



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

ESCUELA GESTION AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

**ANÁLISIS DEL ESTADO DE DIVERSIDAD DE LA COMUNIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS DENTRO DE LA
PROVINCIA DE ESMERALDAS.**

**PREVIO A LA OBTENCIÓN DE TÍTULO DE INGENIERA EN
GESTION AMBIENTAL**

AUTORA

JANIRA PAOLA VALENCIA VARGAS

ASESORA

MGT. MERIDA ORTIZ CASTRO

Esmeraldas – 2023

TRIBUNAL DE GRADUDUACIÓN

Trabajo de tesis de grado aprobado luego de haber dado cumplimiento de los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE- Esmeraldas previo a la obtención del título de INGENIERA EN GESTIÓN AMBIENTAL.

Presidente del tribunal de graduación.

MSc. Eduardo Rebolledo Monsalve

Lector 1

Mgt. Karla Solis Charcopa

Lector 2

Phd. Javier Burbano Salazar

Coordinador de Área de Industria, Construcción y Ambiente

Mgt. Mérida Ortiz Castro

Asesor de tesis

Esmeraldasde....., del 2023

AUTORIA

Yo, Janira Paola Valencia Vargas, declaro que la presente investigación enmarca en el trabajo de tesis “Análisis de Estado de Diversidad de Macroinvertebrados Bentónicos dentro de la Provincia de Esmeraldas” es absolutamente original, autentica y personal.

En virtud que el contenido de esta investigación es de exclusiva responsabilidad legal y académica de la PUCE – Esmeraldas

FIRMA: _____

JANIRA PAOLA VALENCIA VARGAS

C.I. 0804356210

DEDICATORIA

A Dios, quien me ha dado la fortaleza de seguir adelante siempre, y nunca me ha desamparado, me ha brindado salud para culminar mis estudios.

A mis hijos, principalmente a mi hija Valentina quien ha estado conmigo desde sus primeros meses de vida, apoyándome siempre. Ellos son mi vida, mi fortaleza y mi motor para seguir adelante. Los amo con mi vida entera.

A mis padres Teobaldo y Lidia, quienes han sido mis pilares fundamentales en mi vida, este trabajo es para ustedes que siempre confiaron en mí, nunca me desampararon y siempre me impulsaban a terminar mis estudios, y por todo el esfuerzo que hicieron para que yo tuviera un título universitario.

AGRADECIMIENTOS

A Dios por ser mi guía durante toda mi carrera universitaria y ser la fortaleza de mis padres.

A mi ex Asesor y amigo Jon Molinero, por guiarme en todo este proceso con mucha paciencia y compromiso; y a su vez brindarme todos sus conocimientos para poder culminar mi tesis.

A mis amigas Mérida y Eli, por siempre motivarme a culminar mi carrera, y valorar el esfuerzo de mis padres.

INDICE

TRIBUNAL DE GRADUDUACIÓN	ii
AUTORIA	iii
DEDICATORIA	iv
AGRADECIMIENTOS	v
LISTA DE TABLAS	1
LISTA DE FIGURAS	2
RESUMEN	3
ABSTRACT	4
INTRODUCCIÓN	5
Descripción del Problema a Estudiar	5
Justificación	7
Objetivos.....	8
Objetivo general	8
Objetivos específicos	8
CAPITULO I: MARCO TEORICO	9
1.1. Bases teóricas – científicas.	9
1.2 Antecedentes	12
CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS	14
2.1 Área de estudio	14
2.2 Recolección de datos.....	15
2.3 Análisis de datos.	18
CAPITULO III: RESULTADOS	19
3.1 Indicadores ambientales en el área de estudio	19
3.2 Abundancia y riqueza en las comunidades de macroinvertebrados.....	22
3.3 Resultados de macroinvertebradas dominantes con variables ambientales.	25
3.4 Resultados de análisis de macroinvertebrados raros con gradientes ambientales.....	26
CAPITULO IV: DISCUSIÓN	28
CAPITULO V: CONCLUSIONES	32
CAPITULO VI: RECOMENDACIONES	33
REFERENCIAS	34

LISTA DE TABLAS

Tabla 1. Sumario de las muestras utilizadas en el análisis regional de las comunidades de macroinvertebrados en la provincia de Esmeraldas.....	16
Tabla 2. Sumario de los indicadores ambientales que se utilizarán en este estudio.	17
Tabla 3. Resultado del análisis de componentes principales (). Se muestran el porcentaje de varianza explicada por cada eje, la varianza acumulada y las cargas de las variables significativas.	19
Tabla 4. Datos de abundancia y riqueza de cada estudio.....	22
Tabla 5. Grupos taxonómicos más significativos.	22

LISTA DE FIGURAS

Figura 1. Mapa del are de estudio mostrando la localización de los puntos de muestreo:	14
Figura 2. Resultados de componentes principales. (CP1, componente 1; CP2, componente 2)	20
Figura 3. Análisis de componentes principales representada en el área de estudio.....	21
Figura 4. Abundancias totales de los principales grupos taxonómicos en la muestra	24
Figura 5. Resultados del escalado multidimensional adimensional de las abundancias relativas de los macroinvertebradas dominantes	25
Figura 6. Resultados del escalado multidimensional adimensional de las abundancias relativas de los macroinvertebrados raros.	26

RESUMEN

Los macroinvertebrados bentónicos actualmente son considerados como bioindicadores de evaluación de calidad del agua, debido a su tolerancia a ambientes contaminados. La presente investigación tuvo como objetivo general analizar el estado de diversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos dentro de la provincia de Esmeraldas y su relación con indicadores ambientales.

Para cumplir con el objetivo se realizó una investigación cuantitativa, donde se identificó la influencia de la variabilidad de los indicadores ambientales en tres escalas (local, ripario y de cuenca) sobre la diversidad de los macroinvertebrados bentónicos, se tomó como guía tres documentos referidos a estudios de macroinvertebrados realizados en algunos ríos de los cantones de la Provincia de Esmeraldas.

Como resultado se evidencio una abundancia y riqueza de macroinvertebrados bentónicos en los estudios analizados de Martinez et al y Molinero sin publicar; y dentro de los grupos taxonómicos más significativos se encontró Ephemeroptera, Trichoptera, Díptera, Coleóptera, Heteroptera y Odonata. Dentro de las familias más dominantes sobresalieron Leptoplebiidae, Baetidae, Leptohyphidae, Chironomiidae y Hydropsychidae; y de los grupos raros se evidencio que la familia Palaemonidae se correlaciono con el indicador ambiental densidad de vías y bajo porcentaje de bosque en la cuenca, es decir donde hay alteración ambiental.

Del estudio se concluyó que la presencia de bosque tanto en la zona de cuenca y riparia debe ser indispensable para la conservación de la diversidad bentónica y con ello al recurso agua; también se demostró que la intervención de actividades antropogénicas influye en la presencia de macroinvertebrados bentónicos tolerantes a contaminación ambiental.

Palabras claves: macroinvertebrados, indicadores ambientales, abundancia, diversidad, contaminación.

ABSTRACT

Benthic macroinvertebrates are currently considered as bioindicators for water quality assessment due to their tolerance to contaminated environments. The general objective of this research was to analyze the state of diversity of the benthic macroinvertebrate community within the province of Esmeraldas and its relationship with environmental indicators.

To meet the objective, quantitative research was carried out, where the influence of the variability of environmental indicators in three scales (local, riparian and basin) on the diversity of benthic macroinvertebrates was identified, three documents referring to macroinvertebrate studies carried out in some rivers of the cantons of the Province of Esmeraldas were taken as a guide.

As a result, an abundance and richness of benthic macroinvertebrates was evidenced in the analyzed studies of Martinez et al and Molinero without publishing; and within the most significant taxonomic groups were Ephemeroptera, Trichoptera, Diptera, Coleoptera, Heteroptera and Odonata. Within the most dominant families stood out Leptoplebiidae, Baetidae, Leptohyphidae, Chironomiidae and Hydropsychidae: and of the rare groups it was evidenced that the family Palaemonidae correlated with the environmental indicator density of roads and low percentage of forest in the basin, that is, where there is environmental alteration.

From the study concluded that the presence of forest in both the basin and riparian zone should be indispensable for the conservation of benthic diversity and thus the water resource; It was also demonstrated that the intervention of anthropogenic activities influences the presence of benthic macroinvertebrates tolerant to environmental pollution.

Key words: macroinvertebrates, environmental indicators, abundance, diversity, pollution.

INTRODUCCIÓN

Descripción del Problema a Estudiar

Los ríos son ecosistemas fluviales dinámicos, multifuncionales y de gran complejidad que se caracteriza por la presencia de redes de drenaje, cauces, bosques y una diversidad ambiental (1). Sin embargo, la calidad de los ecosistemas fluviales se ha visto afectada por diversas presiones antropogénicas que incluye la destrucción de bosque ribereños, contaminación del agua, modificación de los cauces entre otros, alterando en sí la estructura como los servicios que ofrece (2).

El deterioro de estos ecosistemas ha afectado tanto en la biodiversidad como en la calidad de las aguas, es por ello que estos cambios han motivado el desarrollo de metodologías que permitan determinar el grado de alteración de los ecosistemas fluviales (3).

La calidad de los ecosistemas fluviales, en principio se evaluó por medio de parámetros fisicoquímicos, pero solo permitía evaluar la contaminación de manera puntual y a corto plazo (4) por lo que fue necesario implementar índices bióticos para estimar las consecuencias de las intervenciones antrópicas, destacando aquellos basados en el uso de macroinvertebrados bentónicos (5).

Los macroinvertebrados bentónicos actualmente son considerados como indicadores biológicos para los ecosistemas fluviales debido a su amplia distribución y diversidad, principalmente por responder a los cambios ambientales más rápidos que otros bioindicadores (6). Estos organismos han demostrado ser buenos indicadores de calidad de los ecosistemas fluviales, ya que proporcionan una respuesta cuantificable frente a las perturbaciones ambientales (7).

En Ecuador, los estudios de calidad de los ríos han ido aumentando a lo largo de este tiempo es por ello que ya han sido incluidos en la legislación para el control y seguimiento ambiental (8).

El primer estudio realizado en la provincia de Esmeraldas fue publicado en 2014 por docentes del área de Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, Sede Esmeraldas (P.U.C.E.S.E.), en el cual se investigó sobre la importancia de la riqueza de macroinvertebrados y su aplicación en la gestión ambiental (5). Los resultados de este estudio registraron el primer reporte de invertebrados acuáticos de la región y se demostró que los índices biológicos BMWP-Col y de Shannon presentan un buen desempeño para la determinación del estado de la comunidad de macroinvertebrados de la zona. Posteriormente, se han realizado diferentes estudios de macroinvertebrados en los ríos de la Provincia por parte de Estudiantes de la Escuela de Gestión Ambiental de la P.U.C.E.S.E.

