



**Pontificia Universidad Católica del Ecuador
Sede Esmeraldas (PUCESE)**



Escuela de Ingeniería en Gestión Ambiental

Tesis de Grado

Composición de la Comunidad de Macroinvertebrados a lo largo de
una Gradiente Longitudinal, Cabecera – Tramo Medio, en el Río
Atacames (Esmeraldas, Ecuador).

**Previo al grado académico de Título Profesional
Ingeniería en Gestión Ambiental**

Autor:

Iván Sánchez Hernández

Docente Asesor:

Javier Irurita

Esmeraldas, Mayo/2015

Trabajo de tesis aprobado luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de Grado de la PUCESE previo a la obtención del título de INGENIERÍA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente Tribunal de Graduación

Lector 1

Betto Estupiñán Toro

Lector 2

Olga Carnicer

Director de la Escuela de Gestión Ambiental

Carlos Torres

Director de Tesis

Javier Irurita

Esmeraldas, de de 2015

AUTOR

Yo, Iván Enrique Sánchez Hernández, declaro que la presente investigación enmarcada en el actual trabajo de tesis es absolutamente original, auténtica y personal.

En virtud que el contenido de ésta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica del autor y de la PUCESE.

Iván Enrique Sánchez Hernández
C.I. 0802153668

AGRADECIMIENTO

El desarrollo de esta investigación no hubiese sido posible sin la participación de personas que han facilitado las cosas para que este trabajo llene las expectativas planteadas. Por ello es para mí un placer utilizar este medio para de una manera ser justo y consecuente con ellas.

Mi más profundo agradecimiento a Dios quien me ha dado la fortaleza y humildad de poder aceptar las adversidades que se me han presentado en el camino hacia mi formación profesional. Agradezco a mi madre quien con una entrega desmedida pudo darme no solo amor y valores morales sino también la oportunidad de estudiar en esta prestigiosa Universidad, no dejo también de pensar y rendir homenaje con este trabajo investigativo que he realizado con entrega y responsabilidad a mi difunto Padre de quien tengo los mejores recuerdos y de estar presente se lo orgulloso que se sentiría de quien ahora soy.

Otro pilar fundamental en mi vida también fue mi Abuela quien siempre apoyo a mi familia con su amor y protección.

DEDICATORIA

Quiero dedicar este logro de forma muy especial e infinita a mi madre la señora Doris Hernández y mi abuela Carmelina Ortega, por su infinito amor incondicional y con el más profundo sentimiento de gratitud, porque sin ellas no hubiese logrado el reto de alcanzar el objetivo que me propuse desde niño, ser un profesional.

CONTENIDO

1.- INTRODUCCIÓN	13
2.- MARCO CONTEXTUAL.....	14
2.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	14
2.2.- MARCO DE REFERENCIA	15
2.2.1.-Caracterización del río Atacames y sus inmediaciones.....	15
2.2.1.- Clima	16
2.2.2.- Edafología y topografía	16
2.2.3.- Uso del suelo	16
2.2.4.- Riesgos naturales	17
2.3.- DEFINICIONES CONCEPTUALES	17
2.3.1.- ¿Qué son los macroinvertebrados?.....	17
2.3.2.- Papel de los macroinvertebrados	18
2.3.3.- Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua.....	18
2.3.4.- Ejemplos de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad ambiental	20
2.3.5.- Características físico-químicas del agua variabilidad	23
2.4.- MARCO LEGAL.....	24
3.- OBJETIVOS	29
3.1.- GENERAL	29
3.2.- ESPECÍFICOS	29
4.- METODOLOGÍA	30
4.1.- Descripción y Características del Lugar de Estudio	30
4.2.- Registro de las variables ambientales	34
4.3.- Descripción de la metodología de muestreo de Macroinvertebrados	35
4.4.- Análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), para Calidad de Agua.	41
4.5.- Análisis Descriptivo	42
4.6.- Análisis Cluster	43
4.7.- Correlaciones	43
5.- RESULTADOS	43
5.1. Parámetros físicos-químicos.....	46
5.2. Análisis ETP.....	49
5.3.- Análisis Cluster	52
5.4.- Correlación.....	53

6.- DISCUSIÓN	54
7.- CONCLUSIONES	59
8.- RECOMENDACIONES.....	60
9.- BIBLIOGRAFÍA	61

LISTA DE GRÁFICOS

GRÁFICO 1 VARIACIÓN DE PORCENTAJES DE CALIDAD DE AGUA. MUESTRO JUNIO-AGOSTO 2013.....	50
GRÁFICO 2 DIFERENCIAS ENTRE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO ATACAMES DE LA PARTE ALTA A LA MEDIA.....	53

LISTA DE IMÁGENES

IMAGEN 1 PORCENTAJE DE ACEPTACIÓN DE INDICADORES BIOLÓGICOS PARA LA EVALUACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA.	19
IMAGEN 2 LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE BUENA CALIDAD DE AGUA.	21
IMAGEN 3 MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE AGUAS ESTANCADAS Y DE BAJA CALIDAD.....	22
IMAGEN 4. MAPA DEL RÍO ATACAMES.	30
IMAGEN 5. MAPA DE ATACAMES CON LOS PUNTOS DE MUESTRA.	32
IMAGEN 6 MEDICIÓN DE PARÁMETROS EN EL RÍO ATACAMES.	35
IMAGEN 7 AMBIENTES DE MUESTREO - IMAGEN 8 AMBIENTES DE MUESTREO.....	36
IMAGEN 9 RECOLECCIÓN DE MUESTRA - IMAGEN 10 RECOLECCIÓN DE MUESTRA	37
IMAGEN 11 RECOLECCIÓN DE MUESTRAS.....	37
IMAGEN 12 MUESTRAS EN EL LABORATORIO	38
IMAGEN 13 LIMPIEZA DE MUESTRAS	38
IMAGEN 14 LIMPIEZA DE MUESTRAS.....	39
IMAGEN 15 LIMPIEZA DE LAS MUESTRAS	39
IMAGEN 16 MUESTRAS LIMPIAS Y CLASIFICADAS POR PUNTO DE MUESTREO	40
IMAGEN 17 CLASIFICADAS DE MUESTREO	40
IMAGEN 18 ECOSISTEMA DE LA CUENCA DEL RÍO ATACAMES	44
IMAGEN 19 USO DEL SUELO ALREDEDOR DE LA ZONA DE MUESTREO.....	45

LISTA DE TABLAS

TABLA 1. COORDENADAS DE MUESTREO (JUNIO-AGOSTO 2013)	31
TABLA 2 FICHA DE MUESTREO.	33
TABLA 3 CARACTERÍSTICAS FÍSICAS-QUÍMICA DE LA PARTE MEDIA- BAJA DEL RÍO ATACAMES. MUESTREO JUNIO-AGOSTOS 2013.	46
TABLA 4. NÚMERO DE FAMILIAS ENCONTRADAS POR ESTACIÓN DE MUESTRA, RÍO ATACAMES (CUENCA ALTA- MEDIA). MUESTREO JUNIO-AGOSTOS 2013	47
TABLA 5. TOTAL DE FAMILIAS DE MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADAS EN EL RÍO ATACAMES DESDE LA PARTE ALTA –MEDIA. MUESTREO JUNIO-AGOSTOS 2013	48
TABLA 6. VARIACIÓN DE PORCENTAJES DE CALIDAD DE AGUA. RÍO ATACAMES (CUENCA ALTA-MEDIA). JUNIO-AGOSTO 2013	49
TABLA 7. ANÁLISIS ETP DEL TOTAL DE FAMILIAS ENCONTRADAS A LO LARGO DE LA GRADIENTE LONGITUDINAL DEL RÍO ATACAMES. MUESTREO JUNIO-AGOSTO 2013	51
TABLA 8. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS. MUESTRO JUNI-AGOSTO 2013. TABLA 8. ESTADÍSTICOS DESCRIPTIVOS.....	52
TABLA 9. ANÁLISIS DE LA CORRELACIÓN DEL PORCENTAJE TOTAL DE MACROINVERTEBRADOS EN CADA PUNTO DE MUESTREO Y LOS PARÁMETROS EN CADA PUNTO DE MUESTREO Y LOS PARÁMETROS FÍSICOS. MUESTRO JUNIO-AGOSTO 2013	53

ABREVIATURAS

NTU: Unidades de Medidas de Turbidez

TULAS: Texto Unificado De Legislación Ambiental Secundaria

INAMHI: Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología

TEMA:

“Composición de la comunidad de macroinvertebrados a lo largo de un gradiente longitudinal, cabecera–tramo medio, en el río Atacames (Esmeraldas, Ecuador)”.

RESUMEN

El presente trabajo es una investigación científica, que permitirá establecer la calidad ambiental del Río Atacames, mediante un estudio de macroinvertebrados como bioindicadores que va desde la cabecera hasta la zona media del río; con la finalidad de contribuir metodológicamente a otras investigaciones de evaluación y monitoreo de sistemas fluviales en zonas tropicales y en la Provincia de Esmeraldas (Ecuador).

En el río Atacames se establecieron 20 puntos de muestreo desde la parte alta hasta la parte media-baja, las cuales fueron seleccionadas antes y después de posibles puntos con grados de contaminación. Los macroinvertebrados se recolectaron siguiendo un muestreo semicuantitativo de tipo multihábitat, para luego en el laboratorio identificarlos hasta nivel de familia, habiendo encontrado un total de 28 Familias y 3353 individuos, con lo cual se elaborara un listado zoológico de la comunidad de macroinvertebrados del río Atacames.

Se determinaron también siete variables físico-químicas (pH, temperatura del agua, conductividad, turbidez, profundidad, velocidad de la corriente) para luego con varios análisis estadísticos en el programa SPSS.PASW18, identificar la existencia de alguna relación entre los macroinvertebrados y estas variables para conocer cuáles son las presiones que afectan o favorecen a los macroinvertebrados en esta zona.

La presencia de macroinvertebrados en el agua nos señala que existe una relación con el pH del agua, ya que mientras éste sea más neutro-alkalino más alto será el

número de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua. Se debe tener en cuenta que la proximidad al mar y el aumento de zonas urbanas afectan en la cantidad de macroinvertebrados en las zonas bajas.

El índice de calidad de agua propuesto fue el análisis ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), que nos indica que la cantidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua empieza a disminuir en la parte media hasta la baja, por el aumento de las actividades antrópicas como la descarga de aguas residuales, presencia de fincas en el borde del río, personas lavando ropa con detergentes y otros productos químicos; y la presencia de dos represas en el sector.

A pesar de estas alteraciones se pudo determinar que el agua del río Atacames cuenta con la presencia de macroinvertebrados, los mismos que son indicadores de calidad, encontrándolos en abundancia en la cuenca alta y por ende, manifestando que la calidad del agua es buena, pero con una zona de transición en la parte media-baja que varía entre buena y regular. La metodología utilizada puede ser empleada en otras investigaciones realizadas en ríos de zonas tropicales con características similares al río Atacames.

El grado latente de esta problemática es la falta de concienciación en la población Atacameña, que no mide la dimensión del daño y afectación para con el ambiente de este importante sector.

Los resultados obtenidos en esta investigación mediante la aplicación de los aspectos o procesos expuestos anteriormente, fueron analizados e interpretados de manera lógica y matemática. La propuesta está orientada fundamentalmente a plantear posibles alternativas que permitan la solución del problema detectado.

TOPIC:

“Composition of the macroinvertebrates community throughout a longitudinal slope, headwater–mid-river, at the River Atacames (Esmeraldas, Ecuador)”

ABSTRACT

This paper deals with researched performed to measure the environmental quality in the waters of the Atacames river (northern Ecuador) through a quantitative study of macroinvertebrates as bio-markers. Samples were taken from the headwaters to the middle area of the river. The main goal is to contribute methodologically to the evaluation and monitoring of hydrological systems in tropical areas in the Province of Esmeraldas (Ecuador). Twenty sampling points were chosen from the river's higher to the mid-low sectors, and samples were obtained before and after higher levels of pollutions were detected. In order to identify their family, Macroinvertebrates were collected following semiquantitative multi environmental sampling and, as a result, we found 3353 individuals from 28 different families, with whom a zoological list of the macroinvertebrates community will be developed.

Seven physiochemical variables were chosen to be analysed with SPSS.PASW18 (pH, water temperature, conductivity, turbidness, depth, current speed), in order to identify relationships between macroinvertebrates and the factors that may favour or affect them. The relationship between the waters' PH and the quantity of macroinvertebrates is the main variable, as a higher PH involves a higher number of macroinvertebrates. Another relevant factor is the proximity to seawaters, as the quantity of macroinvertebrates decreases once the coast is approached, as human population has a higher density in this area.

We propose ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) as an index of water quality. ETP results indicate that the quantity of macroinvertebrates decreases from the mid to the lower areas because of human activity (i.e. fecal waters, human presence at the shores, ranches, detergents and other chemicals, dykes, etc.). In spite of human presence, the quality of the waters ranges from 'good' to 'very good' near the higher parts; however, there is a transition area at the mid-low range of the river which its quality varies between 'good' and 'fair'. This type of methodology is suitable to be applied to tropical rivers with similar characteristics to River Atacames.

The most significant factor involving water contamination pollution is a low level of awareness, as locals do not take this type of environmental damage into higher estimation. Results were analysed quantitatively and qualitatively, in order to offer solutions to the aforementioned problems.

1.- INTRODUCCIÓN

A pesar que la naturaleza ha sido generosa con este planeta durante muchos años hemos abusado del recurso hídrico como si este fuese inagotable; y es así que hemos convertido a grandes ríos y lagos en basureros y estos a la vez en fuentes contaminantes.

