



Pontificia Universidad
Católica del Ecuador

SEDE
ESMERALDAS

CARRERA DE GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS DE GRADO

TEMA: EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICOQUÍMICOS DEL ESTERO
“EL TIGRE” UBICADO EN LA PARROQUIA TACHINA, CANTÓN
ESMERALDAS.

AUTORA:

JOSSELYN JULISSA ARTURO CHANALUISA

ASESORA:

MGT. MÉRIDA ELIZABETH ORTIZ CASTRO

PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERA
EN GESTIÓN AMBIENTAL

ESMERALDAS, 2021

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN

Trabajo de tesis luego de haber dado cumplimiento a los requisitos exigidos por el reglamento de grado de la PUCE- Esmeraldas, previo a la obtención del título de Ingeniería en Gestión Ambiental.

Presidente de tribunal de graduación

Lector 1

Mgt. Pedro Jiménez Prado

Lector 2

Mgt. Rubén Vinueza Cherrez

Coordinadora de la Carrera de Gestión Ambiental

Mgt. Karla Solís Charcopa

Director de tesis

Mgt. Mérida Ortiz Castro

AUTORÍA

Yo, Josselyn Julissa Arturo Chanaluisa, portadora de la cédula de identidad 0803592385, con número de matrícula 10519, estudiante de la escuela Gestión Ambiental de la Pontificia Universidad Católica del Ecuador, declaro que el presente trabajo de investigación es absolutamente original, auténtica y personal.

Josselyn Julissa Arturo Chanaluisa
CI: 0803592385

AGRADECIMIENTOS

Agradezco a Dios por darme la fuerza, sabiduría y perseverancia para culminar mi trayectoria universitaria. A mis padres por siempre apoyarme y estar presentes en los momentos más difíciles. A mis hermanos, por incentivar me a seguir adelante, demostrándome su cariño y confianza en mí en todo el proceso.

A mi asesora Mgt. Mérida Ortiz Castro por ser una buena guía en el transcurso de esta investigación, permitiéndome alcanzar esta meta. A mis lectores Mgt. Pedro Jiménez y Mgt. Rubén Vinueza por brindarme sus conocimientos y consejos que me sirvieron de gran utilidad en la elaboración de mi tesis.

DEDICATORIA

Dedico con todo mi amor y cariño este triunfo a mi madre Fabiola Chanaluisa Pacas que siempre me apoyó incondicionalmente, pues sin ella no lo habría logrado. Su bendición me protege y me guía por el camino del bien a lo largo de mi vida. Por eso te dedico este logro, como ofrenda por tu paciencia, amor y entrega.

ÍNDICE DE CONTENIDO

TRIBUNAL DE GRADUACIÓN	ii
AUTORÍA.....	iii
AGRADECIMIENTOS	iv
DEDICATORIA	v
RESUMEN.....	ix
ABSTRACT	x
1. INTRODUCCIÓN	1
1.1. Presentación del tema de investigación	1
1.2. Planteamiento del problema.....	3
1.3. Justificación.....	3
1.4. Objetivos:	4
1.3.1. Objetivo General:	4
1.3.2. Objetivos Específicos:.....	4
2. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO.....	5
2.1. Bases teórico-científicas.....	5
2.1.1. El agua	5
2.1.2. Factores que afectan la calidad del agua.	6
2.1.3. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.	6
2.1.4. Bioindicadores.....	8
2.1.5. Relación de los parámetros fisicoquímicos del agua con los macroinvertebrados bentónicos.....	10
2.1.6. Evaluación biológica por medio del índice BMWP.	11
2.1.7. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano (IMRB).....	11
2.2. Antecedentes.....	12
2.3. Marco legal.....	14
3. CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS	16
3.1. Área de estudio:.....	16
3.2. Selección de puntos de muestreos:.....	17
3.3. Recolección de datos:.....	18
3.3.1. Muestreos de parámetros fisicoquímicos.	18
3.3.2. Muestreos de macroinvertebrados.	19
3.3.3 Muestreo de peces.....	19
3.4. Análisis en laboratorio	19

3.4.1. Análisis de las muestras de agua.....	19
3.4.2. Análisis de macroinvertebrados en laboratorio.	20
3.4.3. Análisis de peces en laboratorio.	20
3.5. Análisis de datos.....	20
3.5.1. Índice BMWP para macroinvertebrados.	20
3.5.1. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano. (IMRB).....	21
3.6. Análisis estadístico.....	21
4. CAPÍTULO III: RESULTADOS.....	23
4.1. Parámetros fisicoquímicos.....	23
4.2. Muestreo de macroinvertebrados.....	24
4.2.1. Distribución de abundancias a lo largo del estudio.	25
4.3. Muestreo de peces.....	29
4.4. Índice BMWP.....	29
4.5. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano (IMRB). 30	
4.6. Análisis Estadístico.	32
5. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN.....	35
CAPÍTULO V: CONCLUSIONES.....	42
CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.	43
BIBLIOGRAFÍAS.....	44
ANEXOS.....	49

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Fig. 1: Área de Estudio.....	16
Fig. 2. Comportamiento de la familia <i>Thiaridae</i> en los meses de diciembre y enero.	26
Fig. 3. Comportamiento de familia <i>Leptophlebiidae</i> en meses de diciembre y enero.	26
Fig. 4. Comportamiento de <i>Leptohyphidae</i> en los meses de diciembre y enero.....	27
Fig. 5. Comportamiento de <i>Baetidae</i> en los meses de diciembre y enero.	27
Fig. 6. Comportamiento de <i>Psephenidae</i> en los meses de diciembre y enero.	28
Fig. 7. Comportamiento de <i>Elmidae</i> en los meses de diciembre y enero.	28
Fig. 8. Comportamiento del BMWP y el IMRB en los puntos de muestreos.	31
Fig. 9. Análisis de ordenación de estaciones y abundancias de macroinvertebrados.	32
Fig. 10. Primer muestreo, agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros físicoquímicos sobre las mismas.....	33
Fig. 11. Segundo muestreo, agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros físicoquímicos sobre las mismas.	34

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Jerarquía de la valorización taxonómica para el BMWP y IMRB, según la metodología propuesta por Jiménez et al.	12
Tabla 2. Parámetros físicoquímicos en puntos de muestreos tomados de manera <i>in situ</i>	23
Tabla 3. Parámetros químicos en puntos de muestreos medidos en el laboratorio.....	24
Tabla 4. Abundancias de familias pertenecientes a los cinco puntos de muestreo.	25
Tabla 5. Diversidad y abundancia de especies.....	29
Tabla 6. Valores del índice BMWP, presentados por campaña y puntos de muestreos.....	30
Tabla 7. Valores normalizados de métricas para el cálculo del IMRB.	30
Tabla 8. Valores del IMRB presentados en la primera campaña, por sitios, intervención, calidad y color.	31

RESUMEN

La presente investigación se realizó con el fin de evaluar la calidad del estero “El Tigre”, usando las comunidades biológicas de macroinvertebrados y peces como bioindicadores. Para este estudio se escogieron 5 puntos de muestreos, desde el tramo más alto hasta el más bajo, teniendo en cuenta que, al ser un río intermitente, tiene la particularidad de poseer sitios donde las afectaciones son independientes, es decir, una estación no tiene conexión directa con la siguiente estación, debido a que en algunas partes del estero el caudal permanece y en otras es completamente seco.

Durante los meses de diciembre 2019 y enero 2020, se recolectaron muestras de macroinvertebrados, peces y se midieron los parámetros fisicoquímicos de manera *in situ* y en laboratorio, con la finalidad de establecer la calidad de agua del estero. Las muestras de macroinvertebrados se identificaron hasta el nivel de familia, mientras que los peces se identificaron hasta el nivel de especie. En total, se contabilizaron 3440 individuos de macroinvertebrados durante las dos campañas de muestreo, distribuidos en 9 órdenes y 27 familias. Sin embargo, la familia *Thiaridae* presentó mayor abundancia, seguidas de las familias *Leptophlebiidae*, *Leptohyphidae* y *Batetidae*. En el caso de peces que se recolectaron sólo en el primer muestreo se contabilizaron 97 peces, distribuidos en 9 familias, siendo *Eretmobrycon ecuadorensis* la especie más abundante.

Se trabajó con 2 índices para comprobar cuál era el más preciso. Mediante la aplicación del índice BMWP, se obtuvo que el estero presenta calidades “buenas” a “medias”, indicando intervenciones “leves” e “importantes”. Mientras que el IMRB mostró calidad buena, moderada y mala, con intervenciones leves, importantes y graves.

Por último, mediante el análisis NMDS se evidenció que la única variable ambiental que presentó cambios significativos a lo largo del caudal hidrológico fue el parámetro de la conductividad eléctrica, siendo uno de los parámetros más importantes en la distribución de los macroinvertebrados.

Palabras claves: Macroinvertebrados, calidad del agua, bioindicadores, índices de calidad.

ABSTRACT

The present investigation was carried out to evaluate the quality of the “El Tigre” estuary, using the biological communities of macroinvertebrates and fish as bioindicators. For this study, 5 sampling points were chosen, from the highest to the lowest section, considering that, being an intermittent river, it has the particularity of having sites where the effects are independent, that is, a station does not have direct connection with the next station, due to the fact that in some parts of the estuary the flow remains and in others it is completely dry.

During the months of December 2019 and January 2020, macroinvertebrate and fish samples were collected, and the physicochemical parameters were measured in situ and in the laboratory, to establish the water quality of the estuary. Macroinvertebrate samples were identified down to the family level, while fish were identified down to the species level. In total, 3,440 macroinvertebrates individuals were counted during the two sampling campaigns, distributed in 9 orders and 27 families. However, the *Thiaridae* family presented higher abundance, followed by the *Leptophlebiidae*, *Leptohyphidae* and *Batetidae* families. In the case of fish that were collected only in the first sampling, 97 fish were counted, distributed in 9 families, *Eretmobrycon ecuadorensis* being the most abundant species.

We worked with 2 indices to check which was the most accurate. By applying the BMWP index, it was obtained that the estuary presents “good” to “medium” qualities, indicating “slight” and “important” interventions. While the IMRB showed good, moderate, and bad quality, with mild, important and serious interventions, that is, it more strictly showed the health of the estuary.

Finally, through the NMDS analysis, it was evidenced that the only environmental variable that presented significant changes throughout the hydrological flow was the parameter of electrical conductivity, being one of the most important parameters in the distribution of macroinvertebrates.

Keywords: Macroinvertebrates, water quality, bioindicators, quality indices.

1. INTRODUCCIÓN

1.1. Presentación del tema de investigación

El Ecuador es uno de los países de América del Sur que posee una de mayores riquezas en recursos hídricos, constituyendo así uno de los recursos naturales de doble propósito tanto para el desarrollo de vida biológica y como fuente importante para sostener la vida humana (1).

Lamentablemente este recurso ha sido afectado y amenazado en el transcurso del tiempo por las actividades antropogénicas, siendo la mayor fuente de contaminación provocada por descargas residuales de uso doméstico e industrial, agricultura, ganadería, minería, entre otras actividades (2). Además, la mayoría de los ríos que se encuentran por debajo de los 2000 msnm están siendo altamente contaminados, provocada por las actividades antes mencionadas y por la carencia de buenas prácticas ambientales provenientes, pequeños centros poblados y de industrias (3).

En Esmeraldas, existen numerosos asentamientos de centros poblados a lo largo de los ríos y esteros, los cuales se abastecen del agua para sus actividades y para consumo diario. Esta situación, ha provocado la contaminación de sus principales ríos y afluentes que nacen de ellos debido a los impactos producidos por el hombre, como derrames de crudo, descargas de aguas residuales domésticas e industriales, actividades mineras localizadas en los lechos de los ríos y la acumulación de desechos sólidos (4).

En el caso de los ríos intermitentes, presentan una gran importancia para los procesos ecosistémicos que se producen en las aguas subterráneas (agua-tierra), puesto que sirven de refugio para diversos animales y plantas, estos ríos poseen zonas de amortiguamiento, procesamiento de nutrientes, importancia en el lavado de material y conectividad de las cuencas, además poseen la característica de ser excelentes sensores del cambio climático (22). El diagnóstico de la calidad del agua de estos recursos hídricos sirve como base para tomar alternativas y medidas de corrección en el manejo integral de estos ecosistemas que son importantes para el soporte de la vida acuática y humana (2).

En la parroquia Tachina, predominan las actividades agrícolas, ganaderas, la pesca y menor proporción el turismo. Adicionalmente, predominan las actividades mineras, en su mayoría dedicada a la extracción de materiales áridos y pétreos (arena, grava y piedra) utilizados en la construcción de obras, actividad que se encuentra ubicada en el lecho de algunos de sus esteros, causando el deterioro de la calidad de estos (5). Del mismo modo, la ausencia de alcantarillado en los sectores rurales de la parroquia, como en los recintos, las descargas de aguas residuales son un factores que aportan al aumento de la contaminación (5).

A raíz de estos problemas, ha aumentado el interés a nivel mundial por proteger y conservar los ecosistemas fluviales, aplicando además de parámetros fisicoquímicos, la inclusión de componentes biológicos, los cuales poseen una alta sensibilidad a los cambios físicos producidos en el medio, lo cual permite una valoración ambiental más precisa (6).

Estos componentes biológicos o comunidades acuáticas son capaces de reaccionar y adaptarse, alterando su estructura y funcionamiento ocasionado por los cambios que sufren los ecosistemas. Por lo tanto, estos organismos son considerados como bioindicadores, y su presencia en ecosistemas acuáticos permite evaluar la calidad de agua dentro de los mismos (7).

Entre los bioindicadores usados para evaluar la calidad de los cuerpos de agua, se tiene que los macroinvertebrados bentónicos son considerados los grupos más adecuados para evaluar la calidad de agua debido a que son fácilmente encontrados en cualquier ecosistema dulceacuícola y poseen la capacidad de soportar condiciones extremas de perturbación (8).

Sin embargo, existen otros organismos utilizados en algunos países como indicadores de la calidad del agua, estos son los peces, cuya caracterización resulta importante como herramienta para la toma de decisiones en la preservación de estos efluentes, ya que los peces son organismos capaces de indicar la degradación constante de los ecosistemas acuáticos(9) .

En base a lo expuesto anteriormente, este trabajo investigativo está encaminado a realizar un diagnóstico de la calidad del agua del estero “El Tigre” por medio

de variables fisicoquímicas, comunidades de macroinvertebrados y peces como bioindicadores, para determinar el grado de afectación del recurso hídrico.