Existe una escasez de estudios que proporcionen información sobre la relación de los indicadores ambientales y las comunidades de macroinvertebrados bentónicos estudiados en los diferentes ríos de los cantones de la provincia de Esmeraldas. Debido a la alteración de los ecosistemas acuáticos por actividades antrópicas, es necesario plantearse la siguiente interrogante: ¿Cuál es la influencia de los indicadores ambientales sobre la presencia de comunidades de macroinvertebrados bentónicos? ¿Qué familias son más sensibles o tolerantes a los cambios en los indicadores ambientales?

Justificación

Los macroinvertebrados bentónicos tienen ventajas como indicadores, según Figueroa et al, (6) porque se encuentran presentes en todos los ecosistemas acuáticos, son sedentarios y permiten obtener un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones, son de fácil manejo y se pueden utilizar diferentes métodos de análisis como índices bióticos o de diversidad.

A pesar que se han realizado estudios sobre la diversidad taxonómica de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, en la mayoría se limitan a describir la presencia de ciertas especies que indican contaminación, pero no se ha profundizado en conocer que factores ambientales han influenciado sobre la presencia o no de macroinvertebrados bentónicos (9), es por ello que este estudio permitirá conocer el impacto que general la influencia de indicadores ambientales sobre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos en los estudios ya realizados dentro de la Provincia de Esmeraldas.

Este estudio es de gran novedad debido a que analizara la correlación que existe entre los macroinvertebrados bentónicos y los indicadores ambientales sobre la diversidad de estas especies en los estudios ya realizados, y servirá como guía para próximos estudios donde se utilice a los macroinvertebrados como bioindicadores, también permitirá que no solo se analice la presencia de diversidad sino que se relacione la presencia de bosque naturales en las cuencas de los ríos, a la pendiente, al orden de los ríos, área de drenaje entre otros indicadores ambientales.

Objetivos

Objetivo general

Analizar el estado de diversidad de macroinvertebrados bentónicos estudiados dentro de la Provincia de Esmeraldas y su relación con indicadores ambientales.

Objetivos específicos

1. Determinar los indicadores ambientales en las cuencas hidrográficas asociadas a los estudios de macroinvertebrados bentónicos, mediante el uso de un sistema de información geográfico y de cartografía digital disponible.
2. Relacionar el estado de diversidad de macroinvertebrados presentes en la zona de estudio con los indicadores ambientales (locales, ripario y de cuenca)
3. Desarrollar una base de datos con la información existente sobre los estudios de macroinvertebrados y la correlación con los indicadores ambientales.

CAPITULO I: MARCO TEORICO

1.1. Bases teóricas – científicas.

Ambientes loticos.

Ambientes loticos o ríos son dinámicos, complejos e integradores, que cumplen diversas funciones como la auto purificación, control de inundaciones, mantenimiento para los organismos que comparten el mismo ambiente, ingreso de flujos de sedimentos, nutrientes (10). Los ríos presentan conexiones con otros ecosistemas; longitudinal cuando un rio se mantiene a lo largo de un rango altitudinal (rio arriba-río abajo), lateral cuando existe una conexión entre la cuenca hidrográfica y la cobertura vegetal de ribera y vertical cuando presentan conexión con las aguas subterráneas y precipitaciones (11).

Calidad de agua en los ríos.

Referirse al término “calidad de agua” nos referimos a aquellas condiciones que debe tener el agua para que esta mantenga un ecosistema equilibrado en las características físicas, químicas y microbiológicas que la definen (12).

Evaluación biológica de la calidad de agua.

La evaluación biológica de las aguas radica en la capacidad natural de la biota acuática de responder ante los efectos de alteraciones eventuales o permanentes que ocasionan cambios en la estructura o funcionamiento de los hábitats naturales.

Al presentarse alteraciones del hábitat, los organismos sensibles no son capaces de soportar estas perturbaciones y desertan la zona, dejando así el espacio para que esta sea colonizada por organismos tolerantes. Estos cambios nos informan de los efectos de la contaminación y otras alteraciones sobre los ecosistemas (13).

Vegetación de la ribera

Es un sistema vegetal próximo a cursos y cuerpos de agua (14), siendo esta una conexión entre hábitats terrestres y acuáticos en sus diferentes estratos verticales (15), convirtiéndose así en áreas de importancia ecológica, aportando material orgánico a los sistemas loticos (16). Su principal función es crear ambientes propicios para las especies que se alimentan de hojas, convirtiéndose también en corredores de interacción, en el cual los flujos de energía y nutrientes (17).

La vegetación de ribera influye sobre la luz y la temperatura, así como la disponibilidad de hábitat y de alimento (18). La vegetación de ribera es una zona de protección de los sistemas acuáticos, ya que actúa como trampas naturales que retienen sedimentos nutrientes y otros contaminantes desde los suelos contiguos hacia los cursos de agua (19). Cuando la vegetación de ribera de un cuerpo de agua es alterada ocasiona cambios físicos en los hábitats, provocando el aumento de la turbidez y la sedimentación, debido al incremento de la erosión, cambios en la producción de oxígeno disuelto, induciendo así a la degradación de los hábitats de los macroinvertebrados.

Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos indicadores de la calidad de los ecosistemas fluviales porque viven en hábitats acuáticos y se adaptan a las condiciones específicas del ambiente en el que se encuentra; Algunos taxones presentan poca tolerancia a las perturbaciones de su hábitat, mientras que la presencia de otros más tolerantes indica una degradación del río (20).

Importancia de los macroinvertebrados bentónicos.

Los macroinvertebrados sirven de alimento a los peces, aves y anfibios asociados a este medio y degradan la materia orgánica dejándola accesible como alimento para otros organismos. 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, sino que sean aprovechados en el medio incrementando así la biodiversidad (21)

Hábitats de los macroinvertebrados acuáticos.

Estos habitan en diferentes microhábitats, constituidos por rocas, arenas, materia orgánica, plantas acuáticas, troncos caídos, entre otros (22) Algunos microhábitats se forman en función de la corriente de agua; microhábitats rápido, remanso y corriente. Microhábitats rápidos son tramos del río poco profundos y turbulentos, con corrientes de aguas muy fuertes, chocando con rocas que se presentan parcial o totalmente sumergidas, adaptándose especies que han desarrollado estructuras en su cuerpo que les permite sujetarse al sustrato, tales como familias Elmidae, Dryopidae, Corydalidae, Baetidae, Leptophlebiidae, entre otros. Los microhábitats remansos la circulación del agua es muy lenta y profundos, suelen tener sedimentos blandos y lodosos, por sus adaptaciones físicas ciertos macroinvertebrados se entierran, ya sea para protegerse o mantenerse húmedos en casa de sequía; aquí se encuentran la familia Euthyplocidae; también habitan organismos que han desarrollado patas patinadoras que permiten mantenerse en la película de agua sin hundirse, encontramos a las familias de orden Hemiptera, Vellidae, Gerridae.

Microhábitats corrientes son áreas del río, donde el agua corre, pero sin turbulencia, compuesto por piedras pequeñas, donde habitan macroinvertebrados que se arrastran en la superficie del sustrato, se presentan ordenes como Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Trichoptera (23).

Macroinvertebrados como bioindicadores.

Son organismos susceptibles a los cambios o perturbaciones del agua. Algunas especies de macroinvertebrados requieren de una buena calidad de agua para vivir, mientras que otras

son capaces de sobrevivir en aguas perturbadas, contaminadas o con baja calidad ecológica (20).

Por eso según (24) expresa que las razones más destacadas por las cuales se considera a los macroinvertebrados como buenos bioindicadores, son:

- Tiene una amplia distribución tanto geográfica como diferentes tipos de ambiente.
- Poseer una gran riqueza de especies sensibles a los diferentes gradientes ambientales.
- Son de naturaleza sedentaria lo que permite un análisis espacial de contaminación a lo largo del tiempo.
- Ser abundantes y fáciles de muestrear.
- Taxonomía bien conocida a nivel de familia y género.
- Algunas especies son sensibles a diferentes tipos de contaminación.

1.2 Antecedentes

El uso de los organismos acuáticos como bioindicadores de calidad de los ecosistemas acuáticos comienzan en Europa a mediados del siglo XIX, y a partir de ahí se han desarrollado índices biológicos en diferentes países utilizando la fauna bentónica para determinar el estado ecológico de los sistemas fluviales, por ejemplo el Biological Monitoring Working Party (BMWP), el River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS), el Índice Biótico de Familias (IBF) y el índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera), entre otros (25).

En la actualidad, en los países latinoamericanos como Venezuela, Colombia, México, Bolivia, Argentina, Ecuador y Chile, existen experiencias del uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua. Por ejemplo, en Chile, se utilizan los macroinvertebrados para estudiar la salud de los sistemas fluviales presentes en el país. Otro ejemplo Colombia que modificó el índice de BMWP adaptados a los organismos presentes en sus cauces de agua (26).

Uno de los primeros estudios realizados en el Ecuador fue el que realizo Arroyo Carolina, 2007 (27), donde evaluó la calidad de agua de las fuentes hidrográficas del bosque protector Rio Guajiro, donde concluyo que la calidad del agua en referencias de presencia de macroinvertebrados determino no presentaban diferencias entre los ríos y la calidad era aceptable.

En Ecuador, se ha reconocido la utilidad de los estudios de calidad de agua basados en bioindicadores y, en la actualidad, están presentes en la legislación ecuatoriana para el control y seguimiento ambiental (Ministerio del Ambiente Ecuador, 2015).

En la provincia de Esmeraldas, (5). realizaron el primer estudio sobre el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos y su aplicación en la Gestión Ambiental. Posteriormente, se han realizado otros estudios similares en la provincia como, por ejemplo, el estudio realizado en el río Teaone (28).