El desarrollo, el cambio demográfico, crecimiento poblacional y otras actividades como ganadería, agricultura, desforestación están provocando un notable impacto en los ecosistemas, especialmente en los acuáticos. La provincia de Esmeraldas (Ecuador) no está fuera de estos impactos, debido a que sus ríos han sido alterados por actividades humanas, tales como los derrames de aceite-combustible y descargas de aguas residuales (Ros, 1995).

Siendo el cantón Atacames parte de la provincia de Esmeraldas se encuentra enmarcada dentro de los impactos antes mencionados, este cantón está conformado por el río Atacames que nace de las subcuencas del río Teseche y Salima. El río Atacames recibe descargas directas de aguas servidas, basura y desperdicios de actividades ganaderas; además, el asentamiento de empresas hoteleras y comercio informal, que generan impacto al ecosistema hídrico del río.

Es necesario un manejo sustentable del río Atacames, debido a la riqueza ecológica que posee, evitando así alteraciones ambientales y sociales, ya que provee de agua para consumo humano, a siete comunidades ubicadas desde la cuenca alta hasta la media.

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

Los macroinvertebrados bentónicos se consideran como excelentes indicadores, que forman un grupo de organismos adecuados para determinar la calidad del agua del río por contaminación (Figuroa et al., 2003).

Conociendo la composición taxonómica y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados existente en el río se puede determinar la magnitud de afección que pueden causar las perturbaciones antrópicas y están afectando la calidad del agua.

Con frecuencia se encuentra una gran riqueza biótica en los esteros pequeños y medianos como es el caso del río Atacames. La variabilidad ambiental principalmente la temperatura por encontrarse en una zona tropical puede ser grande, generando un elevado número de nichos (Vannote et al., 1980).

Por dicho motivo si utilizamos las interacciones entre las comunidades biológicas y las características ambientales que dominan el medio (Allan, 1984; Allan, 1995; Hynes, 1970), podremos lograr identificar las condiciones en que se encuentra el río Atacames.

2.- MARCO CONTEXTUAL

2.1.- PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

Según el Programa de manejo de Recursos Costeros (PMRC, 1993), el estudio de calidad de agua costera ecuatoriana menciona que el río Atacames que bordea la ciudad que lleva el mismo nombre recibe descargas directas de aguas servidas, basura y desperdicios de actividades agrícolas y ganaderas. El mismo estudio indica que el oxígeno disuelto se advierte agotado, tanto en invierno como en verano, lo cual puede estar relacionado con los procesos de mineralización de la materia orgánica. Los nitritos se encuentran en mayor concentración en verano en el balneario de Atacames, lo cual debe estar relacionado con los procesos de nitrificación de los vertidos domésticos en dichas playas.

Por tal motivo el objeto del presente estudio busca caracterizar la composición de la comunidad de macroinvertebrados y su aplicación a la zonificación fluvial del río Atacames (Esmeraldas), y a su vez relacionar la composición de macroinvertebrados

con ciertas variables físico- químicas que permitan establecer la calidad de agua del río y pueda a su vez servir para futuras investigaciones y trabajos en el mismo.

Son numerosos los estudios que han demostrado la utilidad de los macroinvertebrados como bioindicadores de calidad ya que estos son sensibles a determinadas condiciones ambientales (Jonson, 1998; Johnson y Goedkoop, 2002). Además, los macroinvertebrados desempeñan un papel fundamental en el funcionamiento de los sistemas acuáticos, constituyendo una pieza clave en las relaciones tróficas que se desarrollan en el ecosistema (Diehl y Kornijów, 1997) ya que la presencia de los macroinvertebrados bioindicadores señala la buena o mala calidad del agua.

2.2.- MARCO DE REFERENCIA

2.2.1.-Caracterización del río Atacames y sus inmediaciones.

La cuenca del río Atacames cuenta con 10 afluentes conocidos y una superficie de 22.608,3 hectáreas, sus límites geográficos son al norte con el Océano Pacífico, al sur con la parroquia San Gregorio (Muisne), al este con las parroquias Tonsupa, Atacames, Tabiazo y General Carlos Concha (Esmeraldas), y al oeste la parroquia Súa y parroquia Muisne, Esta cuenca tiene un alto grado de erosivo Ecocostas (2006) causando disturbios en el río por el arrastre de sedimentos.

La cuenca del río Atacames nace siendo parte de la Reserva Ecológica Mache Chindul, por lo que determinamos una zona con frondosa vegetación, en la zona media es muy notable la predominación de áreas dedicadas a la agricultura evidenciando sectores deforestados; y la parte media empiezan los asentamientos humanos los cuales van incrementando en población a medida que se acercan a la cabecera cantonal.

La incidencia humana con el desarrollo de la población y actividades agrícolas usan a los ríos como parte de sus procesos que les ayuda a incrementarse, sin pensar en el valor

de los ecosistemas acuáticos, generado de tal forma varios problemas ambientales como contaminación de fuentes de agua, disminución de caudales base o; pérdida de diversidad biológica (Jacobsen, 1998). Razones por las cual en las últimas décadas el hombre empieza a preocuparse y buscar metodologías que disminuyan la degradación de los recursos acuáticos (Toro et al., 2003).

2.2.1.- Clima

La cuenca del Atacames presenta una temperatura promedio anual de entre 24 a 26°C. Existen tres rangos promedio que van desde los 1.750 a 3.000 mm de precipitación anual, según datos de INAMHI (Instituto Nacional de Meteorología e Hidrología) en la estación meteorológica de Esmeraldas- Tachina se registra para la zona de Atacames una humedad relativa promedio que oscila entre los 78 a 85% (Añasco, 2010).

2.2.2.- Edafología y topografía

Siendo la zona de investigación el río Atacames en su alrededor predomina la presencia de dos tipos de suelo, uno que tiende a la erosión eólica e hídrica, y otro con minerales primarios y arcillas (Añasco, 2010). Estos tipos de suelo reflejan estabilidad y saturación de nutrientes, mismos que pueden ser aprovechados de manera racional y sustentable, basándose en una planificación que enmarque el aprovechamiento de un potencial agrícola, topografía, clima y condiciones físicas-químicas del suelo, sin causar perturbaciones en este y otros recursos afines como es el río Atacames.

2.2.3.- Uso del suelo

En el área de suelo que rodea la cuenca del río Atacames, se puede identificar que cerca del 60% del suelo está siendo utilizado para pasto-cultivos y áreas de regeneración de bosque; en un 23% se identifican centros poblados, áreas turísticas y comercio informal; y el 17% restante conserva bosques naturales (Añasco, 2010).

2.2.4.- Riesgos naturales

Atacames se encuentra en una zona de muy alto riesgo de desastres mayores, con uno de los índices más altos de exposición ante amenazas naturales como inundaciones y tsunamis (Demoraes y D'ercole, 2001), en la zona de estudio es evidente riesgos de derrumbes por tener lomas de frágil deslizamiento que podrían acarrear sedimento y causar grados de contaminación al recurso hídrico.

2.3.- DEFINICIONES CONCEPTUALES

2.3.1.- ¿Qué son los macroinvertebrados?

Los invertebrados son clasificados, a su vez en micro- y macroinvertebrados en función de su tamaño, con el fin de facilitar diversos estudios de biodiversidad y ecología. Los macroinvertebrados acuáticos son aquellos animales invertebrados tales como insectos, crustáceos, moluscos y anélidos, los cuales habitan en ecosistemas fluviales en algún momento de su ciclo vital. Estos pueden ser retenidos por mallas de luz entre 200 y 500 μm (Wetzel y Likens, 2000).

Muchas especies de macroinvertebrados necesitan de la buena calidad del agua para sobrevivir, mientras otros, resisten, crecen y abundan en aguas en las cuales hay contaminación, por esta razón, la presencia de estas especies bioindicadoras de macroinvertebrados acuáticos que señalan buena calidad del agua Ladrera, R. (2012).

La importancia de los macroinvertebrados radica en la facilidad que prestan para entender la estructura, funcionamiento y condiciones de ecosistemas de ríos. Al igual que su aporte a la diversidad de un río (Rosenberg y Resh, 1993).

2.3.2.- Papel de los macroinvertebrados

Los macroinvertebrados en su función de caracterizar la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos ayudan a entender la estructura y funcionamiento de los ríos, presentándose como pieza fundamental de la cadena trófica; sirven de alimento a los peces, aves y anfibios asociados a este medio; además degradan la materia orgánica dejándola accesible como alimento para otros organismos recolectores y filtradores. Toda esta cadena de procesamiento garantiza que los nutrientes presentes en las partículas no sean exportados del ecosistema y llevados por la corriente al mar (Malmqvist et al., 2004; Wotton y Malmqvist, 2001) si no aprovechados en el medio incrementando así la biodiversidad.

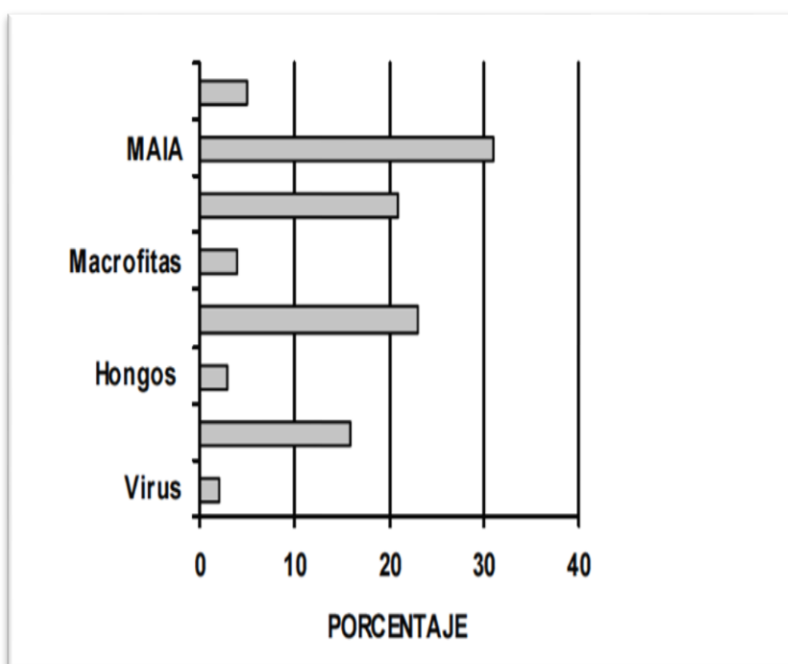
La movilidad que presentan los macroinvertebrados son mecanismos fundamentales en la recuperación o recolonización de los ecosistemas de ríos, luego de alteraciones a la calidad del agua por causas naturales y antropogénicas. Estos, al buscar nuevos sitios de alimentación, nos indican la variación de la calidad del agua, analizada según los bioindicadores encontrados.

2.3.3.- Macroinvertebrados acuáticos y su importancia como bioindicadores de calidad del agua.

Las características, requerimientos y adaptaciones evolutivas a determinadas condiciones ambientales ponen a los macroinvertebrados como indicadores biológicos, identificando a determinados organismos (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera) por ser sensibles a las variaciones en la calidad del agua, mientras que señala a organismos (Chironómidae, Oligoquetos) que son característicos de agua contaminada por materia orgánica (Roldán, 1999), siendo así utilizados para evaluar ecosistemas fluviales. De tal forma que realizando análisis en los ríos de las comunidades existentes e identificando los distintos organismos que en él habitan, podremos conocer las condiciones en que se encuentra la calidad del agua.

Al poner en discusión varias metodologías biológicas para la evaluación de la calidad de agua, se considera a los macroinvertebrados (MAIA) como un método que ofrece mayor nivel de sensibilidad, bajos costos y métodos simples de muestreo y análisis, tal como podemos ver en la Imagen 1 donde se muestra el porcentaje de aceptación de indicadores biológicos para la evaluación de la calidad biológica del agua. Siendo notable también que las micrófitas y hongos sean indicadores puntuales de materia orgánica, eutrofización y acidificación, lo que los diferencia de los macroinvertebrados.

Imagen 1 Porcentaje de aceptación de indicadores biológicos para la evaluación de la calidad biológica del agua.



Fuente:(Roldán, 1999).

Algunas investigaciones nos muestran que en América Latina se cuenta con pocos estudios puntuales realizados en Venezuela, Colombia, México, Ecuador, Bolivia, Argentina y Chile (Segnini, 2003). En casos, como en Colombia y Argentina, tienen ya adaptaciones e índices biológicos propios (Jacobsen, 1998; Ríos y Prat, 2004).

Numerosos estudios nos muestran la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de contaminación del agua, poniéndolos en un plan principal por su sensibilidad a las características del hábitat y su respuesta rápida a los cambios en la

calidad del agua (Klemm et al., 1990; Rosenberg y Resh, 1993; Richards et al., 1997; Posada et al., 2000). El BMWP/CR y BMWP/Col han sido creados como una adaptación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) (Hellawell, 1978) para su aplicación en Costa Rica y Colombia. La información de estos índices biológicos ha sido adecuada para investigaciones de cuerpos de aguas de regiones neotropicales, por lo consiguiente países como Costa Rica y en Colombia han trabajado muy fuerte en especializar su aplicación.



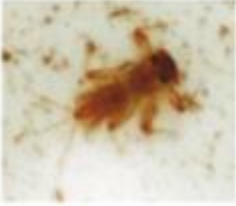








En el Ecuador es poca la información relacionada a índices biológicos, taxonomía y metodologías apropiadas para el estudio de fauna bentónica (Jacobsen et al., 1997; Jacobsen, 1998; Ríos y Prat, 2004) habiéndose utilizado el índice BMWP. Por la falta de investigaciones aun, los macroinvertebrados acuáticos no son empleados oficialmente para la evaluación y monitoreo de la condición de los ríos y arroyos.

