6. CONCLUSIÓN PARCIAL.....	46

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES.....	48
5.2. RECOMENDACIONES.....	49

CAPÍTULO VI. PROPUESTA ALTERNATIVA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA.....	51
6.2. JUSTIFICACIÓN.....	51
6.3. FUNDAMENTACIÓN.....	51
6.4. OBJETIVOS.....	52
6.5. IMPORTANCIA.....	52
6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA.....	53
6.7. FACTIBILIDAD.....	54
6.8. PLAN DE TRABAJO.....	54
6.9. RECURSOS.....	58
6.10. IMPACTO.....	58
6.11. EVALUACIÓN.....	59
BIBLIOGRAFÍA.....	60
ANEXOS.....	64

Índice de cuadros Página

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total, basada en el índice BMWP-Cr.....	27
Cuadro 2. Evaluación de la calidad del agua usando el IBF.....	30
Cuadro 3. Promedio de macroinvertebrados encontrados en los cuatro lugares seleccionados en la presente investigación 2012.....	34
Cuadro 4. Promedio de ETP presentes en los cuatro lugares muestreados.	36
Cuadro 5. Promedio de sensibilidad de macroinvertebrados presentes en los cuatro lugares muestreados.....	38
Cuadro 6. Promedios de Taxa, Individual, Dominante, Simpson, Shannon y la calificación de los cuatro lugares muestreados.....	40
Cuadro 7. Promedio de familias presentes en los cuatro lugares muestreados.....	42
Cuadro 8. Comparación de los protocolos en estudio.....	45
Cuadro 9. Presupuesto para realizar el plan de difusión.....	58

Página

Índice de Figuras

Figura 1. Localización de la unidad de muestro 1.....	1
Figura 2. Localización de la unidad de muestro 2, 3,4.....	2
Figura 3. Esquema de muestreo.....	25
Figura 4. Promedios de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y estero La Cadena (Gutiérrez, 2013).	35
Figura 5. Pirámides de Actividades de difusión (Gutiérrez, 2013).....	56
Figura 6. Herramientas de difusión (Gutiérrez, 2013).....	57

INTRODUCCIÓN

La combinación del crecimiento poblacional humano, la industrialización, urbanización, el uso de pesticidas, la deforestación entre otros son causas directamente asociadas a la contaminación del agua, haciendo que el índice de la calidad ambiental en los ecosistemas acuáticos baje y esto lleve a una alteración de la vida acuática tanto de peces, crustáceos, moluscos, insectos, así como seres vivos que lo consumen y habitan en ella, los cuales inducen cambios en la estructura de las comunidades, específicamente de los macroinvertebrados acuáticos.

Esta investigación buscó evidenciar que los organismos que habitan en el agua, determinan los efectos de los impactos en el ecosistema acuático de los ríos de Quevedo, Valencia y el estero La Cadena a través del tiempo.

La problemática de la presente investigación es comparar analíticamente los protocolos establecidos para examinar la contaminación del agua de los ríos y esteros de los lugares antes mencionados, verificando la calidad del agua que consumen los pobladores de dichos sectores.

Entre los grupos de macroinvertebrados acuáticos caracterizados en la región litoral ecuatoriana se encuentran los órdenes Ephemeroptera, Trichoptera, Odonata, Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Lepidoptera, Moluscos (Gastropoda) que proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, al utilizarlos en los biomonitoreo.

En la zona de Quevedo y Valencia no existe muchos conocimientos sobre la utilización de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua con la excepción de Guerrero (2010) que realizó un trabajo en tres pequeños esteros de la zona de Quevedo, asimismo un trabajo realizado por Flowers (2008) que encontró imagos y ninfas de *Thraulodes quevedoensis* una especie nueva que fue encontrada en el río Quevedo

El primer capítulo trata sobre ubicación y contextualización de la problemática, situación actual de la problemática y el planteamiento del problema de investigación, delimitando el área del problema, los objetivos (generales y específicos) y las hipótesis de investigación, con la justificación y los cambios esperados con esta investigación.

El segundo capítulo abarca las fundamentaciones conceptual, teórica y legal, sustentándose con las variables de la investigación.

El tercer capítulo contiene el tipo y diseño de investigación, la población y muestra, de los datos a registrarse así como la operacionalización de variables, los instrumentos y procedimientos a utilizarse, siguiendo las técnicas de investigación recomendadas para la recolección y procesamiento de la Información.

El cuarto capítulo expone, analiza e interpreta los resultados logrados en esta investigación diseñados para la medición y comparación de los protocolos en estudio, concluyendo con la aprobación o desaprobación de las hipótesis del estudio planteadas.

En el quinto capítulo, tomando como base los objetivos específicos se plantean las conclusiones del trabajo, así como las correspondientes recomendaciones, independientemente de la propuesta presentada.

En el sexto capítulo se plantea una propuesta como solución a la problemática abordada, incluyendo su fundamentación, plan de trabajo y actividades, entre otros epígrafes.

CAPITULO I

MARCO CONTEXTUAL DE LA INVESTIGACIÓN

1.1. UBICACIÓN Y CONTEXTUALIZACIÓN DE LA PROBLEMÁTICA

A. Cantón Quevedo.- Está ubicado en la costa ecuatoriana, en la provincia de Los Ríos, es considerada como la novena ciudad más importante del Ecuador. Esta ciudad es la principal arteria económica y comercial de toda la provincia, constituyéndose como uno de los puertos fluviales más importantes del país.

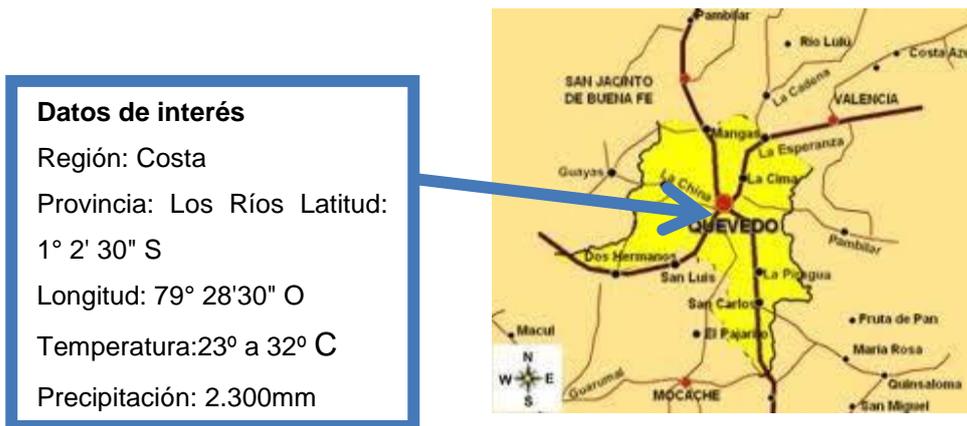


Figura 1. Localización de la unidad de muestro 1.

A.1. RÍO QUEVEDO, SECTOR “LA PLAYITA DE JAIME”

A.1.1. Descripción del lugar:

La playita de Jaime es un balneario quevedeño utilizado por miles de personas en especial en épocas de carnaval. En la actualidad se construye una edificación de hormigón armado a las orillas del río, por lo que se encontró material de construcción en el sector de muestreo; además es utilizado para lavar la ropa. A continuación se presenta las coordenadas y la altitud de la unidad de muestreo N° 1 correspondiente al lugar de trabajo.



Río Quevedo

B. Cantón Valencia, "Jardín de Los Ríos", es uno de los 13 cantones más jóvenes de la provincia de Los Ríos Ecuador. Localizada en la región costa a 20 minutos de Quevedo y es el segundo cantón en extensión, con 987.00 Km². Valencia está rodeada de ricos y grandes atractivos turísticos, pero sobre todo está caracterizada por una grata cordialidad y hospitalidad que tiene para acoger a todos sus visitantes.

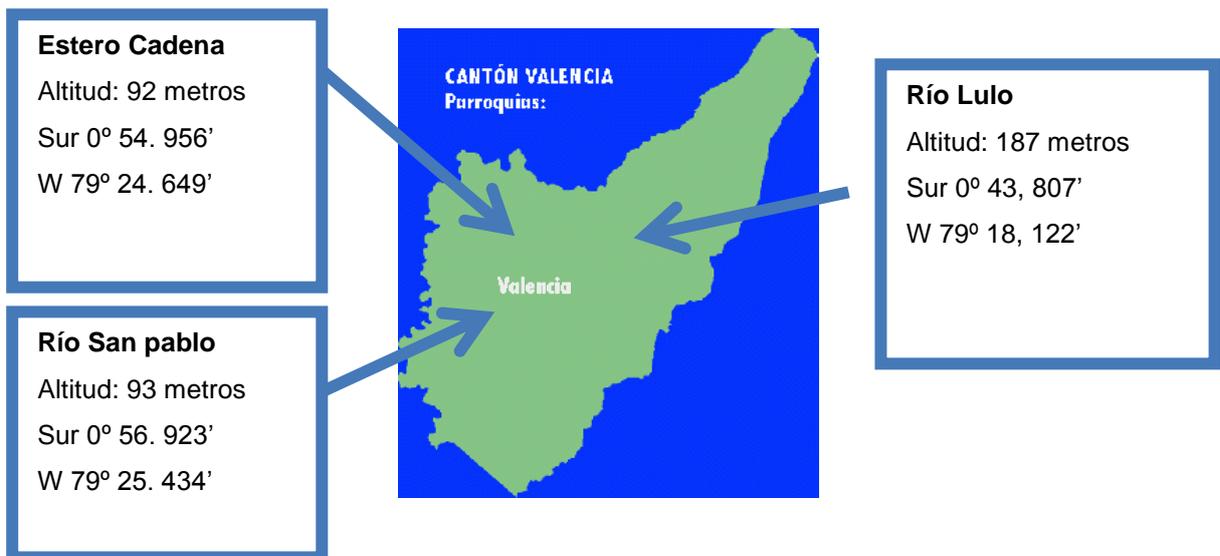


Figura 2. Localización de la unidad de muestro 2, 3 y 4.

B.1. RÍO SAN PABLO, SECTOR “ABAJO DEL PUENTE”

B.1.1. Descripción del lugar:

Es un sector preferido por los habitantes de los alrededores más aún en época de feriados se pudo notar que a 700m arriba del puente hay una extractora de material pétreo, a su alrededor existe aguas estancadas y malezas en sus orillas.



Río San Pablo

B.2. ESTERO “LA CADENA”

B.2.1. Descripción del lugar:

El sector “Lampa” fue el lugar de estudio del estero La Cadena en este sitio se encontró varias personas bañándose y en las orillas del estero existen cacaotales, basuras y otros desperdicios que son arrojados desde el puente y aparentemente muestra un pequeño sumidero de aguas servidas.



Estero La Cadena

B.3. RÍO “LULO”

B.3.1. Descripción del lugar:

El sector escogido en este muestreo fue el río Lulo perteneciente la Rcto “Delia María” ya que es un balneario muy utilizado por los habitantes de la comunidad, entre las actividades que se realizan está elbañarse y el lavado de ropa y en el río se encontró con basuras y residuos bananeros y a su alrededor fumigaciones químicas en plantaciones de banano, palma africana aledañas.



Río Lulo

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace en su totalidad al

método tradicional de los análisis fisicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua.

1.2. SITUACIÓN ACTUAL DE LA PROBLEMÁTICA

Se considera organismo indicador aquella especie que, según sus atributos estructurales y de distribución, puede encontrarse asociada a aguas de buena o mala calidad. Entre los organismos que pueden ser usados como bioindicadores están los moluscos, insectos, anélidos, hirudíneos, peces y el plancton, también es importante considerar la abundancia con que se les encuentra y la época del año. Actualmente, se utiliza más el concepto de comunidad indicadora mediante la aplicación de diferentes y múltiples métodos e índices, que son de obligado cumplimiento en diferentes países europeos y ciertos territorios de los Estados Unidos. Al tener en cuenta toda una comunidad biótica se minimizan los errores y se aumenta la capacidad de detección de las alteraciones presentes en los ecosistemas acuáticos, como eutrofización, contaminación por agentes orgánicos y acidificación.

Algunos científicos han propuesto varios protocolos usando los macroinvertebrados acuáticos para calificar el grado de contaminación en las aguas, ríos, esteros y pozos, existiendo una incertidumbre de algunos investigadores sobre la selección del mejor método para aplicarlos en estos trabajos biológicos por lo cual esta investigación desprende la comparación de protocolos y determinar el mejor método como bioindicador más eficiente y eficaz para analizar la calidad del agua en este sector del país.

Pinto, R. (2004), explica que un ejemplo de la contaminación de río lo tenemos aquí en nuestra ciudad: el Río Quevedo, anteriormente este río contenía agua limpia, peces, ranas, entre otras especies. Pero la urbanización e industrialización que tiende a acabar con los recursos naturales provocaron la degradación ambiental contaminando el río con aguas residuales domésticas e industriales. Otro problema de gran importancia es el desperdicio y la contaminación del agua

en los hogares, muchas familias por comodidad desperdician cientos de litros diarios de agua, un ejemplo al bañarse se tardan más de 15 min.

En los sitios de estudio se observó el uso de demasiado detergente para lavar la ropa en los ríos y esteros. Los detergentes que usan producen espumas y añaden fosfato al agua, lo que causa la inestabilidad de la biodiversidad acuática y disminuye el poder auto depurador de los ríos. La escasa información al respecto es la causante de todos estos daños, si se hace una capacitación de contaminación de los ríos y esteros se reduciría el nivel de contaminación.

La calidad del agua depende mucho del comportamiento de las personas ya que en fines de semana y feriados en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y el estero “La Cadena” se convierten en balnearios en donde la gente bota los desperdicios al agua contaminándola y no existe alguna regulación al respecto.

1.3. PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.3.1. Problema General

¿Cuál es el nivel de eficacia de los protocolos en la medición de la calidad de agua de los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y estero La Cadena?

1.3.2. Problemas derivados

Como problemas derivados de esta pregunta se distinguen los siguientes:

¿Qué metodología de bioindicador es óptima para medir la calidad del agua de los ríos y esteros?

¿Cuál es la eficacia en la medición de la calidad del agua de los protocolos de bioindicadores?

¿Cómo difiere la ecología acuática entre los ríos Quevedo, Lulo, San Pablo y el estero La Cadena?

1.4. DELIMITACIÓN DEL PROBLEMA

CAMPO:	Medio Ambiental
ÁREA:	Contaminación y calidad del agua
ASPECTO:	Bioindicadores de calidad de agua
SECTOR:	Cantón Quevedo – Valencia
TIEMPO:	Julio a noviembre del año 2012 (trabajo de campo)

1.5. JUSTIFICACIÓN

Desde el punto de vista práctico, la presente investigación es justificada por el beneficio generado a favor de los miembros de las poblaciones involucradas, en cuanto y en tanto que ya se dispone de una información más sobre los mejores protocolos de biomonitorio; así como, de un plan de difusión práctico que ayudará al ciudadano o empresa que quiera realizar un estudio de calidad de agua, fácil, eficiente y de bajo costo.