CAPITULO II: MATERIALES Y METODOS

2.1 Área de estudio

Para la presente investigación se analizaron 4 estudios sobre macroinvertebrados bentónicos realizados en diferentes ríos de los cantones de la Provincia de Esmeraldas, de los cuales se tomaron los puntos de muestreo y el total de individuos por familias presentes. (Figura 1)

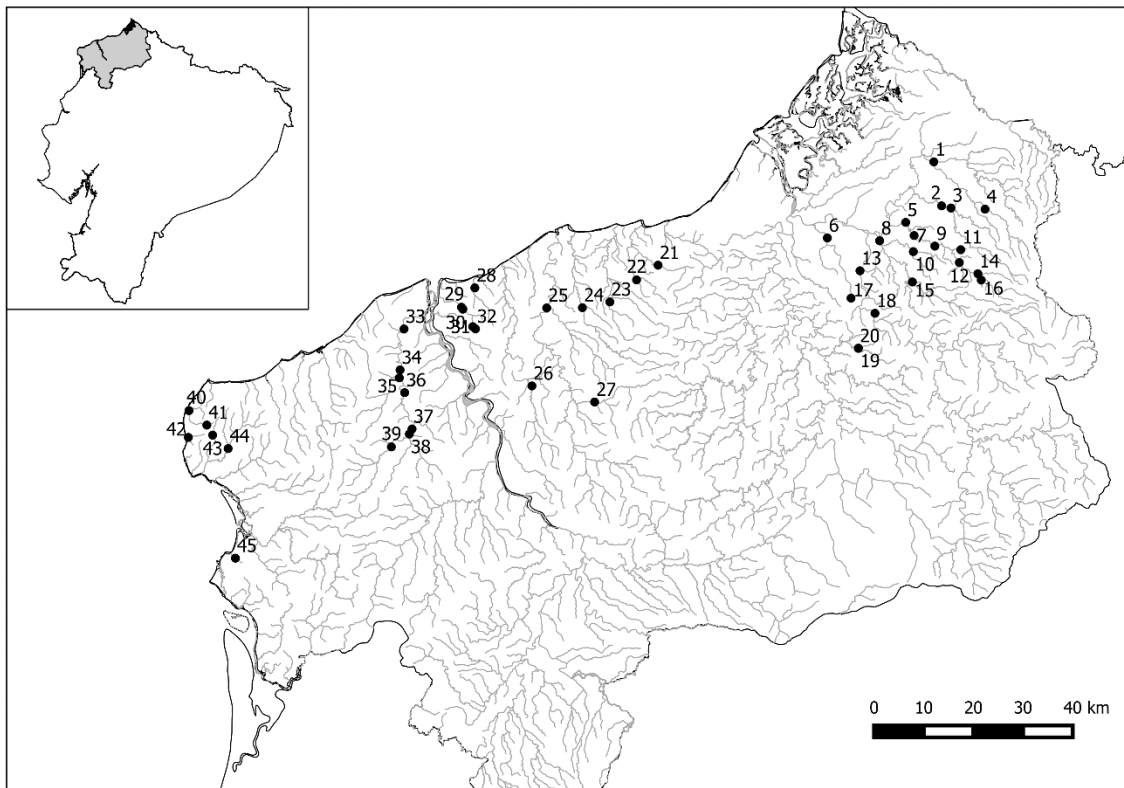


Figura 1. Mapa del área de estudio mostrando la localización de los puntos de muestreo: Palabi 01, Bogotá 01, Limpio 01, Tululbí 02, Cachabí 01, María 01, Cachabí 02, Wimbicito 01, Cachabí 03, Wimbicito 02, Comba 01, Cachabí 04, Las Antonias 01, Cachabí 05, Wimbi 01, San Antonio 01, María 02, Santiago 01, El Parto 01, Zapallito 01, Pizares 01, Culebra 01, Ostiones 01, Mate 01, Rioverde 01, Chumundé 01, Meribe 01, Camarones 01, Tachina 01, Tachina 02, Tachina 03, Tachina 04, Teaone 01, Teaone 02, Teaone 03, Teaone 04, Teaone 05, Teaone 06, Teaone 07, Estero de Plátano 01, Estero de Plátano 02, Quingue 01, Chipa 01, San Francisco 01, Mompiche 01

2.2 Recolección de datos.

En el desarrollo de la investigación se utilizó la investigación cuantitativa, para analizar los datos obtenidos e identificar estadísticamente la influencia de la variabilidad de los indicadores ambientales sobre la diversidad (abundancia) de los macroinvertebrados bentónicos (29).

Según el alcance, el estudio es correlacional; de acuerdo a Hernández – Sampieri y Mendoza, 2018 (30) relaciona o asocia dos o más variables, es decir se analizó los diversos indicadores ambientales y su comportamiento con los datos obtenidos en los diferentes estudios realizados de macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Esmeraldas.

En esta investigación se empleó como técnica la revisión de datos existentes obtenidas de los estudios de macroinvertebrados bentónicos y como instrumento se realizó un registro de contenido de los estudios, de acuerdo a Useche M, Artigas W, Queipo B, Perozo E; se usa esta técnica para extraer información sobre la variable (31).

Se utilizó 5 bases de datos algunos están asociados a documentos referidos estudios de macroinvertebrados bentónicos y otros no; realizados en ciertos ríos de los cantones de la provincia de Esmeraldas. En la tabla 1 se detallan los 54 puntos que se recopiló en toda el área, los puntos de referencia y la cuenca de los ríos donde se encontraba cada punto, determinando 14 cuencas alrededor (Santiago, Cayapas, Rioverde, Camarones, Tachina, Estero de Plátano, San Francisco, Quingue, Mompiche, Rioverde, Teaone, Lagarto, Mate y Ostiones). Las bases de datos definidos a continuación:

- Importancia de la riqueza de macroinvertebrados en las corrientes tropicales costeras de Esmeraldas y su uso e implicaciones en la gestión ambiental.

- Caracterización de la Calidad de Agua del Río Teaone utilizando macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores, realizado a lo largo del tramo del río Teaone; investigación realizada por Guijarro Viteri Michelle Mabel.
- Informe Final de Monitoreo de Calidad Ambiental de ríos de la cuenca del Santiago afectados por la actividad minera aurífera entre el periodo noviembre del 2011 a noviembre del 2012, investigación realizada por el CID PUCESE PRAS (32).

Tabla 1. Sumario de las muestras utilizadas en el análisis regional de las comunidades de macroinvertebrados en la provincia de Esmeraldas.

ID	UTM X	UTM Y	Cuenca	Punto	Referencia	Fecha	Fuente
01	736658	92870	Cayapas	Zapallito 01	Aquí me quedo	10/2012	PUCESE (2012)
02	736690	92928	Cayapas	El Parto 01	Aquí me quedo	10/2012	
03	747034	117839	Santiago	Cachabí 01	San Javier	10/2012	
04	752788	112909	Santiago	Cachabí 03	Los Ajos	10/2012	
05	731186	115311	Santiago	María 01	San Agustín	10/2012	
06	735535	103031	Santiago	María 02	Arriba	10/2012	
07	748406	111956	Santiago	Wimbicito 02	Wimbicito	10/2012	
08	753160	129867	Santiago	Palabí 01	Ricaurte	10/2012	
09	737538	108475	Santiago	Las Antonias 01	---	10/2012	
10	756178	120544	Santiago	Limpio 01	San Francisco	10/2012	
11	674195	103203	Rioverde	Rioverde 01	---	10/2012	Martinez et al. (2014)
12	659869	107734	Camarones	Camarones 01	---	10/2012	
13	657039	103944	Tachina	Tachina 01	---	10/2012	
14	657299	103546	Tachina	Tachina 02	---	10/2012	
15	659162	99949	Tachina	Tachina 03	---	10/2012	
16	659730	99523	Tachina	Tachina 04	---	10/2012	
17	644997	87157	Teaone	Teaone 04	Puente Moncaume	10/2012	
18	601422	85018	E. de Plátano	E. de Plátano 01	Bajo	10/2012	
19	604934	82018	E. de Plátano	E. de Plátano 02	Alto	10/2012	
20	606025	79957	S. Francisco	Chipa 01	---	10/2012	
21	609060	77145	S. Francisco	S. Francisco 01	---	10/2012	
22	601125	79675	Quinge	Quinge 01	---	10/2012	
23	609754	55039	Mompiche	Mompiche 01	---	10/2012	
24	670670	87615	Rioverde	Chumunde 01	---	07/2015	Rebolledo (2015)
25	683178	83940	Rioverde	Meribe 01	---	07/2015	
26	681378	103007	Mate	Mate 01	---	07/2015	
27	686951	103962	Ostiones	Ostiones 01	---	07/2015	
28	692481	108211	Lagarto	Culebra 01	Piquigual	07/2015	
29	696915	111011	Lagarto	Pizares 01	Pizares	07/2015	
30	645319	99967	Teaone	Teaone 01	Vuelta Larga	08/2015	Guijarro (2015)
31	644232	91756	Teaone	Teaone 02	Tabiazo después	08/2015	
32	644029	90173	Teaone	Teaone 03	Tabiazo antes	08/2015	
33	644997	87157	Teaone	Teaone 04	Puente Moncaume	08/2015	
34	646224	79796	Teaone	Teaone 05	C. Concha después	08/2015	
35	645653	78790	Teaone	Teaone 06	C. Concha antes	08/2015	
36	641937	76339	Teaone	Teaone 07	Morachigüe	08/2015	
37	736690	92928	Cayapas	El Parto 01	Aquí me quedo	10/2015	Molineró (sin publicar)
38	747034	117839	Santiago	Cachabí 01	San Javier	10/2015	
39	748681	115181	Santiago	Cachabí 02	Urbina	10/2015	

40	752788	112909	Santiago	Cachabí 03	Los Ajos	10/2015
41	757597	109421	Santiago	Cachabí 04	San José	10/2015
42	761260	107042	Santiago	Cachabí 05	Arriba	10/2015
43	761883	105752	Santiago	S. Antonio 01	---	10/2015
44	731186	115311	Santiago	María 01	San Agustín	10/2015
45	735535	103031	Santiago	María 02	Arriba	10/2015
46	741705	114379	Santiago	Wimbicito 01	Concepción	10/2015
47	748406	111956	Santiago	Wimbicito 02	Wimbicito	10/2015
48	754420	120969	Santiago	Bogotá 01	Peña Lisa	10/2015
49	763128	119944	Santiago	Tululbí 02	Minas Viejas	10/2015
50	753160	129867	Santiago	Palabí 01	Ricaurte	10/2015
51	737538	108475	Santiago	Las Antonias 01	---	10/2015
52	748007	105851	Santiago	Wimbí 01	---	10/2015
53	757920	111840	Santiago	Comba 01	---	10/2015
54	740250	99813	Santiago	Santiago 01	Playa Nueva	10/2015

Para el análisis correlacional entre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y los indicadores ambientales, se realizará la comparación en tres escalas que fueron elaborados por el investigador y que se detallan en la tabla 2.

Tabla 2. Sumario de los indicadores ambientales que se utilizarán en este estudio.