Algunos estudios encontrados muestran que las investigaciones realizadas en el Ecuador para este ámbito, en su mayoría han sido en regiones altas (> 2000 m), siendo muy pocos los estudios para tierras bajas (Domínguez et al., 2005).

2.3.4.- Ejemplos de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad ambiental

En la Imagen 2, se muestra un resumen de las principales características y rasgos claves que encontramos en los macroinvertebrados bentónicos usados como bioindicadores de la buena calidad del agua





Imagen 2 Los macroinvertebrados acuáticos indicadores de buena calidad de agua.

Orden de insecto	Características	Rasgos clave
<p>PLECOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: Moscas de las piedras (Familia más común: Perlidae) - Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) - Fase indicadora: Ninfas. Muy sensibles a la contaminación. - Alimentación: Ninfas Carnívoras en los últimos instares - Hábitat: Ríos de aguas turbulentas, Lechos de grava. 	<p>Abdomen con un par de cercos sencillos o multiarticulados. Uñas tarsales pares.</p> 
<p>EFEMEROPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: Efímeras (Familias más comunes: Baetidae, Leptophlebiidae, Leptohyphidae, Caenidae) - Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas acuáticas y adultos voladores) - Fase indicadora: ninfas - Alimentación: ninfas herbívoras - Hábitat: ríos y lagunas 	<p>Abdomen generalmente con un par de cercos alargados y un filamento central normalmente visible. Uñas tarsales únicas.</p> 
<p>TRICOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: Frigáneas (Familias más comunes: Hidropsiphidae, Hidroptilidae, Leptoceeridae) - Ciclo de vida: hemimetabolos (ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores) - Fase indicadora: ninfas - Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras - Hábitat: ríos, aguas quietas y rápidas. 	<p>Larvas acuáticas construyen un estuche o refugio que varía según la familia.</p> 
<p>ODONATA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: Libélulas, caballitos del diablo (Familias más comunes: Libellulidae, Coenagrionidae) - Ciclo de vida: hemimetabolos (larvas acuáticas y adultos voladores) - Fase indicadora: larvas - Alimentación: ninfas depredadoras - Hábitat: ríos de aguas quietas 	<p>Ojos compuestos prominentes. Branquias plumosas externas en la parte posterior del abdomen.</p> 
<p>COLEOPTERA</p> 	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: Escarabajos (Familias más comunes: Elmidae, Ptylodactilidae, Pheseniidae, Dytiscidae, Hydrophilidae) - Ciclo de vida: holometabolos (larvas, pupas y adultos) - Fase indicadora: larvas - Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras - Hábitat: Amplio rango indicativo: salinidad, zonas lacustres 	<p>Patatas grandes y caminan por el fondo del agua. Respiran aire con el extremo del abdomen o disponen de apéndices filamentosos (branquias).</p> 
<p>DIPTERA</p>  <p>Blephariceridae</p>	<ul style="list-style-type: none"> - Nombre común: moscas, mosquitos (Familias más comunes: Simuliidae, Tipulidae, Psychodidae, Dixidae, Athericidae, Blephariceridae). - Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) - Fase indicadora: larvas - Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras - Hábitat: ríos de aguas estancadas. 	<p>Larva pequeña con protuberancias a los lados del cuerpo.</p>

Fuente: Fuente: (Aguirre, J. 2011)

De igual forma en la Imagen 3 podemos ver un ejemplo de algunas familias pertenecientes al Orden Díptera, que fisiológicamente pueden resistir altos grados de contaminación acuática, ya sea en aguas estancadas o de corriente, considerados también como buenos indicadores de aguas de baja calidad.

Imagen 3 Macroinvertebrados acuáticos indicadores de aguas estancadas y de baja calidad.

Orden Díptera	Características	Rasgos clave
<p>Familia Culicidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	<p>Larva ápoda con cabeza reducida. Penachos de pelos en el tubo respirador, por lo que cuelgan de cabeza hacia abajo de la superficie para tomar aire.</p>
<p>Familia Ephydriidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos. • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas 	<p>Cuerpo alargado con propatas en la mitad del mismo y un penacho de setas en la parte posterior.</p>
<p>Familia Chironomidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas, mosquitos • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	<p>Cuerpo alargado, con un penacho de setas en la parte posterior.</p>
<p>Familia Psychodidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	<p>Cuerpo alargado con abundantes setas en todo el cuerpo</p>
<p>Familia Siphidae</p> 	<ul style="list-style-type: none"> • Nombre común: moscas • Ciclo de vida: holometabolos (huevos, larvas acuáticas, pupas y adultos voladores) • Fase indicadora: larvas • Alimentación: larvas filtradoras y raspadoras. • Hábitat: aguas estancadas y lólicas 	<p>Cuerpo robusto con un tubo respiratorio alargado y delgado</p>

Fuente: (Aguirre, J. 2011)

2.3.5.- Características físico-químicas del agua variabilidad

Al generarse cambios en las características físico-químicas del agua como efecto de las actividades antrópicas y naturales se producen cambios en las comunidades de macroinvertebrados (Chaves et al., 2005).

En la cuenca con menos afectación y alteraciones de sus condiciones naturales, se pueden identificar que la temperatura del agua, el pH y la concentración de nutrientes y sales disueltas ayudan a identificar los cambios que se producen en el aumento de la conductividad, alcalinidad y dureza del agua desde las zonas de cabecera hasta la desembocadura produciendo también un incremento en la riqueza biológica de la cuenca (Giller y Malmqvist, 1997).

En cuencas naturales que tienen poca afectación es notable el incremento de las variables tales como la temperatura del agua, el pH y la concentración de nutrientes , sales disueltas la conductividad, alcalinidad y dureza del agua cuando de empieza a descender desde la zonas de cabecera hasta la desembocadura (Giller y Malmqvist, 1997), esto en consecuencia a la entrada de un curso de agua tributario con diferentes características físico-químicas como parte de una dinámica progresiva consecuencia de la adición gradual de iones provenientes del lavado de la cuenca. Los cambios longitudinales en la geología, la composición del suelo, el clima, la vegetación y las condiciones hidráulicas son los que más influyen a la hora de determinar la variabilidad longitudinal de las características físico-químicas del agua en una cuenca sin afecciones antrópicas de consideración. Estableciendo entonces que cuando existe la cualquier tipo de variabilidad en las condiciones físico-químicas del agua esto provoca la variación en abundancia por zonas, de la riqueza biótica de la cuenca (Izaguirre y Elósegui, 2005).

La temperatura es una variable primordial a la hora de determinar o identificar las características de una comunidad de macroinvertebrados. Vannote y Sweeny (1980) y Thermal Equilibrium Hypothesis proponen que la temperatura que se determina en las distintas zonas de una cuenca es la que determina la variedad de macroinvertebrados que pueden aparecer y ser tolerables a cambios que relativamente presenta un

ecosistema, estas funciones se generan de acuerdo a las adaptaciones y zonas de la cuenca que presentan las condiciones más óptimas de temperaturas.

2.4.- MARCO LEGAL

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

La sustentabilidad de los ecosistemas y el consumo humano serán prioritarios en el uso y aprovechamiento del agua." (Constitución Política del Ecuador, 2008), concluyendo que es una cuestión prioritaria en los sistemas de Gestión.

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

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

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

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

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

Art. 9.- Los Ministerios de Salud y del Ambiente, en sus respectivas áreas de competencia, también, están facultados para supervisar la construcción de las plantas de tratamiento de aguas residuales, así como de su operación y mantenimiento, con el propósito de lograr los objetivos de esta Ley.

Ley De Aguas

Título I

Disposiciones Generales

Capítulo I

Principios Generales

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

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

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

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

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

- a) El agua es un derecho humano fundamental, de necesidad y utilidad pública, de interés y seguridad nacional.
- b) El derecho humano al agua no debe interpretarse de forma restrictiva, simplemente en relación con cantidades volumétricas y consideraciones de tipo tecnológico. El agua debe tratarse como un bien social y cultural, y no como un bien económico.
- c) El modo en que se ejerza el derecho al agua también debe ser sustentable, de manera que este derecho pueda ser ejercido por las generaciones actuales y futuras.
- d) La función social del agua es garantizar el consumo humano, la soberanía alimentaria, el caudal ecológico y las actividades productivas.
- e) La gestión del agua respetará la territorialidad de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos tomando en cuenta los valores sociales, ecológicos y organizativos.
- f) La participación, gestión social y comunitaria, estará garantizada en todos los niveles de decisión.
- g) El uso democrático y equitativo del agua fomenta la redistribución a favor de los grupos empobrecidos y de atención prioritaria, las economías campesinas y las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades; se proscribire toda forma de acaparamiento o privatización.
- h) La gestión del patrimonio hídrico nacional es exclusivamente Estatal o comunitaria.
- i) La gestión del agua es multidimensional, involucra aspectos ambientales, socioeconómicos, culturales, paisajísticos y recreativos.
- j) La presente Ley se fundamenta en los principios de precaución, prevalencia, corresponsabilidad, solidaridad y sustentabilidad.

Título III

De Las Cuencas Hidrográficas Biodiversidad Y Calidad De Las Aguas

Capítulo I

De Las Cuencas Hidrográficas

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

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

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

Capítulo IV

De la Conservación

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

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

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

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

expropiación, apropiación; así como, su inclusión bajo ninguna forma en el mercado de servicios ambientales.

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

Art. 48.- Con la finalidad de reducir la presión sobre los páramos, bosques y humedales, el Estado a través del fondo del agua, fortalecerá la soberanía alimentaria y el manejo territorial integral por parte de las comunas, comunidades, pueblos, nacionalidades y campesinos asentadas en las zonas de amortiguamiento y alledañas. Será obligación del Estado fomentar proyectos de producción y consumo que promuevan la conservación del suelo, eviten la contaminación y la degradación de fuentes de agua.

Capítulo II

De los Delitos y Sanciones Relacionados con el Agua

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

- a) El que altere la calidad de las aguas superficiales y subterráneas en perjuicio de la salud humana, agricultura, flora, fauna, así como a terceros.
- b) El que altere o modifique en forma temporal o permanente los sistemas de aguas para uso de la población.
- c) El que construya obras o utilice instalaciones, sin autorización y en contravención de las normas técnicas que rigen la materia, susceptibles de causar contaminación grave a los recursos.
- d) El que vierte hidrocarburos o mezclas de hidrocarburos, sustancias tóxicas, radioactivas y residuos de minería, directa o indirectamente en ríos, lagos y otras fuentes hídricas, en cualquier actividad de: investigación, exploración, explotación, construcción, pesca, transporte de modo que cause daño a la salud de las personas, la fauna, flora, y medio ambiente en general.
- e) El que destruya los páramos, pantanos, bosques nativos y fuentes de agua.
- f) El que realice o ejecute actividades de pesca en períodos de veda en zonas protegidas.

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

En el Texto Unificado de Legislación Ambiental Secundario–TULAS Libro VI Anexo 1 Sección 4 numeral 4.1.1.1 y 4.1.1.2, descargas de aguas

Normas de la prevención y control de la contaminación ambiental, en lo relativo al recurso agua Art. 16;17;18

Sabiendo que la Ley Ecuatoriana es la única que da derecho a la naturaleza se ha tomado para reforzar esta investigación solo los artículos que van desde la protección, que parte desde la leyes generales concernientes al recurso agua, siguiendo con los compromisos de conservación a las cuencas hídricas y por ultimo las sanciones, en caso de causar alguna afectación al recurso hídrico y con ello a los organismos que en él habitan.

3.- OBJETIVOS

3.1.- GENERAL

Caracterizar la composición de la comunidad de macroinvertebrados y su aplicación a la zonificación fluvial del río Atacames (Esmeraldas).

3.2.- ESPECÍFICOS

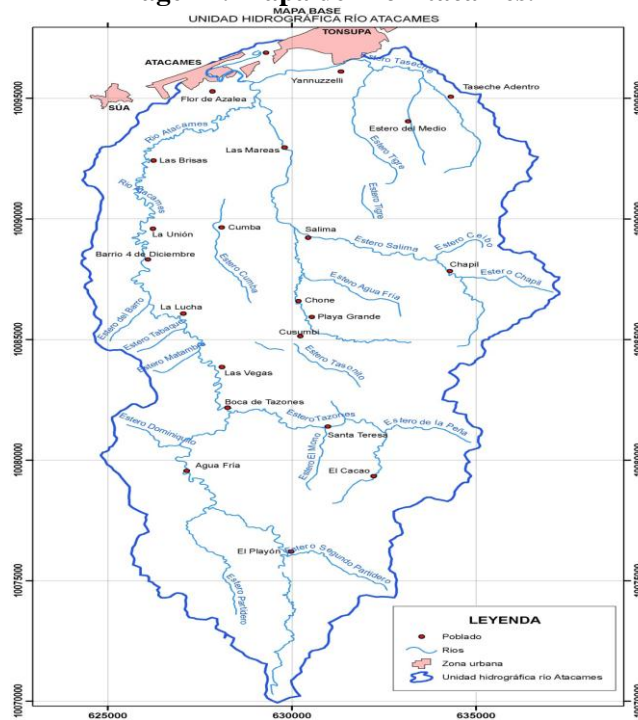
- Elaborar un listado zoológico de la comunidad de macroinvertebrados del río Atacames.
- Utilizar a los macroinvertebrados para establecer la calidad ambiental del río Atacames.
- Relacionar la composición de macroinvertebrados con ciertas variables físico-químicas.