1.2. Planteamiento del problema.

Existe deficiente información del papel que juegan las comunidades biológicas en ríos intermitentes del cantón Esmeraldas, el carácter intermitente de estos ríos hace que estos ecosistemas sean de gran interés para la investigación ecológica, ya que albergan comunidades bióticas adaptadas a vivir tanto en la fase húmeda como en la seca del río, poniendo a prueba su resistencia y resiliencia. También son ecosistemas ideales para estudiar cómo los cambios temporales en las condiciones ambientales locales y en la conectividad de la red fluvial afectan la estructuración de las comunidades (10).

A escala local, los organismos poseen estrategias para tolerar la hipertermia en charcas aisladas del canal del río, además se ha demostrado que, en los ríos intermitentes, al ser habitados por comunidades sometidas a frecuentes disturbios, se encuentra un ensamblaje de especies más estable temporalmente, sobre todo en estructura funcional, ya que las especies comparten características para sobrevivir a la desecación y habilidades particulares de dispersión y recolonización (2).

Por esta razón se pretende contribuir con un diagnóstico de la calidad del agua del estero “El Tigre”, el cual tiene característica de intermitente, por medio de la evaluación actual de los usos de la microcuenca, utilizando a su vez los índices biológicos que se aplican para determinar la calidad de agua son métodos abordables que no requieren de grandes inversiones de dinero para llevarse a cabo.

1.3. Justificación

La parroquia Tachina se encuentra influenciada por la cuenca del río Esmeraldas, conformada por varios esteros que atraviesan la parroquia, los mismos que desembocan en el río Esmeraldas y el Océano Pacífico (5). Los esteros sirven de sustento para las poblaciones cercanas a ellos, los mismos

que han sido deteriorados en su mayor parte por las descargas residuales directamente a estos cauces, provenientes de la agricultura, ganadería y crianza de cerdos (5). Entre los principales usos que se producen en el estero “El Tigre”, es el consumo humano, sirve como riego en la agricultura y abastece de agua en la cría de ganado. Sin embargo, el deterioro de la calidad del mismo, radica puntualmente en diversas actividades antrópicas tales como problemas de deforestación, producida por la quema de pastizales, tala de árboles nativos de las riveras de estos cauces, provocando sequías en los esteros durante el verano (5).

Otro factor contaminante del estero son los residuos líquidos y sólidos provenientes de actividades domésticas tales como; pañales, toallas sanitarias; insecticidas usados en la agricultura; jabones y detergentes utilizados para la limpieza de utensilios, descargas de aguas residuales provenientes de casas aledañas, y la ganadería aumentando los nitratos y fosfatos por medio de los excrementos de los animales, ocasionando el deterioro de la calidad del estero (5).

Es así como este estudio se centra en evaluar la calidad del agua del estero “El Tigre” por la presión que se evidencia sobre los recursos naturales, y por el uso de sustancias contaminantes proveniente de las actividades antes mencionadas. Este diagnóstico utilizando peces y macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua, permitirá aportar información y dar a conocer la calidad del recurso.

1.4. Objetivos:

1.3.1. Objetivo General:

- Diagnosticar la calidad del agua del estero “El Tigre” usando las comunidades biológicas como bioindicadores.

1.3.2. Objetivos Específicos:

- Analizar métricas biológicas en las comunidades de macroinvertebrados y peces.

- Determinar la calidad del estero utilizando los índices de calidad IMRB y BMWP.
- Elaborar un análisis estadístico NMDS para establecer una correlación utilizando los parámetros fisicoquímicos y las comunidades de macroinvertebrados.

2. CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

Este capítulo hace referencia a varias características que servirán como base para la investigación y evaluación de un recurso hídrico, parámetros fisicoquímicos en conjunto con los parámetros microbiológicos que son importantes en los estudios de la calidad del agua de un cauce, y de igual manera los índices que son aplicables para determinar el grado de contaminación de un río (11).

2.1. Bases teórico-científicas.

2.1.1. El agua

El agua es un recurso vital para el desarrollo de los seres vivos, el ciclo del agua se produce por medio del agua de lluvia cuando cae a la superficie terrestre, la misma que fluye por el suelo formando ríos, lagos y lagunas (12).

Este recurso ha servido de abastecimiento para consumo humano, recreación, navegación; desafortunadamente estos recursos se han limitado debido a la contaminación y al mal uso que se les da a estas fuentes por causa de la influencia de las actividades del hombre (11).

Los asentamientos cerca de los recursos hídricos, ha provocado el deterioro de la calidad del agua, por el vertimiento de descargas residuales, lixiviados derivados de los desechos los cuales se filtran causando un aumento de mineralización, malos olores, reducción de oxígeno, alteración del pH, entre otros (11).

La calidad del agua de cualquier tipo de fuente, superficial o subterránea, podría afectarse debido a las actividades humanas. Sin la existencia de las actividades antropogénicas, esta calidad estaría determinada por la composición del suelo,

nutrientes del suelo, procesos del ciclo hidrológico y biológico en los ecosistemas acuáticos alterando las características físicas, químicas y microbiológicas del agua (13).

2.1.2. Factores que afectan la calidad del agua.

Los parámetros de la calidad del agua están determinados por factores microbiológicos, físicos y químicos.

- Factores físicos: El aspecto de la calidad del agua es modificada por sólidos en suspensión, turbidez, el color, y las temperaturas (13).
- Factores químicos: Estos factores son producidos por la actividad industrial, la misma que causa contaminación por la presencia de metales pesados (cromo, plomo, mercurio y arsénico), la agricultura lo hace por medio de uso de fertilizantes o pesticidas los cuales son filtrados hacia los cauces de agua (13).
- Factores microbiológicos: La calidad del agua puede verse afectada por la presencia de excrementos tanto de animales como de humanos, lo que causa un riesgo en relación al consumo de agua, provocando enfermedades infecciosas, ocasionadas por bacterias, parásitos y ciertos virus (13).

2.1.3. Parámetros fisicoquímicos de la calidad del agua.

Temperatura (T): La temperatura es uno de los parámetros más importantes en la calidad del agua, debido a que influye en muchos procesos que se producen en el ecosistema acuático, como; la absorción de oxígeno, formaciones de depósitos, filtración, sedimentación, entre otros.

Potencial de hidrógeno (pH): Este parámetro indica si una sustancia es básica, ácida o neutra y sirve para determinar algún tipo de alcalinidad o acidez, la misma que se produce por las actividades contaminantes o naturales (13).

El rango óptimo de la concentración de iones de hidrógeno en el agua se encuentra entre 6,5 a 9. Si estos valores se encuentran por encima o por debajo de estos rangos se generan alteración en los ecosistemas y en las especies, disminuyendo su crecimiento, desarrollo y reproducción (13).

Turbidez: La turbidez en un cauce de agua es debido a la aparición de materias en suspensión, normalmente en estado fino, tales como; limo, arcilla, entre otros. La presencia de estos de manera abundante es causada por el aumento de la turbidez (13).

La turbidez impide el paso de la luz a través del agua pudiendo ocasionar o alterar la fotosíntesis en plantas acuáticas, es expresada en unidades de nefelométricas de turbiedad (UNT).

Oxígeno Disuelto (OD): Este parámetro juega un papel importante en los cuerpos de agua debido a las reacciones (oxidación-reducción) que se producen en estos cauces y al mismo tiempo favorece la respiración microbiana (1). Este parámetro indica la cantidad de OD en el agua para mantener una concentración adecuada para mantener la vida acuática (13).

El oxígeno disuelto adecuado es esencial para el crecimiento y desarrollo de peces y otras especies. La materia orgánica disuelta, los oxidantes inorgánicos, y la temperatura afectan los niveles de OD. Cuando el OD es de baja concentración indica la presencia de materia orgánica disuelta proveniente de aguas residuales (13).

Nitratos (NO₃): El componente nitrógeno (N) se encuentra en tres formas; Nitrito (NO₂), Nitrato (NO₃) y Amonio (NH₄).

Los nitratos en aguas superficiales se derivan de dos fuentes, tales como; fuentes naturales originadas por la descomposición de organismos como plantas, proteínas y excretas de animales. Mientras que las fuentes artificiales son producidas por los fertilizantes nitrogenados que son utilizados en la actividad agrícola (1).

Los nitratos son indicadores de la contaminación y se relacionan a las actividades que se encuentran más cercanas a los cuerpos de agua (3).

Las concentraciones mayores a 5mg/L indican contaminación producida por desechos domiciliarios, de animales o escorrentía de manera superficial. Las concentraciones de 1 mg/L hasta 5 mg/L en aguas superficiales son causadas por actividades antropogénicas (3).

Fosfatos (PO₄): El fósforo es uno de los componentes más importantes de los seres vivos y en lo particular para el desarrollo y crecimiento vegetal. Sirve como indicador de la presencia de detergentes sintéticos y abonos fosfatados provenientes de actividades industriales y agrícolas (3).

El exceso de este componente causa la eutrofización, provocando el aumento de cianobacterias las mismas que producen toxinas para quienes las ingieren. A la vez la eutrofización disminuye el oxígeno disuelto en el agua (3).

A concentraciones superiores de 0,01 mg/L el fósforo puede causar la eutrofización.

Sólidos Totales Disueltos (STD): Proporcionan una medida de la parte de sólidos de una muestra de agua, la misma que pasa por un peso de 2,00 Um nominal. Por lo general son materiales producidos por la erosión del suelo, remanentes orgánicos, etc. Algunos de estos sólidos son el limo, arena, y son los que contaminantes visibles (3).

2.1.4. Bioindicadores.

Cuando se requiere estimar y evaluar la calidad ambiental de ecosistemas acuáticos, los parámetros fisicoquímicos son los principales para representar el grado de afectación del efluente. Sin embargo, para hacer más precisos los análisis de calidad del agua de un río se recomienda complementar el uso de variables biológicas puesto que los parámetros fisicoquímicos reflejan la calidad del agua sólo en un momento específico del tiempo, mientras que los componentes biológicos evalúan la calidad del agua a largo plazo. Además de tomar en cuenta otras alteraciones externas que pueden afectar sus componentes (8).

La utilización de comunidades acuáticas son importantes en los análisis de calidad de agua ya que estos organismos son los primeros en reaccionar ante las alteraciones que pueda sufrir un ecosistema cambiando su composición (6).

Adicionalmente las perturbaciones en los ecosistemas acuáticos producen un cambio en las comunidades biológicas que habitan dentro de los mismos,

ocasionando medidas intolerables y alterando la composición, estructura y funcionalidad de dichos organismos (8).

Dentro de los organismos acuáticos que suelen ser utilizados como bioindicadores tenemos a los macroinvertebrados y los peces considerados los más utilizados en los estudios de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados son organismos con tamaños superiores a 0,5 mm que desempeñan un papel importante como transformadores de materia orgánica proveniente de plantas, tales como: hojas, semillas, ramas, troncos, etc (14).

Los macroinvertebrados bentónicos se encuentran entre los organismos que se han adaptado de mejor manera a los ecosistemas fluviales. Además, la diversidad y densidad de estos organismos se encuentra de manera elevada en diversos cuerpos de agua, encontrándose hasta un millar de especies. Suelen habitar en zonas blandas o rocosas, en plantas sumergidas y en sedimentos (8).

El uso de estos organismos como bioindicadores de la calidad del agua, surge debido a la relación que existe entre las comunidades de macroinvertebrados y los factores ambientales donde se desenvuelven, es decir que cuando estos factores cambian, unas especies son reemplazadas por otras mejor adaptadas a condiciones extremas de perturbación (7).

Los macroinvertebrados son muy utilizados como parámetros biológicos para monitorear la calidad del agua, debido a que presentan diversas características ecológicas, tales como (8):

- Poseen amplia distribución y son muy abundantes.
- Fáciles de recolectar
- La mayoría son sedentarios y reflejan condiciones locales.
- Son fáciles de identificar.
- Presentan efectos a corto plazo debido a perturbaciones y cambios en los ecosistemas.
- Responden de manera rápida a presiones ambientales.

Adicionalmente los peces también son considerados como bioindicadores de calidad del agua, debido a que la diversidad y abundancia de peces dentro de un ecosistema acuático indica que ese ambiente se encuentra en buenas

condiciones para habitar, mientras que un exceso de mortalidad o presencia de peces enfermos indican que el ecosistema se encuentra contaminado (9).

Desde hace mucho tiempo los peces han sido utilizados como bioindicadores de la calidad de agua, tomando en cuenta que los peces son los más diversos dentro del eslabón de los vertebrados. Sin embargo, muchas especies están siendo amenazadas debido a las actividades antropogénicas, por esta razón son usados como herramientas para sensibilizar a los habitantes y autoridades sobre la importancia de preservar la calidad de ríos, lagos y esteros (15).

2.1.5. Relación de los parámetros fisicoquímicos del agua con los macroinvertebrados bentónicos.

Los parámetros fisicoquímicos del agua están asociados a las condiciones ambientales, los cuales influyen directamente sobre las comunidades de macroinvertebrados. La existencia de parámetros como el pH, la dureza, alcalinidad, sedimentos, y otros contaminantes domésticos o industriales dentro de los cuerpos de agua, determinar la abundancia y diversidad de estas comunidades (8).

Además, la calidad del agua también está influenciada por la presencia de vegetación, el suelo y los tiempos de inundación. La vegetación, brinda la producción de alimentos y nutrientes para los macroinvertebrados, determinando de esta manera la elevada abundancia de estas comunidades (7).

La turbiedad y los sólidos suspendidos perturban a estos organismos, ya que requieren de distintas plantas para su alimentación, y al estar presentes estos factores en mayores cantidades, dificultan la entrada de los rayos de sol reduciendo la producción primaria (16).

Adicionalmente, la turbidez del agua afecta en la relación depredador-presa, puesto que al momento de capturar estos nutrientes se le dificulta la visión al momento de capturar la presa. Sin dejar de mencionar que los sólidos suspendidos causan daño a ciertas especies que se alimentan de microorganismos, confundiéndolos con su alimento (8).

Por otro lado, la salinidad y el pH en ciertos grados pueden comportarse como elementos de mayor toxicidad.

2.1.6. Evaluación biológica por medio del índice BMWP.

El índice Biological Monitoring Working Party, se estableció en Inglaterra en el año 1970 como una herramienta rápida y sencilla para evaluar la calidad biológica de los cuerpos de agua aplicando el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores (7).

Este método solo requiere estudiar a los macroinvertebrado hasta el nivel taxonómico de familia, y los datos arrojados son de característica cualitativa. El puntaje de este índice va de 1 a 10 según el límite de tolerancia de dichos organismos a los efectos de la contaminación. Es decir, a las familias más sensibles se le otorgan valores de 10 y a aquellos que son menos sensible se les asignan el valor de 1 (7). En el anexo 1 se puede observar los valores de sensibilidad propuestos para cada familia por el Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano.

La suma de todos los puntajes de las familias obtenidas provee el valor total del índice BMWP (7).

2.1.7. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano (IMRB).