Escala	Nombre	Abreviatura	Descripción	Fuentes
Local	Elevación	LELEV	Elevación sobre el nivel del mar del punto de muestreo	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)
	Orden	LORDE	Orden del río donde se encuentra el punto de muestreo	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)
	Pendiente	LPEND	Pendiente del cauce en el punto de muestreo	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)
	Bosque natural	LBOSQ	Porcentaje de bosque natural alrededor del punto de muestreo	Mapa de usos del suelo del Ecuador (MAE, 2016)
Ripario	Bosque natural	RBOSQ	Porcentaje de bosque natural en la zona riparia aguas arriba del punto de muestreo	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017) Mapa de usos del suelo del Ecuador (MAE, 2016)
Cuenca	Área de drenaje	CAREA	Área de drenaje en el punto de muestreo	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)
	Bosque natural	CBOSQ	Porcentaje de bosque natural en la cuenca de drenaje	Mapa de usos del suelo del Ecuador (MAE, 2016)
	Precipitación	CPREC	Precipitación anual sobre la cuenca	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)

Geología	CGEOL	Tipo de geología de la cuenca	Mapa geología a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)
Densidad de vías	CVIAS	Densidad de vías de comunicación en la cuenca	Mapa cartográfico a escala 1:50000 del Ecuador (IGM, 2017)

2.3 Análisis de datos.

En esta investigación para identificar la variabilidad de los indicadores ambientales de la comunidad de macroinvertebrados de los puntos estudiados con los indicadores ambientales se realizó un Análisis de Componentes Principales (ACP), en el cual se visualizó las diferencias entre los puntos de muestreo.

Se realizó un análisis no métrico multidimensional basado en el índice de disimilitud de Jaccard con la función metaMDS y se superpusieron los gradientes de distribución de familias y ambientales con la function envrfit del paquete vegan de R.

Para realizar este análisis, las familias de macroinvertebrados se clasificaron como comunes, aquellas que representaban individualmente al menos un 5% de los individuos capturados y macroinvertebrados poco comunes, aquellas familias que representaban menos del 5% de los individuos capturados.

CAPITULO III: RESULTADOS

3.1 Indicadores ambientales en el área de estudio

Se detallará los resultados del análisis de componentes principales, que selecciono dos componentes, explicando el 47% de la variabilidad de los indicadores ambientales utilizados para el análisis de esta investigación.

El componente 1 (CP1) explicó el 28% de la variabilidad de los indicadores ambientales y está correlacionado negativamente con la coordenada UTMX (Universal transversal de Mercator x), la precipitación, el porcentaje de bosque ripario, el porcentaje de bosque en la cuenca, y la presencia de arcillas y granito en la cuenca (Tabla 3). Este eje representa un gradiente espacial este/oeste, marcado por diferencias de precipitación, de conservación y de sustrato geológico entre las cuencas del norte y del sur de Esmeraldas. El componente 2 (CP2) explicó el 19% de la variabilidad de los indicadores ambientales y se correlaciona en forma negativa con el orden de los ríos, el área de la cuenca y con el sustrato de granito, y de forma positiva con la elevación, la pendiente, y la densidad de vías. Este eje es un gradiente altitudinal, separando las partes bajas de las cuencas, con ríos de gran tamaño, de las partes altas, con ríos pequeños.

Tabla 3. Resultado del análisis de componentes principales (). Se muestran el porcentaje de varianza explicada por cada eje, la varianza acumulada y las cargas de las variables significativas.

	CP1	CP2
Var.	0.28	0.19
Cum. Var.	0.28	0.47
UTMX	- 0.398	---
UTMY	---	---
ORD	---	- 0.446
ELEV	---	0.233
PEND	---	0.321
AREA	---	- 0.425
PREC	- 0.316	---
LBOSQ	---	---
RBOSQ	- 0.301	---
CBOSQ	- 0.321	---
VIAS	---	0.265
ARCI	- 0.318	---
AREN	---	---
CARB	---	---
GRAN	- 0.226	- 0.263

OTR	---	---
VOLC	---	---

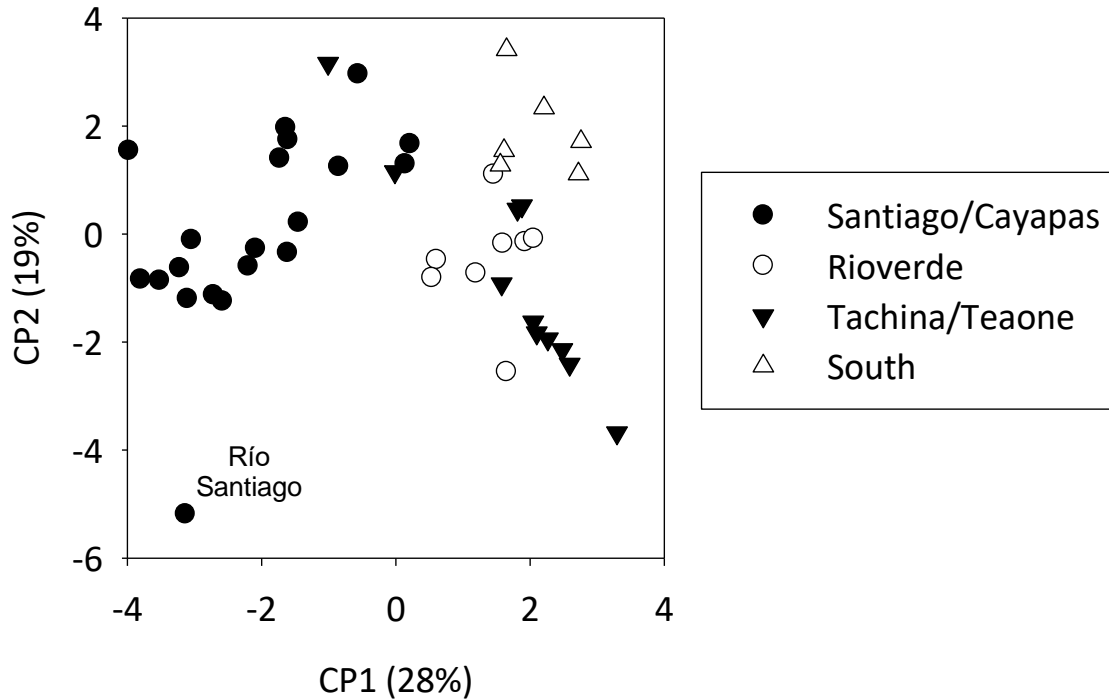


Figura 2. Resultados de componentes principales. (CP1, componente 1; CP2, componente 2)

Como resultado de componentes principales se condicionaron en 4 cuencas principales a lo largo del estudio, los cuales son Santiago/Cayapas, Rioverde, Tachina Teaone y Sur de Esmeraldas.

A lo largo del eje 1, las cuencas situadas al norte de Esmeraldas (Santiago/Cayapas) se encuentran en el lado negativo del eje. Estas cuencas se caracterizan por su mayor precipitación, por estar mejor conservadas y tener mayores porcentajes de bosque y por una mayor abundancia de granitos en la cuenca (Figura 3 y 4a). A lo largo del eje 2, los puntos de muestreo se ordenan en función del tamaño de cuenca. El río Santiago aparece con valores negativos y separado del resto de puntos al tratarse del río de mayor tamaño de la muestra (Figura 3 y 4b). Otros puntos de muestreo también se ordenan en función del tamaño de la cuenca, dentro de cada área de estudio. Son ríos de mayor orden, situados a elevaciones más bajas y de escasa pendiente. También existe un gradiente en la distribución de las vías y los ríos situados en las partes bajas de las cuencas están asociados a una mayor densidad de vías de comunicación.

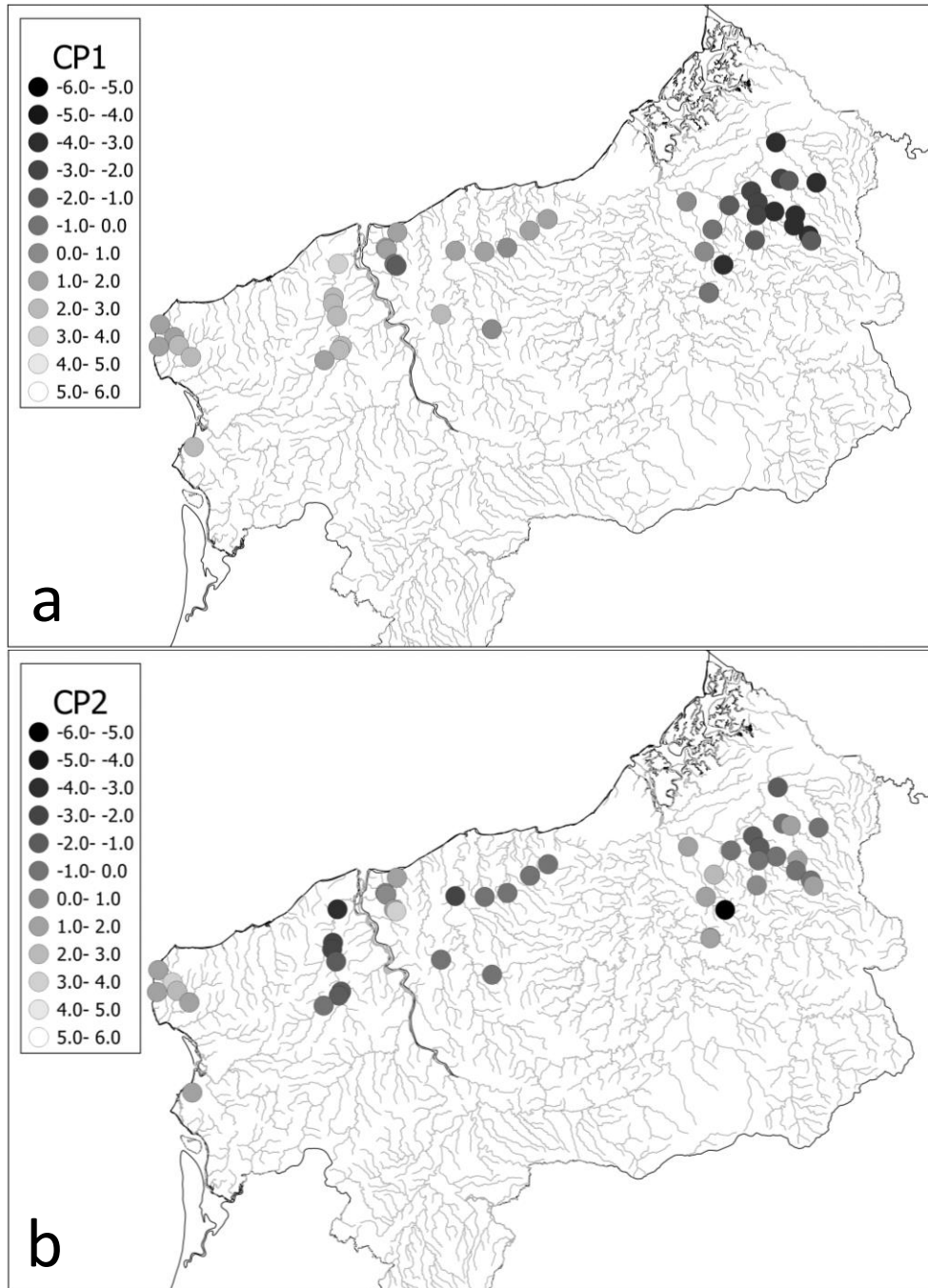


Figura 3. Análisis de componentes principales representada en el área de estudio.