4.- METODOLOGÍA

4.1.- Descripción y Características del Lugar de Estudio

En la provincia de Esmeraldas, al norte del Océano Pacífico, en el cantón Atacames se encuentra el río Atacames (Imagen 4); la investigación se realiza en la zona media- alta del río Atacames situada a 70 m.s.n.m.

Imagen 4. Mapa del río Atacames.



En la parte alta de la cuenca del río Atacames encontramos una franja de lomas con el río muy corrientoso, la vegetación del lugar es primaria y boscosa, aunque encontramos zonas de siembra y grandes potreros. La parte media es una zona más plana donde predomina la presencia de potreros y una intensa actividad ganadera, a pesar de esto son notorias las plantaciones de teca, eucalipto y siembras frutales.

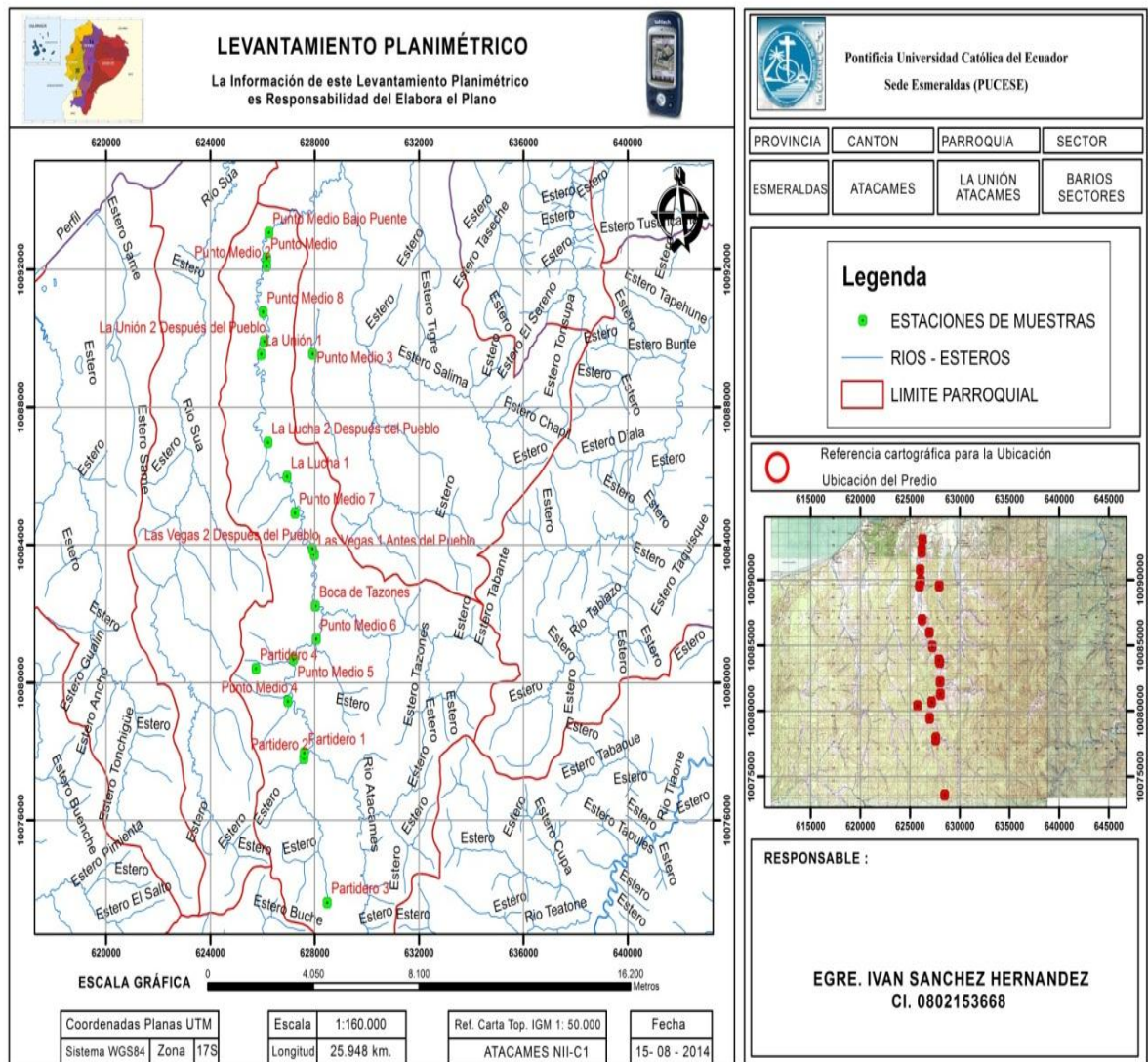
La edafología de la parte alta a la media de la cuenca se mantiene con un sustrato arcilloso de limo, cambiando solamente en la presencia de piedras grandes en la parte alta y en la media con piedra más compactas de tamaño muy pequeño.

De la parte alta del río Atacames hasta la parte media se seleccionaron 20 estaciones de muestreo en el gradiente longitudinal (Tabla 1), para los cuales se siguieron criterios técnicos en la asignación de las estaciones de muestreo, localizando secciones del río con probables fuentes de perturbación (centros poblados, áreas de cultivo, etc.). Se establecieron puntos de muestra antes y después de algunos poblados para comparar una posible variación de la comunidad biótica, se tomaron las coordenadas de los puntos de muestreo con un GPS; (Tabla 1) y se generó en el sistema ARGIS 10.2, un mapa base en el que se identifican las zonas de muestra (Imagen 5).

Tabla 1. Coordenadas de Muestreo (junio-agosto 2013)

Shape	X	Y	Descripción
1	628479	10073606	Partidero 5
2	627581	10077799	Partidero 4
3	627597	10077953	Partidero 3
4	626969	10079455	Partidero 2
5	635746	10080405	Partidero 1
6	627180	10080676	Punto medio 6
7	628054	10081264	Tazone antes del pueblo
8	628024	10082222	Tazone después del pueblo
9	627984	10083716	las vegas 1 antes del pueblo
10	627908	10083886	las vegas 2 después del pueblo
11	627240	10084929	Punto medio 5
12	626937	10085981	la Lucha 1 antes del pueblo
13	626210	10086971	la Lucha 2 después del pueblo
14	627919	10089544	Punto medio 4
15	625950	10089537	la Unión 1
16	626062	10089911	la Unión 2 después del pueblo
17	626018	10090765	Punto medio 3
18	6236158	10092098	Punto medio 2
19	626158	10092331	Punto medio 1
20	626246	10093072	Punto medio bajo puente

Imagen 5. Mapa de Atacames con los puntos de muestra.



La investigación se realizó en los meses de Junio a Agosto del 2013, para documentar los datos obtenidos se utilizaron fichas rellenas *in situ* en las zonas de muestreo (Tabla 2), en las fechas 14 de Junio, 29 de junio, 14 Julio, 29 de julio y 14 de agosto, llevando las muestras recogidas conservadas al laboratorio, donde se utilizaron las claves para su identificación.

Los resultados de las muestras recogidas fueron introducidos en una base de datos para su respectivo análisis estadístico con el programa SPSS.

Tabla 2. Ficha de muestreo.

Localidad:				Fecha:			Hora:
muestra	mesohábitat / zona	esfuerzo muestreo (m, seg)	sustrato (1)	prof. (cm)	Pte. (2)	velocidad corriente	vegetación (especies e indicaciones de cobertura o densidad) (3)
Otra fauna						(1) Sedim. fino, arena (<2 mm), grava (2-10 mm), cantos (>10 mm-20 cm, se mueven bien; especificar tamaños), bloques (>20 cm, no se mueven; espec. tamaños), roca madre. (2) Pendiente: 1, casi plano - 5, casi vertical. (3) densidad: 1: plantas dispersas / 2: rala / 3: moderada / 4: densa / 5: muy densa	
Observaciones							

4.2.- Registro de las variables ambientales

Se caracterizó cada una de las estaciones de muestreo mediante un registro de variables ambientales correspondientes a factores físicos y químicos del agua.

Los parámetros físicos-químicos se los estableció según los de más relevancia en investigaciones ya realizadas en estudios de calidad de agua (Álvarez y Harvey, 2013). Hubiera sido deseable medir el caudal del río y el oxígeno disuelto (mg/l), sin embargo no se contaba con la disponibilidad de los recursos y materiales técnicos para cumplir otros parámetros. Los días de muestreo fueron el 14 de Junio, 29 de junio, 14 Julio, 29 de julio y 14 de agosto; para la elección de los cuales se tuvo en cuenta que tuvieran las mismas condiciones meteorológicas, la mismas épocas del año y durante mismas horas del día; teniendo un tiempo medio de muestre estimado entre 30 y 35 minutos. Por cada día de muestreo se tomaron cuatro muestras.

Para la medición de los parámetros físico químicos se empleó la metodología habitual en este tipo de estudios (Martínez, 2006). Ésta se detalla a continuación:

La Temperatura del agua (°C) fue tomada directamente en el río mediante un termómetro de mercurio, que se sumergió procurando que no toque las paredes del soporte.

El procedimiento que se sigue para la determinación de la conductividad (U.S) se basa en tomar el dispositivo apropiado del conductímetro en el centro del río, procurando que quede bien cubierto, de esa forma podremos leer el valor de la conductividad en la pantalla del equipo.

Para conocer la turbidez (NTU) se llena una cubeta especial de 1cm x 1 cm con el agua tomada en el punto de muestreo, introducimos la cubeta en el turbidímetro digital portátil y en unos segundos tenemos el resultado. Se debe tener la precaución de limpiar bien las paredes transversales de la cubeta, ya que son atravesadas por la luz del turbidímetro y cualquier impureza en ellas puede inferir en la medida.

La medida del pH se realizó con un pH-metro portátil que se introdujo en el río por unos segundos.

La profundidad la determinamos midiendo con una regla en el centro del río y en cada lada, para luego sacar una media determinando así el valor en cada estación de muestreo.

Para determinar la velocidad de la corriente con ayuda de un objeto plástico muy liviano, lo dejamos correr desde un punto determinado y con un cronometro medimos su velocidad hasta una distancia ya determinada durante varias ocasiones.

Las variables fueron medidas directamente en campo utilizando un laboratorio portátil (Watech) para análisis físico de agua, directamente en el sitio tal como se muestra en la Imagen 6:



Imagen 6. Medición de parámetros en el río Atacames.

4.3.- Descripción de la metodología de muestreo de Macroinvertebrados

Primero se preparó un protocolo de muestreo identificando y preparando todos los materiales a utilizarse. Se procedió a recolectar las muestras en épocas de verano, denominada como una temporada seca (junio- agosto del 2013) estación recomendada en esta región (Fenoglio et al., 2002), debido a que el invierno es una época con

frecuentes lluvias, estas hacen que se incremente el caudal del río, aumente la velocidad de la corriente y a su vez causa disturbio haciendo que los macroinvertebrados no se establezcan en ninguna zona. Además del arrastre de palos, ramas y desechos que no permitiría tomar las muestras con este método.

La recogida de muestras de macroinvertebrados se llevó a cabo siguiendo un muestreo semicuantitativo de tipo multihábitat (Clarke et al., 2003). De acuerdo con este muestreo primero se identificaron visualmente los ambientes para macroinvertebrados que existan a lo largo del tramo (Imágenes 7 y 8): remansos lentos y profundos, zonas de rápidos profundos y lentos, orillas con vegetación, orillas sin vegetación, zonas de cantos, bloques de piedra, arenas o limos, lechos de hojarasca y ramas y, zonas con vegetación sumergida y algas.



Imagen 7. Ambientes de muestreo



Imagen 8. Ambientes de muestreo

El tiempo total de muestreo en cada punto fue de entre 15 y 40 minutos en función de la superficie del tramo y del número de ambientes identificados. Por regla general, en los tramos más extensos con mayor número de ambientes se muestreó durante un tiempo superior. A continuación, el tiempo total se repartió de manera proporcional a la superficie de cobertura ocupada por cada uno de los ambientes identificados en el tramo, por ejemplo, una zona de vegetación sumergida que representase el 25% de un tramo con baja diversidad de hábitat se muestreara durante 1 minuto y 15 segundos respecto al total (5 minutos). Las muestras se recogieron con una red de mano (400 μ m de luz de malla y boca de entrada de 30 cm) que se colocó contracorriente y se fue

removiendo el sustrato con el pie utilizando botas de gomas, para separar aquellos organismos que se encontraban adheridos a piedras como podemos ver en las Imágenes 9 y 10.



Imagen 9. Recolección de muestra



Imagen 10. Recolección de muestra

Además, antes de entrar en el agua se localizaron los macroinvertebrados esquivos que viven en la superficie como Gerridae o Gyrinidae y que podrían pasar inadvertidos durante el muestreo (Jáimez et al., 2002).

La muestra se procesó parcialmente en el campo utilizando para ello una batea de color blanco y limpiando las piedras y ramas (Imagen 11).



Imagen 11. Recolección de muestras

Todas las muestras de macroinvertebrados se conservaron individualmente en recipientes con etanol 96° marcando en cada frasco el lugar donde fue tomada cada muestra y fueron llevadas luego al laboratorio donde se conservaron en refrigeración (Imagen 12).



Imagen 12. Muestras en el laboratorio

Se procedió luego a la limpieza de muestras, para lo cual empleo un colador y se fueron lavando con agua hasta que quedaron lo más limpias posible tal como se ve en la Imagen 13.



Imagen 13. Limpieza de muestras

Luego se vertió en una bandeja blanca poco a poco parte de la muestra y con ayuda de pinzas y lampara, se fueron escogiendo los organismos existentes (Imagen 14).