El aporte metodológico, los métodos, técnicas e instrumentos utilizados en este estudio, pueden ser de gran ayuda porque abarata costos en los análisis de agua y se pueden extrapolar a otras localidades y/o poblaciones que presenten problemas con el agua.

1.6. CAMBIOS ESPERADOS CON LA INVESTIGACIÓN

Los principales cambios que se esperan, ocurrirán con los avances técnicos y científicos a obtenerse en el campo de la investigación; así como, con la aplicación de la propuesta a elaborarse, con los siguientes:

- La aplicabilidad del protocolo de bioindicadores de la calidad del agua para los ríos y esteros de Quevedo y Valencia y abaratando costos y no utilizar pruebas físico-químicas
- Identificación y calificación de los diferentes índices de bioindicadores de calidad de agua.

- Diseño del plan de difusión generado por presente trabajo investigativo.

1.7. OBJETIVOS

1.7.1. General

Comparar los protocolos de bioindicadores y su eficacia en la medición de la calidad del agua en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y el estero La Cadena.

1.7.2. Específicos

- Analizar los protocolos IBF, ETP, Alpha, BMWCR, de bioindicadores aplicables a tres ríos y un estero.
- Identificar y cuantificar los macroinvertebrados que participan en los ríos y esteros.
- Determinar la eficacia del mejor protocolo para la medición de la calidad del agua en los ríos y esteros bajo estudio.
- Elaborar un plan de difusión para el uso de bioindicadores acuáticos en ríos y esteros de la localidad.

CAPITULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. FUNDAMENTACIÓN CONCEPTUAL

2.1.1. Macroinvertebrados Acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista. Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.

Estos animales proporcionan excelentes señales sobre la calidad del agua, y, al usarlos en el 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, caballitos del diablo, libélulas o helicópteros, chinches, perros de agua o moscas de aliso. Inician su vida en el agua y luego se convierten en insectos de vida terrestre (Carrera y Fierro, 2001).

2.1.2. Bioindicación

En relación a la Bioindicación la expresión práctica del conocimiento de auto ecología y la taxonomía de las especies o grupos supera específicos que conforman las comunidades acuáticas debe ser un sistema que permita la evaluación de la calidad del agua de un sitio usando los organismos encontrados en él.

Mediante un sistema de Bioindicación la información taxonómica se traduce en un índice, valor o clase de calidad de agua, lo que facilita la interpretación de gran número de datos que resultan de los llamados “monitoreos biológicos” y hace los

resultados más accesibles para aquellas personas que deben tomar decisiones acerca del manejo de los cuerpos de agua.

2.1.3. Calidad del agua

Calidad del agua. Es un factor que incide directamente en la salud de los ecosistemas y el bienestar humano: de ella depende la biodiversidad, la calidad de los alimentos, las actividades económicas, etc. Por tanto, la calidad del agua es también un factor influyente en la determinación de la pobreza o riqueza de un país.

2.1.4. Ecosistemas acuáticos

Son aquellas zonas o regiones donde los organismos (animales, plantas, entre otros) viven y se desarrollan en el suelo y en el aire que circunda un determinado espacio terrestre. En estos lugares se supone que los seres vivos que habitan el ecosistema encuentran todo lo que necesitan para poder subsistir. Dependiendo de los factores abióticos de cada ecosistema, existen distintos tipos de hábitat terrestres: desiertos, praderas y bosques .Los ecosistemas terrestres forman parte de otros ecosistemas más grandes, llamados biomas o regiones ecológicas. Estas zonas están delimitadas por latitud, clima, temperatura y el nivel de precipitaciones (EcuRed, 2013).

2.2. FUNDAMENTACIÓN TEÓRICA

2.2.1. Hábitat y nicho ecológico

Para escribir las relaciones ecológicas de los organismos resulta útil distinguir entre dónde vive un organismo y lo que hace como parte de su ecosistema. Dos conceptos fundamentales útiles para describir las relaciones ecológicas de los organismos son el hábitat y el nicho ecológico.El hábitat de un organismo es el lugar donde vive, su área física, alguna parte específica de la superficie de la tierra, aire, suelo y agua. Puede ser vastísimo, como el océano, o las grandes zonas continentales, o muy pequeño, y limitado por ejemplo la parte inferior de un

leño podrido, pero siempre es una región bien delimitada físicamente. En un hábitat particular pueden vivir varios animales o plantas.

En cambio, el nicho ecológico es el estado o el papel de un organismo en la comunidad o el ecosistema, depende de las adaptaciones estructurales del organismo, de sus respuestas fisiológicas y su conducta. Puede ser útil considerar al hábitat como la dirección de un organismo (donde vive) y al nicho ecológico como su profesión (lo que hace biológicamente).

El nicho ecológico no es un espacio demarcado físicamente, sino una abstracción que comprende todos los factores físicos, químicos, fisiológicos y bióticos que necesita un organismo para vivir.

Para describir el nicho ecológico de un organismo es preciso saber qué come y qué lo come a él, cuáles son sus límites de movimiento y sus efectos sobre otros organismos y sobre partes no vivientes del ambiente. Una de las generalizaciones importantes de la ecología es que dos especies no pueden ocupar el mismo nicho ecológico.

Una sola especie puede ocupar diferentes nichos en distintas regiones, en función de factores como el alimento disponible y el número de competidores, algunos organismos, por ejemplo, los animales con distintas fases en su ciclo vital, ocupan sucesivamente nichos diferentes. Un renacuajo es un consumidor primario, que se alimenta de plantas, pero la rana adulta es un consumidor secundario y digiere insectos y otros animales.

En contraste, tortugas jóvenes de río son consumidores secundarios, comen caracoles, gusanos e insectos, mientras que las tortugas adultas son consumidores primarios y se alimentan de plantas verdes como apio acuático (Alfaro, 2010).

2.2.2. Ecosistema acuático

Los ecosistemas acuáticos son los que se desarrollan en el agua; y los cuales pueden ser de dos tipos: marinos, si se presentan en las aguas oceánicas, y dulceacuícolas si pertenecen a las aguas continentales; es decir, las que son de agua dulce y se encuentran dentro de los continentes, como arroyos, ríos o lagos.

Como en cualquier otro ecosistema, la vida de los organismos acuáticos depende del intercambio de materia y energía que se presente entre ellos, de los materiales disueltos en el agua y de la temperatura de la misma.

2.2.2.1. Ecosistemas de agua dulce

Estos ecosistemas se caracterizan porque el agua que los forma tiene un bajo contenido de sales, es decir, es agua dulce, de ahí que se les llame dulceacuícolas.

Algunos de estos ecosistemas se desarrollan en aguas quietas, como en los lagos o presas, y otros en aguas corrientes, como la de los ríos o arroyos (Fernández editores, 2013).

2.2.2.2. Ecosistemas marinos

Se desarrollan en el mar y en los océanos; se caracterizan por tener una gran cantidad de sales disueltas en el agua. La cantidad de sales en el mar se conoce como salinidad del agua; la salinidad promedio en el agua es de aproximadamente 35 g de sal por litro de agua, pero existen zonas en las cuales la concentración de sales es mayor.

Además de la salinidad, otros factores abióticos que influyen sobre el desarrollo de los organismos marinos son la temperatura del agua y la profundidad. En las capas superiores del mar, la temperatura es más alta que en las inferiores, ya que mientras más profundo sea, menos calor podrán recibir del Sol (Fernández editores, 2013).

Al igual que en la tierra, la vida en el mar depende de los organismos productores, que necesitan la luz del Sol como fuente de energía primaria, por tanto, a estos organismos los encontraremos en las capas superiores del mar, donde el agua recibe la luz del Sol; de igual manera, los consumidores estarán donde encuentren mayor cantidad de productores para alimentarse de ellos.

Para estudiar las características del mar y la diversidad de organismos que viven en él, los científicos han desarrollado un esquema llamado perfil acuático, donde se señalan las principales regiones marinas y sus características.

1. La zona donde el agua alcanza a la orilla se llama playa.
2. El área que sigue a la playa y que alcanza una profundidad de hasta 200 m es la plataforma continental; esta zona es donde se desarrolla la mayor parte de la vida de los organismos, porque pertenece a las capas superiores mejor iluminadas, donde habitan los productores.
3. Mar abierto: se considera que inicia donde la profundidad es superior a los 200 m; como está hondo y oscuro, hay menor diversidad de seres vivos que en la plataforma continental.

El intercambio de materia y energía que origina las cadenas alimentarias sigue el mismo patrón que en la tierra, lo que las hace diferentes es el tipo de organismos que participan en ellas.

En el primer eslabón de la cadena están los productores marinos, los cuales generalmente son plantas microscópicas que pertenecen al plancton.

Parte de los organismos del plancton son vegetales y parte animales, que incluyen a las larvas de peces, camarones, huevecillos, etcétera.

2.2.2.3. Ecosistemas salobres

Se presentan donde se unen los ríos de agua dulce con el agua del mar, originando las lagunas costeras y los esteros (Fernández editores, 2013).

Estos ecosistemas son muy importantes porque a ellos acuden muchas especies a reproducirse, por ejemplo, los camarones.

En algunas lagunas costeras se desarrolla un ecosistema llamado manglar, donde lo más sobresaliente es la presencia de los mangles; las raíces de estos árboles pueden absorber el agua de mar y utilizarla para desarrollar sus funciones (Fernández editores, 2013).

2.2.3. Indicadores biológicos de calidad del agua

Existen diversas formas de determinar la calidad del agua de los cursos de agua. La calidad del agua se puede determinar de forma relativa, mediante una comparación entre diferentes fuentes de agua, o se puede medir en términos absolutos. Los factores biológicos, químicos y físicos pueden indicar la calidad del agua (worldwatermonitoringday, 2011).

Una forma importante de determinar la situación de los sistemas vivos del agua es la realización de una evaluación biológica (bioevaluación) que implica usar encuestas biológicas y otras mediciones directas de los sistemas vivos de una vertiente. Habitualmente, se monitorean los macroinvertebrados acuáticos (animales sin espina dorsal que viven en medios acuáticos y cuyo tamaño es lo suficientemente grande como para que se vean sin microscopio u otro sistema de ampliación), lo que conforma la base de la Parte I de esta actividad.

Los macroinvertebrados son indicadores valiosos de la salud de los medios acuáticos, en parte debido a que son organismos bénticos, lo que significa que generalmente se encuentran en el fondo de un arroyo o lago y no se desplazan grandes distancias. Por tanto, no pueden migrar fácil o rápidamente en caso de que haya contaminación o tensiones en el medio ambiente. Como las diferentes especies de macroinvertebrados reaccionan de manera diferente a factores ambientales tales como contaminación, carga de sedimentos o cambios en el hábitat, cuantificar la diversidad y densidad de los diferentes macroinvertebrados

de un sitio dado puede darnos un panorama de las condiciones ambientales de una masa de agua dada.

Se considera organismo indicador aquella especie que, según sus atributos estructurales y de distribución, puede encontrarse asociada a aguas de buena o mala calidad. Por citar algunos organismos que pueden ser usados como bioindicadores están los moluscos, insectos, anélidos, hirudíneos, peces y el plancton, también es importante considerar la abundancia con que se les encuentra y la época del año. Actualmente, se utiliza más el concepto de comunidad indicadora mediante la aplicación de diferentes y múltiples métodos e índices, que son de obligado cumplimiento en diferentes países europeos y estados de los Estados Unidos. Al tener en cuenta toda una comunidad biótica se minimizan los errores y se aumenta la capacidad de detección de alteraciones en los ecosistemas acuáticos, como eutrofización, contaminación por agentes orgánicos y acidificación (worldwatermonitoringday, 2011).

El uso de bioindicadores se está proponiendo como una nueva herramienta para conocer la calidad del agua, esto no quiere decir que desplace al método tradicional de los análisis físicoquímicos. Su uso simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, ya que su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (worldwatermonitoringday, 2011).

2.2.4. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad del agua

Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo, destacan los macroinvertebrados bentónicos (> 500 μm), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, Rosenberg&Resh (1993) destacan: (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser

realizados con equipos simples y de bajo costo, y (d) la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

2.2.5. Características de los órdenes de insectos acuáticos

Una fracción pequeña de todos los insectos, entre el 3-5 % de las especies de insectos son acuáticos. El bajo número se debe probablemente a la cantidad limitada de agua dulce en relación a la superficie terrestre. Sin embargo son taxonómicamente diversos e interesantes en estructura y biología. Algunos son importantes para la salud pública, como los mosquitos. Son importantes componentes de los ecosistemas acuáticos. Constituyen alimento para peces, aves y anfibios. Hay herbívoros, predadores, detritívoros y parasitoides.

2.2.5.1. Adaptaciones para la respiración

Respiración cutánea: el oxígeno difunde desde el agua a través de la mayor parte de la superficie corporal, este tipo de difusión puede ser suficiente para aquellos insectos pequeños; generalmente es complementada con otros sistemas (larvas de chironomidae, que tienen hemoglobina disuelta en la hemolinfa, no hay glóbulos; le sirve para tomar el oxígeno por ósmosis tiene el sistema traqueal reducido) poseen un sistema traqueal abierto.

Obtención del oxígeno del agua: poseen un sistema traqueal cerrado y el oxígeno se difunde a su interior desde el agua por todo o parte del tegumento.

Obtención del oxígeno del aire: sistema traqueal abierto por lo que el aire entra por 1 o más pares de espiráculos sin almacenaje de aire espiráculos posteriores (área espiracular hidrófuga) situados en sifones cortos como en Culicidae o largos como en Syrphidae pupa con espiráculos protorácicos como en Culicidae; en la misma especie cambian los espiráculos funcionales según el estado del C.B. Con sifones retráctiles como en Bellostomatidae (Ecured, 2013).

Espiráculos puntiagudos con los que perforan cavidades que contengan aire de plantas acuáticas (*Taeniorrhynchus*). Algunos no necesitan estructuras especiales simplemente con la punta del abdomen.

Burbujas de aire externas renovables: cuando se sumergen las arrastran debajo de las alas y/o atrapadas en pelos hidrófugos, estos depósitos están en contacto con los espiráculos agallas físicas o branquias de burbujas que extraen el oxígeno disuelto en el agua, esta función depende del coeficiente de partición del O entre el agua y el aire que es 3 veces superior al del N, es decir que mientras la presión parcial del O en la burbuja desciende, más O se difunde en ella desde el agua, con más rapidez que el N de la burbuja se difunde fuera, así mucho más O que el originalmente presente en la burbuja puede extraerse del agua; finalmente, la menor dispersión del N hace que la burbuja disminuya de volumen y hace que insecto deba subir a la superficie a renovarla. La burbuja tiene aproximadamente 20% de O y 79% de N y 1% de CO₂) (Ecured, 2013).