Los índices multimétricos a diferencia de otros índices han logrado integrar diferentes atributos del ecosistema, básicamente se basan en la integridad biótica, definida como la capacidad de un sistema de mantener o soportar un balance en la comunidad de organismos con una diversidad y organización funcional. Los índices multimétricos se han convertido en una herramienta común para evaluar la salud de los ecosistemas (35).

Las métricas de estos Índices Multimétricos (IMM) representan típicamente una amplia gama de características biológicas y respuestas a gradientes naturales y perturbaciones antropogénicas. Debido a que los ambientes varían, la métrica biótica de un sitio refleja gradientes ambientales naturales, tales como el tamaño de la cuenca, la geología, la geomorfología, la altitud, la precipitación, la

temperatura, y de igual forma a como sucede con los niveles de perturbación antropogénica (35).

El Índice Multimétrico de Ríos Bajos en el noroccidente ecuatoriano (IMRB) permite medir la condición ecológica, mediante la evaluación de la integridad biológica de la comunidad de peces y macroinvertebrados que habitan en aguas, de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano (35).

Las métricas que agrupa este índice son 8; cinco métricas para macroinvertebrados: una que incrementa con el estrés y cuatro que decrecen por el estrés y para el caso de los peces, tres métricas: dos que incrementan por el estrés y una que decrece por el estrés. Dado que estas mediciones se describen con unidades diferentes (recuentos, porcentajes, índices, etc.) y pueden tener rangos de valores muy diferentes, es necesario convertir los valores métricos brutos en números sin unidades por medio de la normalización de sus valores. Finalmente, se genera un valor final de calificación del IMRB, siendo los valores cercanos a 0 los de peor calidad y los valores cercanos al 100 los de mayor calidad (35).

Tabla 1. Jerarquía de la valorización taxonómica para el BMWP y IMRB, según la metodología propuesta por Jiménez et al. (35)

Lim sup	Lim inf	Intervención	Calidad	Color
76		Mínima	Muy buena	Azul
63	75	Leve	Buena	Verde
42	62	Importante	Moderada	Amarillo
21	41	Grave	Mala	Anaranjado
	20	Muy grave	Pésima	Rojo

2.2. Antecedentes.

A nivel mundial, el tema del agua resulta muy preocupante ya sea por su escasez, pero sobre todo por su calidad, la misma que se ve afectada por diversas actividades antropogénicas, generando contaminación debido al crecimiento desmesurado de la población (asentamientos humanos), actividades agrícolas, ganaderas, piscicultura, entre otras. Por esta razón se ha

implementado los indicadores biológicos (peces, macroinvertebrados) y fisicoquímicos (pH, temperatura, turbidez, entre otros) para evaluar la calidad del agua de los diferentes puntos de estudio (17).

A nivel nacional, se han realizado estudios sobre la calidad del agua con los macroinvertebrados como indicadores biológicos, tal es el caso de Chacón Vélez (16) que realizó un estudio en el Río Copueno, determinando la calidad del agua con estos organismos, como resultado obtuvo 3122 especímenes entre las dos estaciones (verano e invierno), y el Índice BMWP manifestó que la calidad del agua en este río es regular y declina a medida que se acerca a centros urbanos.

Otro estudio realizado por Burgos & Pazmiño en la ciudad de Manabí, elaboraron un estudio de la calidad del agua en el humedal “La Segua” utilizando la Ictiofauna (peces) como bioindicadores del estado del humedal. Los resultados, identificaron la dominancia de cinco especies tales como; *Oreochromis niloticus*, *Hoplias microlepis*, *Pseudocurimata boulengeri*, *Oreochromis monzabica* y *Aequidens rivulatus*. Donde la especie que más predominó fue la *Oreochromis monzabica* con un total de 7395 individuos y la que menos representativa fue *Aequidens rivulatus* con un total de 32 individuos. Finalmente, mediante el Índice de Shannon Wiener se determinó una calidad moderada y baja y una diversidad biológica relativamente pobre (15).

En Esmeraldas, Rodríguez (2018) realizó una investigación para evaluar el río Sálima, escogió tres sitios: zona alta, media y baja, en el cual empleó el uso de macroinvertebrados como bioindicadores y midió los parámetros fisicoquímicos in situ y en laboratorio. Los resultados contabilizaron 12753 individuos, pertenecientes a 38 familias, siendo las familias *Leptohyphidae*, *Baetidae* y *Thiaridae* las más abundantes. Adicionalmente el índice BMWP, determinó una calidad entre buena a muy buena indicando aguas limpias (7).

Guijarro Viteri (18) realizó otro estudio en Esmeraldas donde determinó la calidad del agua a largo del Río Teaone con ayuda de indicadores fisicoquímicos y biológicos a lo largo de siete estaciones de muestreos, obtuvo 1194 especímenes de macroinvertebrados, los mismos que fueron identificados taxonómicamente encontraron las familias *Leptophyidae*, *Baetidae* y *Elmidae* las

más abundantes, concluyendo mediante el índice BMWP que en el tramo alto del río la calidad del agua es buena y a medida que llega al tramo bajo es dudosa.

2.3. Marco legal.

Los esfuerzos por identificar, evaluar, mitigar, remediar la contaminación de los recursos hídricos y la aplicación de políticas legales que permitan la solución de esta problemática, deberían ser netamente prioridad del Estado (10).

Ecuador lo menciona en la norma jurídica suprema, la Constitución Política de la República del Ecuador en su artículo 86, el cual garantiza el derecho a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado, garantizando un desarrollo sostenible (10).

Constitución de la República del Ecuador

En el capítulo II sobre los Derechos del Buen Vivir, sección primera sobre Agua y Alimentación en su Art. 12, la Constitución reconoce:

- ✓ El derecho humano al agua ya que el agua es un patrimonio natural de uso público, inalienable, imprescriptible, inembargable y vital para la vida y desarrollo de la sociedad.

En la sección segunda sobre el Ambiente sano, en el Art. 14, la Constitución reconoce:

- ✓ El derecho de la población a vivir en un ambiente sano, ecológicamente equilibrado que garantice la sostenibilidad y el buen vivir.

En el Título VI, capítulo I sobre los Principios Generales, en su Art. 276, la Constitución garantiza:

- ✓ Recuperar y conservar la naturaleza manteniendo un ambiente sano que garantice a las personas el uso equitativo, de calidad al agua, aire y suelo, y a los beneficios brindados de los recursos del suelo y del ecosistema natural (12).

En el Título VII: Régimen del Buen Vivir, en el segundo capítulo sobre Biodiversidad y Recursos Naturales, en la sexta sección sobre el Agua, se reconoce (12):

- ✓ Art. 411: El Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas y caudales ecológicos asociados al ciclo hidrológico.
- ✓ Art. 412: La autoridad a cargo de la gestión del agua será responsable de su planificación, regulación y control. Esta autoridad es la encargada de coordinar la correcta gestión ambiental para garantizar el manejo del agua con un enfoque ecosistémico.

Código Orgánico del Ambiente (COA).

El COA en su título II sobre los deberes y derechos ambientales manifiesta que el agua es patrimonio indispensable de uso público, por lo tanto, no se puede embargar, imprescindible para el desarrollo de la vida, y necesario para la seguridad alimentaria y equilibrio ecológico (14).

En el Capítulo V sobre la calidad de los componente bióticos y abióticos, en el Art. 191, establece a la Autoridad Ambiental competente, realizar monitoreos y seguimientos a la calidad del agua, aire y suelo.

ACUERDO MINISTERIAL 097: Anexo 1- Norma de Calidad Ambiental y de Descargas de Efluentes.

Esta norma fue establecida para la prevención y control de la contaminación ambiental, la misma establece o determina:

- ✓ Límites máximos permisibles, prohibiciones para las descargas en afluentes, cuerpos de agua o alcantarillado.
- ✓ Criterios de calidad de aguas para sus distintos usos.
- ✓ Métodos y procesos para determinar presencia de contaminantes en el agua.
- ✓ Los permisos de descargas.

En esta norma existen los criterios de calidad de agua para consumo humano y uso doméstico que es obtenida de los cuerpos de agua, superficiales o subterráneas, que luego de un tratamiento convencional es empleada por individuos y comunidades cercanas, para actividades como preparación de alimentos, bebidas, higiene personal, y limpieza de diferentes elementos. Para lo cual se establecen criterios indicados en la Tabla 2 de esta norma (19).

3. CAPÍTULO II: MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Área de estudio:

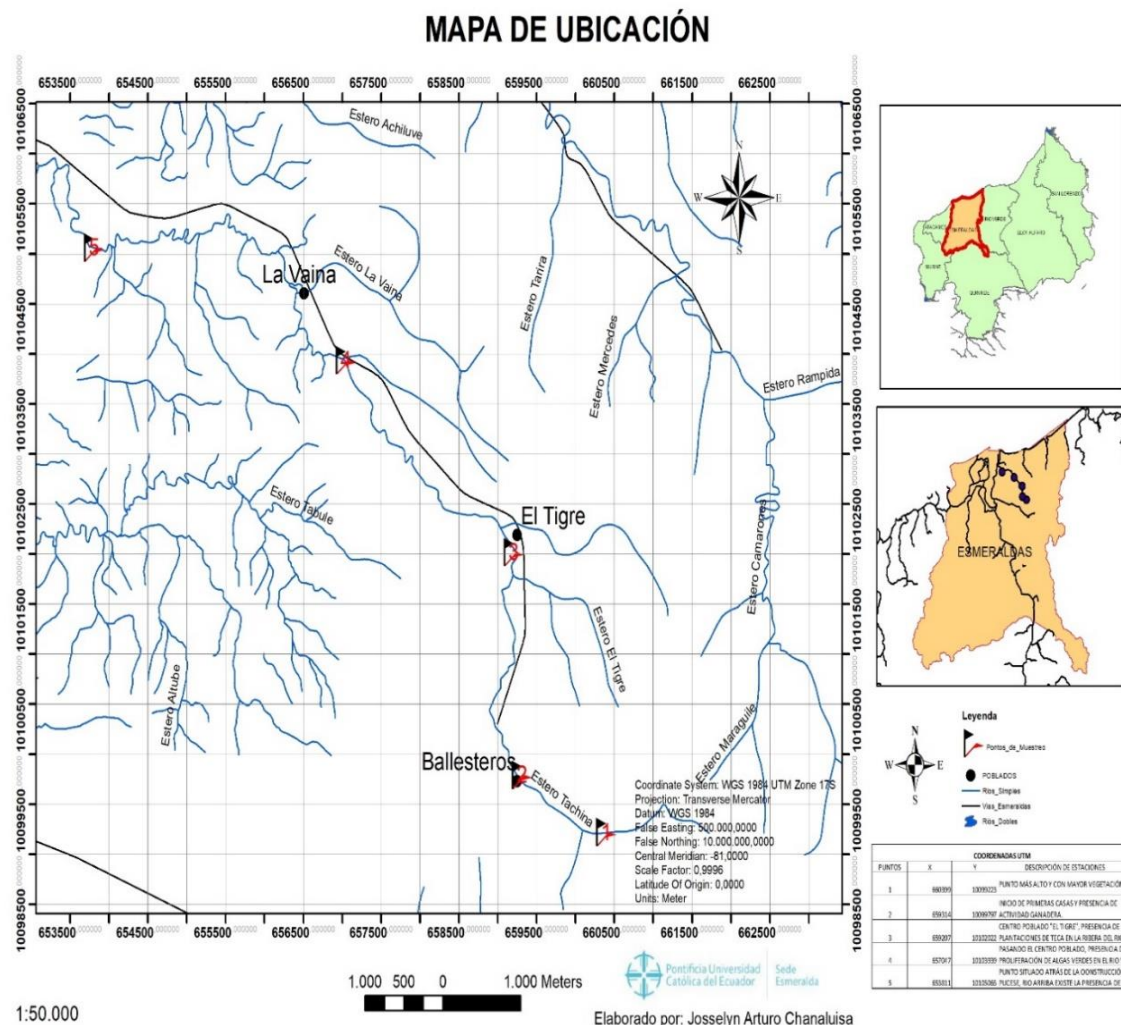


Fig. 1: Área de Estudio.

El estero “El Tigre” se encuentra ubicado en el recinto Tigre perteneciente a la parroquia rural Tachina, provincia de Esmeraldas. Posee un clima tropical, con una temperatura media de 26 0C, y una precipitación media de 1000 mm (5).

La parroquia Tachina, según el último censo INEC 2010, cuenta con una población de 3893 habitantes, de los cuales 200 habitantes pertenecen al recinto “El Tigre”. Es decir que un 67% de la población se encuentra ubicada en los barrios de la cabecera parroquial y el 33% restante se localiza en los recintos o caseríos de la parroquia (5).

El recinto está dividido por tres caseríos: Caserío Agua Fría, Caserío Las Vainas, y Caserío Ballesteros. Los pobladores de este recinto se dedican en mayor parte a la agricultura, enfocada al cultivo de cacao, maíz, caña de azúcar, plátano, palma africana, palma de coco, elaboración de guarapo y producción de panela tanto para la venta y consumo local; la ganadería, como la crianza de puercos; la pesca y el turismo, gracias a su florecido Bosque “El Tigre” y cascadas (5).

El estero “El Tigre” es de carácter temporal y se encuentra rodeado de Bosque seco, el estero es de gran importancia para el recinto, ya que les sirve de abastecimiento de agua para sus diferentes actividades. Este tipo de ríos temporales presentan gran importancia para los procesos ecosistémicos que se producen en las aguas subterráneas (agua-tierra), puesto que sirven de refugio para diversos organismos y plantas, estos ríos poseen zonas de amortiguamiento, procesamiento de nutrientes, importancia en el lavado de material y conectividad de las cuencas, además poseen la característica de ser excelentes sensores del cambio climático (22).

3.2. Selección de puntos de muestreos:

Con el propósito de evaluar la calidad del agua del estero “El Tigre, primero se seleccionó seis sitios de monitoreos en el cauce. Los sitios se determinarán de acuerdo con el nivel de perturbación de las actividades que se realizan alrededor del estero, como se detallan a continuación (3):

Punto 1: Se seleccionó este sitio debido a que es el punto más alto y presenta menor influencia de perturbación y de centros poblados. Se caracteriza por ser el punto con mayor vegetación. Este punto permitirá evaluar la presencia de contaminación a lo largo del estero.

Punto 2: Este sitio corresponde al punto donde empieza el inicio de ciertas viviendas, cría de ganado (vacas), y cultivo de plátano. Este punto podría determinar cómo están las condiciones del agua antes de ser utilizada en las actividades domésticas, ganaderas y agrícolas.

Punto 3: Este sitio es el punto donde se localiza la comunidad del Tigre, presencia de viviendas, y actividad agrícola, específicamente plantaciones de Teca en la ribera del estero.