Imagen 14. Limpieza demuestras

Así mismo, cada uno de los macroinvertebrados encontrados se lo fue poniendo en un frasco pequeño y se repitió el proceso muestra por muestra cómo podemos ver en la Imagen 15.



Imagen 15. Limpieza de las muestras

Una vez en el frasco toda la muestra limpia se procedió a marcarla para tenerlas identificadas con el lugar y fecha para proceder a la clasificación e identificación como se ve en la Imagen 16.



Imagen 16. Muestras limpias y clasificadas por punto de muestreo

Ya estando las muestras clasificadas se procedió a la identificación, para lo cual con el microscopio y una guía de identificación se fue realizando la clasificación y el conteo como muestra la Imagen17.



Imagen 17 Clasificadas de muestreo

Una vez ya identificadas y cuantificadas las familias con el número de individuos de macroinvertebrados a lo largo de la gradiente longitudinal del río Atacames desde la parte alta a la media baja, se procedió a realizar un lista de ellas, clasificándolas por grupos de Familias encontradas en cada punto de muestra, para posteriormente proceder a realizar los análisis estadísticos y cumplir con los objetivos planteados.

4.4.- Análisis EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), para Calidad de Agua.

Para evaluar la calidad del agua con macroinvertebrados existen diversos índices como el IBMWP, IBMWP-CR (Álvarez y Harvey, 2013) en este caso para la valoración de la calidad del agua se procedió al cálculo del índice IBMWP/Col (Roldan, 2003) y de sus adaptaciones para regiones tropicales, ya que estudios previos demuestran que es un índice basado en la presencia de determinadas familias de macroinvertebrados en la zona objeto de estudio (Prado, E. 2015).

Según los macroinvertebrados encontrados en las distintas zonas de muestra y su variable desde la parte alta hasta la parte media-baja se realizó el análisis ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), que es un método basado en el índice BMWP/ Col, el cual utiliza tres grupos de macroinvertebrados que son indicadores de la calidad del agua porque son más sensibles a los contaminantes. Los grupos de macroinvertebrados son: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

Una vez que fueron identificadas las familias en cada estación de muestreo se realizó una tabla donde se indicó la clasificación de las familias encontradas, la abundancia (número de individuos) y las ETP presentes.

En el cuadro que se realiza para el análisis ETP se coloca el mismo número de familias encontradas perteneciente al grupo de familias indicadores de calidad de agua, si algún grupo de las familias encontradas en este punto de muestra no corresponde a ninguno de los grupos indicadores de calidad de agua el espacio se deja en blanco.

Se sumaron todos los números de la columna de abundancia de individuos y la cantidad de ETP presentes, el resultado de esta suma se lo coloca en el último renglón del cuadro que es de las sumatorias totales.

Se dividió el total de EPT Presentes para el total de Abundancia de Individuos. El resultado obtenido es el valor de la relación de Ephemeropteras, Plecopteras y Trichopteras presentes en la muestra, se multiplicó luego este valor por cien para sacar el porcentaje. Por último se compara el valor resultante con el cuadro de calificaciones de calidad del agua según su porcentaje en Muy buena, Buena, Regular y Mala, como se muestra a continuación:

$$\frac{\text{EPT TOTAL}}{\text{ABUNDANCIA TOTAL}} = \text{RESULTADO} \times 100 = \%$$

Calidad de Agua
75 - 100% Muy buena
50 - 74% Buena
25 - 49% Regular
0 - 24% Mala



De los porcentajes obtenidos en este análisis se realizó un cuadro total de porcentajes, en donde podemos identificar también una tabla de barras (gráfico 2) que nos muestra la calidad de agua del río por zona de muestreo.

4.5.- Análisis Descriptivo

La estadística descriptiva nos ha permitido explorar la naturaleza de nuestras variables físico-químicas, para lo que se ha calculado la media, Desviación Standar, mínimo y máximo, configurando así una primera idea de los datos obtenidos.

Para el análisis estadístico, se utilizó el programa SPSS.PASW18, aplicando análisis descriptivos, así como pruebas de Normalidad de las variables utilizadas mediante el test de la prueba estadística de Kolmogorov-Smirnov.

4.6.- Análisis Cluster

Para comprobar si el río puede ser dividido en diferentes zonas en función de la composición de macroinvertebrados, se realizó una clasificación de los puntos de muestreo mediante un análisis cluster multivariante, utilizando para ello la abundancia de las diferentes familias indicadoras. El resultado de este análisis es la formación de conglomerados con los puntos de muestreo, en función de las diferencias y semejanzas entre ellos, y su representación en un dendograma. Este análisis fue realizado mediante el programa estadístico SPSS.PASW18.

4.7.- Correlaciones

Para conocer si existe alguna relación entre los diferentes parámetros físico-químicos del río y la composición de macroinvertebrados indicadores, se realizó un análisis de correlación entre las variables de estudio. Se ha utilizado el coeficiente de Pearson, ya que todas las variables de interés para el análisis estadístico siguen una distribución normal ($p > 0,05$).

5.- RESULTADOS

Con los datos obtenidos según la ficha obtenida en los 20 puntos de muestreo podemos obtener en primer lugar una caracterización global de la orografía y estructura del lugar, al igual que de las características físico-químicas. Con carácter general de dicho levantamiento de información podemos decir que en la cuenca del río Atacames en su tramo alto, la orografía cuenta con una pendiente casi plana, encontrándose pequeñas zonas inclinadas en la parte media. La zona alta del río Atacames tiene un ancho de 4m llegando a ampliarse en ciertos sectores de la parte media hasta 16m como mayor área de ancho en la zona de estudio; con una profundidad máxima encontrada fue de 39cm en la parte media-baja, predominando un sustrato rocoso en la parte alta y arenoso con piedras de diferente tamaño en la parte media baja. La vegetación predominante en el

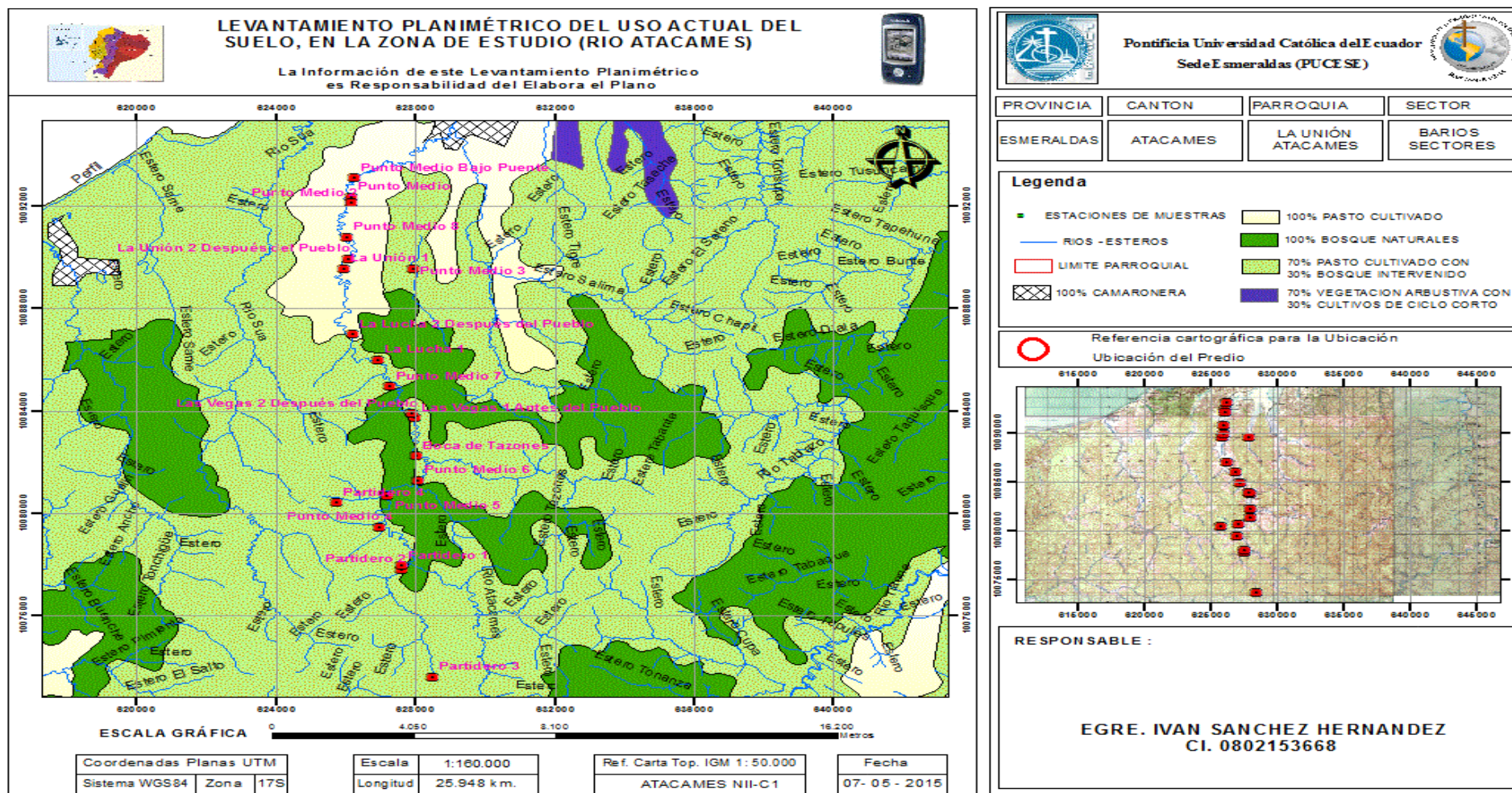
sector está dada por gramíneas, plátanos, cacao, limón y especies maderables tal como se muestra en la Imagen 18.



Imagen 18. Ecosistema de la cuenca del río Atacames

En el sistema ARGIS 10.2, utilizando la capa de cobertura de uso de suelo a nivel nacional que proporciona Sig-tierra del Ministerio de Agricultura, se realizó un mapa que identifica el uso actual del suelo en alrededor del río Atacames (Imagen 19)

Imagen 19. Uso del suelo alrededor de la zona de muestreo



En la Imagen 19 podemos ver que en la parte alta el 70% de la zona es predominado por el pasto cultivado y un 30% bosque intervenido. En la parte media que empieza la zona de transición el 100% es bosque natural y en la parte media-baja el 100% es pasto cultivado, siendo estas posibles causas de la disminución de macroinvertebrados en estas zonas.

5.1. Parámetros físicos-químicos

Los datos obtenidos del muestreo realizado en el campo para el levantamiento de los parámetros físico-químicos, en cada uno de los puntos de muestreo en la zona media-alta, se muestran en la tabla 3:

Tabla 3 Características Físicas-Química de la parte media- baja del río Atacames. Muestreo junio-agostos 2013.

PARAMETROS FISICOS EN LOS PUNTOS DE MUESTREO							
PUNTOS DE MEDICION	PARAMETROS						
	Ph	Conductividad (U.S)	Turbidez (NTU)	Temperatura °C	Velocidad de la corriente (s)	Profundidad (cm)	Ancho el rio (m)
PARTIDERO 5	8,72	432	3,52	25,7	30,15	27	4
PARTIDERO 4	8,56	428	3,76	25,5	31,22	26	3
PARTIDERO 3	8,22	426	3,62	25,7	30,02	26	4
PARTIDERO 2	8,62	430	3,97	25,8	29,05	28	2
PARTIDERO 1	8,98	428	4,28	25,7	25,58	26	2
PUNTO MEDIO 6	8,56	430	4,17	25,5	26,01	20	11
TAZONE ANTES DEL PUEBLO	8,36	498	8,13	25,4	8,54	17	14
TAZONE DESPUES DEL PUEBLO	8,33	496	6,58	25,5	5,62	19	8
LAS VEGAS ANTES DEL PUEBLO	8,5	461	4,2	26,1	20,63	21	14
LAS VEGAS DESPUES DEL PUEBLO	8,3	483	4,1	26	12,11	20	16
PUNTO MEDIO 5	8,3	471	4,5	25,7	13,01	19	8
LA LUCHA ANTES DEL PUEBLO	8,1	492	6,58	25,5	14,3	16	9
LA LUCHA DESPUES DEL PUEBLO	8,2	492	6,43	25,6	13,5	15	8
PUNTO MEDIO 4	8,2	476	6,22	25,6	13,5	17	7
LA UNION	8,1	483	5,43	25,5	13,4	15	9
LA UNION 2 DESPUES DEL PUEBLO	8,1	497	6,11	25,4	11,46	16	8
PUNTO MEDIO 3	8,2	526	5,76	26	7,36	16	6
PUNTO MEDIO 2	7,43	546	4,07	25,5	5,52	18	7
PARTE MEDIA BAJA 1	7,82	543	4,22	25,7	4,56	22	6
PARTE MEDIA BAJA (PURNTE)	7,93	552	4,19	26,3	4,33	39	6

De las estaciones de muestra se obtiene por cada una de ellas los siguientes datos referentes a la abundancia de individuos encontrados por familia (Tabla 4).