3.2 Abundancia y riqueza en las comunidades de macroinvertebrados.

En la tabla 3 se observan los estudios que se utilizaron para el análisis de esta tesis, en donde se visualiza los números de puntos estudiados por cada estudio, evidenciando que la abundancia y la riqueza de macroinvertebrados fueron mayores en Martínez et al. (2014) y Molinero (sin publicar). Las abundancias más bajas se observaron en PUCESE (2012) y Rebolledo (2015) y las riquezas más bajas en Rebolledo (2015) y Guijarro (2015).

Tabla 4. Datos de abundancia y riqueza de cada estudio.

	N	Número total (media ± de)	Riqueza (mín - máx)	Riqueza total
Pucese (2012)	10	52 ± 62	2 -18	34
Martínez et al (2014)	13	336 ± 220	13 -26	50
Rebolledo (2015)	6	59 ± 24	6 -12	18
Guijarro (2015)	6	170 ± 88	9 -19	27
Molinero (sin publicar)	10	316 ± 303	5 -23	44

En la tabla 4 se observan diferencias significativas totales y en diferentes grupos, debidos a que son estudios diferentes, diferencias en muestras tomadas en cada estudio en cantidad de macroinvertebrados, o por diferencias geográficas y composición de las comunidades. Efemeropteros. Tricópteros. Dípteros. Coleópteros. Moluscos. Heterópteros y Odonatos

Tabla 5. Grupos taxonómicos más significativos.

Grupo taxonómico	ANOVA	Comparaciones múltiples
Total	$F_{4,49} = 12.8, p < 0.001$	A ^a C ^{ab} D ^{bc} E ^c B ^c
Efemeroptera	$F_{4,49} = 8.20, p < 0.001$	A ^a C ^b D ^b E ^b B ^b
Trichoptera	$F_{4,49} = 7.22, p < 0.001$	C ^a A ^{ab} D ^{bc} B ^c E ^c
Diptera	$F_{4,49} = 10.5, p < 0.001$	C ^a A ^a D ^{ab} E ^{bc} B ^c
Coleoptera	$F_{4,49} = 12.2, p < 0.001$	A ^a C ^{ab} D ^b E ^b B ^c
Molusca	$F_{4,49} = 4.29, p < 0.01$	C ^a E ^a A ^{ab} D ^{ab} B ^b
Heteroptera	$F_{4,49} = 10.6, p < 0.001$	C ^a E ^a D ^a A ^{ab} B ^b
Odonata	$F_{4,49} = 7.31, p < 0.001$	C ^a A ^a D ^{ab} E ^{ab} B ^b

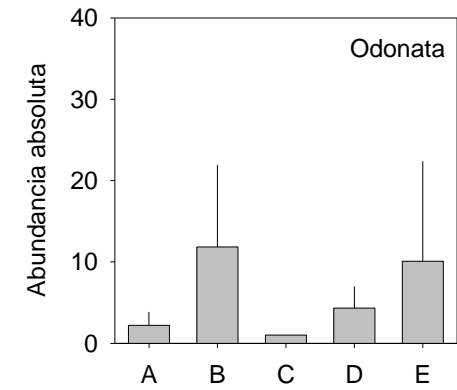
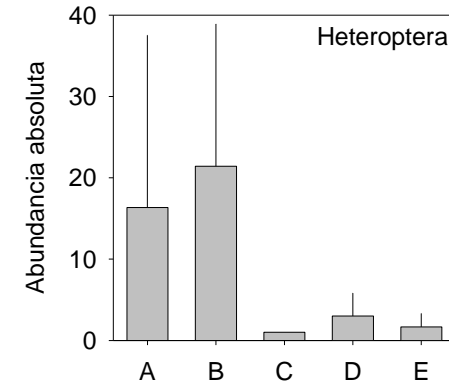
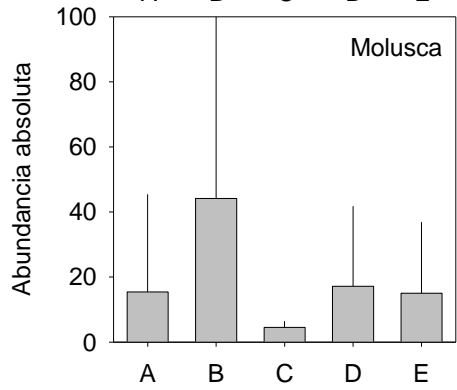
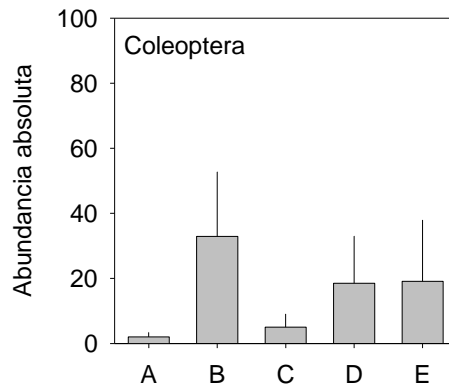
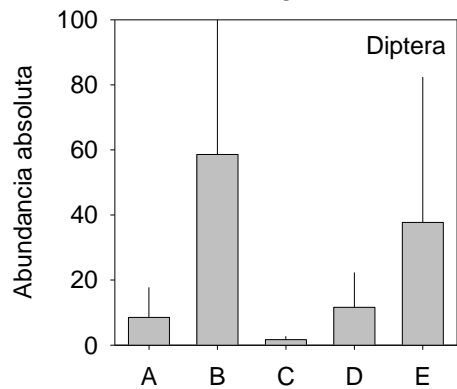
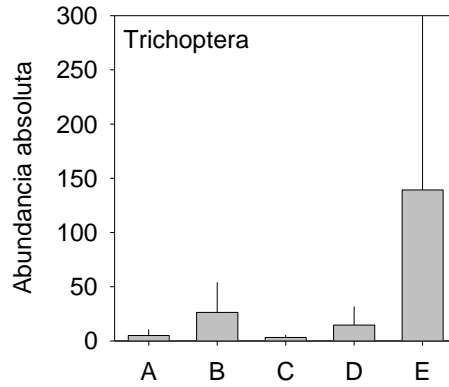
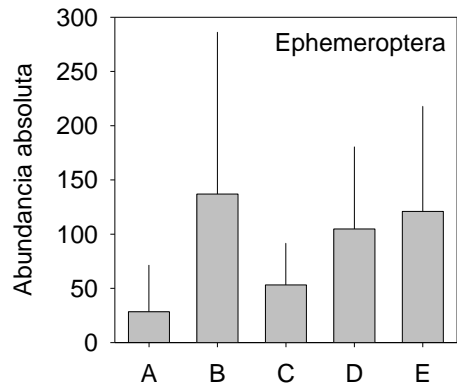


Figura 4. Abundancias totales de los principales grupos taxonómicos en la muestra (A, PUCESE (2012); B, Martínez et al, 2014; C, Rebolledo, 2015; D, Guijarro, 2015; E, Molinero, sin publicar).

En la figura 4 la familia Ephemeroptera se evidencio que en los estudios Martínez et al, 2014 y Molinero, sin publicar, la familia antes mencionada presenta una abundancia absoluta mayor a los demás estudios realizados.

Familia Trichoptera de acuerdo al estudio de Molinero, sin publicar presento una abundancia absoluta mayor sobre los demás estudios que se tomaron para el análisis.

Familia Díptera se presenta en los estudios de Martínez et al, 2014 y Molinero, sin publicar con los valores más altos de abundancia por encima de los estudios de Pucese, 2012; Rebolledo, 2015 y Guijarro, 2015

Familia Coleóptera se muestra una abundancia absoluta en el estudio de Martínez et al, 2014; seguido por las muestras de los estudios de Guijarro, 2015 y Molinero, sin publicar con abundancias absolutas en el mismo valor.

Familia Moluscas se presenta en el estudio de Martínez et, al, 2014 con una riqueza mayor de esta familia de macroinvertebrados a diferencia los demás estudios utilizados en esta investigación.

Familia Heteroptera, en los estudios de Pucese, 2012 y Martínez et, al 2014 se evidencio valores mayores de riqueza de la familia Heteroptera muy por encima de los estudios de Rebolledo, 2015, Guijarro, 2015 y Molinero, sin publicar.

Familia Odonata, se evidencia una riqueza en los estudios de Martínez et, al 2014 seguido por el estudio de Molinero, sin publicar; muy por encima de los estudios de Pucese, 2012, Rebolledo, 2015 y Guijarro, 2015.