Punto 4: Este punto está situado después del centro poblado “Comunidad El Tigre”, en este punto se pudo observar que se lo utiliza como medio de paso, ya que es utilizado como sitio para el cruce de ganado, animales domésticos y de motos.

Punto 5: Es el último punto del estero está situados detrás de la construcción de PUCESE, y se lo seleccionó por ser el punto más bajo, y situado cerca a la desembocadura del río Esmeraldas.

3.3. Recolección de datos:

Una vez seleccionados los puntos de muestreos, se procedió a recolectar las muestras de las comunidades biológicas (macroinvertebrados y peces) y de los parámetros fisicoquímicos durante los meses de Diciembre del 2019 y Enero del 2020 en los cinco puntos de muestreos.

3.3.1. Muestreos de parámetros fisicoquímicos.

La recolecta se realizó una vez al mes, durante los meses de Diciembre y Enero. Los parámetros como pH, temperatura, oxígeno disuelto, turbidez, conductividad y sólidos totales disueltos y sólidos en suspensión fueron medidos *in situ* mediante una sonda multiparamétrica Milwaukee MI 805 y MI600 (7), los mismos que fueron calibrados antes de medir los parámetros. Adicionalmente se tomaron muestras de agua en cada punto de muestreo utilizando botellas de plástico oscuras de alta densidad de 1 L (7).

Cabe mencionar que estas muestras se tomaron antes de recolectar los macroinvertebrados para evitar que dicha colección sea alterada por la suspensión de sustratos, lo cual podría alterar los resultados de las muestras (14).

Una vez recolectadas las muestras, estas fueron colocadas en un cooler con bolsas de hielo para su mejor conservación hasta ser trasladadas al laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCESE, donde se realizará el análisis de los demás parámetros tales como: nitratos, nitritos, fosfatos y amonio.

3.3.2. Muestreos de macroinvertebrados.

La colecta de macroinvertebrados se realizó por medio del método rápido para un solo hábitat o ecosistema, el mismo que fue establecido por Barbour, Gerritsen, Snyder & Stribling en el año de 1999 (7). Este método utiliza una red de captura con una abertura superior tipo D con una malla de 500 micras, de esta manera se realizarán dos arrastres de dos minutos en cada estación de muestreo, donde con ayuda del pie se procedió a remover el sustrato para facilitar el ingreso de los macroinvertebrados a la malla de captura (7).

Una vez recolectadas las muestras de macroinvertebrados se procedió a limpiar en campo de manera manual, eliminando todo material que no sea objetivo de la colecta como hojarascas, piedras, etc. Adicionalmente, se limpiaron las muestras con ayuda de un tamiz de 0,5 cm y de esta forma tratar de reducir la muestra (7).

Posteriormente, una vez limpiadas las muestras, se colocaron en frascos de 1.5 L, a las cuales se le aplicará 1 L de alcohol etílico al 70% y 10 ml de formol. Cabe mencionar que todas las muestras recolectadas fueron etiquetadas con los datos del sitio de muestreo, la fecha y nombre de quien está realizando la investigación. Estos muestreos se realizaron una vez al mes, durante los meses establecidos (7).

3.3.3 Muestreo de peces.

El muestreo de peces se realizó en el mes de diciembre. Se capturaron los individuos mediante el arte de pesca de atarraya y se colocaron en fundas plásticas ziclop, etiquetadas estableciendo el sitio de muestreo, fecha y nombre del investigador, las mismas que se colocaron en refrigeración en el laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCESE (20).

3.4. Análisis en laboratorio

3.4.1. Análisis de las muestras de agua.

Las muestras recolectadas fueron analizadas en el laboratorio de Gestión Ambiental de la PUCE, en donde se midieron parámetros como nitratos, nitritos, fosfatos, y amonio.

Se procedió a medir los nitritos por medio de los colorímetros Hanna HI 707, los fosfatos por medio de colorímetros Hanna HI 713, ambas en muestras de 10 ml y las muestras de amonio por medio de los colorímetros Hanna DR 900 (7).

3.4.2. Análisis de macroinvertebrados en laboratorio.

Las muestras de macroinvertebrados fueron limpiadas, colocándolas en bandejas de plástico de 25x15 cm, con ayuda de una lámpara, lupas y pinzas. Los macroinvertebrados obtenidos de la limpieza fueron colocados en frascos de 100 ml con alcohol y etiquetados debidamente con la información del sitio de muestreo, fecha y nombre del investigador (7).

Finalmente, la identificación de los macroinvertebrados se llevó a cabo colocando los organismos en una caja Petri, un microscopio, la clave dicotómica propuesta por Martínez (2013) y la Guía actualizada para el reconocimiento de los principales grupos de macroinvertebrados fluviales de Esmeraldas, propuesta por Góngora (7).

3.4.3. Análisis de peces en laboratorio.

Una vez llevados los peces al laboratorio de la PUCESE fueron separados por sus características y similitudes para conocer el número existente que hubo de cada una de ellas, luego se procedió a la identificación taxonómica por medio de la Guía de Peces para Aguas Continentales en la vertiente occidental del Ecuador. Por último, fueron medidos y pesados. (20).

3.5. Análisis de datos.

Para el análisis de datos se utilizó los siguientes índices:

3.5.1. Índice BMWP para macroinvertebrados.

Este índice se utilizó para evaluar la calidad del estero "El Tigre", y para determinar las familias de macroinvertebrados que presentan mayor y menor nivel de tolerancia a las perturbaciones, asignándoles valores de entre 1 a 10, donde el mayor valor 10 indica alta tolerancia y el menor valor 1 indica menor tolerancia a perturbaciones, finalmente la suma de estos valores indicó las calidades en cada punto. (14).

3.5.1. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano. (IMRB)

Este índice se utilizó para evaluar la salud del estero por medio de métricas, las cuales representan típicamente una amplia gama de características biológicas y respuestas a gradientes naturales y perturbaciones antropogénicas (35). Sin embargo, cabe señalar que este índice aún no ha sido publicado y se lo está validando a través de otros estudios de tesis.

El índice IMRB agrupa 8 métricas, de las cuales cinco métricas son para macroinvertebrados: una que incrementa con el estrés (% chironomidos) y cuatro que decrecen por el estrés (% Coleoptera, BMWP, ASTP y, % ElmPT). Y para el caso de los peces, tres métricas: dos que incrementan por el estrés (Valor máximo de talla y Percentil 95 del estado de condición de Fulton) y una que decrece por el estrés (Mínimo de estado de condición global) (35).

Estas mediciones presentaron en sus valores unidades diferentes (recuentos, porcentajes, índices, etc.). Para esto se realizó un promedio de los valores normalizados de las métricas seleccionadas para cada estado de condición, lo que generó un valor final de calificación, siendo los valores cercanos a 0 los de peor calidad y los valores cercanos al 100 los de mayor calidad. Finalmente, luego de ser normalizadas y promediadas todas las métricas, se obtuvo por medio de la suma de todas las métricas de cada punto, dividido para el número total de las métricas que fueron estudiadas el valor global del índice para cada estación (35).

3.6. Análisis estadístico

Se usó el programa estadístico R, en el cual se realizó el análisis estadístico de ordenamiento NMDS (Non Metrical Multidimensional Scaling) para determinar la descripción cuantitativa de los patrones espaciales de distribución a partir de las abundancias de macroinvertebrados bentónicos. Representado de esta manera, la similitud de los puntos de muestreos basados en las abundancias y composición (familias) de las comunidades de macroinvertebrados.

La disposición espacial en los ejes del NMDS considera similares a los puntos de muestreos con una composición de macroinvertebrados representativa y como resultado se muestra cercano en el espacio del ordenamiento, además

sirve para identificar las variables fisicoquímicas que están influyendo en la distribución de las comunidades de macroinvertebrados.

4. CAPÍTULO III: RESULTADOS

4.1. Parámetros fisicoquímicos.

En la Tabla 2 se observan los resultados de parámetros fisicoquímicos, medidos de manera *in situ* de cada punto de muestreo durante los meses de estudio, donde el valor máximo de oxígeno disuelto es 8,6 mg/l perteneciente al punto 2 en el mes de enero, y el valor mínimo de 5,6 mg/l se presentó en el punto 3 en el mes de diciembre; el pH presentó valores que van de 7.2 a 8.39, la temperatura osciló entre los 24.1 C° a 32.61 C°; en cuando a la conductividad, el valor máximo se presentó en el punto 5 en el mes de diciembre con un valor de 1674 $\mu\text{S/cm}$ y el valor mínimo en el punto 2 en el mes de enero con un valor de 360 $\mu\text{S/cm}$; la turbidez presentó valores de 0 a 9 FAU a lo largo del tramo estudiado durante los dos meses de estudio; por otro lado los sólidos totales disueltos presentaron valores que van de 299 a 837 ppm; finalmente los sólidos en suspensión presentaron valores de 0 a 18 mg/l.

Tabla 2. Parámetros fisicoquímicos en puntos de muestreos tomados de manera *in situ*.

MESES	PUNTOS	pH	Oxígeno Disuelto (mg/l)	Temperatura (°C)	Conductividad ($\mu\text{S/cm}$)	Turbidez (FAU)	Sólidos Totales Disueltos (ppm)	Sólidos en Suspensión (mg/l)
DICIEMBRE	1	8,27	6,8	24,1	634	0	318	0
	2	7,8	7,3	26,9	600	0	299	18
	3	7,24	5,6	26,3	773	4	386	0
	4	8,39	8	28,8	962	0	480	0
	5	8,11	7,3	28,1	1674	9	837	0
ENERO	1	7,9	7,2	24,38	410	0	200	0
	2	8,2	8,6	28,55	360	3	180	1
	3	7,2	6,7	28,44	730	0	370	0
	4	8,1	8	32,61	970	0	490	0
	5	8,1	8,1	30,77	1620	21	770	18

Con respecto a los parámetros analizados en el laboratorio, se obtuvo para el nitrato valores que van de 0 mg/l a 0.7 mg/l; en cuanto al nitrito se consiguieron valores que rondan desde 0 mg/l a 0,007 mg/l; los fosfatos presentaron valores que oscilan entre los 0,47 mg/l a 1,76 mg/l y finalmente el amonio obtuvo valores entre 0 mg/l a 0,08 mg/l (Tabla 3).

Tabla 3. Parámetros químicos en puntos de muestreos medidos en el laboratorio.

MESES	PUNTOS	Nitratos (mg/l)	Nitritos (mg/l)	Fosfatos (mg/l)	Amonio (mg/l)
DICIEMBRE	1	0,3	0	0,54	0
	2	0	0	0,71	0
	3	0,4	0,002	0,53	0
	4	0,3	0	0,86	0
	5	0,3	0	0,85	0
ENERO	1	0	0,003	0,67	0,05
	2	0	0	0,46	0,05
	3	0,7	0	0,75	0,05
	4	0,1	0,007	1,76	0,07
	5	0	0	0,96	0,08

4.2. Muestreo de macroinvertebrados.

En el muestreo de macroinvertebrados se colectaron en total 3440 individuos durante las dos campañas de estudios, distribuidos en 9 órdenes y 27 familias. Sin embargo, la familia *Thiaridae* presentó mayor abundancia con un total de 936 individuos, seguidas de las familias *Leptophlebiidae* con 459 individuos, *Leptohyphidae* con 291 y *Batetidae* con 265. Finalmente, las familias con menor abundancia; tales como: *Ceratopogonidae* y *Tipulidae* presentaron 1 individuo (Tabla 4).

Tabla 4. Abundancias de familias pertenecientes a los cinco puntos de muestreo.

ORDEN	FAMILIA	P1	P2	P3	P4	P5	Total de individuos por familia.
Mesogastropoda	<i>Planorbiidae</i>	0	0	0	11	6	17
	<i>Hydrobiidae</i>	0	0	1	196	51	248
	<i>Thiaridae</i>	0	239	92	551	54	936
	<i>Ampullariidae</i>	6	15	50	198	16	285
Ephemeroptera	<i>Baetidae</i>	15	60	74	116	0	265
	<i>Leptohyphidae</i>	37	14	33	207	0	291
	<i>Leptophlebiidae</i>	17	43	56	311	32	459
Odanata	<i>Lestidae</i>	0	0	0	0	18	18
	<i>Calopterygidae</i>	3	0	0	1	0	4
	<i>Libellulidae</i>	2	7	12	25	6	52
	<i>Gomphidae</i>	0	1	1	1	3	6
	<i>Coenagrionidae</i>	0	0	0	11	0	11
Megaloptera	<i>Corydalidae</i>	0	1	2	1	0	4
Hemiptera	<i>Mesovellidae</i>	7	0	0	0	0	7
	<i>Veliidae</i>	0	5	12	5	4	26
	<i>Naucoridae</i>	2	2	31	17	17	69
Coleoptera	<i>Hydrophilidae</i>	101	35	5	0	0	141
	<i>Elmidae larvas</i>	22	11	66	0	45	144
	<i>Elmidae adultos</i>	4	75	2	34	0	115
Trichoptera	<i>Psephenidae</i>	16	8	107	25	4	160
	<i>Hydropsychidae</i>	0	3	6	47	7	63
Lepidoptera	<i>Philopotamidae</i>	2	0	0	0	0	2
Diptera	<i>Pyraliidae</i>	47	3	1	12	0	63
	<i>Chironomidae</i>	2	0	47	0	0	49
	<i>Ceratopogonidae</i>	0	1	0	0	0	1
	<i>Stratiomyidae</i>	0	3	0	0	0	3
	<i>Simuliidae</i>	0	0	0	0	0	0
	<i>Tipulidae</i>	0	0	1	0	0	1
Total de individuos por estación de muestreo		283	526	599	1769	263	3440

4.2.1. Distribución de abundancias a lo largo del estudio.

Se seleccionaron las familias más representativas del estudio para observar su comportamiento de acuerdo a cada campaña de muestreo. Entre las familias más abundantes se encontró la familia *Thiaridae*, se puede observar en la Figura 2 que en el primer muestreo (diciembre) y en el segundo muestreo (enero) la

presencia de esta familia en el punto 1 no existe, mientras que, la presencia de esta familia se hace presente a partir del punto 2 en adelante, siendo en el punto 4 en el mes de enero su mayor abundancia con 551 individuos. Finalmente se reflejó que el número total de individuos de esta familia fue mayor en el mes de enero.