Tabla 4. Número de familias encontradas por estación de muestra, río Atacames (cuenca alta- media). Muestreo junio-agostos 2013

FAMILIAS	ESTACIONES DE MUESTREO																			TOTAL	
	PARTIDERO 5	PARTIDERO 4	PARTIDERO 3	PARTIDERO 2	PARTIDERO 1	PUNTO MEDIO 6	TAZONE ANTES DEL PUEBLO	TAZONE DESPUES DEL PUEBLO	LAS VEGAS ANTES DEL PUEBLO	LAS VEGAS DESPUES DEL PUEBLO	PUNTO MEDIO 5	LA LUCHA ANTES DEL PUEBLO	LA LUCHA DESPUES DEL PUEBLO	PUNTO MEDIO 4	LA UNION	LA UNION 2 DESPUES DEL PUEBLO	PUNTO MEDIO 3	PUNTO MEDIO 2	PARTE MEDIA BAJA 1		PARTE MEDIA BAJA (PUENTE)
F. Thiaridae	12	62	22	8	15	4	6	5	9	6	0	26	35	0	57	3	2	4	13	5	294
F. Atyidae	5	2	2	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
F. leptophlebiae	182	152	185	169	135	167	113	97	21	17	131	42	54	108	0	10	161	3	0	2	1749
F. Chironomidae	45	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	52
F. Vellidae	26	0	0	1	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	0	33
F. Libellulidae	13	0	2	0	0	13	2	8	0	0	12	0	1	9	0	0	4	0	1	0	65
F. Corbiculidae	21	0	0	0	0	5	1	0	17	8	1	1	0	3	15	4	2	2	7	3	90
F. Baetidae	32	36	22	18	0	17	5	0	0	0	0	0	0	0	0	3	5	35	14	16	203
F. Hydropsychidae	5	4	2	1	2	74	9	32	2	4	64	0	0	86	0	2	86	26	6	0	405
F. Dryopidae	0	1	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	0	0	0	0	9
F. Philopotamidae	0	3	1	3	2	0	0	2	0	0	0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	15
F. Gomphidae	0	2	0	1	1	6	1	0	0	0	3	0	1	4	0	0	2	0	0	0	21
F. Limonidae	0	0	4	0	0	3	8	8	1	0	5	5	10	4	0	0	7	6	8	0	69
F. Leptoceridae	0	0	7	0	0	0	0	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
F. Naucoridae	0	0	1	0	0	4	0	0	0	0	3	0	0	5	0	0	2	0	0	0	15
F. Leptohyphidae	0	0	0	6	0	0	11	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	19
F. Gerridae	0	0	0	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	5
F. Corydalidae	0	0	0	0	0	5	0	3	0	0	8	0	0	2	0	0	10	0	0	0	28
F. Psephenidae	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	3
F. Elmidae	0	0	0	0	0	2	0	2	1	0	46	0	3	0	0	0	85	2	0	0	141
F. Palaemonidae	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	3	1	0	0	1	0	36	34	10	86
F. Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
F. Megapodagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5
F. Glossosomatidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
F. Protoneuridae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	2
F. Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	2
F. Pyralidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	5
F. Hydrobidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1
																					3353

Después de realizar el conteo de individuos de familias en cada estación de muestreo, sacamos el total de 28 familias a lo largo del río Atacames desde su parte alta a la media, con una sumatoria en abundancia total de 3353 individuos, como podemos ver en la Tabla 5.

Tabla 5. Total de Familias de macroinvertebrados encontradas en el río Atacames desde la parte alta –media. Muestreo junio-agostos 2013

FAMILIAS	ABUNDANCIA(NUMERO DEINDIVIDUOS)
F. Thiaridae	294
F. Atyidae	10
F. leptophlebiae	1749
F. Chironomidae	52
F. Vellidae	33
F. Libellulidae	65
F. Corbiculidae	90
F. Baetidae	203
F. Hydropsychidae	405
F. Dryopidae	9
F. Philopotamidae	15
F. Gomphidae	21
F. Limonidae	69
F. Leptoceridae	24
F. Naucoridae	15
F. Leptohiphidae	19
F. Gerridae	5
F. Corydalidae	28
F. Psephenidae	3
F. Elmidae	141
F. Palaemonidae	86
F. Planorbidae	1
F. Megapodagrionidae	5
F. Glossosomatidae	1
F. Protoneuridae	2
F. Coenagrionidae	2
F. Pyralidae	5
F. Hydrobidae	1
TOTAL	3353

5.2. Análisis ETP

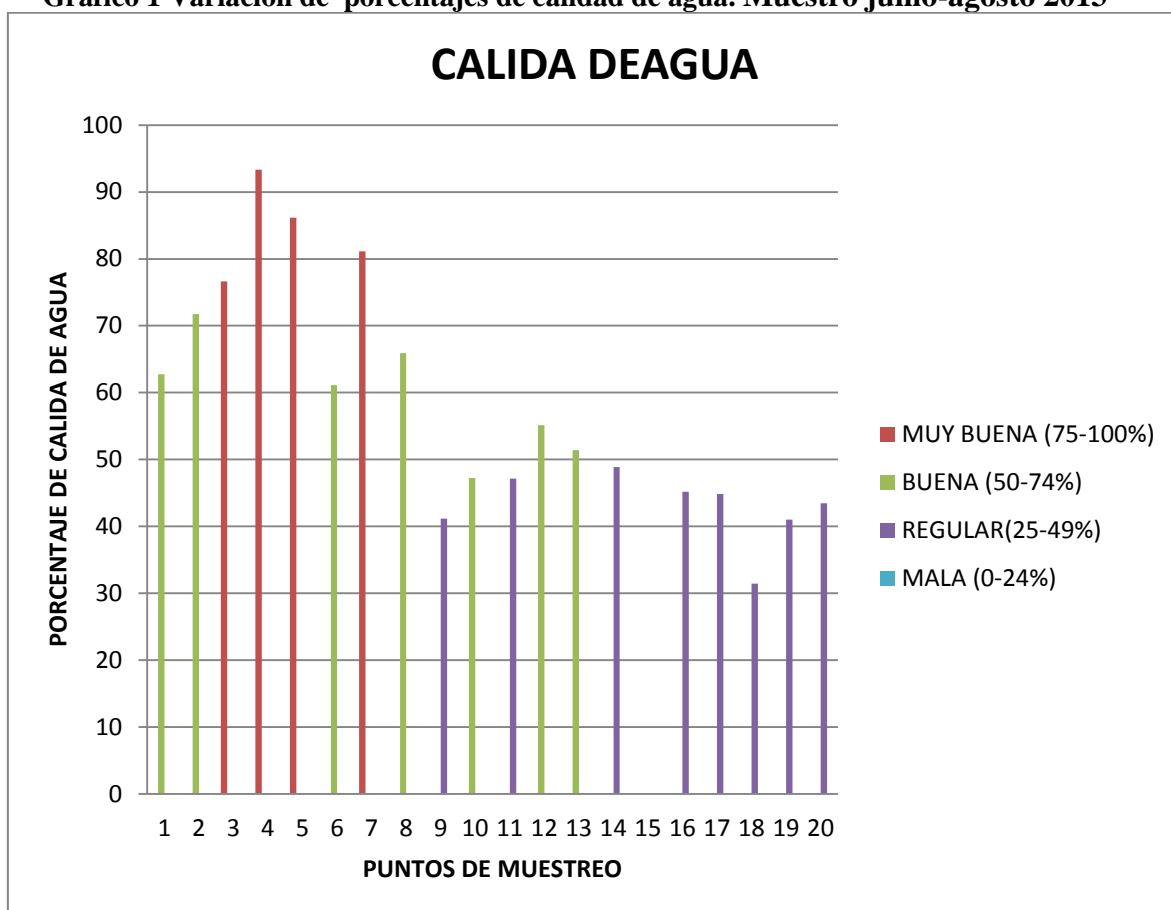
Se realizó el análisis de ETP de la calidad de agua del río Atacames en su zona alta hasta el tramo medio, donde se señala su equivalencia en cuanto a la calidad del agua establecida por la clasificación de macroinvertebrados indicadores (Carrera y Fierro, 2001), y además podemos ver el porcentaje obtenido por punto de muestreo como se indica en la tabla 6. Este análisis no lo aplicamos al punto de muestreo llamado la Unión puesto que el número de familias encontradas y la cantidad de individuos de esta fue muy bajo, debido a que hay una represa ubicada en el sector. Por tal motivo no encontramos familias indicadoras de calidad de agua en dicho punto.

Tabla 6. Variación de porcentajes de calidad de agua. Río Atacames (cuenca alta-media). Junio-Agosto 2013

CALIDAD DEL AGUA				
PUNTOS DE MEDICION	MUY BUENA (75-100%)	BUENA (50-74%)	REGULAR (25-49%)	MALA (0-24%)
PARTIDERO 5		62,75		
PARTIDERO 4		71,75		
PARTIDERO 3	76,61			
PARTIDERO 2	93,33			
PARTIDERO 1	86,16			
PUNTO MEDIO 6		61,12		
TAZONE ANTES DEL PUEBLO	81,13			
TAZONE DESPUES DEL PUEBLO		65,9		
LAS VEGAS ANTES DEL PUEBLO			41,17	
LAS VEGAS DESPUES DEL PUEBLO		47,22		
PUNTO MEDIO 5			47,12	
LA LUCHA ANTES DEL PUEBLO		55,12		
LA LUCHA DESPUES DEL PUEBLO		51,42		
PUNTO MEDIO 4			48,86	
LA UNION				
LA UNION 2 DESPUES DEL PUEBLO			45,16	
PUNTO MEDIO 3			44,86	
PUNTO MEDIO 2			31,45	
PARTE MEDIA BAJA 1			41,02	
PARTE MEDIA BAJA (PURNTE)			43,47	

En el Gráfico 2 podemos ver la variación de porcentajes de entre 0 a 100 %, de calidad de agua desde la cuenca alta a la cuenca media del río Atacames por estación de muestreo:

Gráfico 1 Variación de porcentajes de calidad de agua. Muestro junio-agosto 2013



De igual forma se realizó el análisis ETP del total de familias encontradas a lo largo de la gradiente longitudinal del río Atacames desde su parte alta al tramo medio, en donde podemos ver que la calidad del agua es BUENA, la misma que fue calculada de la siguiente forma Tabla 7:

Tabla 7. Análisis ETP del total de familias encontradas a lo largo de la gradiente longitudinal del río Atacames. Muestreo junio-agosto 2013

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (NUMERO DE INDIVIDUOS)	ETP PRESENTES
F. Thiaridae	294	
F. Atyidae	10	
F. leptophlebiae	1749	1748
F. Chironomidae	52	
F. Vellidae	33	
F. Libellulidae	65	
F. Corbiculidae	90	
F. Baetidae	203	203
F. Hydropsychidae	405	
F. Dryopidae	9	
F. Philopotamidae	15	15
F. Gomphidae	21	
F. Limonidae	69	
F. Leptoceridae	24	24
F. Naucoridae	15	
F. Leptohyphidae	19	19
F. Gerridae	5	
F. Corydalidae	28	
F. Psephenidae	3	
F. Elmidae	141	
F. Palaemonidae	86	
F. Planorbidae	1	
F. Megapodagrionidae	5	
F. Glossosomatidae	1	1
F. Protoneuridae	2	
F. Coenagrionidae	2	
F. Pyralidae	5	
F. Hydrobidae	1	2010
TOTAL	3353	2010
ETP TOTAL + ABUNDANCIA TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	$2010 \div 3353 = 0,5994$ $0,5994 \times 100 = 59,94 \%$

CALIDA DE AGUA
 75-100% MUY BUENA
 50-74% BUENA
 25-49% REGULAR
 0-24% MALA



Las familias encontradas de EPT en los puntos de muestreo en la gradiente longitudinal del río Atacames, desde la parte alta a la media baja fueron: F. leptophlebiae, F. Baetidae, F. Philopotamidae, F. Leptoceridae, F. Leptohiphidae, F. Glossosomatidae.

Mediante el programa estadístico SPSS.PASW18, se obtiene la estadística descriptiva de cada uno de los parámetros físicos-químicos tales como se muestra en la Tabla 8.

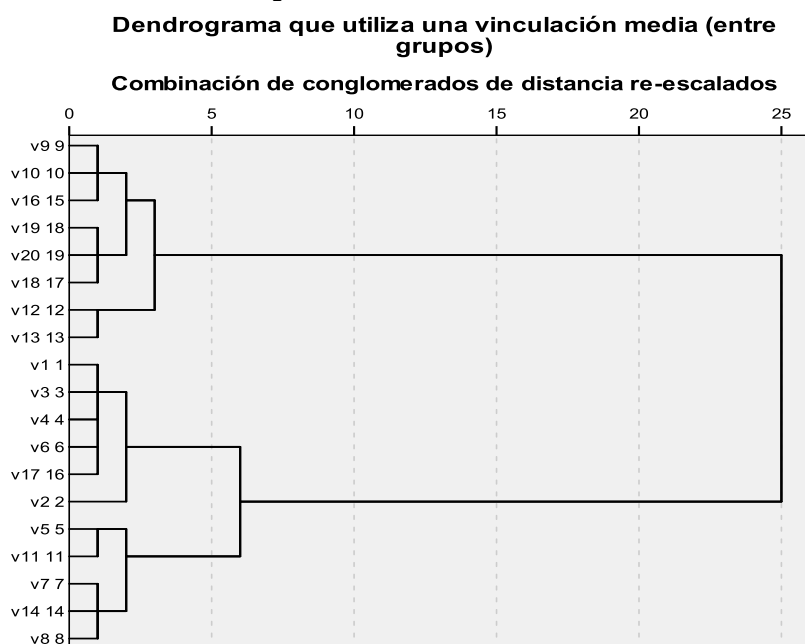
Tabla 8. Estadísticos descriptivos. Muestra juni-agosto 2013. Tabla 8. Estadísticos descriptivos

	N	Mínimo	Máximo	Media	Desv.típ.
pH	19	7,43	8,98	8,28	,34
Conductividad	19	426	552	479	43
Turbidez	19	3,52	8,13	4,96	1,33
Temperatura	19	25,40	26,30	25,69	,24
Velocidad	19	4,33	31,22	16,13	9,68
Profundidad	19	15	39	21,47	5,97
Ancho	19	2	16	7,52	3,97
N válido (según lista)	19				

5.3.- Análisis Cluster

Como se observa en el gráfico 2, el análisis cluster permitió identificar claramente 2 grupos en el río, diferenciados entre sí por la comunidad de macroinvertebrados en el río Atacames de la parte alta a la media. La primera zona comprende desde el punto 1-2-3-4-5-6-7-8-11-14 y la segunda desde el 9-10-12-13-15-17-18-19.