A continuación se detallan los grupos de macroinvertebrados característicos de la región litoral en el Ecuador:

Orden *Ephemeroptera*

El orden de los efemerópteros (efímeras) es un grupo de frágiles insectos exclusivamente acuáticos y relativamente primitivos. Presentan una característica única entre los insectos, la de poseer un estadio terrestre volador (el “sub-imago”) previo al del adulto sexualmente maduro. Las efímeras forman una parte importante de las cadenas alimenticias en ríos y arroyos (como alimento para otros organismos acuáticos, procesadores de materia orgánica y como herbívoros), y son elementos importantes en la transferencia de energía dentro del sistema acuático. Las ninfas se encuentran en casi todo tipo de cuerpos de agua, aunque en mayor abundancia y diversidad en ríos y arroyos de fondos rocosos. Los adultos viven desde unas pocas horas hasta algunos días, por lo que se hace difícil encontrarlos en la naturaleza, aunque se pueden atraer a luces puestas cerca de los ríos, en especial durante el amanecer y anochecer (crepúsculo) (Flowersy De la Rosa,2010).

Orden *Odonata*

Las libélulas (orden Odonata) son un grupo de insectos con adultos de coloración llamativa y ninfas opacas de cuerpo curioso. El nombre Odonata se deriva del griego “odon” que significa diente, refiriéndose a sus fuertes mandíbulas. Entre los insectos, las libélulas son familiares para muchas personas y son fáciles de observar, quizás por ello tienen una variedad de nombres comunes (p.ej. caballitos del diablo, gallegos, pipilachas, helicópteros, etc.). Los adultos tienen grandes ojos compuestos, generalmente de coloración llamativa. El tórax soporta cuatro fuertes alas membranosas de densa venación. El abdomen es alargado y delgado, también de coloración llamativa.

Los adultos generalmente vuelan cerca de quebradas, ríos, lagunas y otros cuerpos de agua dulce o salobre. Tienden a ser mucho más activos en días soleados y a desaparecer tan pronto se nubla el día o si llueve. Las ninfas habitan una diversidad de hábitats acuáticos. Se caracterizan por tener un aparato bucal altamente modificado. El labio se ha transformado en un apéndice móvil que se usa en la captura de las presas. En reposo, el labio se pliega bajo la cabeza, formando una máscara en algunas especies, a la hora de atrapar una presa, el labio se extiende hacia adelante rápidamente (Ramírez, 2010).

Orden *Diptera*

Los dípteros (que significa dos alas), con más de 150.000 especies conocidas se sitúan entre los 4 órdenes con mayor número de especies de todos los seres vivos. Una de sus principales características es la posesión de solo dos alas, ya que el segundo par de alas está transformado en unos muñones llamados halterios que le sirven para estabilizar el vuelo, siendo los dípteros los organismos mejor adaptados al vuelo. Los dípteros necesitan alimentarse de comida líquida ya que no poseen un aparato masticador, sino lamedor-chupador. Suelen alimentarse de fluidos vegetales como el néctar o la savia, fluidos animales como la sangre, sudor o fluidos de la descomposición de los animales muertos u otro tipo de fluidos que encuentran en sus hábitats.

Poseen unos juveniles con forma de larva generalmente sin estructuras diferenciadas, las cuales sí que poseen mandíbulas y pueden alimentarse de materiales sólidos. Estas larvas suelen vivir en lugares húmedos, ya sea en agua, suelo húmedo, lodos y materiales en descomposición, cadáveres o en el interior de organismos vivos, donde se comportan como parásitos. Estas larvas pasan por un estadio de pupa para transformarse en el adulto.

Los dípteros aparecen en casi todos los ecosistemas del globo excepto en los submarinos. Viven desde en suelos desérticos o charcas hipersalinas hasta el agua de los lagos polares, aunque su mayor diversidad aparece en los trópicos húmedos (Texaca, 2013).

2.2.6. Índices bióticos

Los índices biológicos se utilizan en forma complementaria a los análisis físicos y químicos; aunque con su aplicación es imposible identificar los agentes contaminantes existentes, sus ventajas no se limitan al momento de toma de la muestra, puesto que permiten descubrir cambios producidos a lo largo del tiempo, ya que los organismos vivos presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales y tienen unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones, lo que permite tener una cierta visión histórica de los acontecimientos ocurridos en un período, en función de la dinámica de las comunidades biológicas presentes (Álvarez, 2006).

En la década de los años cincuenta comenzaron a utilizarse diferentes metodologías de evaluación de la calidad del agua mediante el uso de indicadores biológicos y se propusieron métodos biológicos para evaluar las condiciones ecológicas de las corrientes de agua. Al final de los años cincuenta y principio de los sesenta comenzó a discutirse el concepto de diversidad de especies basada en índices matemáticos derivados fundamentalmente de la teoría de la información (Badii *et. al*, 2005).

Según De la Lanza *et. al* (2000) existen numerosos índices que se han desarrollado para evaluar la calidad del agua con base en la diversidad biológica que se presenta en el sitio. Algunos de ellos, como el Índice de Shannon y Weaver, Simpson y Margalef que se utilizan normalmente para estimar la biodiversidad, se pueden utilizar en el monitoreo de la calidad del agua con sus respectivas escalas de calificación.

2.2.3. Estudios realizados dentro y fuera del país utilizando macroinvertebrados acuáticos para el estudio de calidad del agua.

En el Ecuador no se han realizado muchos estudios sobre la utilización de macroinvertebrados para medir la calidad de agua; existen estudios como los de Guerrero (2010), que realizó un análisis de calidad de agua de tres esteros de la localidad de Quevedo; así mismo actualmente Yepez (2013) realizó un estudio de desechos residenciales e industriales y su incidencia en la calidad del agua del río de Quevedo, trayecto playa grande – puente Walter Andrade, en donde empleo macroinvertebrados para medir la calidad del agua.

En cuanto a la evaluación de la calidad de agua usando índices biológicos se puede analizar los siguientes trabajos realizados en otros países como:

Calidad del agua en el arroyo Guadalquítón y otros cauces de San Roque: aplicaciones de los índices IBMWP e IASPT estudio realizado por Gallardo y Shaw (2008), además del trabajo realizado por Sánchez (2005) que utilizó el índice IBMWP, lo adaptó, modificó para el cauce principal del Pamplonita norte de Santander.

2.3. FUNDAMENTACIÓN LEGAL

La Constitución del Estado, aprobada en Montecristi en el año 2008 establece que todas las personas tienen derecho a vivir en un ambiente sano, lo que incluye una calidad satisfactoria del agua de consumo humano.

“Calidad del Agua”.- “La protección y conservación de los recursos hídricos para prevenir y controlar su deterioro, se orienta por los siguientes objetivos:

1. Garantizar el derecho humano al agua;
2. Garantizar el derecho a vivir en un medio ambiente sano, ecológicamente equilibrado, libre de contaminación;
3. Conservar y mejorar la calidad del agua
4. Evitar y prevenir la acumulación en suelo y subsuelo, de compuestos tóxicos, peligrosos, desechos y otros elementos capaces de contaminar las aguas superficiales o subterráneas;
5. Evitar las actividades que puedan causar la degradación de la calidad del agua; y,
6. Garantizar los derechos reconocidos a la naturaleza y por tanto, la permanencia de las formas de vida.

Quienes utilicen el agua en cualquiera de los destinos previstos en esta ley y ocasionen contaminación o la saquen de su cauce, deberán tratarla antes de descargarla y devolverla a su cauce original. La autoridad competente no permitirá la descarga de agua que no haya sido previamente tratada”.

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE LA INVESTIGACIÓN

3.1. MÉTODOS Y TÉCNICAS UTILIZADOS EN LA INVESTIGACIÓN

3.1.1. Métodos

La mayoría de métodos e índices para la evaluación de la calidad biológica del agua han sido desarrollados para ecosistemas loticos (ríos y quebradas) y en menor grado para ambientes lenticos, como lagos y lagunas, Rossaro *et. al*, 2006. El biomonitoreo es más complejo en humedales, debido a la gran diversidad de tipos que existen y la consecuente variabilidad de su hidrología, por lo que la aplicación no está bien desarrollada para este tipo de ambientes (Rosenberg *et. al*, 2008).

Conforme con lo anteriormente expresado, se expone que en el presente estudio se utilizaron, principalmente, los métodos lógicos, deductivo, analíticos, es decir, aquellos que se basan en la utilización del pensamiento en sus funciones de deducción, análisis y síntesis.

De manera particular se utilizó los métodos y/o protocolos de bioindicadores de calidad de agua que han sido utilizados en el continente americano, además de aplicar modelos preestablecidos de índices biológicos. De igual forma, el método hipotético, por lo que en el proyecto se formuló una hipótesis como derivación de inferencias de observación de datos empíricos.

En el primer caso se arribó a la hipótesis mediante procedimientos inductivos y en segundo caso mediante procedimientos deductivos. Es la primera vía de deducciones naturales deductivas para llegar a conclusiones personales a partir de la hipótesis y que después, se pudieron comprobar con datos obtenidos en la indagación de campo.

3.1.2. Técnicas

Las técnicas empleadas fueron las que se expresan en cada protocolo de bioindicadores de calidad de agua las cuales fueron seguidas a cabalidad tanto *in situ* como *ex situ*.

Por lo general, se utilizaron, para los análisis de laboratorio, las técnicas que se utilizan para la identificación de macroinvertebrados como son cartillas y claves taxonómicas, además de las técnicas realizables para analizar físicamente el agua.

3.2. CONSTRUCCIÓN METODOLÓGICA DEL OBJETO DE INVESTIGACIÓN

Para el planteamiento de la construcción metodológica del objeto de investigación, se utilizaron técnicas de elaboración de proyectos como por ejemplo (árbol de problemas, árbol de objetivos, lluvias de ideas), además se hizo un análisis de las problemáticas científicas entomológicas, ambientales.

3.3. ELABORACIÓN DEL MARCO TEÓRICO

El marco teórico se desarrolló según los discernimientos de categorías y subcategorías de análisis, fueron identificados, estructurados y ordenados de acuerdo a la información bibliográfica recopilada, es decir, las fundamentaciones conceptual, teórica y metodológica se ejecutaron teniendo en cuenta, en primer lugar, los objetivos de la investigación, y en segundo lugar, las variables de la misma con sus indicadores, conformando un sistema de conocimientos, que permiten la comprensión del tópicó abordado.

3.4. RECOLECCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA

3.4.1. Población y muestra

Para la recolección de la información empírica se consideraron tanto las poblaciones como las muestras representativas de las mismas:

a) Para la población

La población estuvo constituida por tres ríos y un estero, en la cual se extrajeron los bioindicadores de calidad de agua.

b) Para la muestra

Las muestras que se obtuvo en los tres ríos y el estero están representadas en el siguiente esquema.

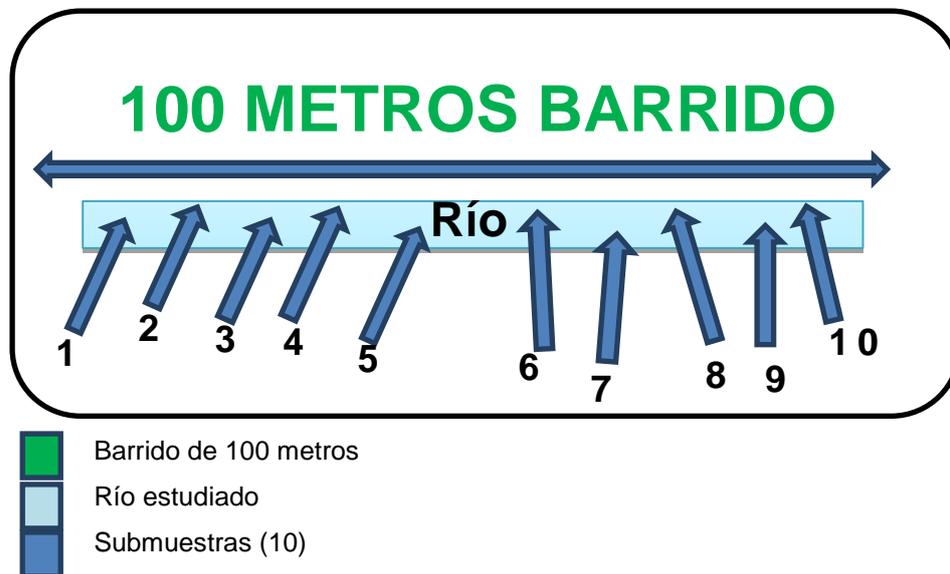


Figura 3. Esquema de muestreo.

Se consideraron dos muestras de agua por cada uno de los ríos y estero estudiados y a su vez 10 sub muestras aplicables en el barrido para recolectar los macroinvertebrados acuáticos por cada unidad de muestra

3.4.2. Procedimiento

Como procedimiento investigativo, y con base en el alcance de los objetivos específicos, se consideró la siguiente secuencia de etapas:

Se realizó un barrido de 100 metros respectivamente para cada uno de los tres ríos y un estero. Para cada estación la unidad de esfuerzo total fue de dos horas¹. Se hizo la captura manual de los macroinvertebrados, con la red tipo "D", con abertura de malla de nylon de 500 micras, con la cual se colectaron los macroinvertebrados acuáticos asociados a diferentes tipos de hábitad como: empaques de hojas, vegetación colgante, vegetación emergente, madera sumergida y secciones de los sitios que presenten microhábitad como: pozas, remansos y rápidos.

Las muestras extraídas se colocaron en una bandeja blanca y de allí, con la ayuda de pinzas metálicas y lupa los individuos colectados fueron depositados en frascos de vidrio debidamente rotulados, con alcohol al 70% para la preservación de los organismos y luego las muestras fueron llevadas al laboratorio. La identificación de los especímenes a nivel de familia se realizó con la ayuda de estereoscopios y claves taxonómicas.

3.5. DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN

La descripción de la información se relacionó con los instrumentos utilizados para su obtención:

Para el análisis de datos se manejaron los índices bióticos diversidad Alpha (índices Shannon y Simpson), BMW-Cr,ETP e IBF para determinar cuál de estos índices se ajusta más a las condiciones de los esteros. Para estos se elaboraron tablas de frecuencia de las familias encontradas de las que se obtuvieron los datos para calcular los índices.

Los bioindicadores se utilizan para dos tipos de estudios: el diagnóstico o evaluación rápida, que es puntual en el tiempo (una única fecha de muestreo) y usualmente se basa en la comparación entre sitios (río-arriba y río abajo de un foco de contaminación). Por otro lado existe el biomonitoreo, el cual se basa en muestreos periódicos (semestrales), para implementar un control de calidad o un programa de vigilancia a través del tiempo (usualmente años).