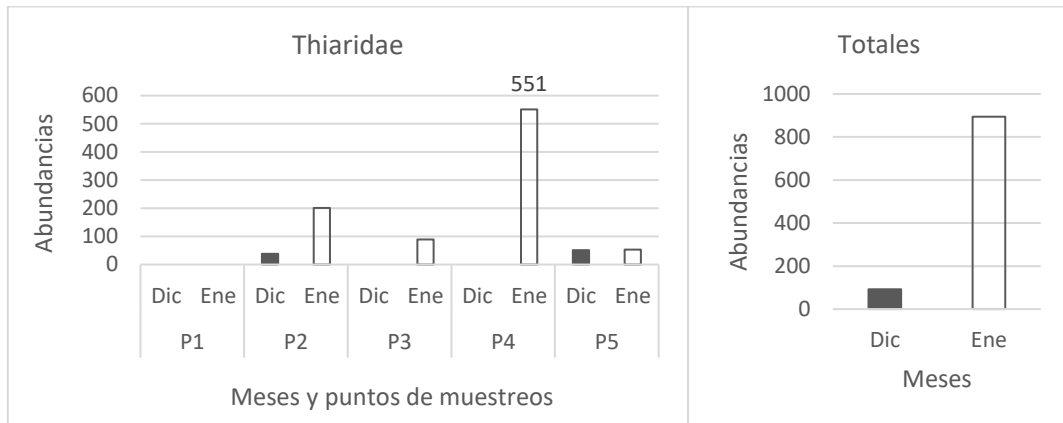


Fig. 2. Comportamiento de la familia *Thiaridae* en los meses de diciembre y enero.

La segunda familia más abundante fue *Leptophlebiidae* (Figura 3), la misma que aparece presente en todos los puntos de muestreos en las dos campañas de estudio (diciembre y enero), siendo más abundante con 286 individuos en el punto 4, en el mes de diciembre.

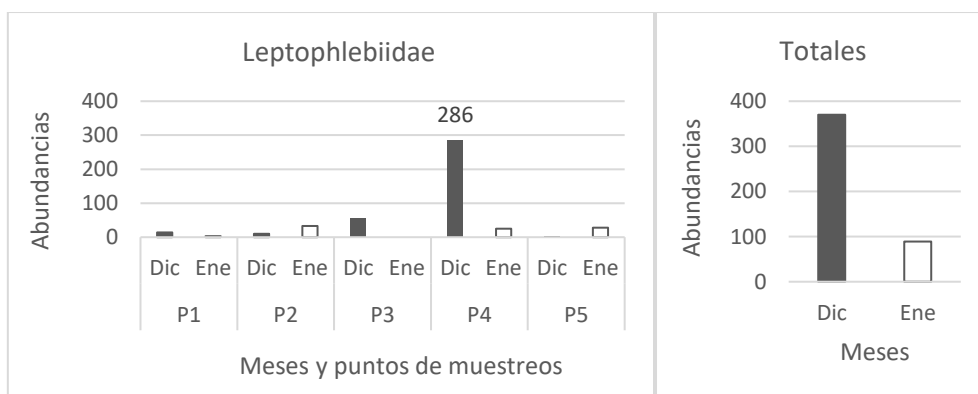


Fig. 3. Comportamiento de familia *Leptophlebiidae* en meses de diciembre y enero.

La tercera familia más abundante fue *Leptohyphidae* (Figura 4), podemos observar que se encuentra presente en todos los puntos de muestreos, sin embargo, en el punto 5 su presencia desaparece. El punto 4 muestra la mayor abundancia de esta familia con 197 individuos en el mes de enero.

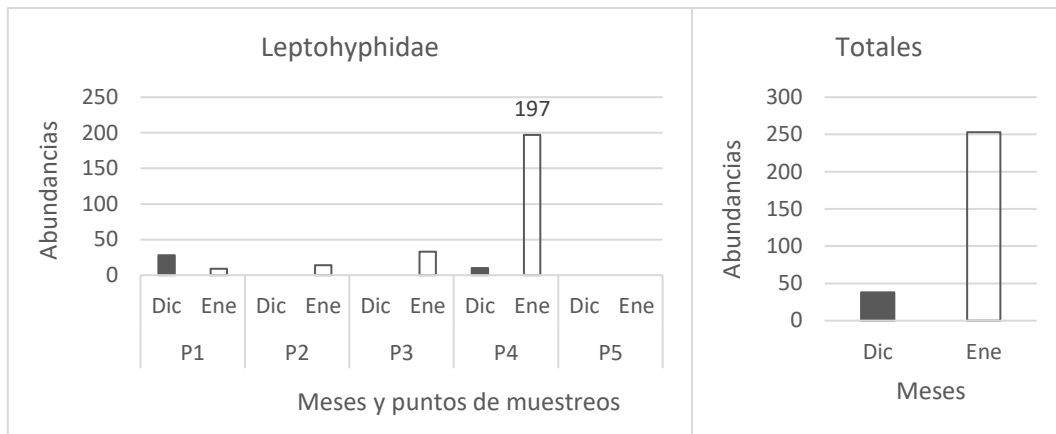


Fig. 4. Comportamiento de *Leptohiphidae* en los meses de diciembre y enero.

La familia *Baetidae*, fue la cuarta familia más abundante del estudio, en la figura 5 podemos observar que estuvo presente en los primero 4 puntos de muestreo y su presencia desaparece en el punto 5. Esta familia alcanzó mayores abundancias en el punto 2 y en el punto 4 con 57 y 86 individuos respectivamente, alcanzando su abundancia total mayor en el mes de enero con 198 individuos.

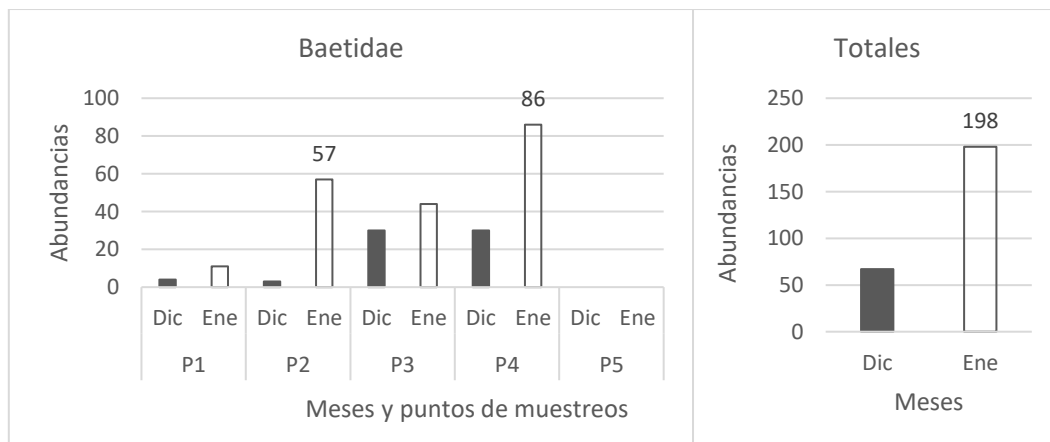


Fig. 5. Comportamiento de *Baetidae* en los meses de diciembre y enero.

La familia *Psephenidae*, se encuentra en el quinto lugar de las más abundantes del estudio. En la figura 6, podemos visualizar que estuvo presente en todos los puntos de muestreos en ambos meses, sin embargo, las abundancias mayores fueron alcanzadas en el punto 2 específicamente en el mes de enero con 70 individuos y en el punto 4 con 74 individuos. Finalmente, la mayor abundancia total fue observada en el primer muestreo.

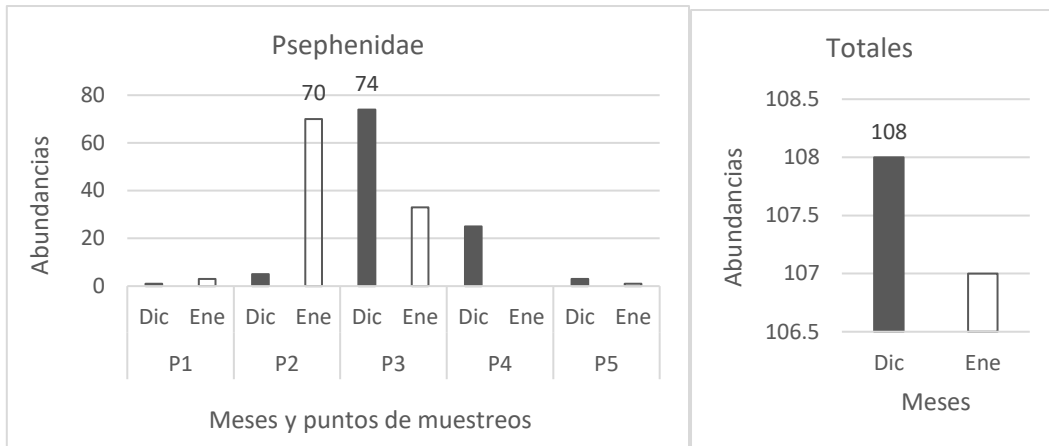


Fig. 6. Comportamiento de *Psephenidae* en los meses de diciembre y enero.

La sexta familia más abundante como se puede observar en la figura 7, fue *Elmidae*, presente en los puntos 1, 2, 3 y 5. Sin embargo se puede observar que en el punto 4 no hay presencia de esta familia. Finalmente, la mayor abundancia se mostró en el punto 1 con 66 individuos en el mes de enero. Esta familia presentó la abundancia total mayor en el mes de enero.

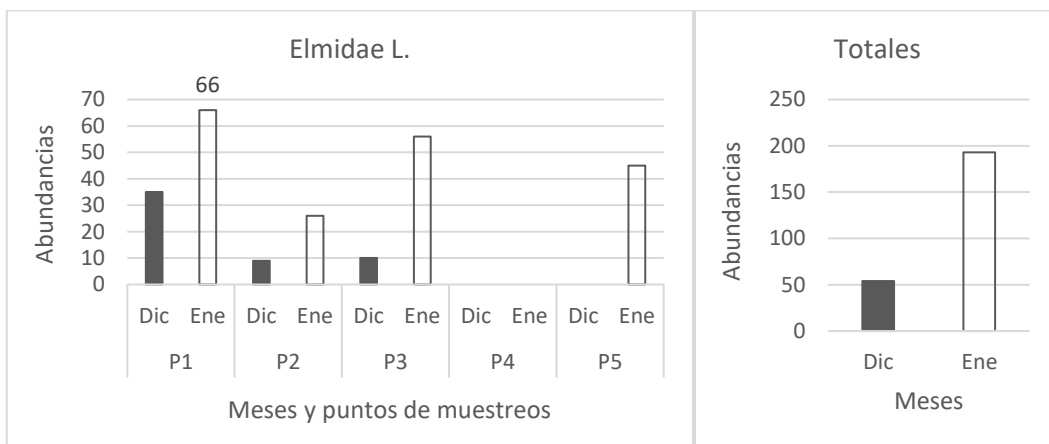


Fig. 7. Comportamiento de *Elmidae* en los meses de diciembre y enero.

4.3. Muestreo de peces

Se recolectaron un total de 97 peces, distribuidos en 9 especies (*Eretmobrycon ecuadorensis*, *Brycon dentex*, *Brycon atrocaudatus*, *Agonostomus monticola*, *Awaous trasandeanus*, *Rhoadsia minor*, *Pseudopoecilia fria*, *Andinoacara blombergi*, y *Poecilia reticulata*) siendo la especie *Eretmobrycon ecuadorensis* la más abundante con un total de 37 individuos.

Tabla 5. Diversidad y abundancia de especies.

Especie	Nº Individuos
<i>Eretmobrycon ecuadorensis</i>	37
<i>Brycon dentex</i>	5
<i>Brycon atrocaudatus</i>	27
<i>Agonostomus monticola</i>	6
<i>Awaous trasandeanus</i>	1
<i>Rhoadsia minor</i>	5
<i>Pseudopoecilia fria</i>	1
<i>Andinoacara blombergi</i>	15
<i>Poecilia reticulata</i>	1
Total especies: 9	98

4.4. Índice BMWP.

En la siguiente Tabla 6 se muestran los resultados arrojados por el índice BMWP, donde se refleja que el estado de calidad de agua del estero “El Tigre” en la primera campaña es de “media a buena”, con intervención “importante y leve”. Sin embargo, en la segunda campaña de muestreo, la intervención va de “importante a mínima” y la calidad de agua de “buena a alta”. En esta campaña el punto 2 presentó la calidad más alta.

Tabla 6. Valores del índice BMWP, presentados por campaña y puntos de muestreos.

SITIO N°	NOMBRE	BMWP	INTERVENCIÓN	CALIDAD	COLOR
1	C1P1	56	Importante	Media	Amarillo
2	C1P2	50	Importante	Media	Amarillo
3	C1P3	68	Leve	Buena	Verde
4	C1P4	70	Leve	Buena	Verde
5	C1P5	53	Importante	Media	Amarillo
1	C2P1	62	Leve	Buena	Verde
2	C2P2	80	Mínima	Alta	Azul
3	C2P3	68	Leve	Buena	Verde
4	C2P4	64	Leve	Buena	Verde
5	C2P5	72	Leve	Buena	Verde

4.5. Índice Multimétrico de ríos bajos en el noroccidente ecuatoriano (IMRB).

Los valores reales de las 7 métricas establecidas por el IMRB (Máxt, P(95)k, % Coleop, BMWP, ASTP y % ElmPT) fueron normalizados para trabajar bajo la misma medida, al normalizar estos datos se obtuvo valores sobre 100 puntos. Cabe mencionar que los valores obtenidos son los considerados en la primera campaña de muestreo puesto que en esta campaña se realizó la recolección de peces (Tabla 6).

Tabla 7. Valores normalizados de métricas para el cálculo del IMRB.

Estación	% Chiro.	MáxT	P(95)K	% coleop.	BMWP	ASTP	MínWK	%ElmPT	Suma
P1	0,0000	100,0000	100,0000	100,00	30,00	15,66	24,15	100,00	469,81
P2	100,0000	56,4433	5,0000	47,79	0,00	1,42	5,29	30,76	246,70
P3	54,6473	54,3814	0,0000	94,64	90,00	0,00	0,00	9,61	303,28
P4	100,0000	0,0000	95,0000	28,54	100,00	100,00	69,31	46,36	539,21
P5	100,0000	68,2990	25,0000	0,00	15,00	33,46	100,00	0,00	341,76

Finalmente, la siguiente Tabla 8 se reflejan los valores del IMRB de las estaciones de muestreo, los cuales indican la puntuación, intervención y calidad en la primera campaña, observando el puntaje más alto en la estación 4, con 67,40 presentando una intervención “leve” y calidad “buena”, mientras que el puntaje mínimo del IMRB fue en la estación 2 con 30,84 indicando una intervención “grave” y calidad “mala”.

Tabla 8. Valores del IMRB presentados en la primera campaña, por sitios, intervención, calidad y color.