3.3 Resultados de macroinvertebradas dominantes con variables ambientales.

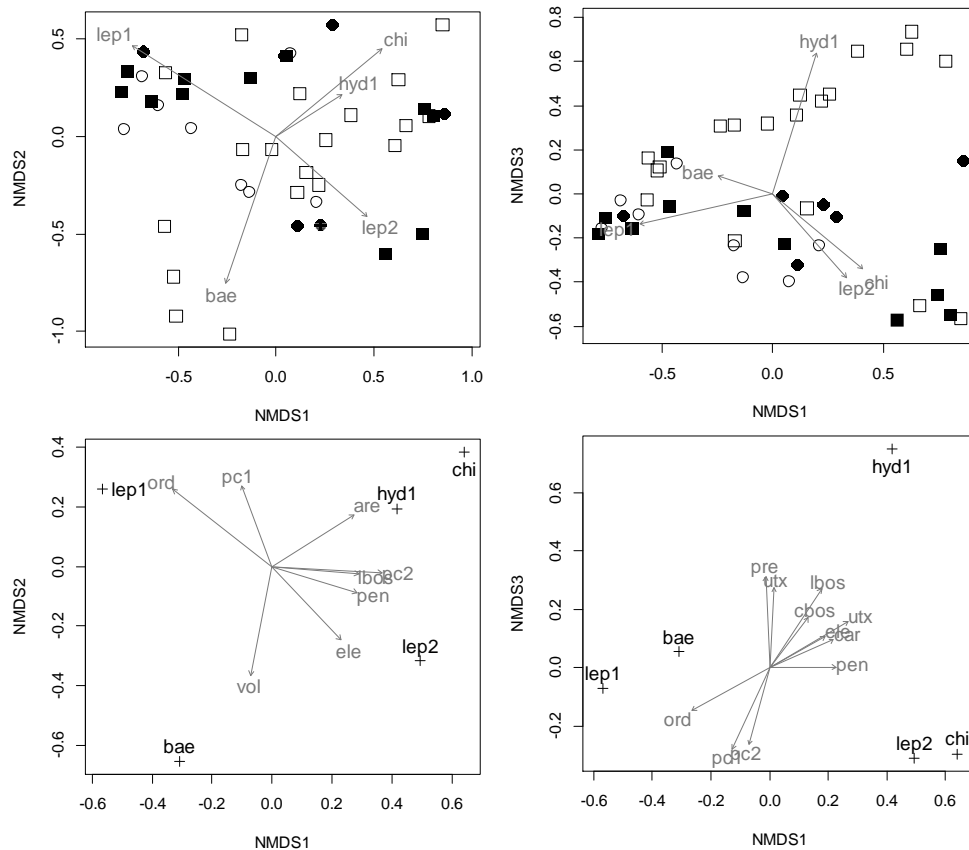


Figura 5. Resultados del escalado multidimensional adimensional de las abundancias relativas de los macroinvertebradas dominantes

Puntos (□, Norte; ○, Rioverde; ■, Tachina y Teaone; ●, Sur). Familias: lep1, Leptoplebiidae; chi, Chironomiidae; lep2, Leptohyphidae; bae, Baetidae; hyd1, Hydropsychidae). Se incluyen los gradientes de las variables ambientales: utx, coordenada UTM x; ord, orden del cauce; ele, elevación; pen, pendiente del cauce; pre, precipitación anual en la cuenca; lbos, porcentaje de bosque alrededor del punto de muestreo; cpos, porcentaje de bosque en la cuenca; are, porcentaje de areniscas en la cuenca; car, porcentaje de rocas carbonatadas en la cuenca; vol, porcentaje de rocas volcánicas en la cuenca; pc1, componente principal 1, pc2, componente principal 2.

En la figura 5. Se evidencia los resultados del análisis de los macroinvertebrados más dominantes con los variables ambientales.

Figura 5.a. Se analizo los grupos de más dominantes de macroinvertebrados con gradientes de sitios, es decir los puntos de muestreos. La familia Leptoplebiidae (lep1) es más abundantes en

Tachina y Teaone y Rioverde; la familia Leptohyphidae (lep2) abunda en los puntos de Tachina y Teaone y Sur, familia Baetidae (bae) es abundante en los puntos estudiados del norte, al igual que las familias Chironomiidae (chi) y Hydropsychidae (hyd1).

Figura 5.c. la familia Leptoplebiidae (lep1) se muestran en con mayor intensidad con la variable orden del cauce (ord), esto quiere decir que hay mayor Leptoplebiidae donde los ríos son grandes y que tienen poca elevación y poca pendiente. Leptohyphidae es todo lo opuesto están presentes donde aumenta la pendiente (pen), aumenta la elevación (ele) y disminuye el orden del cauce del río (ord), es decir ríos más pequeños. Los Baetidae se presentan en ríos donde aumenta el porcentaje de rocas volcánicas en la cuenca. Chironomiidae y Hydropsychidae son abundantes donde el (are) porcentaje de areniscas en la cuenca es mayor.

3.4 Resultados de análisis de macroinvertebrados raros con gradientes ambientales.

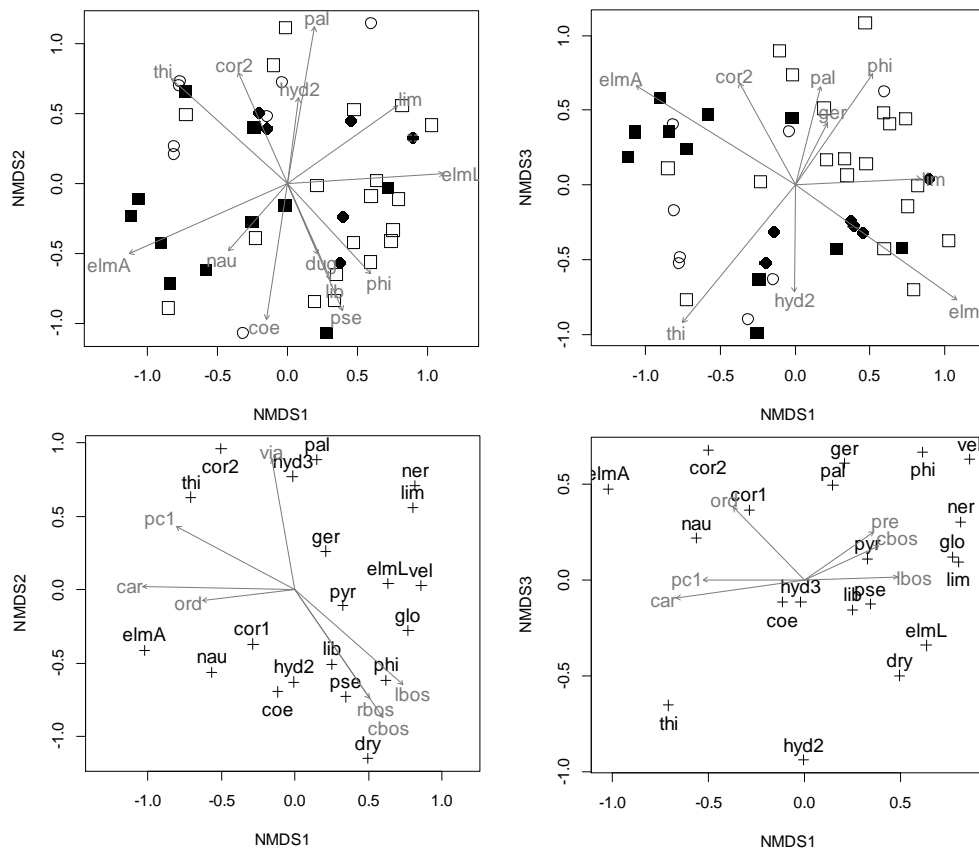


Figura 6. Resultados del escalado multidimensional adimensional de las abundancias relativas de los macroinvertebrados raros.

Puntos ((□, Norte; ○, Rioverde; ■, Tachina y Teaone; ●, Sur)., Familias: lim, Limneidae; dry, Dryopidae; pal, Palaemonidae; pyr, Pyralidae; lib, Libelulidae; coe, Coenagrionidae; cor1, Corydadlidae; ger, Gerridae; nau, Naucoridae; hyd2, Hydroptilidae; elmA, Elmidae (adulto); elmL, Elmidae (larva); cor2, Corbiculidae; vel, Vellidae; phi, Philopotamidae; glo, Glossosomatidae; hyd3, Hydrobiidae; pse, Psephenidae; ner, Neritidae; thi, Thiaridae). Se incluyen los gradientes de las variables ambientales: ord, orden del cauce; pre, precipitación anual en la cuenca; lbos, porcentaje de bosque alrededor del punto de muestreo; lrbos, porcentaje de bosque local; rbos, porcentaje de bosque de la zona riparia; cbos, porcentaje de bosque en la cuenca; car, porcentaje de rocas carbonatadas en la cuenca; via, densidad de vías en la cuenca; vol, porcentaje de rocas volcánicas en la cuenca; pc1, componente principal 1.

En la figura 6. Se evidencia los resultados del análisis de los macroinvertebrados raros con los variables ambientales.

Figura 6.a. Se analizo los grupos raros de macroinvertebrados con gradientes de sitios, es decir los puntos de muestreos. Las familias Limneidae (lim), Elmidae (larva) elmL, Philopotamidae (phi), Libelulidae (lib), Psephenidae (pse), Palaemonidae (pal), Hydroptilidae (hyd2), abundan más en los puntos del norte de Esmeraldas; Elmidae (adulto) elmA, abunda en los puntos de Tachina y Teaone, Coenagrionidae (coe) abundan en los puntos de Rioverde, Thiaridae (thi), se encuentran en los puntos de Rioverde y Tachina y Teaone; La familia Elmidae (adulto) (elmA), Naucoridae (nau), se presentan más en los puntos de Tachina y Teaone.

Figura 6.c Hydrobiidae (hyd3), Palaemonidae (pal), se muestran con mayor intensidad donde hay densidad vías en la cuenca (via), donde hay poco porcentaje de bosque en la zona riparia (rbos) y bajo porcentaje de bosque en la cuenca (cbos), es decir donde la zona de estudio esta alterada; La familia Elmidae (adulto) (elmA), Naucoridae (nau), Corydadlidae (cor1), se presentan donde el orden del cauce de la cuenca (ord) es mayor, es decir en ríos más grandes y donde el porcentaje de rocas carbonatas en la cuenca (car) es alto; Las familias Dryopidae (dry), Libelulidae (lib), Psephenidae (pse), Philopotamidae (phi) se evidencian en los puntos de muestreos donde hay mayor porcentaje de bosque alrededor del punto de muestreo (lbos), porcentaje de bosque local (lrbos), porcentaje de bosque en la zona riparia (rbos) y el porcentaje de bosque en la cuenca (cbos)

CAPITULO IV: DISCUSIÓN

A través de esta investigación se pudo analizar la diversidad de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos dentro de la provincia de Esmeraldas y su relación con indicadores ambientales, determinados mediante el uso de un sistema de información geográfica y de cartografía, relacionando así la influencia de los indicadores ambientales sobre el estado de diversidad de macroinvertebrados presentes en las zonas estudiadas.

Los macroinvertebrados tiene un gran valor como bioindicadores de calidad de agua. La presencia de su comunidad, su diversidad y abundancia en cuerpos de agua, es un índice indiscutible de las condiciones que presentan los ríos, también indica que las fluctuaciones de contaminación no son fuertes para producir cambios significativos en dichos cuerpos de agua (33). con ello se afirma que la abundancia y la riqueza de macroinvertebrados fueron mayores en Martínez et al. (2014) y Molinero (sin publicar).