3.5.1. Índice BMWP-CR

El BMWP-CR (Biological Monitoring Working Party modificado para Costa Rica por Astorga, Martínez, Springer y Flowers) es un índice biótico y se lo calcula sumando las puntuaciones asignadas a los distintos taxones encontrados en las muestras de macro invertebrados que se citan en el listado del anexo 1. La puntuación se asigna por familia en función del grado de sensibilidad a la contaminación.

La clasificación de las aguas según este índice adquiere valores comprendidos entre 0 y un máximo indeterminado que, en la práctica no suele superar 200. En función de este puntaje se establecerán seis niveles de Calidad para el Agua perteneciendo los dos primeros niveles al grupo de aguas no contaminadas (Hacienda, 2007)

Cuadro 1. Clasificación de la calidad del agua en función del puntaje total obtenido según el índice BMWP-Cr.

NIVEL DE CALIDAD	BMWP-Cr	Color Representativo	
Aguas de calidad excelente	> 120	Azul	
Aguas de calidad buena, no contaminadas alteradas de manera sensible	101-120	Azul	
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100	Verde	
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60	Amarillo	
Agua de calidad mala, muy contaminadas	16-35	Naranja	
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	< 15	Rojo	

3.5.2. Diversidad Alpha (Índices Shannon y Simpson)

La gran mayoría de los métodos propuestos para evaluar la diversidad de especies se refieren a la diversidad dentro de las comunidades (alfa). Para diferenciar los distintos métodos en función de las variables biológicas que miden, los dividimos en dos grandes grupos:

1) Métodos basados en la cuantificación del número de especies presentes (riqueza específica); 2) Métodos basados en la estructura de la comunidad, es decir, la distribución proporcional del valor de importancia de cada especie (abundancia relativa de los individuos, su biomasa, cobertura, productividad, etc.).

3.5.2.1. Índices Shannon

$$H' = -\sum p_i \ln p_i$$

Expresa la uniformidad de los valores de importancia a través de todas las especies de la muestra. Mide el grado promedio de incertidumbre en predecir a que especie pertenecerá un individuo escogido al azar de una colección. Asume que los individuos son seleccionados al azar y que todas las especies están representadas en la muestra. Adquiere valores entre cero, cuando hay una sola especie, y el logaritmo de S, cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Magurran, 1988).

3.5.2.2. Índices Simpson

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Dónde:

p_i = abundancia proporcional de la especie i , es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra.

Manifiesta la probabilidad de que dos individuos tomados al azar de una muestra sean de la misma especie. Está fuertemente influido por la importancia de las especies más dominantes. Como su valor es inverso a la equidad, la diversidad puede calcularse como $1 - \lambda$ (Lande, 1996).

3.5.3. Índice ETP

El índice ETP se calcula sumando un punto por cada familia presente en la muestra perteneciente a los órdenes Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros.

El análisis de ETP se realizó mediante la utilización de estos tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad de agua, debido a que son más sensibles a la contaminación. En primer lugar se coloca en una columna la clasificación de organismos (taxos), en una segunda columna la abundancia y una última la selección de ETP presentes. Posteriormente los EPT se dividen por la

abundancia total, obteniendo un valor, el cual se lleva a una tabla de calificaciones de calidad de agua que va de muy buena a mala calidad (Carrera y Fierro, 2001).

3.5.4. El Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF)

El Índice Biológico a nivel de Familias de invertebrados acuáticos adaptado para El Salvador (IBF), tiene como base el método de cálculo, asignación de puntajes y escala de medición, propuestos por Hilsenhoff (1987). Esencialmente, consiste en el promedio de los puntajes de los grupos taxonómicos encontrados en cada punto o sitio de muestreo, ponderado por su abundancia relativa. De esta manera, el índice presenta dos componentes principales: a) El puntaje asignado a cada grupo de invertebrado acuático; b) La abundancia relativa de los grupos de invertebrados acuáticos encontrados.

El IBF es calculado por la multiplicación del número de artrópodos en cada familia por el valor de la tolerancia de esa familia, sumado los productos y dividiendo por el total de artrópodos en la muestra según la siguiente ecuación:

$$IBF = \frac{1}{N} \sum(n_i * t_i)$$

Dónde

IBF= Índice Biológico a nivel de Familias

N= Número total de individuos de la muestra (Estación)

ni= Número de individuos en una familia (taxón i)

ti= Puntaje de tolerancia de cada familia (taxón i)

El resultado de esta operación es comparado con el cuadro 2 para obtener la calidad del agua y el grado de contaminación orgánica (Hilsenhoff, 1998).

Cuadro 2. Evaluación de la calidad del agua usando el índice biológico a nivel de familia (IBF).

Clase	IBF	Calificación	Grado de contaminación orgánica
1	0,00 – 3,75	Excelente	Contaminación orgánica improbable
2	3,76 – 4,25	Muy Buena	Posible contaminación ligera
3	4,26 – 5,00	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
4	5,01 – 5,75	Regular	Probable contaminación regular considerable
5	5,76 – 6,50	Regular – Pobre	Probable contaminación considerable
6	6,51 – 7,25	Pobre	Probable contaminación muy considerable
7	7,26 – 10,00	Muy Pobre	Probable contaminación orgánica severa

3.6. ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

Los fundamentos obtenidos en la aplicación de los instrumentos del proyecto fueron tabulados, graficados, analizados e interpretados, estableciéndose la comparación de los protocolos de bioindicadores de calidad de agua.

A continuación se procedió a la aprobación/desaprobación de la hipótesis de investigación. Parala comparación de protocolos se utilizaron los índices Alpha, ETP, BMWCre IBF.

3.7. CONSTRUCCIÓN DEL INFORME DE INVESTIGACIÓN

El informe de investigación se esquematizó teniendo en cuenta los seis capítulos estipulados en elmarco contextual. Después de elaborar el capítulo sobre el análisis e interpretación de los resultados, y la verificación de la hipótesis, se elaboró el capítulo sobre las conclusiones y recomendaciones, tomando como base a los objetivos específicos; concluyéndose con el diseño de la propuesta, realizadaen base a alternativas de solución a la problemática respondida durante el proceso de investigación.

CAPÍTULO IV

ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE LOS RESULTADOS EN RELACIÓN CON LA HIPÓTESIS DE INVESTIGACIÓN

4.1. ENUNCIADO DE LA HIPÓTESIS

Los protocolos de bioindicadores son iguales y aplicables a los ríos y es la medición de la calidad del agua.

Variable independiente

Protocolos de bioindicadores

Variable dependiente

Calidad del agua

4.2. UBICACIÓN Y DESCRIPCIÓN DE LA INFORMACIÓN EMPÍRICA PERTINENTE A LA HIPÓTESIS

4.2.1. Variable independiente: Protocolos de bioindicadores

Los bioindicadores se utilizan para dos tipos de estudios: el diagnóstico o evaluación rápida, que es puntual en el tiempo (una única fecha de muestreo) y usualmente se basa en la comparación entre sitios (río-arriba y río abajo de un foco de contaminación). Por otro lado existe el biomonitorio, el cual se basa en muestreos periódicos (semestrales), para implementar un control de calidad o un programa de vigilancia a través del tiempo (usualmente años).

4.2.2. Resultados de la eficacia de los protocolos en la calidad del agua

4.2.2.1. Comparación técnica de la aplicación de los protocolos.

Protocolos	Recolección de la muestra / horas	Identificación de macroinvertebrados / horas	Aplicación de la metodología.	Eficacia / %	Total
ETP	2	8	00:40"	85%	10: 40 h
BMWP-CR	2	8	1:30	80%	11:30 h
SHANNON	2	8	1:30	50%	11:30 h
SIMPSON	2	8	1:30	40%	11:30 h
IBF	2	8	2	80%	12h

4.2.3. Recolección de macroinvertebrados en los cuatro lugares demuestreo.

En el siguiente cuadro se recopila la información de los promedios de macroinvertebrados presentes en los cuatro lugares muestreados.

Cuadro3. Promedios¹ de macroinvertebrados encontrados en cuatro lugares seleccionados en la presente investigación. Los Ríos, 2012.

Phylum	Macroinvertebrados		Lugares De Muestreo				Análisis De Datos ²			
			Río Quevedo	Río San Pablo	Estero La Cadena	Río Lulo	Σ F		Σ O	
Artrópoda	Ephemeroptera	Baetidae	0,5	23,5	16,5	36,0	76,5	A	133,0	A
		Leptophlebiidae	0,0	19,0	3,0	13,0	35,0	B		
		Leptohyphidae	0,0	7,0	0,0	14,5	21,5	B		
	Trichoptera	Helicopsychidae	0,0	0,0	0,0	1,0	1,0	C	52,5	B
		Polycentropodidae	0,0	3,5	6,5	12,0	22,0	B		
		Hidropsychidae	0,0	7,0	17,0	4,0	28,0	B		
		Leptoceridae	0,0	1,0	0,5	0,0	1,5	C		
	Coleoptera	Elmidae	0,0	5,0	3,5	2,5	11,0	B	14,5	C
		Psephenidae	3,5	0,0	0,0	0,0	3,5	B		
	Diptera	Tipulidae	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5	B	16,5	C
		Simulidae	0,0	0,5	0,0	3,5	4,0	B		
		Chironomidae	5,0	1,0	3,5	2,5	12,0	A		
	Odonata	Coenagrionidae	0,0	0,0	1,0	0,0	1,0		1,0	
	Megaloptera	Corydalidae	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5		0,5	
Hemiptera	Naucoridae	0,0	0,0	0,0	0,5	0,5		0,5		
Molusca	Molusco	Thiaridae	0,0	0,0	0,5	0,0	0,5		0,5	
Total			9,0	67,5	52,0	90,5			219,0	
Riqueza			3,0	9,0	9,0	12,0				
Valor Máximo			3,5	23,5	17,0	36,0				
Valor Mínimo			0,5	0,5	0,5	0,5				

¹Valores provenientes de dos recuentos en septiembre y octubre del 2012, cada uno con 10 Submuestras realizadas.

² Es el análisis no paramétrico que se utilizó la fórmula $\bar{X} \pm 0.76 s$ para separar estadísticamente los grupos afines.

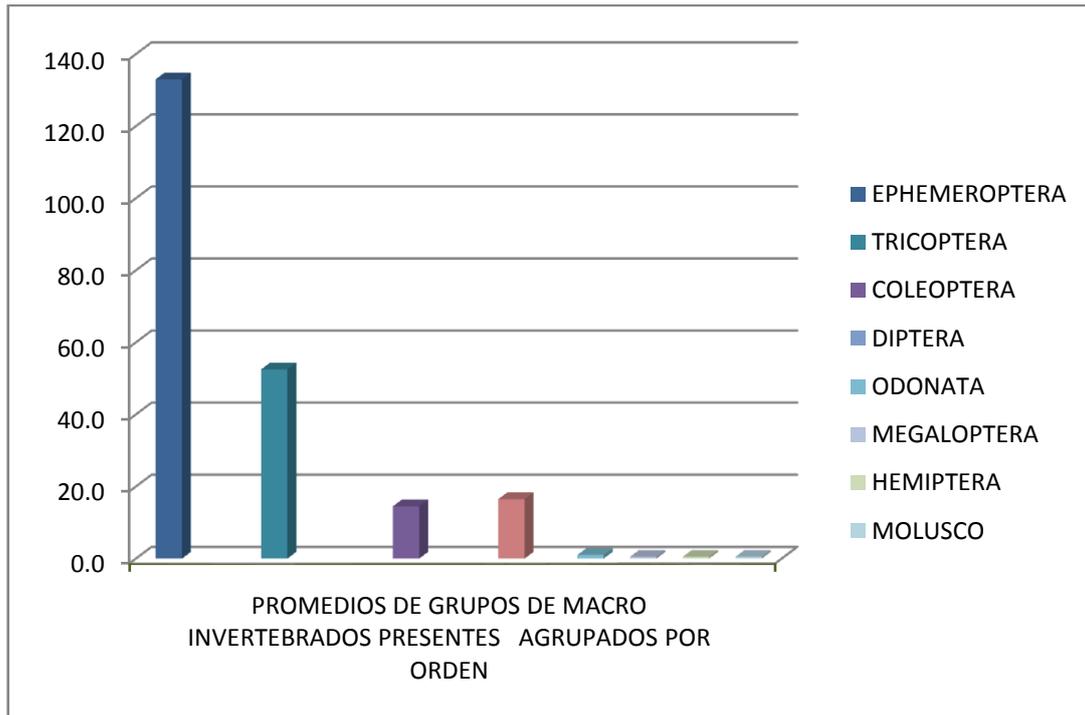


Figura 4. Promedios de macroinvertebrados acuáticos presentes en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y el Estero La Cadena, agrupados por órdenes.

4.2.4. Resultados de la aplicación de los protocolos de bioindicadores.

4.2.4.1. Protocolo 1 (ETP)

La aplicación de este protocolo se basa en el registro de los ETP (Ephemeropteros, Trichopteros y Plecopteros), muestreados en los lugares estudiados.

En el Cuadro 4 se muestra la información pertinente y al realizar el análisis del cuadro se determina que el río Quevedo es el sitio con menor ETP presentes lo cual indica un índice 5,6 que corresponde a una mala calidad de agua. La mayor abundancia de estos tres órdenes de macroinvertebrados (ETP) se observó en el río Lulo con un 80,9, que revela una calidad de agua muy buena de acuerdo a la escala establecida.

Cuadro 4. Promedios¹ de ETP presentes en los cuatro lugares muestreados (Protocolo 1). Los Ríos 2012.

Phylum	Macroinvertebrados		Lugares De Muestreo			
	Orden	Familia	Río Quevedo	Río San Pablo	Estero La Cadena	Río Lulo
Artrópoda	Ephemeroptera	Baetidae	0,5	23,5	16,5	36,0
		Leptophlebiidae	0,0	19,0	3,0	13,0
		Leptohyphidae	0,0	7,0	0,0	14,5
	Trichoptera	Helicopsychidae	0,0	0,0	0,0	1,0
		Polycentropodidae	0,0	3,5	6,5	12,0
		Hidropsychidae	0,0	7,0	17,0	4,0
		Leptoceridae	0,0	1,0	0,5	0,0
	Suma Etp		0,5	61,0	43,5	80,5
Abundancia Faunística (Cuadro 4)		9,0	67,5	52,0	90,5	
Índice Etp		5,6	90,4	83,7	89,0	
Calificación²		Mala	Muy Buena	Muy Buena	Muy Buena	

¹Aplicando la fórmula = (ETP/N)*100

²Según Carrera y Fierro 2001 (0 al 24%) = mala; (25 al 49%) = regular; (50 al 74%) = buena; (75 al 100%) = muy buena.