Estación	IMRB	Intervención	Calidad	Color
1	58,73	Importante	Moderada	Amarillo
2	30,84	Grave	Mala	Anaranjado
3	37,91	Grave	Mala	Anaranjado
4	67,40	Leve	Buena	Verde
5	42,72	Importante	Moderada	Amarillo

La figura siguiente muestra una comparación de los índices IMRB y BMWP en relación con los puntajes obtenidos en la primera campaña de muestreo, donde se puede observar que las curvas de ambos índices son muy parecidas, sin embargo, el Índice Multimétrico de Ríos Bajos en el Noroccidente Ecuatoriano (IMRB) muestra de manera más exacta la realidad existente en cuanto a la contaminación de las estaciones de muestreo, reflejando de manera más definida la curva de los valores. Mostrando que en los puntos P2 y P3 se encuentran por debajo de los valores aceptables, con 30,84 y 37,91 respectivamente, indicando calidades malas, lo cual difiere en la curva arrojada por el BMWP donde los valores en cuanto a la calidad no muestran ningún punto con calidades malas. Este resultado es más preciso debido a que este índice integra valores de ocho métricas, dentro de las cuales están muestras de macroinvertebrados, tamaño y peso de peces lo cual hace un resultado más estricto. (Fig 8).

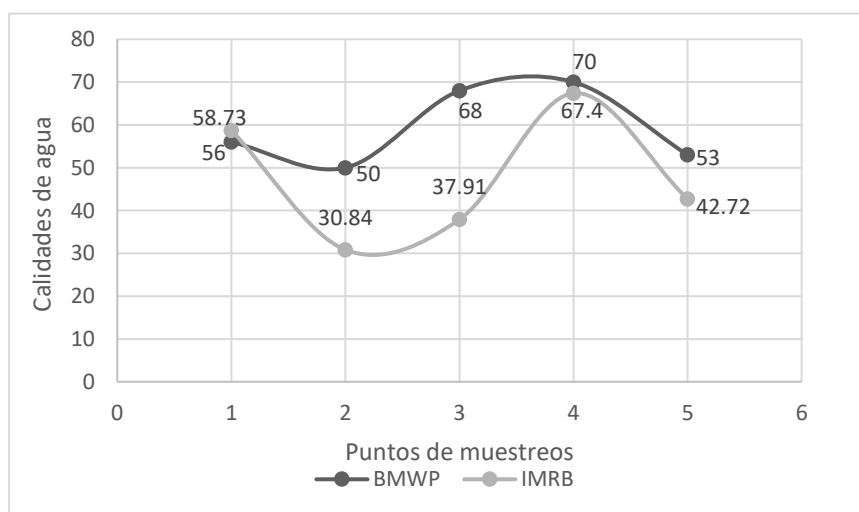


Fig. 8. Comportamiento del BMWP y el IMRB en los puntos de muestreos.

4.6. Análisis Estadístico.

Para el análisis de ordenación NMDS, sólo se trabajó con las familias que están presentes en más de dos puntos, por ser las más significativas y que a su vez representan el 97% de macroinvertebrados colectados.

En este análisis se representaron las familias de macroinvertebrados como vectores eligiendo las más representativas de la muestra, tales como: *Thiaridae* (*thi*), *Leptophlebiidae* (*lep1*), *Leptoxyphidae* (*lep2*), *Ampullaridae* (*amp*), *Baetidae* (*bae*), *Hydrobiidae* (*hyd1*), *Psephenidae* (*pse*), *Elmidae L* (*elml*), *Hydrophilidae* (*hyd2*), *Elmidae A* (*elma*), *Naucoridae* (*nau*), *Hydropsychidae* (*hyd3*), *Pyraliidae* (*pyr*), *Libellulidae* (*lib*), *Veliidae* (*vel*), *Gomphidae* (*gom*), y *Corydalidae* (*cor*).

En la siguiente Figura 9, se puede observar la agrupación de las familias más abundantes que comparten los mismos puntos entre sí; el mes de diciembre representado por el símbolo de un cuadrado, y el mes de enero representado por el símbolo de un punto. Se visualiza que los puntos 2 y 5, en ambas campañas de muestreo (diciembre y enero), tienen similitud al compartir la misma familia *Thiaridae*, y los puntos 3 y 4 sólo tuvieron similitud en la segunda campaña (enero) ya que sólo en este mes tuvieron la presencia de la misma familia *Thiaridae*. Cabe señalar que, al estar esta familia del lado opuesto a las demás familias, representa la familia con mayor abundancia.

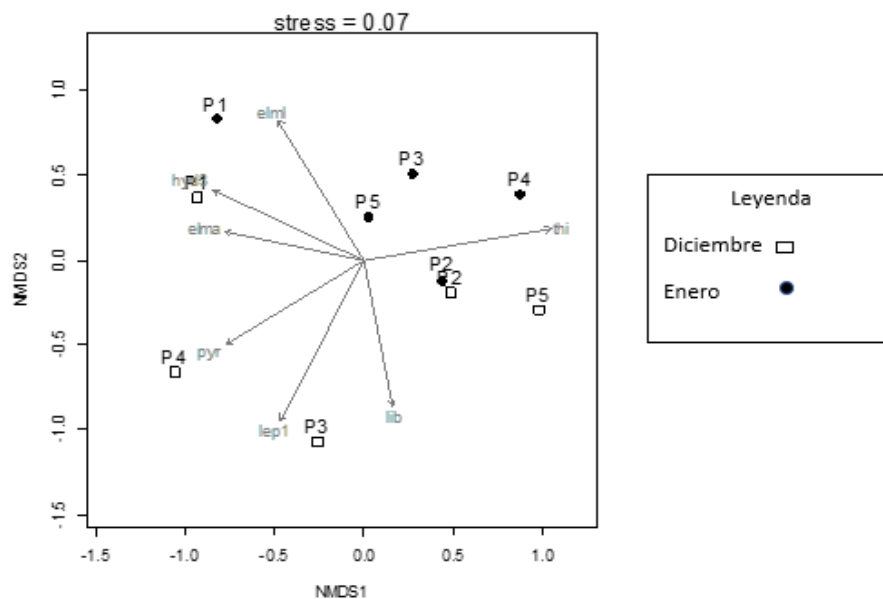


Fig. 9. Análisis de ordenación de estaciones y abundancias de macroinvertebrados.

En la siguiente Figura 10 referente al primer muestreo en el mes de diciembre, en base a la agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre las mismas. Se puede observar que las familias *Elmidae A.*, *Hydrophilidae*, *Leptohyphidae* y *Naucoridae* se encuentran más presentes en el punto 1; por otro lado, los puntos 2 y 5 comparten las familias, tales como: *Thiaridae*, *Psephenidae*, y *Corydalidae*; por último, podemos observar que puntos 3 y 4 también comparten las mismas familias entre sí, tales como: *Leptophlebiidae*, *Hydrobiidae* y *Elmidae L.*

En este mes, ninguna de las variables ambientales estudiadas mostró algún cambio o alteración en las comunidades de macroinvertebrados. Es decir que en este mes los parámetros fisicoquímicos permanecieron relativamente estables a lo largo del caudal hidrológico.

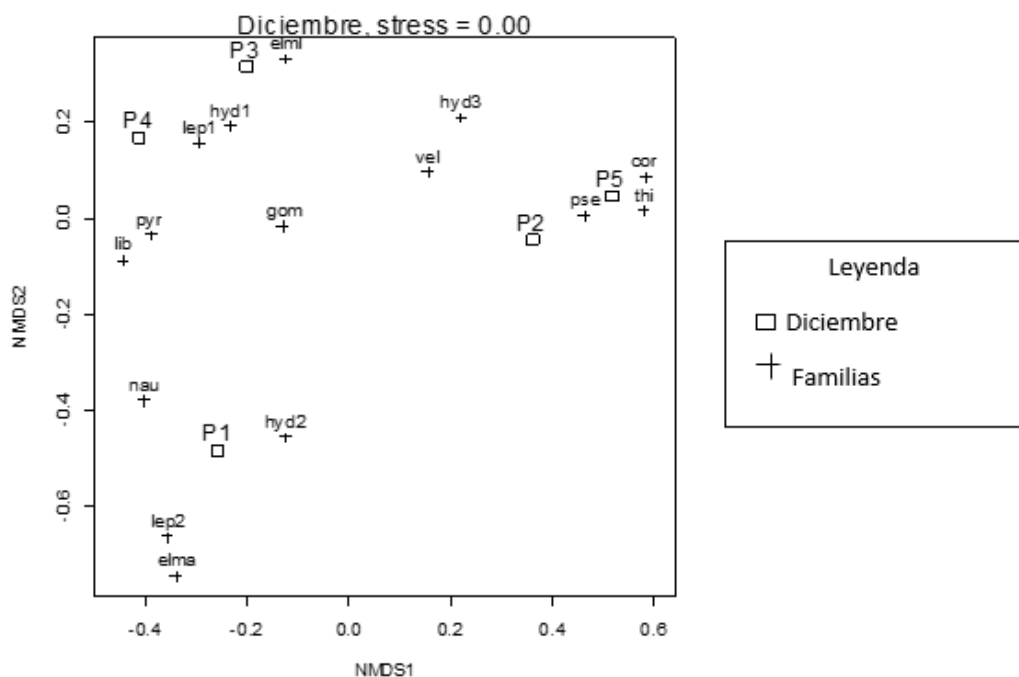


Fig. 10. Primer muestreo, agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre las mismas.

En la siguiente Figura 11 se puede observar que, en el mes de enero, con respecto a la agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre las mismas, el único parámetro que presentó cambios en los puntos de muestreos a diferencia de los demás, es el parámetro de la conductividad, es decir que los demás parámetros permanecieron estables. Se

puede visualizar que esta variable ambiental aumentó significativamente en el punto 5 y que está influyendo en la distribución de las familias *Naucoridae*, *Corydalidae* y *Leptophlebiidae*.

Los puntos 2 y 3 agruparon las mismas familias, tales como: *Baetidae*, *Psephenidae* y *Leptohyphidae*.

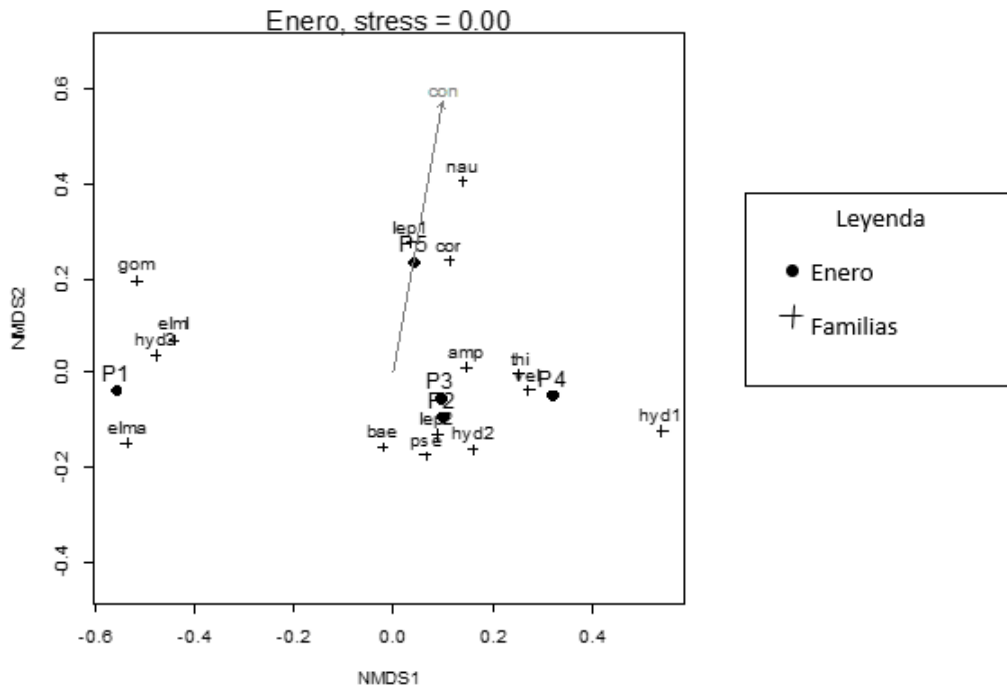


Fig. 11. Segundo muestreo, agrupación de familias por puntos y la influencia de los parámetros fisicoquímicos sobre las mismas.

5. CAPÍTULO IV: DISCUSIÓN

Uno de los recursos naturales más importante para la vida, son los sistemas dulceacuícolas, sin embargo, a pesar de su gran importancia, son altamente impactados debido a las actividades humanas, las cuales afectan directamente en la biota acuática y a la calidad de los recursos hídricos (21).

Los macroinvertebrados acuáticos tienen un gran valor como bioindicadores de perturbaciones naturales o de origen antrópicas en los sistemas hídricos, además son considerados como un enfoque complementario en el conocimiento de las condiciones y funcionalidad de estos ecosistemas, por lo tanto, ofrecen una perspectiva para conocer la calidad de estos (21).

Los peces han sido utilizados como bioindicadores de la calidad de agua en varios países desde hace algún tiempo, debido a diversos motivos, tales como; su sensibilidad a las perturbaciones ambientales, su amplia distribución geográfica que permite comparar resultados con los de otras poblaciones, su facilidad para identificarlos y estimar la abundancia y diversidad en los ecosistemas, y su fácil adaptación al cautiverio (36).

El estero “El Tigre” es un ecosistema que pertenece a los sistemas acuícolas temporales o también llamados intermitentes, en Ecuador la mayoría de estos sistemas dulceacuícolas se localizan en zonas de bosques secos, con importancia en el ciclo hidrológico, el sostenimiento de la biodiversidad y el abastecimiento de agua en estos territorios. Este tipo de ríos temporales presentan gran importancia para los procesos ecosistémicos que se producen en las aguas subterráneas (agua-tierra), puesto que sirven de refugio para diversos animales y plantas, estos ríos poseen zonas de amortiguamiento, procesamiento de nutrientes, importancia en el lavado de material y conectividad de las cuencas, además poseen la característica de ser excelentes sensores del cambio climático (22).

En un estudio particular de estos ríos temporales, Guzmán et al. ⁽²⁵⁾ asegura que las comunidades de macroinvertebrados tienen características especiales de supervivencia proporcionadas por las condiciones de estrés hídrico (escasez de caudal y contaminación) al cual son sometidos dichos organismos, además estos ríos intermitentes presentan una gran diversidad, debido a que son ambientes

extremos que incrementan las tasas de diversificación, ya que han servido como hábitats y rutas de dispersión.

Según Motta et al. ⁽²²⁾, en ríos temporales que carecen de flujo superficial, los macroinvertebrados bentónicos presentan rasgos diferentes, tales como: desarrollo de rasgos de resistencia y resiliencia, provocados por la adaptación en las épocas secas, estos rasgos o características les permiten a estos organismos permanecer en los sistemas después de una perturbación y recuperarse de manera inmediata, o en un caso extremo les permite evitarlas.