Gráfico 2 Diferencias entre la comunidad de macroinvertebrados en el río Atacames de la parte alta a la media.



5.4.- Correlación

Este análisis nos muestra la correlación existente entre los porcentajes obtenidos del análisis EPT de cada una de las zonas de muestra desde la parte alta a la media baja y algunos de los parámetros físicos-químicos del río. Los resultados se muestran en la Tabla 9, sabiendo que si la sig. >0,05 indica que no hay correlación estadísticamente significativa y si la sig. < 0,05 si la hay:

Tabla 9. Análisis de la correlación del porcentaje total de Macroinvertebrados en cada punto de muestreo y los parámetros en cada punto de muestreo y los parámetros Físicos. Muestro junio-agosto 2013

Parámetros	Sig. (bilateral)	Correlación de Pearson
proximidad al mar	0,000*	-0,791
pH	0,001*	0,709
Conductividad	0,001*	-0,692
Turbidez	0,983	0,005
Temperatura	0,312	-0,245
Velocidad	0,004*	0,629
Profundidad	0,245	0,28
Ancho del río	0,134	-0,356
*Existe Correlación Significativa		

6.- DISCUSIÓN

Se ha llevado a cabo un análisis de la población de macroinvertebrados del río Atacames desde la parte alta a la media dividiéndolo en 20 puntos de muestreo, sabiendo que en las investigaciones de este tipo de organismos se usa de forma habitual el nivel taxonómico de familia como indicador de las condiciones ambientales y de la estructura de la comunidad (Thorne y Williams, 1997; Dolédec et al; 2000). Se logró determinar que, las familias: leptophlebiae con 1749 y Hydropsychidae con 403 individuos, fueron las especies predominantes en la etapa de análisis, siendo la primera una especie indicadora de que el recurso hídrico cumple con los parámetros básicos para el desarrollo de los organismos que en ella habitan y, por lo tanto, de una buena calidad de agua.

Con un valor medio de abundancia se encuentran las familias: F. Thiaridae con 294 individuos, F. Baetidae con 203 individuos y F. Elmidae con 141 individuos; notándose hasta aquí la abundancia de familias bioindicadoras de calidad de agua como Baetidae y Leptophlebiae al igual que en otros estudios realizados en un tramo del río Portoviejo en la provincia de Manabí (Betancour, J. 2007), siendo esta una zona tropical con similares condiciones ambientales a la de nuestro estudio. También se identificó que las especies menos abundantes fueron F. Planorbidae, F. Glossosomatidae, F. Hydrobidae cada una con un individuo; de las cuales la F. Glossosomatidae a pesar de encontrarse solo un individuo en toda la zona de muestra pertenece al grupo de especies indicadoras de calidad de agua por ser sensible a la contaminación (Roldán, 2003).

Por ser las características físico-químicas del medio acuático como pH, conductividad, temperatura, los parámetros que ejercen una importante influencia en la distribución de los macroinvertebrados fluviales (Vivas et al., 2002), en ocasiones también estos parámetros hacen que los organismos sean más sensibles (Roldán, 1992). Por este motivo se han analizado los parámetros del río pH, Conductividad, Turbidez, Temperatura, Velocidad de la corriente, profundidad y ancho del río (tabla 3), observando que el pH varía entre 7.4 a 8,9, indicando que el tramo analizado, tiene un pH neutro a básico. La turbidez es menor a 10 NTU, que implica la presencia de poco arrastre de sólidos. El valor de conductividad más alto fue de 498 uS en la estación de

muestreo Tazone antes del pueblo, que nos indica que la cantidad de materia disuelta en el agua está en los valores permisibles, siendo esta una medida importante para determinar la calidad del agua ya que cuando la conductividad aumente la calidad es Muy Buena. La temperatura media está en los 25,6°C, lo que permite la presencia de numerosas familias de macroinvertebrados y entre estas las familias que nos indican una buena calidad de agua, pero cuando empieza a aumentar la temperatura como en caso del muestreo realizado en las estaciones denominadas Punto medio 3 y Parte media-baja en donde la temperatura llega a 26°C, la cantidad de macroinvertebrados indicadores disminuye y la calidad del agua es regular. Estos resultados muestran, tal como indican otros protocolos de estudios de macroinvertebrados en ríos (Barbour et al., 1999; Green y Swietlik, 2000) que la composición y distribución de la fauna de los macroinvertebrados acuáticos tiende a variar en condiciones naturales y esto estará ligado a las características físicas, climáticas y geomorfológicas en las cuales reside.

Existen diversos índices para evaluar la calidad de las aguas de río a través del estudio de los macroinvertebrados. En este estudio se ha empleado el índice IBMWP/Col, a través del cual se observó que las familias que fueron indicadas como sensibles responden directamente a determinados parámetros físico-químicos relacionados con la calidad del agua; resultados que se encuentran en consonancia con los obtenidos por estudios similares que emplearon el mismo método (Prado, E. 2015). Sin embargo, si comparamos estos resultados con los obtenidos empleando métodos diferentes (Aguirre, J. 2011), no se observan diferencias en las conclusiones obtenidas. Será necesario llevar a cabo estudios más exhaustivos que permitan evaluar cuales de estos índices son mejores y en qué circunstancias se debe emplear cada uno.

Se pudo identificar que, existe una relación directa entre la cantidad de individuos indicadores con respecto a la influencia de las actividades antropológicas, observando una alteración de especies en 9 de los 19 sectores analizados (tabla 6), asemejando que en todos ellos existe la presencia de asentamientos humanos, causantes de variación de calidad del recurso hídrico, debido a su uso para actividades domésticas, productivas, entre otras, “específicamente por las descargas”.

Según la zona de estudio definida, la parte más alta de la cuenca corresponde a partidero 5, donde la calidad del recurso hídrico determinada fue buena. En el resto de la zona alta

la contaminación del río se da por el excremento de animales producto de actividad ganadera y a la fuerte presión sobre el recurso bosque ya que hay extensiones deforestadas, ligadas a la erosión del suelo y arrastre de materiales; a pesar de esto la calidad del agua solo varía de entre Muy Buena y Buena, según el punto de muestreo y esto dependiendo del asentamiento humano a su alrededor. En el sector de partidero 2 siendo el cuarto punto de muestreo, ubicado en la parte alta del río Atacames, se determinó la mejor calidad de agua con un porcentaje de 93,33 % en el que predominó la especie indicadora *F. leptophlebiae*.

En la zona media-baja a más de existir la contaminación por el excremento animal, podemos observar como práctica cotidiana a personas lavando sus prendas de vestir con químicos que causan un grado de contaminación en el río; siendo notable el cambio a medida que nos acercamos a los asentamientos más poblados en la parte más baja de la zonas de muestra, teniendo la calidad del agua una variación de entre buena y regular, además de la presencia de una represa en la comunidad de la Unión, misma que consta de un vertedero que tiene influencia en la regulación de caudal, y consecuentemente amortigua la velocidad con la cual el agua atraviesa el sector, identificando en ella valores mínimos y casi despreciables de macroinvertebrados. Es notable en esta parte media-baja de la cuenca, la poca presencia de familias pertenecientes a órdenes de reconocida sensibilidad como Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (Norris y Hawkins, 2000; Rabeni y Wald, 2001; Rice et al., 2001) que son familias indicadoras de calidad de agua, las cuales no toleran condiciones de estrés del río Atacames.

Todo esto evidencia una alteración en la calidad del recurso hídrico a lo largo del flujo del río. Como podemos ver en la Tabla 6 a partir del punto de muestreo número 9 denominado como el sector de las Vegas antes el pueblo, los porcentajes que nos indican la calidad del agua empiezan a presentar una variable disminución de 41,17% a 31,45% como valor mínimo perteneciente al punto de muestra número 18 denominado punto medio 2 ubicado en la parte media-baja de la zona de muestra donde la especie indicadora más representativa *F. Baetidae*; observando claramente una diferencia entre las zonas tanto en composición de macroinvertebrados, como en la influencia antrópica. Con respecto a la zona alta que los valores están de 93,33% en el punto de muestra número 4 denominado Partidero 2 a 61,12% punto de muestra número 6 denominado punto medio 6.

Gracias al análisis cluster se logró establecer dos grupos de puntos de muestreo en el río Atacames diferenciados por su composición y notando claramente la variación en familias de macroinvertebrados indicadores. El primer grupo los puntos 1-2-3-4-5-6-7-8-11-14 y el segundo grupo los puntos 9-10-12-13-15-17-18-19. Estos permiten dividir en 2 zonas al río, la primera zona alta donde el agua está entre Muy buena y Buena y una zona baja donde el agua está entre Buena y Regular. Entre ambas zonas, se observa una zona de transición que coincide con el inicio de los centros poblados, la unión del Estero Tazone al río Atacames y fincas, donde encontramos puntos de muestreo tanto buenos como regulares.

Conforme a la correlación de Pearson que se generó con porcentajes y variables físico-químicas en los datos de los puntos de muestreo, se pudo identificar que:

a) La proximidad al mar influye en la presencia de macroinvertebrados bioindicadores en el río Atacames. Ya que cuanto más nos aproximamos a la costa la cantidad de macroinvertebrados disminuye. El motivo puede ser que la contaminación antrópica aumenta por el incremento poblacional en los poblados de la zona baja cercana a la cabecera cantonal de Atacames.

b) Existe una relación directa entre el pH del agua y la cantidad de macroinvertebrados ya que a mayor pH mayor número de macroinvertebrados indicadores presentes.

c) A mayor conductividad es menor la presencia de macroinvertebrados.

d) La velocidad del río es directamente proporcional a la cantidad de macroinvertebrados.

Es evidente que la calidad del agua en el río Atacames es buena, dentro de los puntos de muestra de la investigación, sin embargo se confirma que la presencia de las actividades antrópicas, las descargas residuales, la deforestación, erosión del suelo, cambio del uso de suelo, generan impacto en la presencia de macroinvertebrados como: F. leptophlebiae, F. Baetidae, F. Philopotamidae, F. Leptoceridae, F. Leptohiphidae, F. Glossosomatidae, que son indicadores de calidad del agua.

Según investigaciones realizadas sobre Macroinvertebrados en 13 esteros de la provincia de Esmeraldas (Ecuador): Río Verde, Estero Camarones, Estero Tachina I,

Estero Tachina II, Estero Tachina III, Estero Tachina IV, Estero Tabiazo,, Estero Chipa, Estero Platano Bajo, Estero Platano Alto, Estero Quingue , San Francisco y Estero Mompiche, identifican la riqueza e importancia que tienen los macroinvertebrados en la Costa Tropical (Martinez et al., 2014), demostrando que las perturbaciones causadas por algún tipo de contaminación en el río ya sean actividades humanas o incremento poblacional en las zonas de estudio, solo disminuyen la abundancia de estos y no la riqueza biótica del sector.

La presente investigación en el río Atacames fortalece estas investigaciones en zonas tropicales de la costa de Esmeraldas, siendo notorio que en los puntos de muestreo en sectores poblados, las especies bioindicadoras de calidad de agua disminuyen en cantidad, pero nunca desaparecen; manteniendo la condición del agua con una variación entre buena y regular.

Las investigaciones realizadas por (Martinez et al., 2014), ponen en evidencia numerosos taxones encontrados en varios esteros de Esmeraldas, de la misma forma la presente, nos señala que en 20 puntos de muestreo encontramos 28 familias con un total de 3353 individuos, demostrándonos que los estudios de calidad de agua con macroinvertebrados, son capaces de reflejar situaciones de alteración de la calidad de agua a lo largo del tiempo y no solo en un momento puntual.

Los resultados obtenidos en este estudio están en consonancia con otros estudios previos realizados en Latino América que emplean macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua (Carvacho, C. 2012). Estos muestran también la distribución de familias de reconocida sensibilidad como leptophlebiae (ETP), señalando que dichas familias no toleran ríos con condiciones ambientales de estrés y que en la parte baja, donde ya hay incidencias antrópicas, al igual que en nuestra investigación, es notable la presencia y abundancia de familias tolerantes como Chironomidae.

Bajo estas características las acciones pertinentes por parte del Municipio de Atacames deberían dirigirse al control, manejo y gestión de la cuenca del río Atacames. Estudios de este tipo sirven como parte fundamental de los programas de conservación y turismo del cantón Atacames y la Provincia de Esmeraldas, ya que se conoce las condiciones del

recurso agua que tenemos en esta zona y a su vez nos lleva a buscar mecanismos que nos hagan aprovechar el recurso para mejorar la calidad de vida de las personas en las comunidades aledañas.