4.2.4.2. *Protocolo 2 (BMWP-CR)*

Para emplear este protocolo se tomó en cuenta el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados presentes considerando la contaminación orgánica de acuerdo. El cuadro 5 se muestra la información de este estudio y al ser analizado se determina que el río Quevedo posee aguas extremadamente contaminadas que totalizan un valor de 14 que se encuentran en un rango inferior a 5 (anexo 5). Los demás sitios muestreados presentan aguas de calidad mala al encontrarse en el rango de 36 a 60.

Cuadro 5. Calificación del grado de sensibilidad¹ de los macroinvertebrados presentes en los cuatro lugares estudiados (protocolo 2). Los Ríos, 2012.

Phylum	Macroinvertebrados		Lugares De Muestreo			
	Orden	Familia	Río Quevedo	Río San Pablo	Estero La Cadena	Río Lulo
Artrópoda	Ephemeroptera	Baetidae	5	5	5	5
		Leptophlebiidae	0	8	8	8
		Leptohyphidae	0	5	0	5
	Trichoptera	Helicopsychidae	0	0	0	5
		Polycentropodidae	0	6	6	6
		Hidropsychidae	0	5	5	5
		Leptoceridae	0	8	8	0
	Coleoptera	Elmidae	0	5	5	5
		Psephenidae	7	0	0	0
	Diptera	Tipulidae	0	0	0	4
		Simuliidae	0	4	0	4
		Chironomidae	2	2	2	2
	Odonata	Coenagrionidae	0	0	4	0
	Megaloptera	Corydalidae	0	0	0	4
	Hemiptera	Naucoridae	0	0	0	4
Molusca	Molusco	Thiaridae	0	0	3	0
Total			14	48	46	57
Calificación			Extremadamente Contaminadas	Contaminadas Mala	Contaminadas Mala	Contaminadas Mala

¹Representan la sensibilidad o tolerancia de las familias de macroinvertebrados a los contaminantes orgánicos.

4.2.4.3. *Protocolo 3 (Alpha)*

Al aplicar este protocolo se utilizó un software especial para analizar las fórmulas y operaciones necesarias aplicadas en este método según Moreno (2001). El cuadro 6 presenta esta información sintetizada los cálculos de Taxas, Individuos, Dominio, Simpson, Shannon y sus calificaciones correspondientes de acuerdo a los rangos estudiados. Al analizar el cuadro, se determina que el río Quevedo tanto en taxa como individual es el sitio con menor valor (2,0 y 9,0 respectivamente); mientras que el de mayor valor ocurrió en el río Lulo (8,5 y 92,5 en su orden) revelando que los índices Simpson y Shannon presentan una similitud en sus resultados con una biodiversidad baja y media para el río Quevedo y una biodiversidad media y alta para los restantes lugares estudiados.

Cuadro 6. Promedios de Taxa y la aplicación de los índices, Simpson, Shannon, calculados por el programa PAST versión 2.1 calificar la diversidad de los cuatro lugares estudiados (Protocolo 3). Los Ríos, 2012.

	RÍO QUEVEDO	RÍO SAN PABLO	ESTERO LA CADENA	RÍO LULO
Taxa_S	2,0	7,5	6,5	8,5
Individuals	9,0	68,0	52,0	92,5
Dominance_D	0,8	0,3	0,3	0,2
Simpson_1-D	0,2	0,7	0,7	0,8
calificación	Baja	Media	Media	Media
Shannon_H	0,4	1,6	1,4	1,7
calificación	Media	Alta	Alta	Alta

4.2.4.4. *Protocolo 4 (IBF)*

Para la aplicación de este protocolo se procedió a tomar en cuenta la presencia de las familias de macroinvertebrados encontrados en la investigación. El cuadro 8 re presenta los valores calculados del índice biológico (IBF) de las familias registradas en los cuatro sitios de muestreo los cuales sirvieron para obtener los promedios entre las muestras, con el fin de establecer los respectivos análisis de la calidad de agua en este estudio.

Al analizar el cuadro se determinó que los valores promedio del IBF para la calificación del agua del río Quevedo es de 7,38; por lo tanto la calidad del agua resultó muy pobre ya que este valor se encuentra comprendida entre los rangos 7,26 a 10,00 según el método de IBF, el río San Pablo, estero la Cadena y el río Lulo tienen una calidad de agua regular, por lo que obtuvieron valores de 5,54- 5,36 y 5,30 respectivamente que concuerdan en el rango comprendido entre 5,01 a 5,75.

Cuadro 7. Promedio de familias de macroinvertebrados encontrados en cuatro lugares muestreados, usando el índice biológico IBF¹ (protocolo 4). Los Ríos, 2012.

Macroinvertebrados		Lugares de Muestreo															
		Río Quevedo				Río San Pablo				Estero La Cadena				Río Lulo			
Phylum	Familia	M 1	IBF	M 2	IBF	M 1	IBF	M 2	IBF	M 1	IBF	M 2	IBF	M 1	IBF	M 2	IBF
Artrópoda	Baetidae	1,00	0,86	0,00		9,00	0,98	38,00	2,85	24,00	2,25	9,00	1,35	37,00	2,49	35,00	2,28
	Leptophlebiidae	0,00		0,00		15,00	1,64	23,00	1,73	3,00	0,28	3,00	0,45	9,00	0,61	17,00	1,11
	Leptohyphidae	0,00		0,00		13,00	1,42	1,00	0,08	0,00		0,00		9,00	0,61	20,00	1,30
	Helicopsychidae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		2,00	0,11	0,00	0,00
	Polycentropodidae	0,00		0,00		7,00	0,38	0,00		13,00	0,61	0,00		24,00	0,81	0,00	0,00
	Hidropsychidae	0,00		0,00		2,00	0,18	12,00	0,75	11,00	0,86	23,00	2,88	0,00		8,00	0,43
	Leptoceridae	0,00		0,00		2,00	0,15	0,00		1,00	0,06	0,00		0,00		0,00	
	Elmidae	0,00		0,00		7,00	0,51	3,00	0,15	7,00	0,44	0,00		4,00	0,18	1,00	0,04
	Psephenidae	6,00	6,00	1,00	0,64	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00	
	Tipulidae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		1,00	0,04
	Simulidae	0,00		0,00		0,00		1,00	0,08	0,00		0,00		4,00	0,27	3,00	0,20
	Chironomidae	0,00		10,00	7,27	0,00		2,00	0,20	5,00	0,63	2,00	0,40	0,00		5,00	
	Coenagrionidae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		2,00	0,45	0,00		0,00	
	Corydalidae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		1,00	0,07
	Naucoridae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		1,00	0,04
	Molusca	Thiaridae	0,00		0,00		0,00		0,00		0,00		1,00	0,08	0,00		0,00
Total		7,00	6,86	11,00	7,91	55,00	5,25	80,00	5,83	64,00	5,13	40,00	5,60	89,00	5,08	92,00	5,52
IBF (1 Y 2)²		7,38				5,54				5,36				5,30			
Calificación		Muy Pobre				Regular				Regular				Regular Pobre			

¹IBF = Índice Biológico a nivel de Familia calculados mediante la fórmula $IBF = (abd \cdot Ptj) / Total$.

² Resultado de la suma de los IBF de cada muestra (por sitio) dividido para dos.

4.3. Resultados de familias de macroinvertebrados.

Estadísticamente la familia que predomina es la Baetidae de la misma forma el orden que predomina es el Ephemeroptera. La mayor cantidad de familias se obtuvo en la unidad de Muestreo del río Lulo ubicada en el sector Delia María del cantón Valenciacon un valor de 89 familias y la menor cantidad se obtuvo en la unidad de muestreo Río Quevedo en el sector Playita de Jaime perteneciente al cantón Quevedo con un valor de 6 familias en el primer muestreo realizado; así también el segundo muestreo dio como resultados que la mayor cantidad de familias se las encontró en el río Lulo con 96 y el más bajo fue el río Quevedo con 11 familias.

4.3.1.1. Método 1 (ETP)

En los ríos estudiados se encontró el orden Ephemeroptera de acuerdo a Domínguez *et. al*, (2009) el grupo Ephemeroptera se desarrolla en aguas corrientes y someras, pero también en estanques y ríos profundos, y son macroinvertebrados que no toleran la contaminación por lo general, se consideran indicadores de buena calidad de agua.

El orden Ephemeroptera en su etapa acuática inmaduras o ninfas juegan un papel importante en el ecosistema dentro del agua dulce alimentándose de partículas de rocas u otro material de algas y sirviendo de alimento a peces y otros animales acuáticos (Flowers, 1992).

En el río Quevedo sector La Playita de Jaime se encontraron pocas familias de ETP en los dos muestreos, esto puede suceder de acuerdo a Domínguez *et. al*, (2009), muchas especies son intolerantes a la desecación del hábitat a los cambios de temperatura asociados a las fluctuaciones en el nivel del agua y la mayoría de ellos pueden subsistir solo en ambientes permanentes.

En el río Lulo se obtuvo un total 89% de ETP por lo tanto se encuentra en un rango comprendido entre 75 a 100%, de la tabla de calificación ETP de acuerdo a Carrera y Fierro (2001) lo que se interpreta que el agua de dicho río es muy buena calidad.

4.3.1.2. Método 2 (BMWP-CR)

Aplicado el método IBMWP se obtuvo en la mayoría de los cauces estudiados una calidad del agua contaminada y se interpreta en algunos casos signos de contaminación importante, como lo es en el río Quevedo que la calidad del agua es extremadamente contaminada con un valor de 14 de acuerdo a Springer *et. al*, (2007).

4.3.1.3. Método 3 Diversidad Alpha (Índices Shannon y Simpson)

En el índice de Simpson determinó una diversidad baja para la unidad de muestreo río Quevedo, para los ríos Lulo y San Pablo diversidad media al igual q el estero la cadena en la muestras

En el índice de Shannon determinó una diversidad media para laelrío Quevedo para los ríos Lulo y San Pablo diversidad alta al igual q el estero la cadena en la muestras.Lo que concuerda con (Moreno, 2001).

4.3.1.4. Método 4 Índice a nivel de familia (IBF)

El río Quevedo mostró una calidad de agua muy pobre a diferencia de los otros sitios muestreados lo que concuerda con los protocolos antes mencionados.

Los valores de los estudios realizados concuerdan con la metodología propuesta por (Sermeño *et. al*,2010).

Las principales perturbaciones a las que se presume está sometida la fauna de macroinvertebrados acuáticos en el río Quevedo, principalmente por la excesiva extracción minera, vertido de efluentes domésticos y la construcción de la cabaña de hormigón armado, cuyo grado de perturbación es cada vez más acentuado en direccional río.

4.4. Resultados de la comparación de los protocolos de bioindicadores de calidad de agua.

A continuación se presenta el resumen de resultados finales de los métodos aplicados en este estudio, con fin de comparar la calidad del agua en los cuatro sitios muestreados.

Cuadro 8. Comparación de los cinco protocolos en estudio para los cuatro lugares muestreados. Los ríos, 2013.

Protocolos	Lugares De Muestreo			
	Río Quevedo	Río San Pablo	Estero La Cadena	Río Lulo
Etp	Extremadamente Mala	Buena	Regular	Muy Buena
Bmwp-Cr	Extremadamente Contaminadas	Contaminadas	Contaminadas	Contaminadas
Shannon	Baja Calidad	Media Calidad	Media Calidad	Media Calidad
Simpson	Media Calidad	Alta Calidad	Alta Calidad	Alta Calidad
Ibf	Muy Pobre	Regular	Regular	Regular

Al analizar el cuadro, se observa que la calificación del agua de los cuatro sitios muestreados es diferentes entre los lugares y similares entre protocolos. El río Quevedo obtuvo la mayor contaminación contrastando con el río Lulo que presentó una calidad de agua muy buena y aceptable.

Al analizar los protocolos, todos presentan similitud en sus resultados para los cuatro sitios muestreados y se observa que tanto el índice Bmwp-Cr como el IBF son más estrictos y sensibles al momento de calificar la calidad del agua.

4.5. COMPROBACIÓN / DISPROBACIÓN DE LA HIPÓTESIS

Según la hipótesis planteada, *“los protocolos de bioindicadores son iguales y aplicables a los ríos y esteros para la medición de la calidad del agua”*. De acuerdo con los instrumentos aplicados en la medición de las variables, *“los protocolos de bioindicadores”* representados como independiente o causa, y

“eficacia de los protocolos en la calidad del agua” como dependiente o efecto, establecen que dicho planteamiento hipotético se aprueba.

4.6. CONCLUSIÓN PARCIAL

Desde el ángulo parcial, del análisis e interpretación de los datos, se concluye lo siguiente:

- El agua del río Quevedo, sector la Playita de Jaime es de muy mala calidad y su contaminación influye directamente en la escasez de macroinvertebrados.
- El río Lulo tiene mayor diversidad de macroinvertebrados y tiene mejor calidad de agua.
- El río San Pablo al igual que el estero la cadena tiene una diversidad de macroinvertebrados media.
- Todos los protocolos de bioindicadores, utilizados para medir la calidad de agua, presentan similitud en sus resultados.

CAPÍTULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. CONCLUSIONES

Basados en el estudio realizado en tres ríos y un estero de la provincia de Los Ríos, utilizando protocolos de bioindicadores para medir la calidad del agua, se concluye lo siguiente:

- La comunidad de los macroinvertebrados en el río Quevedo estuvo representado por un total de tres familias, el río San Pablo nueve familias, en el estero La Cadena nueve familias, y el río Lulo con doce siendo los insectos el grupo más representativo de los macroinvertebrados.
- El protocolo ETP con el 85% de eficacia es la técnica que más se ajusta a las condiciones ambientales de los ríos y esteros de la provincia de Los Ríos, por su sencillez, eficiencia y economía.
- La eficacia de los protocolos tienen similitud con ETP 85%, BMWP – CR 80% y IBF 80% no así los protocolos SHANNON 50%, SIMPSON 40% que presentaron los menores porcentajes de eficacia.
- La mayor diversidad de macroinvertebrados se encuentran en la parte alta de la cuenca estudiada, disminuyendo su fauna en la parte intermedia y más drásticamente a la altura de la ciudad de Quevedo. Donde grupos oportunistas como la familia de los chironomidae y son capaces de tolerar altas concentraciones de cargas contaminadas.

5.2. RECOMENDACIONES

Del trabajo realizado se generan las siguientes recomendaciones:

- Continuar los estudios relacionados con el biomonitoreo de macroinvertebrados acuáticos para identificar los niveles de contaminación en ambientes, para lo cual es necesario conocer el tiempo, forma y tamaño de la muestra.
- Realizar estudios de macroinvertebrados de ecología, biología, distribución y taxonomía de los macroinvertebrados que participan en los ambientes acuáticos de la provincia de Los Ríos
- Realizar estudios comparativos de protocolos de bioindicadores con métodos tradicionales como el físico químico, para medir la calidad del agua en ambientes acuáticos de la provincia de Los Ríos.
- Difundir los conocimientos que se tiene sobre macroinvertebrados acuáticos para medir la calidad del agua en los ambientes del cantón Quevedo.
- Comparar métodos de recolección y captura de macroinvertebrados acuáticos aplicables a ríos y esteros de la provincia de Los Ríos.
- Finalmente, es indispensable incluir la participación de las comunidades locales, las cuales podrán utilizar el biomonitoreo como un sistema de alarma temprana en caso de contaminación y contribuir así a la conservación de nuestros ambientes acuáticos.