El estero “El Tigre” al ser un río intermitente, tiene la particularidad de poseer sitios donde las afectaciones son independientes, debido a que el estero no posee un afluente continuo, una estación no tiene conexión directa con la siguiente estación. De acuerdo a la realidad observada, el estero tiene la particularidad de presentar caudal discontinuo en varias zonas y en otras desaparecer por completo. En base a lo anterior expuesto, el presente trabajo describe los cambios en composición, abundancia, diversidad de los macroinvertebrados bentónicos y peces en el río el Tigre. (22).

Las estaciones seleccionadas presentaron características independientes en cuanto a perturbaciones. El punto 1, perteneciente a la zona más alta, donde la vegetación en esta zona se identificó como primaria y boscosa, dando lugar a tala de árboles; el punto 2 inicia con la presencia de ciertas casas ubicadas cerca del estero, además de presentar actividades ganaderas y siembra de cultivos; el punto 3 es donde se ubica la pequeña comunidad del Tigre y existe presencia de plantaciones de Teca en la ribera del río; en el punto 4 se observó que por en medio del estero cruzaban motos, animales domésticos y ganado, finalmente en el punto 5 ubicado detrás de actividades de construcción de la PUCE y urbanizaciones.

De acuerdo a este estudio, las medidas de los parámetros físicos y químicos, se mantuvieron relativamente estables en todos los puntos de muestreos y no presentaron valores anormales de acuerdo a los criterios de calidad admisibles para la preservación, conservación de la vida acuática y silvestre en ecosistemas dulces, marinos y estuarios, establecidos en el Acuerdo 097, normativa que se

encuentra vigente y contiene los criterios establecidos para determinar la calidad de las aguas en dichos ecosistemas (18).

El parámetro de oxígeno se mantuvo en condiciones normales en todos los puntos de muestreos, siendo su valor más alto en el punto 2 en el mes enero con 8,6 mg/l; para Guerrero et al ⁽²⁸⁾, y Rivera ⁽²⁹⁾, este parámetro es uno de los más primordiales que facilitan el desarrollo de la vida acuática.

El pH en todos los puntos de muestreo se mantuvo en el rango de 7.2 a 8.39, según Machado y Roldán ⁽²⁶⁾, expone que el pH dentro del rango 6 a 8.5 es precursor de la vida, el cual permite la existencia de comunidades de macroinvertebrados cuando los valores del pH oscilan entre los 7.5.

Sin embargo, el parámetro que presentó valores más elevados fue la conductividad eléctrica, siendo elevados en las dos compañías en P4 con 962 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1674 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y en P5 con 970 $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1620 $\mu\text{S}/\text{cm}$ respectivamente. Cabe indicar que estos puntos están ubicados en la zona media-baja del estero, en P4 se observó el cruce de motos, y ganado, y en P5 está localizado atrás de la construcción de la PUCE y urbanizaciones. A pesar de esto la familia *Thiaridae*, tuvo mayor presencia en el mes de enero en el P4, Nieto et al ⁽²⁵⁾ señala que esta familia se incrementa en sitios donde la conductividad es elevada, ya que favorece la concentración de carbonato de calcio, lo que le permite a estos organismos construir sus conchas. Roldan & Ramirez (27), también señalan que los altos valores de conductividad eléctrica aumentan a medida que desciende el cauce de la cuenca, debido a que se presenta mayores posibilidades de erosión por arrastre de sedimentos y escorrentías.

Por otra parte, las siguientes familias más abundantes como *Leptophlebiidae*, *Leptohyphidae* y *Baetidae*, fueron las principales en aparecer en todos los puntos de muestreos, coincide con el estudio de Rodríguez ⁽⁷⁾, donde menciona que estas especies son capaces de adaptarse a los cambios generados en el hábitat gracias a su característica de colonizadores, además expresa que en épocas secas la presencia y aumento de abundancias de estos organismos es más notoria que en épocas de invierno.

Domínguez et al ⁽³⁰⁾, indica que las concentraciones superiores a 0.01 mg/l de fosfato ocasionan alteraciones dentro de estos ecosistemas, debido a que

aceleran el proceso de eutrofización, lo cual genera variaciones en las comunidades de los macroinvertebrados y pueden provocar la aparición de estos organismos en sitios con mayor concentración de materia orgánica, como es el caso del P4 que a pesar de tener un valor de 1.76 mg/l, pudo mantener las condiciones para albergar ciertas familias sensibles, ya que el fósforo es además uno de los componentes más importantes para los seres vivos y en lo particular para el desarrollo y crecimiento vegetal, que sirve de alimento en la cadena alimenticia de los macroinvertebrados.

Mediante el promedio del índice de calidad BMWP de las dos compañías de muestreo, se mostró que en el presente estudio todos los puntos reflejaban calidades “buenas” a “medias”, indicando intervenciones “leves” e “importantes”. Sin embargo, el P1 presentó un puntaje de 59 indicando calidad “media”. El P2 presentó un puntaje de 65, en este punto se empezó a notar la presencia de casas aledañas al río, actividades ganaderas y el cultivo de plátano; en el P3 ya es evidente la pequeña comunidad “El Tigre” y presencia de plantaciones de Teca, obteniendo un valor de 68, ambos puntajes indicando calidad “buena”, lo cual podría indicar que los macroinvertebrados no están siendo totalmente influenciados por la población aledaña, esto concuerda con el estudio de Guijarro ⁽¹⁸⁾ donde señala que cuando las comunidades son muy pequeñas sus efectos al ecosistema son menores, ya que el río logra mantener la calidad de sus aguas para los seres que habitan en él, siendo esto posible a la gran adaptabilidad de los macroinvertebrados a los cambios en los ecosistema.

El punto 4 y 5 obtuvieron puntajes de 67 y 62.5 respectivamente, indicando calidades “buenas”, estos puntos se diferenciaron de los demás por estar ubicados en la zona más baja y presentaron grandes cantidades de materia orgánica fabricada por el mismo río por los organismos fotosintéticos, como son las algas. Rodríguez ⁽⁷⁾ afirma que a nivel trófico las algas bentónicas son la fuente principal de alimento para los macroinvertebrados, por lo que indicaría la presencia de macroinvertebrados en estos puntos.

Sin embargo, el IMRB, nos muestra de manera más acertada la realidad observada del estero, obteniendo puntajes en un rango de 30.84 a 67.40 indicando calidades buenas, moderadas y malas con intervenciones leves, importantes y graves. El IMRB mostró de manera más precisa la realidad

existente en cuanto a la contaminación de los puntos, demostrando que existe una mala calidad en dos puntos del estero (P2 y P3), a diferencia del BMWP que ningún punto mostró mala calidad. La baja calidad de P2 y P3 se debe a que ambos puntos comparten la presencia de la familia *Psephenidae*; Rodríguez ⁽⁶⁾, asegura que la presencia de esta familia indica mayor tolerancia a las presiones de contaminación, es decir, estos puntos presentan condiciones ambientales similares ya que en la curva del IMRB obtuvieron los puntajes más bajos.

La exactitud del IMRB es ratificado por el estudio de Jiménez et al. ⁽³⁵⁾ el cual comprobó que este índice califica de manera más estricta la salud de los ríos puesto que el IMRB analiza más métricas; tales como muestras de macroinvertebrados, tamaño estándar y peso de peces para obtener un resultado más acertado a la realidad del ecosistema. Para el caso de peces, la manera simple de medir un conjunto de peces es contando el número de taxa que contiene, es decir, su riqueza específica. De hecho, a pesar de sus límites, esta riqueza es, de acuerdo con Aguilar ⁽⁴⁰⁾ un buen indicador para la gestión ambiental y para el estudio de la biodiversidad. En este estudio se logró contabilizar 98 individuos de peces, distribuidas en 9 especies, siendo la especie *Eretmobycon ecuadorensis* la más abundante con un total de 37 individuos.

Es importante aclarar que a pesar de que el P4 ubicado en la parte media-baja, presentó mayor calidad, podría deberse a la presencia de las familias *Gomphidae*, *Leptohypidae*, *Leptophlebiidae*, *Libellulidae*, y *Coenagrionidae*; Machado y Roldán ⁽³⁷⁾, exponen que el pH es precursor de la vida, es decir, que permite la existencia de familias de macroinvertebrados en sitios donde el pH rondan entre los 7.5; Roldán y Ramírez ⁽²⁷⁾ recalcan que estas familias mencionadas anteriormente, son indicadores de buena calidad, y suelen aparecer en lugares con menor perturbación; concordando con los datos obtenidos por los índices en este estudio, dado que en este punto se encontró la presencia de estas familias cuando el pH se encontró más básico con rangos de 8.1 a 8.39. Por otro lado, la presencia de las familias *Leptohypidae* y *Leptophlebiidae* en P4 ratificaría lo dicho por Badillo et al ⁽³³⁾, quienes aseguran que estas familias están presentes incluso en sitios donde existen un nivel moderado de perturbación; según Guijarro ⁽¹⁸⁾ y Molina et al ⁽³⁸⁾, esto se debe a que estas familias no son dependientes de las variables ambientales puesto que

poseen otras características de gran adaptabilidad y se los considera como colonizadores.

Según Silva y Araujo ⁽³⁹⁾, los macroinvertebrados acuáticos habitan en distintos sustratos, y según la naturaleza del sustrato pueden clasificarse en; sustrato inorgánico a aquellos formados por grava, rocas, entre otros; y sustrato orgánico a los conformados por algas, musgos, hojas, entre otros. Los microhábitats poza y roca, contienen mayor abundancia de algas y musgos. Además, señalan que dichos microhábitats retienen el detrito arrastrado por la corriente, por lo que proveen de diferentes recursos para los macroinvertebrados. Esto concuerda con lo observado en los puntos de muestreo de este estudio, puesto que, los puntos de mayor calidad según los índices utilizados tienen mayor diversidad de hábitats, por lo tanto, hay espacios para una el desarrollo de una gran cantidad de macroinvertebrados. A lo largo de estero se observó formaciones de pozas, sustratos rocosos de gran tamaño, y principalmente en P4 se observó la presencia de algas, musgos, y hojarasca, lo cual favoreció la presencia de diversidad macroinvertebrados hasta en sitios más bajos, indicando buena calidad.

El análisis de ordenamiento espacial NMDS, reflejó el comportamiento de las familias encontradas en el estudio, distribuyendo a las familias en los puntos donde permanecieron más estables y abundantes. Tal es el caso de la familia *Thiaridae* que en primer análisis NMDS permaneció presente en el punto 2 durante el primer y segundo muestreo, en el punto 4 sólo durante el segundo muestreo y finalmente en el punto 5 durante el primer muestreo. Es decir, que estos puntos muestran mayor similitud al compartir en mayor abundancia esta familia. Según Roldán & Ramírez ⁽²⁷⁾, esta familia se encuentra en mayor cantidad en sitios donde la conductividad es elevada, aumentando la presencia de calcio en estos sitios, lo cual favorece a estos organismos a construir sus conchas, esto coincide con el presente estudio donde *Thiaridae* permaneció abundante en sitios donde la conductividad permaneció elevada.

Adicionalmente, en el segundo análisis NMDS referente al mes de diciembre donde se realizó el primer muestreo se determinó que los parámetros fisicoquímicos no presentaron cambios o alteración alguna en las comunidades

de macroinvertebrados. Esto coincide con el estudio de Saltos ⁽³¹⁾ donde determina que la distribución de las comunidades no siempre está relacionada a la presencia de alguna variable fisicoquímica, ya que poseen otras características de gran adaptabilidad. Sin embargo, se pudo observar que, los puntos 3 y 4, presentaron similitudes puesto que compartieron las mismas familias, tales como; *Hydrobiidae*, *Elmidae* y *Leptophlebiidae*. Roldán ⁽²⁷⁾, afirma que una comunidad de macroinvertebrados bajo la presión de la contaminación se caracteriza tener una disminución en el número de especies, pero gran número de individuos por especie, lo que indicaría la abundancia de estas familias en el punto 3 y punto 4.

Por último, el tercer análisis NMDS respecto al mes de enero donde se realizó el segundo muestreo, se evidenció que la variable ambiental que presentó cambios significativos a lo largo del caudal hidrológico fue el parámetro de la conductividad eléctrica, esto coincide con el estudio de Guijarro ⁽¹⁸⁾ y Moya et al. ⁽²⁴⁾, donde indican que la conductividad es uno de los factores más importantes en la distribución de los macroinvertebrados, además, mencionan que la conductividad alta se debe probablemente a las concentraciones de vertidos domésticos y actividades agropecuarias que particularmente aparecen en la parte media-baja de los ríos. Al igual que, en el presente estudio la conductividad eléctrica presentó sus valores más elevados en el punto 5, alrededor de este punto la familia más predominante fue *Leptophlebiidae*, según Badillo et al ⁽³³⁾, esta familia puede encontrarse en sitios que presentan un nivel mediadamente moderado de contaminación.

El estado general del estero “El Tigre” según los índices utilizados, tanto el BMWP y el IMRB determinan que el afluente tiene una calidad medianamente buena. Destacando la importancia que tienen estos índices al estimar la calidad y grado de contaminación de los ríos mostrando gran asertividad, siendo el enfoque más reciente para determinar la calidad ambiental de los ríos, ya que la idea es integrar la información de los conjuntos de comunidades biológicas y del medio en múltiples variables o métricas para determinar la salud de un ecosistema.

CAPÍTULO V: CONCLUSIONES

- Se colectó un total de 3440 macroinvertebrados, distribuidos en 9 órdenes y 27 familias, siendo la familia *Thiaridae* del orden Gastrópoda la más abundante, seguidas de las familias, *Leptophlebiidae*, *Leptohypidae* y *Baetidae* del orden Ephemeroptera.
- El valor más alto de calidad se reflejó en el punto 4, que coincidió con la presencia de las familias *Leptophlebiidae*, *Leptohypidae*, *Gomphidae*, *Libellulidae*, y *Coenagrionidae* las cuales son indicadoras de buena calidad.
- El pH se mantuvo en un rango de 7.2 a 8.39 y el oxígeno en 6.8 mg/l a 8.6 mg/l, es decir permanecieron en condiciones normales y aceptables para el desarrollo de macroinvertebrados y demás organismos. Mientras que la conductividad presentó valores elevados en P4 y P5 sin alterar las condiciones de vida de macroinvertebrados en estos puntos, destacando la gran adaptabilidad de los macroinvertebrados a vivir en sitios con mayor presión.
- El análisis NMDS reflejó la distribución de las familias de macroinvertebrados que comparten puntos entre sí, teniendo como conclusión nuevamente la abundancia de la familia *Thiaridae* en todos los puntos de muestreo, pero más abundante en los puntos 2, 3, 4 y 5. Además de reflejar el aumento de la conductividad eléctrica como el único parámetro que tuvo una variación significativa en el punto 5.
- Los puntos de estudio, respecto al índice BMWP, presentaron calidad de agua “Buena” y “Aceptable”. Siendo la mayoría de los puntos de calidad “Buena”. A diferencia del IMRB que demostró que existe una mala calidad en dos puntos (P2 y P3) del estero. Lo cual indica que este índice califica de manera más exacta la salud de los ríos puesto que el ser un índice multimétrico analiza más métricas.