(34) El orden Ephemeroptera es considerado como uno de los órdenes sensibles a la contaminación de agua, habitan en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas. Según (22), explica que existen ciertas especies que en su mayoría habitan en ríos con ciertas condiciones ambientales y tienden a disminuir de acuerdo al grado de contaminación; sin embargo ninguna especie puede sobrevivir a niveles altos de contaminación, afirmando que el análisis de los estudios realizado en los trabajos de Martínez et al, 2014 y Molinero, sin publicar, dentro de sus estudios, el orden Ephemeroptera habita en ríos donde las condiciones son aptas para su supervivencia, lo que genera que exista una abundancia de esta familia sobre los demás estudios.

En los resultados presentados en este estudio sobre la abundancia totales de los principales grupos taxonómicos de las muestras se observa que el orden Trichoptera presento una abundancia absoluta mayor sobre los demás estudios que se tomaron para el análisis, según (35). afirman que este

orden está presente en ecosistemas de gran cobertura boscosa, debido a que allí existen las materias primas indispensables para su alimentación; que se podría deberse a la amplitud de sustratos (materia orgánica en descomposición) brindado por el grado de conservación del bosque ribereños aledaño a los puntos de muestreos analizados (36).

Otra de las familias más abundante es la Heteroptera, según el análisis de la abundancia total realizada en los diferentes estudios se evidencio que en Pucese, 2012 y Martinez et, al 2014 los valores son mayores, por encima de los demás estudios, esto se debe según (37) el orden Heteroptera habita casi todos los ecosistemas acuáticos, pero son muy vulnerables a cambios ambientales, esto afirma que dentro de estos estudios el cauce hídrico les proporciona las condiciones para habitar.

Dentro del estudio análisis de los macroinvertebrados más dominantes con los variables ambientales la familia Leptoplebiidae perteneciente al orden Ephemeroptera se muestra con mayor intensidad, esto se debe a que se encontraron presentes en áreas donde la precipitación es mayor, áreas mejor conservadas y cuentan con mayor porcentaje de bosque; según (38) esta familia se caracterizan por vivir en aguas limpias y con abundante y conservada vegetación, al existir este indicador alrededor de la cuencas de los puntos estudiados, proporciona a los cursos de agua mayor cantidad de hábitats, fuentes de alimentación y refugio (39).

Otra de las familias más representativa en el análisis es Baetidae, que se evidencio en los ríos del norte donde el porcentaje de rocas volcánicas en la cuenca son mayores. Estudios realizados en Brasil como el de Salles, 2010 (40), demostró que estas familias son diversas y abundante, con preferencia en sustratos específicos y son sensibles a procesos de degradación e impactos antropogénicos; al igual que el estudio de Forero, et al. 2016 (41) donde los resultados demostraron que esta familia se encontraron con mayor porcentaje en los sustratos de rocas volcánicas.

(14) Afirma que la vegetación de ribera son áreas de importancia ecológica, debido a que aporta material orgánico a los sistemas loticos, material que sirven de alimentación para los macroinvertebrados, de acuerdo a esta afirmación en la figura 5 se evidencio que el grupo Baetidae muestra una abundancia en los ríos del norte donde se presentan mayor porcentaje de vegetación en la zona riparia aguas arribas del punto de muestreo.

Chironomiidae y Hydropsychidae son abundantes en los ríos del norte donde el porcentaje de areniscas en la cuenca son mayores. Estas familias pueden estar adheridos a rocas, troncos, fango por lo que la diversidad de sustratos presentes en los cuerpos de agua es fundamental para la supervivencia de dichas familias (42). Por lo que el cauce hídrico adherido al área estudiada les proporciona las condiciones para habitar asociadas a los sustratos.

De acuerdo al análisis de los grupos raros de macroinvertebrados las familias Limneidae (lim), Elmidae (larva) (elmL), Philopotamidae (phi), Libelulidae (lib), Psephenidae (pse), Palaemonidae (pal), Hydroptilidae (hyd2), abundan más en los puntos del norte de Esmeraldas. La familia Palaemonidae se evidencia en un punto donde alrededor del río se encuentra intervenido por densidad de vías, Según (43) la transformación del bosque alrededor del punto estudiado a otro tipo de uso de tierra afecta directamente a la fauna presente, de acuerdo a (44) cuando existe alteraciones del río por procesos de contaminación, se refleja el efecto a través de la estructura y composición de la biota acuática, (32) la actividad minera incide sobre el ecosistema fluvial sin ningún tipo de tratamiento.

Familia Elmidae (adulto) (elmA) insectos pertenecientes al orden Coleóptera, son organismos capaces de desarrollar mecanismo fisiológicas y morfológicos que les permiten desarrollarse en hábitats acuáticos (45), explicando así la abundancia de la misma en el estudio de Guijarro, 2015. La mayoría de estas familias se encuentran presentes en cuerpos de aguas corrientes y viven ligados a sustratos hídricos (46) factor que incide que la familia Elmidae esté presente en áreas donde existe áreas de porcentajes de rocas carbonatas en la cuenca.

Dentro del análisis de macroinvertebrados raros con las variantes ambientales se observó que las familias Dryopidae (dry), Psephenidae (pse), Philopotamidae (phi), se encontraron en áreas donde hay mayor porcentajes de bosque en la zona riparia, debido a que la zona riparia está establecida como refugio de distintas comunidades, es el área de transición entre las riberas y los cuerpos fluviales (18) Son ecosistemas fértiles y productivos donde comprenden funciones físicas y ecológicas entre ellas brindan refugio y alimento para los microorganismos (47) la presencia de vegetación en las zonas riparia, es de gran importancia debido a que proporciona cantidades importantes de detritos vegetales (madera y hojas muertas), lo que hace factible la presencia de dichas familias y por ende permite mantener la biodiversidad de los organismos bentónicos (36).

En los puntos de muestreos realizados en la zona de Tachina/Teaone de acuerdo a la figura 3 se observó un impacto ambiental en la vegetación riparia, que influyó en la presencia de familias de macroinvertebrados como lo indicó Guijarro, 2016 (28) en su análisis donde determinó que cierto punto de su estudio, evidenció la influencia de las actividades de la población aledaña sobre la comunidad de macroinvertebrados.

En ciertos puntos de las zonas del sur la vegetación ribereña ha sido intervenida por las actividades humanas como indica en el estudio realizado por PUCESE (2012) en este punto se presenciaron actividades mineras, determinando la presencia de aluminio, cobre, hierro y manganeso en valores muy superiores a los valores establecidos en la norma ambiental, el cual afectaría en la calidad del agua y por ende en la diversidad de macroinvertebrados, como lo menciono (13) al presentarse alteraciones del hábitat, los organismos sensibles no son capaces de soportar las perturbaciones y desertan la zona.

Con respecto a el análisis de correlaciones de las variables ambientales con los macroinvertebrados resultados como dominantes se correlacionan de forma negativa con el orden del río, porcentaje de bosque ripario, porcentaje de bosque en la cuenca, presencia de rocas volcánicas y porcentajes de areniscas en la cuenca de estudio las familias Leptoplebiidae, Baetidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, en las áreas de las cuencas del norte y sur de Esmeraldas.

CAPITULO V: CONCLUSIONES

Esta tesis ha demostrado que la influencia de indicadores ambientales como el porcentaje de bosque ripario que exista en la cuenca de drenaje de los estudios realizados de comunidad de macroinvertebrados ha influido en la presencia de abundancia de macroinvertebrados, debido a que este indicador dentro de sus funciones es cumplir como flujo de energía y nutrientes.

La calidad de agua es indispensable para la conservación de una alta diversidad bentónica, contribuido también por la presencia de bosques tanto en la zona local, de cuenca y riparia aporta significativamente a la conservación de los macroinvertebrados y por consecuencia al recurso agua, evitando así cambios en la calidad de agua.

De acuerdo al estudio se observó que el grupo Chironomiidae se encuentran presentes en la parte del norte de la Provincia de Esmeraldas, ya que estos organismos son tolerantes a las alteraciones ambientales que presenta el área de estudio, por la influencia de actividades antropogénicas.

CAPITULO VI: RECOMENDACIONES

1. A las diferentes carteras de estados como el Ministerio del Ambiente (MAE) formen alianzas con la Pontificia Universidad Católica del Ecuador sede Esmeraldas y distintas entidades educativas con la finalidad de impulsar programas académicos e investigativos con objetivos específicos que involucre la conservación de la cobertura vegetal ribereña y por ende el mantenimiento de los niveles de calidad de agua.
2. A los estudiantes de las nuevas carreras afines al Medio Ambiente de la PUCESE que realicen estudios de macroinvertebrados bentónicos en los diferentes cantones de la Provincia de Esmeraldas, para determinar mejor los estándares de calidad de los ríos.
3. El presente estudio es una puerta de investigación para futuros estudios, por lo que se recomienda seguir realizando investigaciones, analizando de manera más puntual a los macroinvertebrados no solo con variables físicas-químicas sino también con las variables ambientales presentes.

REFERENCIAS

1. Guevara G, Ph D. EVALUACIÓN AMBIENTAL ESTRATÉGICA PARA CUENCAS PRIORITARIAS DE LOS ANDES COLOMBIANOS : DILEMAS , DESAFÍOS Y NECESIDADES Strategic Environmental Assessment for Priority Basins of the Colombian Andes : Dilemmas , Challenges and Necessities. *Acta Biológica Colomb.* 2014;19(1):11–24.
2. Giraldo LP, Chará J, Zuñiga MDC, Chará-Sema AM, Pedraza G. Impacto del uso del suelo agropecuario sobre macroinvertebrados acuáticos en pequeñas quebradas de la cuenca del río La Vieja (Valle del Cauca, Colombia). *Rev Biol Trop.* 2014;62:203.
3. González V, Caicedo O, Aguirre N. Aplicación de los índices de calidad de agua NSF , DINIUS y BMWP Application of water quality indices NSF , DINIUS and BMWP. *Rev Gestión y Ambient.* 2013;16(1):97–108.
4. Walteros-Rodríguez J, Paiba-Alzate J. Preliminary Study of Aquatic Macroinvertebrate Communities in the Torre Cuatro Forest Reserve. *Boletín Científico Cent Museos Mus Hist Nat.* 2010;14(1):137–49.
5. Martínez-Sanz C, Puente-García SM, Rebolledo ER, Jiménez-Prado P. Macroinvertebrate richness importance in coastal tropical streams of esmeraldas (Ecuador) and its use and implications in environmental management procedures. *Int J Ecol.* 2014;2014.
6. Figueroa R, Valdovinos C, Araya E, Parra O. Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile. *Rev Chil Hist Nat.* 2003;76(2):275–85.
7. Custodio M, Chanamé F. Analysis of benthic macroinvertebrates biodiversity of Cunas river by means of environmental indicators, Junin-Peru. *Sci Agropecu.* 2016;7(1):33–44.
8. Puentes W. “La Problemática Ambiental Y El Deterioro De Los Recursos Naturales En El Ecuador. Una Perspectiva Desde La Geografía.” *Esc Ciencias Geográficas [Internet].* 2015;2–5. Available from: [http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8665/LA PROBLEMÁTICA AMBIENTAL Y EL DETERIORO DE R.N. EN EL ECUADOR.](http://repositorio.puce.edu.ec/bitstream/handle/22000/8665/LA_PROBLEMÁTICA_AMBIENTAL_Y_EL_DETERIORO_DE_R.N._EN_EL_ECUADOR)