CAPÍTULO VI

PROPUESTA ALTERNATIVA

6.1. TÍTULO DE LA PROPUESTA

Plan de difusión del Índice biológico ETP (Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros) como bioindicador de la calidad de agua en los ríos y esteros

6.2. JUSTIFICACIÓN

La propuesta consiste en el planteamiento y descripción de técnicas y métodos dirigidos a la utilización del índice de ETP para analizar la calidad del agua de los ríos y esteros.

Estos lineamientos y su aplicación beneficiarán a todos los sectores donde se requiera realizar un análisis de calidad de agua en especial los sectores estudiados.

6.3. FUNDAMENTACIÓN

La difusión se desarrolla por etapas, de acuerdo con el avance en la ejecución del proyecto. Sirve para apoyar en la consecución de los objetivos específicos del proyecto; explicar y promover de manera general la naturaleza, filosofía, estructura, procedimientos, mecanismos de operación, modalidades y alcances de los servicios prestados por el proyecto. Procura hacer llegar la información más amplia sobre los servicios ofrecidos.

El plan de difusión consistirá en realizar un manual de macroinvertebrados utilizando el índice ETP como bioindicador para determinar la calidad del agua y así poder tomar medidas de prevención, corrección y mitigación para las poblaciones y comunidades aledañas a los ríos y esteros.

El índice ETP se calcula sumando un punto por cada familia presente en la muestra perteneciente a los órdenes Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros.

El análisis de ETP se realizara mediantela utilización de estos tres grupos demacroinvertebrados que son indicadores de la calidad de agua, debido a que son más sensibles a la contaminación.

6.4. OBJETIVOS

6.4.1. Objetivo general

Diseñar un plan de difusión del Índice biológico ETP (Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros) como bioindicador de la calidad de agua en los ríos y esteros de la provincia de Los Ríos.

6.4.2. Objetivos específicos

- Realizar un plan de trabajo que incluye un manual de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos utilizando el Índice biológico ETP (Ephemeropteros, PlecopterosyTrichopteros) como bioindicador de la calidad de agua en los ríos y esteros de la provincia de Los Ríos.
- Proponer un plan de actividades de ejes de actuación para los gobiernos municipales del cantón Quevedo y Valencia.

6.5. IMPORTANCIA

La difusión y promoción del proyecto debe seguir un proceso ordenado en sus contenidos, tiempos y formas; así como utilizar diferentes medios de información para asegurar que los mensajes clave sobre el proyecto lleguen de forma gradual a los diferentes actores.

La preocupación general que despertó laconferencia de Río de Janeiro sobre la disminuciónde la Biodiversidad en los ecosistemas tropicales sensibilizó la opinión mundial y marcó el inicio en latoma de acciones tendientes a remediar la situación,especialmente en aquellos ecosistemas naturalespoco o nada intervenidos o con posibilidades derecuperación. Desde entonces una gran cantidadde esfuerzo en el ámbito internacional se ha dirigidohacia la preservación de los océanos y los bosques húmedos tropicales (Allan y Flecker, 1993).

Sin embargo, otros ecosistemas igualmente frágiles e importantes como los cuerpos de agua corriente han recibido mucho menos atención. Ellos están siendo afectados por la acción de factores antropogénicos como son las grandes obras de ingeniería, la transformación del paisaje, los cambios en el uso de la tierra, la introducción de especies exóticas, la sobreexplotación de sus recursos, la contaminación, la ocupación de las planicies de inundación, los cambios de cursos, la derivación de canales para usos agropecuarios, etc. (Winemiller *et. al*, 1996).

La bioevaluación de las aguas se fundamenta en la capacidad natural que tiene la biota de responder a los efectos de perturbaciones eventuales o permanentes. En términos generales se puede decir que la biota acuática cambia su estructura y funcionamiento al modificarse las condiciones ambientales de sus hábitats naturales.

De modo que es posible usar algunas características o propiedades estructurales y funcionales de los diferentes niveles de organización biológica para evaluar en forma comparativa el estado de la biota acuática, cuya condición es reflejo del estado ecológico del cuerpo de agua. Estas características de evaluación se conocen con el nombre genérico de bioindicadores.

La importancia de utilizar estos índices y/o protocolos para medir la calidad de agua radica en el tiempo y el costo que se emplea para realizar el mismo.

6.6. UBICACIÓN SECTORIAL Y FÍSICA

La propuesta, que no puede ser de otra forma tiene como base las localidades donde se realizó el estudio de la comparación de los protocolos de bioindicadores, además se podrá realizar el plan de difusión a nivel provincial, nacional y en una plataforma de internet a nivel mundial.

6.7. FACTIBILIDAD

Desde el punto de vista colectivo, los regímenes locales, juntas parroquiales, se beneficiarían de las capacitaciones y obtención de un manual de monitoreo de calidad de agua práctico, sencillo y de bajo costo.

Con las experiencias vividas se pudo ver que desde el punto de vista social y ambiental, no existe conciencia del grado de contaminación que poseen los ríos y esteros de la localidad, además de realizar acciones de prevención y tratamiento, lo producirá el mejoramiento de los recursos naturales y la calidad de vida de la población.

Haciendo caso a la Constitución del Estado, que dice todos los ciudadanos tenemos derecho al buen vivir y parte de ello involucra tener buena calidad de agua para el consumo y utilización en la agricultura.

Considerando que los gobiernos locales y juntas parroquiales, poseen un presupuesto propio, podrían destinar parte de este para las capacitaciones del uso de este índice biológico para medir la calidad del agua, considerando que más que un gasto sería una inversión.

Teniendo en cuenta el interés mostrado en los últimos años por la calidad de agua y como medir esta calidad a través de indicadores biológicos por son relativamente de bajo costo de implementación, se estima que la propuesta, como lineamiento alternativo es factible.

6.8. PLAN DE TRABAJO

El plan de trabajo para la implementación de la propuesta se muestra en el mismo con el fin de responder de manera específica a los diversos grupos destinatarios, las diversas acciones y materiales elaborados para su difusión se agruparán en tres ejes de actuación.

OBJETIVO GENERAL	OBJETIVOS ESPECÍFICOS	RESULTADOS ESPERADOS	ESTRATEGIAS	RESPONSABLES
Diseñar un plan de difusión del Índice biológico ETP (Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros) como bioindicador de la calidad de agua en los ríos y esteros de la provincia de Los Ríos.	1) Realizar un Manual de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos utilizando el Índice biológico ETP (Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros) como bioindicador de la calidad de agua en los ríos y esteros de la provincia de Los Ríos.	Conocimiento de la población sobre el índice ETP para analizar la calidad del agua.	Conformar un equipo facilitador del proceso	Equipo facilitador del proceso, Municipio.
	2) Proponer un plan de trabajo de ejes de actuación para los gobiernos municipales del cantón Quevedo y Valencia.	Capacitación a los gobiernos municipales de Quevedo y Valencia. Existe un equipo técnico que brinda asesoría permanente.	Promoción del plan de trabajo en campañas a favor del cuidado de la calidad del agua.	Equipo técnico
	3) Socializar el plan de difusión con las poblaciones cercanas a los ríos y esteros.	Campañas informativas por medio de charlas y reuniones.	Conformar equipo de monitoreo en cada cantón o sector.	Equipos de Monitoreo. Equipo técnico
	4) Capacitar a la población, sobre el cuidado y defensa del recurso agua.	Motivación de la población para ejecutar el monitoreo acuático y generar medios alternativos para el manejo de sus riveras	Gestión participativa comunitaria.	Equipo facilitador del proceso. Equipos de Monitoreo

6.8.1. ACTIVIDADES

Con el fin de responder de manera específica a los diversos grupos destinatarios, las diversas acciones y materiales elaborados para su difusión se agruparán en tres ejes de actuación que en el siguiente esquema se expresa.



Figura 5. Pirámides de Actividades de difusión (Gutiérrez 2013)

- 1) Comunicación Interna: Entre los Integrantes del proyecto incluye la difusión de los informes de evaluación intermedia y final del proyecto.
- 2) Comunicación Externa: Con los destinatarios directos y los potenciales beneficiarios de los resultados del proyecto.
- 3) Difusión General: Se informará a los diferentes sectores investigativos y a la sociedad en general a través de la publicación en prensa de información relativa al proyecto.

Estos tres ejes de actuación que forman los cimientos de la estrategia de comunicación y difusión prevén la adecuación coherente de las actividades y herramientas de comunicación a los diferentes objetivos y grupos destinatarios.

6.8.2. Herramientas

Las herramientas y elementos clave de difusión y comunicación son las siguientes:



Figura 6. Herramientas de difusión (Gutiérrez 2013)

6.9. RECURSOS

Cuadro 9. Presupuesto para realizar el plan de difusión.

ACTIVIDAD	COSTO
FOLLETOS DIVULGATIVOS	200
ANUNCIOS EN MEDIOS COM	230
ANUNCIOS EN SITIOS WEB	250
EDICIÓN GUÍA BUENAS PRÁCTICAS	125
EDICIÓN MANUAL DE CREATIVIDAD	200
SEMINARIO DIFUSIÓN	300
TALLERES CREATIVIDAD	250
MESAS DE ENCUENTRO	120
PAPELERÍA Y MATERIAL EVENTOS	300
CONFERENCIA FINAL	350
TOTAL	2325

6.10. IMPACTO

El impacto de esta Propuesta será positivo, ambiental, social y económico.

- **Social:**

Está orientada a las comunidades y organizaciones de los sectores aledaños a las riveras de los ríos y esteros que se beneficiarán con la capacitación en temas relacionados con la calidad de agua y su monitoreo, la generación de conocimientos de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad de agua.

- **Ambiental:**

Está orientada al monitoreo, cuidado y recuperación del recurso agua, además de comprender que la biota acuática sirve como bioindicador de calidad de agua.

En lo económico:

La implementación del Plan de difusión con el uso de macroinvertebrados acuáticos tiene la ventaja de ser menos costoso que el monitoreo con análisis físico- químicos y bacteriológicos que representan un presupuesto elevado.

6.11. EVALUACIÓN

La evaluación del proceso será semestral y estará a cargo del equipo técnico facilitador. Esta evaluación se orientará hacia el cumplimiento de los objetivos y resultados planteados y en pos de realizar los ajustes necesarios; para ello se utilizará la matriz FODA para conocer las fortalezas, oportunidades, debilidades y amenazas presentadas en el cumplimiento del plan.

BIBLIOGRAFÍA

- ALLAN, J. y FLECKER A. 1993.** Biodiversity conservation in running waters. BioScience 43(1):32-43.
- ÁLVAREZ L. 2006.** Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Instituto Alexander von Humboldt, en proceso de publicación.
- AFARO, J. 2010.** Hábitat y nicho ecológico. (en línea) Consultado el día 24 junio del 2013. en línea. Disponible en <http://ecologiasomosnaturaleza.blogspot.com/2007/04/habitat-y-nicho-ecologico.html>
- ASAMBLEA CONSTITUYENTE. 2010.** Ley de aguas. (en línea) Consultado el día 5 mayo del 2012. en línea. Disponible en <http://www.asambleaconstituyente.gov.ec/>
- BADII Z; GARZA, C; GARZA, A; LANDEROS, F. 2005.** Los indicadores biológicos en la evaluación de la contaminación por agroquímicos en ecosistemas acuáticos asociados. Cultura Científica y Tecnológica .P.4-20.
- CARRERA, C. Y FIERRO, K. 2001.** Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. EcoCiencia. Quito.
- DE LA LANZA, E; HERNÁNDEZ P; CARBAJAL, P. 2000.** Organismos Indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores). Plaza y Valdés. México. P. 633.
- DOMÍNGUEZ E; HUBBARD, M; PETERS, W. 1992.** Claves para ninfas y adultos de las familias y géneros de Ephemeroptera (Insecta) Sudamericanos. Instituto de Limnología "Dr. Raúl A. Ringuelet", Biología acuática 16 (Argentina). 36 pp.

ECURED 2013. Calidad del agua. (en línea). Consultado el día 24 junio del 2013. Disponible en http://www.ecured.cu/index.php/Calidad_del_Agua

FERNANDEZ EDITORES. 2013. Ecosistemas acuáticos. (en línea). Consultado el día 24 junio del 2013. Disponible en <http://www.tareasya.com.mx/index.php/tareas-ya/primaria/sextogrado/ciencias-naturales/1319-Ecosistemas-acu%C3%A1ticos.html>

FLOWERS W. 1992. Review of the genera of Mayflies of Panama, with a checklist of Panamanian and Costa Rican species. In *Insects of Panama and Mesoamerica select studies*. D. Quintero and A. Aiello (eds) University Press. P. 37-51.

-----**2008.** A new species of *Thraulodes* (Ephemeroptera, Leptophlebiidae, Atalophbiinae) from a highly altered river in western Ecuador, Florida, USA

FLOWERS, W Y DE LA ROSA, C. 2010. Ephemeroptera. *Revista biológica*. Versión ISSN 0034-7744. (en línea). Consultado el 2 de junio del 2012. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800004

GALLARDO, A Y SAW, E. 2008. Calidad del agua en el arroyo guadaluquitón y otros cauces de san roque: aplicaciones de los índices IBMWP e IASPT. Instituto de Estudios Campogibraltareños. p 11

HACIENDA. LA GACETA- DIARIO OFICIAL.2007. Reglamento para la Evaluación y Clasificación de la Calidad de Cuerpos de Agua Superficiales. (en línea). Consultado en Noviembre del 2009 .Disponible en:<http://www.hacienda.go.cr/centro/datos/Decreto/Decretos17%22007.pdf>.

HILSENHOFF, W. 1987. An improved biotic index of organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist*. 20: 31-39.