7.- CONCLUSIONES

1. En la generación del lista zoológico se pudieron identificar 28 familias, 1748 individuos de macroinvertebrados, desde la parte alta a la media del Río Atacames. A lo largo del tramo se pudo evidenciar que las actividades humanas influyen en las poblaciones de macroinvertebrados y por ende la calidad del agua.
2. Por medio del análisis ETP (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), se logró identificar que la calidad del agua es buena, y que es apta para el consumo de ciertas actividades humanas de las comunidades que se encuentra a lo largo de los puntos de muestreo, en vista que sus sistemas de agua segura son precarios, lo que implica que con un previo tratamiento de las aguas del río Atacames, por parte de las instituciones responsables de la dotación y cobertura de agua se pueden generar fines inherentes al consumo.
3. El pH y la velocidad del río son directamente proporcionales a la presencia de macroinvertebrados, la conductividad específica es inversamente proporcional a los mismos, lo cual se explica por la proximidad al mar.

8.- RECOMENDACIONES

1. Con el fin de que las instituciones locales y responsables de la calidad de agua puedan brindar un mejor servicio, se deberían realizar procesos periódicos de revisión de las familias y número de macroinvertebrados en el tramo establecido en los puntos 1 al 20 de la presente investigación, con el objeto de identificar si se continúan con la misma calidad de agua.
2. En los sectores donde existen asentamientos humanos que dan uso del agua del Río Atacames, se debe generar sistemas de tratamiento de aguas residuales, para que la calidad de la misma no se vea afectada, y que en las comunidades río abajo se pueda seguir utilizando de la misma. Los proyectos de reforestación, planificación del desarrollo local, que involucren las posibles urbanizaciones, cambios de uso del suelo, actividades agropecuarias deberán tomar en cuenta la calidad del agua.
3. Es recomendable utilizar la metodología empleada para esta investigación, en sectores con similares condiciones geográficas, para establecer la calidad del agua.

9.- BIBLIOGRAFÍA

- Aguirre, J. (2011). Validación de los indicadores biológico (macroinvertebrados) para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay. Cuenca
- Allan, J. D, (1984). Hypothesis testing in ecological studies of aquatic insects. In: V. H. Resh y D. M. Rosenberg (Editores), *The Ecology of Aquatic Insects*. Praeger Publishers, Nueva York, USA, pp. 484-507.
- Allan, J. D, (1995). *Stream ecology; Structure and Function of Running Waters*. Chapman & Hall, Londres, Inglaterra, 388 pp.
- Álvarez, J., y Harvey, J. (2013). valoración de la calidad del agua mediante indicadores ambientales en el río purré, quibdó, chocó - Colombia. Universidad tecnológica del Chocó d.l.c. Estudiante maestría en ciencias ambientales. Medellín, Antioquia - Colombia
- Añasco, J. (2010). Determinación de los principales indicadores morfométricos de la microcuenca hidrográfica del río Atacames en la provincia de Esmeraldas. Anteproyecto de investigación ambiental previo a la realización de la tesis para obtener el grado de Magister en Gestión Ambiental. Universidad Técnica de Esmeraldas Luís Vargas Torres. Esmeraldas, Ecuador. 55 Pp.
- Barbour, M., Gerrisen, J., Snyder, B., y James, S. (1999). *Rapid Bioassessment protocolos for use in streams and wadeable rivers: Periphyton , Benthic Macroinvertebrate and fish*(Second ed.). Washington, DC 20460: U.S. Environmental Protections Agency; office of water. Baron, J., N. Poff, P. Angermeter, C. Dahm, P. Gleick, N. Hairston, R. Jackson, C. Johnston, B. Richter y A. Steinman. 2002. Meeting ecological and societal needs for freshwater, *Ecological Applications*, 12: 1247-1260.
- Betancourt, J. (2007). Análisis estacional de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en un tramo del río Portoviejo. Guayaquil.
- Carvacho, C. (2012). Estudio de las comunidades de macroinvertebrados Bentónicos y desarrollo de un índice multimétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limarí en Chile. Barcelona. 43p
- Chaves M. L., Chainho P. M., Costa J. L., Prat N. y Costa M. J. (2005). Regional and local environmental factors structuring undisturbed benthic

macroinvertebrate communities in the Mondego River basin, Portugal. *Archiv Fur Hydrobiologie*, 163: 497-523.

- Clarke R. T., Wright J. F. Y Furse M. T. (2003). RIVPACS models for predicting the expected macroinvertebrate fauna and assessing the ecological quality of rivers. *Ecological Modelling* 160: 219-233.
- Constitución Política del Ecuador, (2008). Sección sexta Agua. Art. 411. Montecristi. 182p
- Demoraes, F., y D'ercole, R. (2001). Cartografía de riesgos y capacidades en el Ecuador. Mapa de amenazas, vulnerabilidad y capacidades en el Ecuador: Los desastres, un reto para el desarrollo. Coopi, Oxfam Internacional, SIISE. Quito, Ecuador. 65 Pp.
- Diehl, S. y Kornijów, R. (1997). Influence of submerged macrophytes on trophic interactions among fish and macroinvertebrates. In: Jeppesen, E., Ma. Sondergaard, Mo. Sondergaard y K. Christoffersen, 1998. *The Structuring Role of Submerged Macrophytes in Lakes*. Springer, New York: 24-46.
- Dolédec, S., Olivier, J., y Statzner, B. (2000). Accurate description of the abundance of taxa and their biological traits in stream invertebrate communities: Effects of taxonomic and spatial resolution. *Achiv fur Hydrobiologie* 148: 25-43.
- Domínguez-Granda, L., Goethas, P. y De Pauw, N. (2005). Aspectos del ambiente físico-químico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. *Revista Tecnológica ESPOL*, 18, 127-134.
- Ecocostas. 2006. Caracterización de las cuencas hidrográficas en el estuario de Cojimies. Usaid Grant N 518-G-00-05-00087-00. Consultado en junio del 2012: http://www.ecocostas.org/success/images/documentos/1236057477_Cuencas%20Memoria%20Tecnica.pdf
- Fenoglio, S., Badino G., y Bone, F. (2002). Benthic macroinvertebrate communities an indicator of river environment quality: an experience in Nicaragua. *Rev. Biol. Trop. So*: 1125-1131
- Figueroa, R., Valdovinos, C., Araya, E., y Parra, O. (2003). "Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua del sur de Chile," *Revista Chilena De Historia Natural*, vol. 76, pp. 275–285.

- Giller P. S. y Malmqvist B. (1997). *The Biology of Streams and Rivers. Biology of Habitats*. Oxford University Press, Oxford, Inglaterra, 296 pp.
- Guetti, P. F, (1997). *Manuale di applicazione Indice Biotico Esteso (IBE): I macroinvertebrati nel controllo della qualità degli ambienti di acque correnti*. Agenzia Provinciale per la Protezione dell'Ambiente. Provincia Autonoma di Trento. 222 pp.
- Green, J., y Swietlik, W. (2000). *A Stream condition index (SCI) for west Virginia wadeables stream*. Tetra tech: 80 pp.
- Hellowell, J. M, (1986). *Biological indicators of freshwater pollution and environmental management*. Elsevier, England. 546.
- Hellowell, J. (1978). *Biological surveillance of rivers*. Water Research Center, Stevenage. 332 p.
- Hynes H. B, (1970). *The Ecology of Running Waters*. University of Toronto Press, Toronto, Canada, 555 pp.
- Izaguirre, O. y Elósegui, A. (2005). *Environmental control of seasonal and interannual variations of periphytic biomass in a North Iberian stream*. *Annales de limnologie*, 41: 35-46.
- Jacobsen, D. (1998). *The effect of organic pollution on the macroinvertebrate fauna of Ecuadorian highland streams*. *Archiv fur Hydrobiologie*, 158: 145-167.
- Jacobsen, D., Schultz, R. y Encalada, A. (1997). *Structure and diversity of stream invertebrate assemblages: the influence of temperature with altitude and latitude*, *Freshwater Biology*, 38: 247- 261.
- Jáimez-Cuellar P., Vivas S., Bonada N., y 16 autores, (2002). *Protocolo GUADALMED (PRECE)*. *Limnética*, 21: 187-204.
- Johnson, R. (1998). *Spatiotemporal variability of temperate lake macroinvertebrate communities: detection of impact*. *Ecological applications* 8(1): 61-70.
- Johnson, R. y Goedkoop, W. (2002). *The 1995 national survey of Swedish lakes and streams: assessment of ecological status using macroinvertebrates*. En J.F. Wright, D.W. Sutcliffe & M.T. Furse (eds.). *Assessing the biological quality of*

freshwater. RIVPACS and other techniques. Freshwater Biological Association, Ambleside, U.K. Pages 229-240. *Water* 1: 295-308.

- Klemm, D., Lewis, P., Filk, F., y Lazorchak, J. (1990). Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters. Environmental monitoring systems laboratory. Cincinnati, Ohio.
- Ladrera, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos
- Martínez, C. (2006). Efecto de la introducción de salmónidos sobre la estructura de la comunidad de macroinvertebrados y las características químicas de lagunas de montaña. Universidad de León, facultad de ciencias biológicas y ambientales área de ecología
- Martínez C., Puentes S., Rebolledo E., y Jiménez P., (2014). Macroinvertebrate Richness Importance in Coastal Tropical Streams of Esmeraldas (Ecuador) and Its Use and Implications in Environmental Management Procedures.
- Malmqvist, B., Adler, P., Kuusela, K., Merritt, R. y Wootton, R. (2004). Black flies in the boreal biome, key organisms in both terrestrial and aquatic environments: a review. *Ecoscience* 11: 187-200.
- Norris, R. y Hawkins, C. (2000). Monitoring river health. *Hydrobiologia* 435: 5-17.
- Posada, J., Roldán G., y Ramírez, J. (2000). Caracterización fisicoquímica y biológica de la calidad de aguas en la cuenca Piedras Blancas, Antioquia, Colombia. *Revista de Biología Tropical*. 48(1): 59-70.
- Prado, E. (2015). Estado de la calidad de agua del río Teaone entre la termoeléctrica y la desembocadura al río Esmeraldas, sector la propicia I. Esmeraldas.
- Programa de Manejo de Recursos Costeros, (PMRC). (1993). Plan de Manejo de la ZEM Atacames- Súa- Muisne. Programa de Manejo de Recursos Costeros, Ecuador, (1):1-6.
- Rabeni, C. y Wald, N. (2001). Bioassessment of streams using macroinvertebrates: are the chironomidae necessary. *Environmental Monitoring and Assessment* 71: 177-185.

- Rice, S., Greenwood, M., y Joyce, C. (2001). Tributaries sediment sources, and the longitudinal organization of macroinvertebrate fauna along river system. *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences* 58: 824-840.
- Richards, C., Haro, R., Johnson, L., y Host, G. (1997). Catchment and research-scale properties as indicators of macroinvertebrate species traits. *Freshwater Biology* 37: 219-230.
- Rios, B. y Prat, N. (2004). Estudios de las condiciones de referencia de las cuencas del río Pita, San Pedro y Machangara, Departamento de Ecología, Universitat de Barcelona, España.
- Roldán, G. (1992). Fundamentos de la Limnología Neotropical. Universidad de Antioquia. Medellín., 529pp.
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de los Macroinvertebrados Acuáticos del Departamento de Antioquia. Bogotá: Editorial Presencia
- Roldán, G. (1999). Los Macroinvertebrados y su Valor como Indicadores de la Calidad de Agua. Departamento de Biología. Universidad de Antioquia, Medellín - Colombia.
- Roldán, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. Uso del método BMWP/Col. Universidad de Antioquia, Medellín. 170 p.
- Ros, D. (1995). La contaminación del agua en el Ecuador una aproximación económica, Instituto d Investigaciones Economicas ,Quito, Ecuador.
- Rosenberg, D. y Resh, V. (1993). *Freshwater Biomonitoring and benthic macroinvertebrates*, Chapman and Hall publishers, New York. 488 p.
- Segnini, S. (2003). El Uso de los macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de aguacorrente, *Ecotropicos*, 16: 45-63.
- Thorne, R. y Williams, W. (1997). The response of benthic macroinvertebrates to pollution in developing countries: a multimetric system of bioassessment. *Freshwater biology* 37:671-686.
- Toro, J., Schuster, J., Kurosawa, J., Araya, E., y Contreras, M. (2003). Diagnóstico de la calidad del agua en sistemas lóticos utilizando diatomeas y macroinvertebrados Bentónicos como bioindicadores Rio Maipo (santiago:

chile). Sociedad Chilena de de Ingeniería Hidráulica, XVI Congreso Chileno de Ingeniería Hidráulica.

- Vannote R. L. y Sweeney B. W. (1980). Geographic Analysis of Thermal Equilibria – a Conceptual-Model for Evaluating the Effect of Natural and Modified Thermal Regimes on Aquatic Insect Communities. *American Naturalist*, 115: 667- 695.
- Vannote R., Minshall G., Cummins K., Sedell J., y Cushing, C., (1980). The river continuum concept, *Canadian Journal of Fisheries and Aquatic Sciences*, vol. 37, no. 1, pp. 130–137.
- Vivas, S., Casas, J., Pardo, I., Robles, S., Bonada, N., Mellado, A., Prat, N., Alba-Tercedor, J., Álvarez, M., Bayo, M., Jáimez- Cuéllar, P., Suárez, M., Toro, M., Vidal- Abarca, M., Zamora-Muñoz, C., y Moyá, G., (2002). Aproximación multivariante en la explotación de la tolerancia ambiental de las familias de macroinvertebrados de los ríos mediterráneos del proyecto GUADALMED. *Limnetica* 21:149-173.
- Waters, T. (1972). The drift of stream insects. *Ann. Rev. Entomol.* 17: 253-272.
- Wetzel, R.G y Likens, G.E. (2000). *Limnological analyses*. Third edition. Springer. 429pp pp.
- Wotton, R. y Malmqvist, B., (2001). Feces in aquatic ecosystems. *Bioscience* 51: 537-544.