9. Domínguez-Granda L, Goethals P, De Pauw N. 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. *Rev Tecnol Espol*. 2005;18(1):127–34.
10. Rica UDC. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=44922967001>. 2010.
11. Pérez GR, Restrepo JJR. Fundamentos de limnología neotropical [Internet]. Editorial Universidad de Antioquia; 2008. (Ciencia y tecnología). Available from: <https://books.google.com.ec/books?id=FA5Jr7pXF1UC>
12. Huertas DA. Análisis de la calidad de agua del Río Cutuchi con base a variables físico-químicas y macroinvertebrados acuáticos [Internet]. 2014. 95 p. Available from: http://repositorio.ute.edu.ec/bitstream/123456789/4681/1/58595_1.pdf
13. Segnini S. El uso de macroinvertebrados béntonicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotropicos*. 2003;16(2):45–63.
14. Romero FI, Cozano MA, Gangas RA, Naulin PI. Zonas ribereñas: Protección, restauración y contexto legal en Chile. *Bosque*. 2014;35(1):3–12.
15. Capa K. DEL MEDIO AMBIENTE Autora : Karina Lisseth Capa Cobos Directora : Marina Mazón , Ph . D . Loja- Ecuador. 2019;
16. Lemly AD, Hilderbrand RH. Influence of large woody debris on stream insect communities and benthic detritus. *Hydrobiologia*. 2000;421(1):179–85.
17. Cummins KW, Merritt RW, Andrade PCN. The use of invertebrate functional groups to characterize ecosystem attributes in selected streams and rivers in south Brazil. *Stud Neotrop Fauna Environ* [Internet]. 2005 Apr 1;40(1):69–89. Available from: <https://doi.org/10.1080/01650520400025720>
18. Granados-Sánchez D, Hernández-García M. Á, L-RGFE de las ZRRCSF y del A [Internet]. 2006;12(1):55-69. R de: <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=6291210>. Disponible en: <http://www.redalyc.org/articulo.oa?id=62912107>. 2007;
19. Baudry J, Thenail C. Interaction between farming systems, riparian zones, and landscape

- patterns: a case study in western France. *Landsc Urban Plan* [Internet]. 2004;67(1):121–9. Available from: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0169204603000331>
20. Ladrera Ruben, Rieradevall Maria PN. Macroinvertebrados acuaticos como indicadores biologicos: una herramienta didactica. *Rev Didáctica* 11. 2013;(2013).
 21. Giacometti J, Bersosa F. Giacometti & Bersosa, 2006.pdf. *Ser Zoológica*. 2006;(Appendix 1):17–32.
 22. Carrera C, Fierro K. Macroinvertebrados Acuáticos [Internet]. Vol. 2, *Ecociencia*. 2018. 57 p. Available from: <http://www.flacsoandes.edu.ec/libros/digital/56374.pdf>
 23. Hanson PSMRA. Introduccion a los grupos de macroinvertebrados acuaticos. Available from: <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
 24. BONADA N, Prat N, Resh V, Statzner B. Developments in Aquatic Insect Biomonitoring: A Comparative Analysis of Recent Approaches. *Annu Rev Entomol*. 2006 Feb 1;51:495–523.
 25. Roldán-Pérez G. Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America. *Rev la Acad Colomb Ciencias Exactas, Fis y Nat*. 2016;40(155):254–74.
 26. Ramírez A, Gutiérrez-Fonseca PE. Estudios sobre macroinvertebrados acuáticos en América Latina: avances recientes y direcciones futuras. *Rev Biol Trop*. 2014;62(April):9.
 27. Arroyo C. Proyecto Final presentado como requisito para la Obtención del título Baccalaureus Scientiae en Ecología Aplicada. 2007;44.
 28. Guijarro Viteri MM. Caracterización de la calidad de agua del río Teaone utilizando macroinvertebrados bentonicos como bioindicadores. *Syria Stud* [Internet]. 2015;7(1):37–72. Available from: https://www.researchgate.net/publication/269107473_What_is_governance/link/548173090cf22525dcb61443/download%0Ahttp://www.econ.upf.edu/~reynal/Civilwars_12December2010.pdf%0Ahttps://think-asia.org/handle/11540/8282%0Ahttps://www.jstor.org/stable/41857625

29. Sanchez A, Murillo A. Enfoques metodológicos en la investigación histórica: cuantitativa, cualitativa y comparativa [Internet]. Vol. 9, Debates por la historia. 2021. 147–181 p. Available from: <https://orcid.org/0000-0002-5708-428X>
30. Hernández-Sampieri R, Mendoza C. Las rutas Cuantitativa Cualitativa y Mixta [Internet]. Editorial Mc Graw Hill Education. 2018. 1–753 p. Available from: shorturl.at/mwS39
31. Useche Maria, Artigas Wileidys, Queipo Beatriz PE. Tecnicas e instrumentos de recoleccion de datos cuali-cuantitativos [Internet]. Vol. 21. 2020. 1–9 p. Available from: <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>
32. PUCESE-PRAS- C I D. Informe Final De Monitoreo De Calidad Ambiental De Rios De La Cuenca Del Santiago Afectados Por La Actividad Minera Aurifera Entre El Periodo Noviembre Del 2011 a Noviembre Del 2012. 2012;299. Available from: https://www.researchgate.net/profile/Eduardo_Rodolfo_Rebolledo_Monsalve/publication/281442151_Monitoreo_calidad_ambiental_rios_norte_Esmeraldas_periodo_2011-2012/links/55e72cbd08ae65b6389951cc/Monitoreo-calidad-ambiental-rios-norte-Esmeraldas-periodo-2011
33. Gabriel R. Los_macroinvertebrados_y_su_valor_como_i.pdf. Rev Acad Colomb. 1999;23.
34. Vásquez FD. Ephemeroptera. Greenl Entomofauna. 2015;83–4.
35. Wiggins GB. University of Toronto Press Larvae of the North American Caddisfly Genera (Trichoptera) To order this book visit <https://utorontopress.com/>. 1993;
36. Vásquez-Ramos JM, Ramírez-Díaz F, Reinoso-Flórez G. DISTRIBUCIÓN ESPACIAL Y TEMPORAL DE LOS TRICÓPTEROS INMADUROS EN LA CUENCA DEL RÍO TOTARE (TOLIMA-COLOMBIA) Spatial and temporal distribution of the immature caddisflies in the Totare River basin (Tolima-Colombia). Caldasia [Internet]. 2010;32(1):129–48. Available from: www.unal.edu.co/icn/publicaciones/caldasias.htm
37. Cecilia M. Biodiversidad de Heteroptera (Hemiptera) acuáticas y semiacuáticas de la Patagonia argentina. Rev la Soc Entomológica Argentina. 2009;68(1–2):177–85.
38. Dominguez E, Fernández HR. Eduardo Domínguez sudamericanos Sistemática y biología.

- 2009.
39. Salcedo S, Artica L, Florencia A. Macroinvertebrados Oxapampa Peru. Univ Cont [Internet]. 2013;03(02). Available from:
https://www.researchgate.net/publication/287844811_Macroinvertebrados_bentonicos_como_indicadores_de_la_calidad_de_agua_en_la_microcuenca_San_Alberto_Oxapampa_Peru
 40. Salles FF, do Nascimento JMC, Massariol FC, Angeli KB, Barcelos e Silva P, Rúdio JA, et al. Primeiro levantamento da fauna de Ephemeroptera (Insecta) do Espírito Santo, Sudeste do Brasil. *Biota Neotrop*. 2010;10(1):294–307.
 41. Forero-Céspedes AM, Gutiérrez C, Reinoso-Flórez G. Composition and structure of the Baetidae family (Insecta: Ephemeroptera) in a Colombian Andean basin. *Hidrobiologica*. 2016;26(3):459–74.
 42. Velásquez SM, Miserendino ML. Analisis de la materia organica aloctona y organizacion funcional de macroinvertebrados en relacion con el tipo de habitat en rios de montaña de Patagonia. *Ecol Austral* [Internet]. 2003;13(1):67–82. Available from:
<http://www.uv.mx/personal/tcarmona/files/2010/08/Velasquez-y-Miserendino-2003.pdf>
 43. FAO. Recursos Forestales Mundiales 2015 [Internet]. 2015. 56 p. Available from:
www.fao.org/3/a-i4793s.pdf
 44. Terneus E, Hernández K, Racines MJ. Evaluación ecológica del río Llinquino a través de macroinvertebrados acuáticos, Pastaza - Ecuador. *Rev ciencias* [Internet]. 2012;16:31–45. Available from:
<http://praxisfilosofica.univalle.edu.co/index.php/rciencias/article/view/2043/1965>
 45. Lozano JL. Estudio de la distribución espacial de coleópteros acuáticos en la cuenca del río Alvarado (Tolima, Colombia). 2014;96.
 46. Arias-Díaz DM, Reinoso-Flórez G, Guevara-Cardona G, Villa-Navarro FA. Distribución Espacial Y Temporal De Los Coleópteros Acuáticos En La Cuenca Del Río Coello (Tolima, Colombia). *Caldasia* [Internet]. 2007;29(1):177–94. Available from:
http://scholar.google.com/scholar?q=elmidae+filogenia&btnG=&hl=es&as_sdt=0,5#5%5

Cnhttp://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_abstract&pid=S0366-52322007000100014&lng=en&nrm=iso&tlng=en

47. Gutiérrez Vanegas AJ. Aportes a la rehabilitación ecosistémica de áreas riparias con énfasis en calidad de suelos y producción dendroenergética por medio de arreglos agroforestales en zonas ganaderas del Piedemonte Llanero. 2014;163 páginas, Incluye 1 CD ROOM. Available from: <http://hdl.handle.net/20.500.12324/22222>