- HILSENHOFF, W. 1988.** Rapid field assessment of organic pollution with a family-level biotic index. *J. N. Am. Benthol. Soc.* 7: 65-68.
- LANDE, R. 1996.** Statistics and partitioning of species diversity, and similarity among multiple communities. *Oikos*, 76: 5-13.
- MAGURRAN, A. 1988.** Ecological diversity and its measurement. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- MARCANO J. 2009.** Nociones de Ecología. Ecología de las Aguas Dulces. (en línea). Consultado en Noviembre 2009. Disponible en: <http://www.jmarcano.com/nociones/index.html>.
- MORENO, C. 2001.** Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol.1. Zaragoza, 84 pp.
- ROSENBERG, D; KING, R; RESH, V. 2008.** Use of aquatic insects in biomonitoring, p. 123-137. In R.W. Merritt, M.B. Berg & K.W. Cummins (eds.). An introduction to the aquatic insects of North America. Kendall/Hunt, Dubuque, EEUU.
- RAMÍREZ, A. 2010.** Odonata. *Revista biológica*. versión ISSN 0034-7744. (en línea). Consultado el 2 de junio del 2012. Disponible en http://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800005
- ROSSARO, B; BOGERO, A; LENCIONI, V; MARZIALI L; SOLIMINI, A. 2006.** Tools for the development of a benthic quality index for Italian lakes. *J. Limnol.* 65: 41-51.
- SANCHEZ, M. 2005.** El índice biológico BMWP (BiologicalMonitoringWorkingParty score), modificado y adaptado al cauce

principal del río Pamplonita norte de Santander. Revista de la facultad de ciencias Básicas. Vol 3. Número 002. Bucaramanga. Colombia pp 54- 67

SERMEÑO, J; CERVANTES, L; SPRINGER, M. 2010. Determinación de la calidad ambiental de las aguas de los ríos de El Salvador, utilizando invertebrados acuáticos en el Salvador (IBF- SV- 2010). 1ª ed. San Salvador. Editorial Universitaria (UES). 43pp.

SHANNON C y WEAVER W. (1949). The mathematical theory of communication, The University of Illinois Press, Urbana, IL.

SPRINGER, M; VÁSQUEZ, D; CASTRO, A. 2007. Bioindicadores de calidad de agua. Guía ilustrativa para calificación de calidad de agua.

THORNER R. y WILLIAMS P.1997. The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater Biology*, 37: 671 - 686.

WINEMILLER, K; MARRERO, C; TAPHORN, D. 1996. Perturbaciones causadas por el hombre a las poblaciones de peces de los llanos y del piedemonte andino de Venezuela. *Biollania* 12:13-48.

WORLDWATERMONITORINGDAY, 2011. Indicadores de calidad del agua: parámetros biológicos, físicos y químicos. (en línea). Consultado el 2 de junio del 2012. Disponible en http://www.worldwatermonitoringday.org/uploadedFiles/Content/Resources/Water_Quality_Indicators_5.15.2012.

YEPEZ, A. 2013. Desechos residenciales e industriales y su incidencia en la calidad del agua del río de Quevedo, trayecto playa grande – puente Walter Andrade. Tesis Previa la Obtención del Grado Académico de Magíster en Desarrollo y Medio Ambiente.

AN EX OS

.
A1. Puntuaciones por órdenes de macroinvertebrados, según la tolerancia a contaminación orgánica.

PUNTAJE	LISTA DE FAMILIAS POR ORDENES ¹	
9	O D E P T	<i>Polythoridae</i> <i>Blephariceridae; Athericidae</i> <i>Heptageniidae</i> <i>Perlidae</i> <i>Lepidostomatidae; Odontoceridae; Hydrobiosidae; Ecnomidae</i>
8	E O T B	<i>Leptophlebiidae</i> <i>Cordulegastridae; Corduliidae; Aeshnidae; Perilestidae</i> <i>Limnephilidae; Calamoceratidae; Leptoceridae; Glossosomatidae</i> <i>Blaberidae</i>
7	C O T Cr	<i>Ptilodactylidae; Psephenidae; Lutrochidae</i> <i>Gomphidae; Lesliidae; Megapodagrionidae; Protoneuridae; Platystictidae</i> <i>Philopotamidae</i> <i>Talitridae; Gammaridae</i>
6	O M T E	<i>Libellulidae</i> <i>Corydalidae</i> <i>Hydroptilidae; Polycentropodidae; Xiphocentronidae</i> <i>Euthyplociidae; Isonychidae</i>
5	L T C E Cr Tr	<i>Pyralidae</i> <i>Hidropsychidae; Helicopsychidae</i> <i>Dryopidae; Hydraenidae; Elmidae; Limnichidae</i> <i>Leptohyphidae; Oligoneuriidae; Polymitarciidae; Baetidae</i> <i>Crustacea</i> <i>Turbellaria</i>
4	C D H O	<i>Chrysomelidae; Curculionidae; Haliplidae; Lampyridae;</i> <i>Staphylinidae; Dytiscidae; Gyrinidae; Scirtidae; Noteridae</i> <i>Dixidae; Simulidae; Tipulidae; Dolichopodidae; Empididae;</i> <i>Muscidae; Sciomyzidae; Cerapotogonidae; Stratiomyidae;</i> <i>Tabanidae</i> <i>Belostomatidae; Corixidae; Naucoridae; Pleidae; Nepidae;</i> <i>Notonectidae.</i> <i>Calopterygidae; Coenagrionidae</i>

¹ El símbolo representa los diferentes órdenes de macroinvertebrados.

	<i>E</i>	<i>Caenidae</i>
	<i>Hi</i>	<i>Hidracarina</i>
3	<i>C</i>	<i>Hydrophilidae</i>
	<i>D</i>	<i>Psychodidae</i>
	<i>Mo</i>	<i>Valvatidae; Hidrobiidae; Lymnaeidae; Physidae; Planorbidae</i> <i>Bithyniidae; Bythinellidae; Sphaeridae</i>
	<i>A</i>	<i>Hirudea; Glossiphonidae; Hirudidae; Erpobdellidae</i>
	<i>Cr</i>	<i>Asellidae</i>
2	<i>D</i>	<i>Chironomidae; Culicidae; Ephydriidae</i>
1	<i>D</i>	<i>Syrphidae</i>
	<i>A</i>	<i>Oligochatea (todas las clases)</i>

A2.Recolección del universo de macroinvertebrados en las unidades de estudio.

Phylum	Macroinvertebrados													
	Orden	Familia	Río Quevedo			Río San Pablo			Estero La Cadena			Río Lulo		
			M1	M2	Prom	M 1	M2	Prom	M 1	M2	Prom	M 1	M 2	Prom
Artrópoda	Ephemeroptera	Baetidae	1	0	0,5	9	38	23,5	24	9	16,5	37	35	36
		Leptophlebiidae	0	0	0	15	23	19	3	3	3	9	17	13
		Leptohyphidae	0	0	0	13	1	7	0	0	0	9	20	14,5
	Trichoptera	Helicopsychidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	1
		Polycentropodidae	0	0	0	7	0	3,5	13	0	6,5	24	0	12
		Hidropsychidae	0	0	0	2	12	7	11	23	17	0	8	4
	Coleoptera	Leptoceridae	0	0	0	2	0	1	1	0	0,5	0	0	0
		Elmidae	0	0	0	7	3	5	7	0	3,5	4	1	2,5
		Psephenidae	6	1	3,5	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	Diptera	Tipulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5
		Simulidae	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	4	3	3,5
		Chironomidae	0	10	5	0	2	1	5	2	3,5	0	5	2,5
		Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	2	1	0	0	0
Odonata	Corydalidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	
Megaloptera	Naucoridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	
Hemiptera	Thiaridae	0	0	0	0	0	0	0	1	0,5	0	0	0	
Molusca	Molusco													
Total			7	11	9	55	80	67,5	64	40	52	89	92	90,5
Riqueza			2	2		7	7		7	6		7	10	
Valor Max			6	10		15	38		24	23		37	35	
Valor Mínimo			1	1		2	1		1	1		1	1	

A3.Hoja de registro, para la recolección de macroinvertebrados

HOJA DE REGISTRO			
	Sitio de colección:		
	Nombre del río:		
	Fecha de muestreo:		
	Personas integrantes:		
N	ORDEN	FAMILIA	CANTIDAD
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			
8			
9			
	TOTAL		

A4.Cuadro para realizar el análisis Alpha

	UM_1	UM_2	UM_3	UM_4
Taxa_S				
Individuals				
Dominance_D				
Simpson_1-D				
Shannon_H				
Margalef				
Equitability_J				

A5. Cuadro para realizar la interpretación del Índice BMWP-Cr

NIVEL DE CALIDAD	BMWP-Cr	Color Representativo	
Aguas de calidad excelente	> 120		Azul
Aguas de calidad buena, no contaminadas alteradas de manera sensible	101-120		Azul
Aguas de calidad regular, eutrofia, contaminación moderada	61-100		Verde
Aguas de calidad mala, contaminadas	36-60		Amarillo
Agua de calidad mala , muy contaminadas	16-35		Naranja
Aguas de calidad muy mala, extremadamente contaminadas	< 15		Rojo

A7. Cuadro para realizar la interpretación del Índice ETP

RANGO	CALIDAD DE AGUA
101 a 145	Muy buena
61 a 100	Buena
36 a 60	Regular
16 a 35	Mala
0 a 15	Muy mala

A8. Cuadro para realizar la interpretación del índice IBF (Hilsenhoff 1988).

VALOR IBF – SV -2010	CATEGORIA	CALIDAD DEL AGUA	INTERPRETACION DEL GRADO DE CONTAMINACION ORGÁNICA
0.00 – 3.75	1	Excelente	Contaminación orgánica
3.76 – 4.25	2	Muy buena	Contaminación orgánica leve posible
4.26 – 5.00	3	Buena	Alguna contaminación orgánica probable
5.01 -5.75	4	Regular	Contaminación orgánica bastante sustancial es probable
5.76 -6.50	5	Regular Pobre	Contaminación sustancial probable
6.51 -7.25	6	Pobre	Contaminación muy sustancial probable
7.26 – 10.00	7	Muy pobre	Contaminación orgánica severa probable

A9.Cuadro para realizar la interpretación del Índice Simpson

Valores	Interpretación
0 – 0.5	Diversidad baja
0.6 – 0.9	Diversidad media
1	Diversidad alta

A10.Cuadro para realizar la interpretación del Índice Shannon

Valores	Interpretación
0 - 0,35	Diversidad baja
0,36 – 0,75	Diversidad media
0,76 – 1	Diversidad alta

A11.Cartillas ilustrativas para la identificación de macroinvertebrados y su sensibilidad.

Indicadores de excelente a muy buena calidad de agua

Baetidae E,5
 Baetidae E,5
 Leptophlebiidae E,8
 Heptageniidae E,10
 Polythoridae O,10
 Perlidae P,10
 Perlidae P,10
 Perlidae P,10
 Perlidae P,10
 Elmidae C,5
 Elmidae C,5
 Philoactylidae C,7
 Blaberidae B,8
 Lutrachidae C,7
 Lutrachidae C,7
 Calamoceratidae T,8
 Glossosomatidae T,8
 Leptoceridae T,8
 Leptoceridae T,8
 Leptoceridae T,8
 Leptoceridae T,8

Indicadores de aguas de calidad buena a regular

Baetidae E,5
 Leptohyphidae E,5
 Gomphidae O,7
 Libellulidae O,6
 Coenagrionidae O,4

Indicadores de aguas de calidad regular a mala

Calopterygidae O,4
 Coenagrionidae O,4
 Caenidae E,4
 Staphylinidae C,4
 Noteridae C,4
 Belostomatidae H,4
 Naucoridae H,4
 Notonectidae H,4
 Planariidae 5
 Thiaridae Mo,3
 Hydrobiidae Mo,3
 Hydrophilidae C,3
 Dytiscidae C,4
 Chironomidae D,2
 Simuliidae D,4
 Psychodidae D,3
 Tipulidae D,4
 Pyralidae L,5
 Corydalidae M,6
 Platyctenidae O,7
 Megapodagrionidae O,7
 Palaemonidae Cr,5

Indicadores de aguas de calidad mala a muy mala

Chironomidae D,2
 Culicidae D,2
 Syrphidae D,1
 Oligochaeta A,1
 Tubifex A,1

Instrucciones de uso

- La letra mayúscula después del nombre corresponde al orden (según las iniciales de los nombres de la página 1)
- El número corresponde al valor del Índice BMWP'-CR (según página 6)
- El tamaño del organismo se indica según el siguiente símbolo:
 - ☞ < 5mm
 - ☞ < 15mm
 - ☞ > 15mm
 (los organismos grandes y medianos pueden tener un tamaño menor cuando son muy jóvenes)

OJO: Todos los organismos indicadores pertenecientes a una categoría específica también pueden vivir en aguas de calidad superior

A12. Materiales utilizados en la recolección de muestras.





Foto 1: Clases de red para la captura de insectos

Foto 2: Red D y D invertida

Foto 3: Cedazo

A13.Lugares de muestreo.



Foto 4: Río Quevedo



Foto 5: Río San Pablo



Foto 6: Estero La Cadena



Foto 7: Río Lulo



Foto 8: Cajas Petri



Foto 9: Muestra de río

A13.Observaciones de macroinvertebrados



Foto 10: Estereoscopio



Foto 11: Observación para realizar la identificación



Foto 12: Macroinvertebrados encontrados



Foto 13: Chironomidae



Foto 14: Baetidae

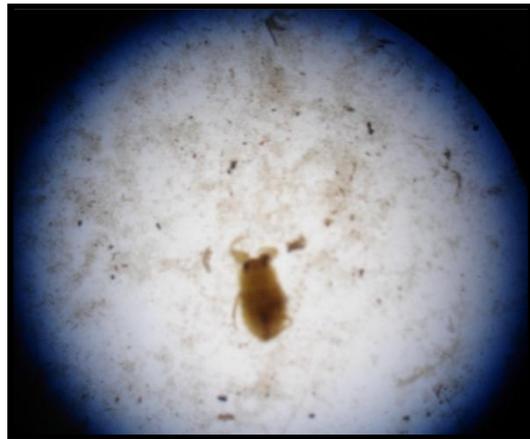


Foto 15: Naucoridae



Fotos 16 y 17: Orden Ephemeroptera

A14. Propuesta del manual de biomonitoreo utilizando el índice (ETP)

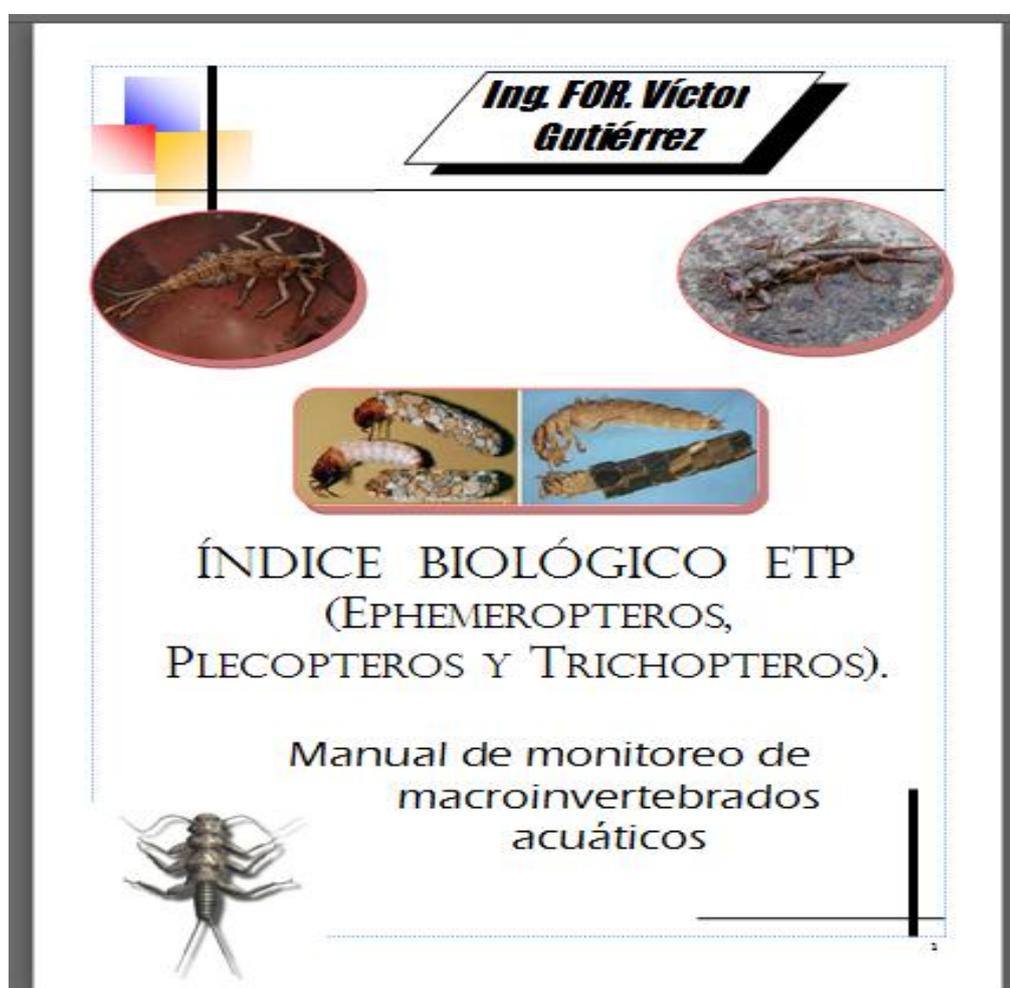


Foto 18: Portada



Autor:

Ing. For. Víctor Eduardo Gutiérrez Lara
Teléfono: (593-2) 755993
Celular: 0994091184

Correo electrónico: lingedugutierrezlara@hotmail.com
Quevedo, Ecuador

Edición: Víctor Eduardo Gutiérrez Lara
© Gutiérrez Víctor, 2013
Todos los derechos reservados
Impreso en Ecuador - Printed in Ecuador
Primera edición

Las opiniones y datos vertidos en este texto son responsabilidad del autor.
Se permite la reproducción total o parcial del texto de esta obra citando la fuente.

2

Foto 19: Contra Portada

Este manual describe el proceso del monitoreo biológico con macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua, utilizando el Índice biológico ETP.

Este grupo de animales sirve para monitorear y evaluar los efectos de la actividad humana en ríos y esteros. Es una herramienta de apoyo a las comunidades y organizaciones de base para tomar acciones en la conservación de sus ríos.

La publicación de esta obra y las actividades que la respaldan han sido posibles gracias al apoyo del proyecto Compara y los protocolos de bioindicadores y su eficacia en la medición de la calidad del agua en los ríos Quevedo, San Pablo, Lulo y el estero La Cadena.



3

Foto 20: Mensaje



CONTENIDO	PÁG
Agradecimiento	5
Presentación	6
Capítulo 1. El Agua	7
Capítulo 2. Monitoreo Acuáticos	8
Capítulo 3. Órdenes Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros.	9
Capítulo 4. Recolección de la muestra	10
Capítulo 5. Análisis y resultados de la muestra	11
Literatura citada.	12



Foto 21: Contenido

AGRADECIMIENTO

Agradezco a la comprensión y apoyo de:

- Mi adorado padre: Santos Victoriano Gutiérrez
- Mi venerable madre: Carmen Lara Olalla
- Mis compañeros y amigos
- Al apreciado y respetable docente y amigo Ing. Raúl Quijje P.
- A los docentes de la unidad de posgrado.
- A los directivos de la unidad de Posgrado y a la facultad de Ciencias Ambientales
- Al Dr. Wills Flowers investigador y amigo norte americano.

Foto 22: Agradecimiento

Presentación

La contaminación del agua es un problema para la salud de todos los seres vivos que habitan en el planeta. Gran parte de nuestras actividades dependen del agua, por lo tanto debemos considerarla un recurso estratégico cuya conservación es indispensable para el futuro.

En el Ecuador se ha dado poca importancia a la contaminación de ríos, lagos y lagunas; no existe un diagnóstico de la calidad del agua que tome en cuenta a los seres vivos que habitan estos ecosistemas. La mayoría de los análisis se hace a través de pruebas químicas que consideran únicamente la calidad del agua desde su potabilidad. El presente manual propone un diagnóstico relativamente simple y de bajo costo que sirva como herramienta de apoyo a las comunidades locales interesadas en conocer tanto el estado de las aguas que corren por sus ríos y esteros como la salud de los seres vivos que habitan en ellos. Este manual no pretende reemplazar los análisis con fines rigurosamente científicos, pero sí propone una herramienta de diagnóstico con sus mismas cualidades.

Este trabajo es producto del esfuerzo y la experiencia de los investigadores en el proyecto COMPARACIÓN DE PROTOCOLOS DE BIOINDICADORES Y SU EFICACIA EN LA MEDICIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LOS RÍOS QUEVEDO, SAN PABLO, LULO Y ESTERO LA CADENA. AÑO 2012.

Foto 23: Presentación



EL AGUA

El agua, al mismo tiempo que constituye el líquido más abundante en la Tierra, representa el recurso natural más importante y la base de toda forma de vida.

El agua puede ser considerada como un recurso renovable cuando se controla cuidadosamente su uso, tratamiento, liberación, circulación. De lo contrario es un recurso no renovable en una localidad determinada.

En nuestra planta las aguas ocupan una alta proporción en relación con las tierras emorgadas, y se presentan en diferentes formas:

- **mares y océanos**, que contienen una alta concentración de sales y que llegan a cubrir un 71% de la superficie terrestre;
- **aguas superficiales**, que comprenden ríos, lagunas y lagos;
- **aguas del subsuelo**, también llamadas aguas subterráneas, por fluir por debajo de la superficie terrestre.

Aproximadamente 97% del agua del planeta es agua salina, en mares y océanos; apenas 3% del agua total es agua dulce (no salina) y de esa cantidad un poco más de dos tercios partes se encuentran congelada en los glaciares y casquetes helados en los polos y altas montañas.

Qué contamina el agua?

Agentes patógenos. - Bacterias, virus, protozoos, parásitos que entran al agua provenientes de desechos orgánicos.

Desechos que requieren oxígeno. - Los desechos orgánicos pueden ser descompuestos por bacterias que usan oxígeno para biodegradarlos. Si hay poblaciones grandes de estas bacterias, pueden agotar el oxígeno del agua, matando así las formas de vida acuáticas.

Sustancias químicas inorgánicas. - Ácidos, compuestos de metales tóxicos (Mercurio, Plomo), envenenan el agua.

Los nutrientes vegetales pueden ocasionar el crecimiento excesivo de plantas acuáticas que después mueren y se descomponen, agotando el oxígeno del agua y de este modo causan la muerte de las capricios marinos (zona muerta).

Sustancias químicas orgánicas. - Pesticidas, plásticos, plaguicidas, detergentes que amoran en la vida.

Sedimentos o materia suspendida. - Partículas inadmisible de suelo que enturbian el agua, y que son la mayor fuente de contaminación.

Sustancias radiactivas que pueden causar defectos congénitos y cáncer.

Calor. - Ingresos de agua caliente que disminuyen el contenido de oxígeno y hace a los organismos acuáticos muy vulnerables.

Fuentes Puntuales Y No Puntuales

Las fuentes puntuales descargan contaminantes en localizaciones específicas a través de tuberías y alcantarillas. Ej: Fábricas, plantas de tratamiento de aguas negras, minas, pozos petroleros, etc.

Las fuentes no puntuales son grandes áreas de terreno que descargan contaminantes al agua sobre una región extensa. Ej: Vertimiento de sustancias químicas, tierras de cultivo, lotes para pastar ganado, combustiones, tanques sépticos.

Contaminación De Ríos Y Lagos

Los corrientes fluviales debido a que fluyen se recuperan rápidamente del exceso de calor y los desechos degradables. Esto funciona mientras no haya sobrecarga de los contaminantes, o su flujo no sea reducido por sequía, por no sé, etc.

Foto 24: El Agua

¿Qué es el monitoreo y para qué sirve?

El monitoreo permite analizar los cambios en la salud del río.

Así como usted se hace 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 de 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 compararse 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 pase cerca del bosque nativo, que cuando pase cerca de las checras, porque los



Agua Contaminada



Agua Limpia

Foto 25: Monitoreo

ETP

Órdenes Ephemeropteros, Plecopteros y Trichopteros

Orden Ephemeroptera
 Reciben este nombre debido a su corta vida o "efimera" que llevan como adultos. Algunos pueden vivir en este estado sólo cinco minutos, pero la mayoría viven entre 3 a 4 días; durante este tiempo alcanzan la madurez sexual y se reproducen. Las ninfas viven, por lo general, en aguas corrientes limpias y bien oxigenadas; sólo algunas especies pueden resistir cierto grado de contaminación (Moldán, 1988). Con excepción de una especie de Ecuador con similitud de Sudamérica, todas las ninfas son estrictamente dulcosacuáticas tanto las chicas como las chicas.

En su etapa acuática inmadura o ninfa juegan un papel muy importante en el procesamiento del agua dulce alimentándose partículas de rocas u otro material y de algas, y sirviendo de alimento a peces y otros animales acuáticos (Howers, 1992).



Orden Trichoptera
 De tricos (trichos), pelo, y ptoron (alas) por lo pelo de las alas. Casi la totalidad de las especies viven en el agua y son conocidas con el nombre común de trífidos. Son insectos semejantes a los lepidópteros. Estas insectos se caracterizan por hacer casas o refugios que construyen en estado larval, los cuales sirven a menudo para su identificación (Moldán, 1988). Por su considerable diversificación del hábitat, los Trichopteros juegan un importante papel ecológico en la mayoría de las aguas dulces.

Sus larvas son omnívoras, vegetarianas o carnívoras, según la especie, mientras que los adultos casi siempre comen y si lo hacen, sólo toman líquidos, generalmente, inhórrimo a la polución y esto sirve como indicador de la calidad del agua (Ward, 1992). La mayoría de los Trichopteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal; algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas (Moldán, 1988).



Foto 26: Índice ETP

Orden Ephemeroptera

El orden Plecoptera constituye un grupo pequeño de unas 2.000 especies. Son insectos neópteros y paurometábolos, de distribución cosmopolita. Los estados inmaduros son fundamentalmente acuáticos, existen unas pocas especies semiterrestres.

Biología. Las larvas del grupo son esencialmente acuáticas, asociadas fundamentalmente con ambientes lóticos y con algunos casos de hábitos terrestres o semiterrestres. Son básicamente detritívoras-herbívoras y en menor medida predadoras. Pueden presentar hasta más de 30 estadios y sus ciclos de vida pueden requerir hasta tres años.

Los adultos pueden vivir entre cinco y 30 días, las hembras ovipositan generalmente dejando caer los huevos en vuelo, o bien depositándolos en la superficie del agua. Metodología de recolección. Las larvas pueden ser recolectadas con distintos tipos de redes entomológicas acuáticas ("D frame", surver, etc.), removiendo el sustrato y ubicando la red aguas abajo, o bien mediante captura manual en las piedras y troncos del lecho y en las películas de agua en rocas y musgos.



Foto 27: Orden Ephemeroptera

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Qué son los macroinvertebrados acuáticos?

Los macroinvertebrados acuáticos son bichos que se pueden ver a simple vista.

Se llaman macro porque son grandes (miden entre 2 milímetros y 30 centímetros), invertebrados porque no tienen huesos, y acuáticos porque viven en los lugares con agua dulce: esteros, ríos, lagos y lagunas.

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 calmada y
-  en lagunas, lagos, aguas estancadas, pozos y charcos.

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 y
-  sangre de otros animales.

Foto 28: Recolección de la muestra

RECOLECCIÓN DE LA MUESTRA

Para realizar la recolección de los individuos (macroinvertebrados) hay que tomar en cuenta ciertos aspectos importantes.

- Selección de los sitios de muestreo**

Para la selección del sitio de muestreo se toma en cuenta las condiciones del río y/o estero, capacidad de depuración del afluente, lugares o sitios de recolección, antes y después de algún foco de contaminación evidente.
- Elección de los materiales de recolección**

Dependiendo del lugar de muestreo seleccionamos los materiales básicos:

 - ⇒ Bolsas
 - ⇒ Frascos de vidrio
 - ⇒ Red D y Divorvidia
 - ⇒ Pinzas
 - ⇒ Alcohol al 75%
 - ⇒ Colador
 - ⇒ Lupa
- Barrido**

Se consideran dos muestras de agua por cada unidad estratificada y a su vez 30 sub-muestras aplicables en el barrido para recolectar los macroinvertebrados acuáticos por cada unidad de muestra las cuales vamos a utilizar la red D para las aguas superficiales y la red Divorvidia para las partes profundas.


- Identificación**

Para la identificación se utilizan claves o ilustraciones de macroinvertebrados acuáticos.
- Aplicación del índice ETP**

Se realiza la suma de cada ETP encontrado en cada muestra luego se lo divide para el total de macroinvertebrados encontrados se los multiplica por 100 y se obtiene un porcentaje el cual se compara con la tabla de ETP y se observa la calidad de agua.

100 METROS BARRIDO



Barrido de 100 metros
10 estaciones
Estaciones (10)




12

Foto 29: Pasos para la Recolección de la muestra

Análisis y resultados de la muestra

HOJA DE REGISTRO

Sitio de colección: _____
 Número del río o T: _____
 Fecha de muestreo: _____
 Personas integrantes: _____

CLASIFICACIÓN	ABUNDANCIA (Total de individuos)	ETP Presentes
ETP ?	Cantidad	Cantidad
ETP ?	Cantidad	Cantidad
TOTAL	R₁	R₂

Índice ETP = (R₂ / R₁) * 100 = R
 Entonces R será ?

RESULTADO DEL ANÁLISIS DE LOS EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera)

$$\text{Índice de los EPT (X)} = \frac{\sum \text{ETP}}{\sum \text{de las macroinvertebrados (diversidad total)}} \times 100$$

Interpretación:

Calidad del agua
75 a 100%
50 a 74%
25 a 49%
0 a 24%

13

Foto 30: Análisis y resultados de la muestra