CAPÍTULO VI: RECOMENDACIONES.

- Priorizar y continuar con los estudios de calidad de agua en los demás esteros intermitentes (carecen de flujo) de la provincia de Esmeraldas, de los cuales muchas poblaciones hacen uso y de esta manera determinar zonas donde se requiera una mayor intervención para mitigar los efectos contaminantes y lograr su restauración.
- Priorizar la restauración en la parte baja del estero ya que está siendo altamente poblada de una manera muy rápida por urbanizaciones, y construcciones aledañas, teniendo como consecuencia el aumento de la conductividad en estas zonal, indicando contaminaciones de origen antrópico.
- El estero “El Tigre” al estar situado en una parroquia rural y lejana al centro de la ciudad, donde existe la presencia de centros poblados, no cuenta con un sistema de recolección de aguas residuales, lo que facilita la contaminación de los ríos por efectos de actividades domésticas, ganaderas y de agricultura, por lo que es necesario implementar este servicio para que estos vertidos reciban un tratamiento antes de ser descargados al río y así evitar la alteración a la calidad del mismo. Un tratamiento alternativo y de bajo costo son los humedales artificiales, además de que son los más indicados en poblaciones poco extensas similar a la de este estudio. Este tratamiento consiste en depurar las aguas residuales para reducir principalmente los contaminantes orgánicos.
- Se recomienda implementar un plan de manejo de la cuenca para evitar su pronta degradación y contribuir con su desarrollo y restauración. Además de regular por medio de este las actividades forestales que se realizan en el punto más alto del estero y las actividades agropecuarias en el tramo medio-bajo.

BIBLIOGRAFÍAS

1. Wu BYZ. Calidad físico-química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca de la quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica, año hidrológico 2007-2008. 2007; Disponible en: [https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad físico-química y bateriológica del agua para consumo humano de la microcuenca.pdf](https://www.aya.go.cr/centroDocumetacion/catalogoGeneral/Calidad_fisico-química_y_bateriológica_del_agua_para_consumo_humano_de_la_microcuenca.pdf)
2. Villa M. Evaluación de la calidad del agua en la subcuenca del río Yacuambi. Propuestas de tratamiento y control de la contaminación. 2011;110. Disponible en: <http://repositorio.educacionsuperior.gob.ec/handle/28000/322>
3. Andrade ACW. Plan de manejo para la recuperación ambiental del estero El Macho, cantón Machala. 2018;
4. Nazareno Quiñonez P. Propuesta Para La Conservacion De La Microcuenca Del Estero Malimpia , Canton Quinindé , Provincia De Paul. 2016; Disponible en: [https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/897/1/NAZARENO QUINONEZ PAUL.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/897/1/NAZARENO_QUINONEZ_PAUL.pdf)
5. Gad NDEL, Tachina PRDE, De B. Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial Parroquial Diagnóstico El diagnóstico constituye la primera fase de este instrumento de planificación . propuestas del PDOT de Tachina ; Mostrará la situación real que atraviesa la. 2010;
6. Rodriguez L, Ríos P, Espinosa M, Cedeño P, Jimenez G. Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. Hidrobiologica. 2016;26(3):497-507.
7. RODRÍGUEZ JMM. USO DE MACROINVERTEBRADOS COMO MÉTODO DE EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO SÁLIMA (ATACAMES – ECUADOR). 2018;
8. GÓMEZ JAG, Trabajo. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA

- MEDIANTE VARIABLES FÍSICO QUÍMICAS, Y LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA CUENCA DEL RÍO GARAGOA. 2014;
9. Ibarra AA. Los Peces Como Indicadores de la calidad ecológica del agua. Rev Digit Univ. 2005;6(8):1067-6079.
 10. León Carrasco MG. "DIAGNÓSTICO DE LA CALIDAD DEL AGUA DE LA MICROCUENCA DEL RÍO CONGÜIME Y DISEÑO DE UNA PROPUESTA DE MITIGACIÓN PARA LA ZONA CRÍTICA ESTABLECIDA MEDIANTE EL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA (ICA BROWN) EN LA PROVINCIA DE ZAMORA CHINCHIPE CANTÓN PAQUISHA." 2014;
 11. Peñafiel A. Evaluación de la Calidad del Agua del Río Tomebamba Mediante el Índice ICA del Instituto Mexicano de Tecnología del Agua. Univ Cuenca Fac Ingeniería Esc Ing. 2014;91.
 12. Machado V, Granda R, Endara González A. Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del río Sardinas, Chocó Andino ecuatoriano. Enfoque UTE. 2018;9(4):154-67.
 13. Cabudiva TDMFQLM. EVALUACIÓN DE LOS PARÁMETROS FÍSICOS, QUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL SECTOR PUERTO DE PRODUCTORES RÍO ITAYA, LORETO – PERÚ 2014 -2015. 2016;1-83.
 14. CLEVEL KA. CONTRIBUCIÓN AL CONOCIMIENTO DE LOS MACRO INVERTEBRADOS BENTÓNICOS DE LOS RÍOS DE ESMERALDAS. 2019.
 15. PAZMIÑO J, BURGOS G. ICTIOFAUNA COMO BIOINDICADOR DE CALIDAD DE AGUA EN EL HUMEDAL LA SEGUA – CHONE AUTORES : GÉNESIS DANIELA PAZMIÑO VERDUGA TUTOR : 2017;
 16. CHACÓN KE. "EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO COPUENO, TRAMO PACCHA- JARDIN DEL UPANO, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS". 2017;
 17. Villanueva MC, Esquivel RP. Impactos antropogénicos en la calidad del

- agua del río Cunas Anthropogenic impacts in water quality of Cunas river. 2012;02(02):130-7.
18. GUIJARRO M. "CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO TEAONE UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO BIOINDICADORES". 2015;
 19. Núñez LT. Edición especial. 2015;1-184.
 20. MARIO ZM. ESTUDIO DE LA ICTIOFAUNA ASOCIADA A LA PESCA DE ARRASTRE DE CAMARÓN POMADA EN LAS COSTAS DE CAMARONES Y LIMONES. 2017;
 21. González S, Ramírez Y, Meza A, Dias L. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. 2012; 16 (2):135-148
 22. Motta A, Longo M, Riaño N. Variación temporal de la diversidad taxonómica y rasgos funcionales de los macroinvertebrados acuáticos en ríos temporales en la isla de Providencia, Colombia. Actual Biol Volumen 39;107.2017.
 23. Carvacho C. 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 Limari en Chile. 2012.
 24. Moya N, Gibon F, Oberdorff T, Rosales C, Domínguez E. Comparación de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en ríos intermitentes y permanentes del Altiplano Boliviano: Implicaciones para el futuro Cambio Climático. Ecología Aplicada. 2019;8 (2).
 25. Nieto C, Malizia A, Carrilla J, Izquierdo A, Rodríguez J, Cuello S, Zannier M, et al. Patrones Espaciales en comunidades de macroinvertebrados acuáticos de la Puna Argentina., Instituto de Biodiversidad Neotropical. 2016.
 26. Moraga A, Moya C, Valdovinos C, Romero F, Debels P, Oyanedel, A. Patrones de distribución espacial de ensamblajes de macroinvertebrados

- bentónicos de un sistema fluvial Andino Patagónico., Revista Chilena de Historia Natural.2009; 82: 425-442.
27. Roldán G, & Ramirez J. Fundamentos de limnología neotropical. Medellín., Editorial Universidad de Antioquia. 2008.
 28. Guerrero F, Manjarrés A, Nuñez N. Los macroinvertebrados bentónicos de Pozo Azul Cuenca del río Gaira, Colombia y su relación con la calidad del agua. Acta Biológica Colombiana. 2003; 8 (2): 43-55.
 29. Rivera J. Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque Bogotá Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2011.
 30. Domínguez L, Goethals P, De Pauw N. Aspectos del ambiente fisicoquímico del río Chaguana: un primer paso en el uso de los macroinvertebrados bentónicos en la evaluación de su calidad de agua. Revista Tecnológica ESPOL. 2005; 18: 127-134.
 31. Saltos J. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en cinco ríos del cantón Valencia (Los Ríos – Ecuador) y el uso de índices biológicos para estimar la calidad del agua. Universidad de Guayaquil-Facultad de Ciencias Naturales. 2017
 32. Rodríguez M, Principe R, Márquez J, Raffaini G. Diversidad de macroinvertebrados Fitófilos en arroyo de cabecera en pastizales de altura en Córdoba, Argentina. Revista Mexicana de Biodiversidad. 2017: 853-859.
 33. Badillo R, Guayasamín R, Chico E, Loja C, Ortiz J, Badillo L, et al. Caracterización de la calidad del agua mediante macroinvertebrados bentónicos en el río Puyo, en la Amazonía Ecuatoriana. Water quality characterization of benthonic macroinvertebrates of Puyo river, Ecuadorian Amazonic. 2016
 34. Ríos B, Acosta R, Prat N. The Andean Biotic Index (ABI) revised tolerance to pollution values for macroinvertebrate families and index performance evaluation. Biología Tropical. 2014; 62 (2): 249-273

35. Jiménez-Prado P., J. Molinero, R. López-Flores y E Navarro. (En prep.). Índice Multimétrico de Ríos Bajos en el noroccidente ecuatoriano, un instrumento para evaluar la condición ecológica en ríos costeros. Pontificia Universidad Católica del Ecuador Sede Esmeraldas.
36. González C, y Álvarez D. La conducta de los peces como bioindicadores de la presencia de estresores ambientales. ResearchGate. 2015.
37. Machado T, Roldán G. Estudio de las características fisicoquímicas y biológicas del río Anorí y sus principales afluentes. Actual biológicas. 1981; 10 (35): 3-9.
38. Molina CI, Pinto J. Estructura de macroinvertebrados acuáticos en un río altoandino de la cordillera real de Bolivia: variación anual y longitudinal en relación a factores ambientales. 2008;7.
39. Silva M, Araujo A. Preferencia de microhábitats y gremios tróficos de macroinvertebrados acuáticos en ríos altoandinos, Ayacucho, Perú. Limnetica, 41(1): 000-000 (2022). DOI: 10.23818/limn.41.01
40. Aguilar. Los peces como indicadores de la calidad ecológica del agua. Revista Digital Universitaria. 2005; 6 (8): 1067-6079.

ANEXOS.

Anexo 1: Índice de calidad BMWP, valores asignados a las familias de macroinvertebrados según Jiménez et al. ⁽³⁵⁾

FAMILIAS	TOLERANCIA
Aeshnidae	6
Ampullariidae	9
Ancyliidae	6
Anomalopsychidae	10
Athericidae	10
Atriplectidae	10
Atyidae	7
Baetidae	4
Belostomatidae	4
Blephariceridae	10
Caenidae	7
Calamoceratidae	10
Calopterygidae	8
Ceratopogonidae	4
Chironomidae	2
Chordodidae	5
Chrysomelidae	4
Coenagrionidae	6
Corbiculidae	3
Corixidae	5
Corydalidae	6
Culicidae	2
Curculionidae	4
Cyclobdellidae	3
Dixidae	4
Dolichopodidae	4
Dryopidae	5
Dugesidae	4
Dytiscidae	3
Elmidae	5
Empididae	4
Ephemeridae	9
Ephydriidae	2
Euthyplociidae	9
Gelastocoridae	5
Gerridae	5
Glossiphoniidae	3
Glossosomatidae	7
Gomphidae	8
Gripopterygidae	10
Gyrinidae	3

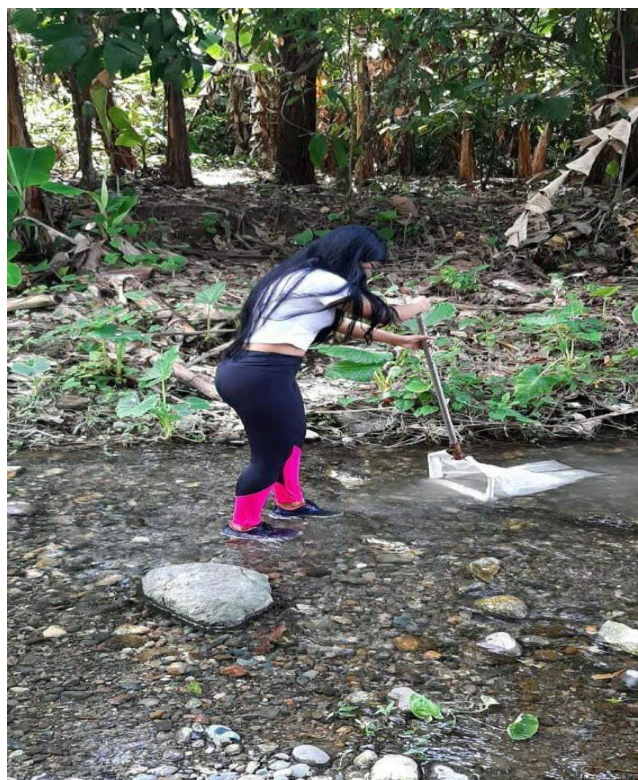
Haliplidae	4
Hebridae	8
Helicopsychidae	10
Hyalellidae	6
Hydraacarina	4
Hydraenidae	5
Hydridae	10
Hydrobiidae	3
Hydrobiosidae	8
Hydrometridae	4
Hydrophilidae,	3
Hydropsychidae	5
Hydroptilidae	6
Lampyridae	5
Leptoceridae	8
Leptohyphidae	7
Leptophlebiidae	10
Lestidae	8
Libellulidae	6
Limnichidae	4
Limnephilidae	7
Limoniidae	4
Lutrochidae	6
Lymnaeidae	3
Megapodagrionidae	6
Mesoveliidae	5
Muscidae	2
Naucoridae	5
Nepidae	5
Noteridae	4
Notonectidae	5
Odontoceridae	10
Oligoneuriidae	10
Ostracoda	3
Palaemonidae	8
Perlidae	10
Philopotamidae	8
Physidae	3
Pilidae	3
Planariidae	5
Platystictidae	9
Planorbidae	3
Pleidae	8
Pleuroceridae	3
Polycentropodidae	8
Polymitarcidae	9
Polythoridae	10

Psepheniidae	5
Pseudothelphusidae	8
Psychodidae	3
Ptilodactylidae	5
Pyralidae (Crambidae)	4
Saldidae	8
Scarabidae	4
Sciomyzidae	2
Scirtidae	5
Sialidae	6
Simuliidae	5
Sphaeridae	3
Staphylinidae	3
Stratiomyidae	4
Syrphidae	1
Tabanidae	4
Thiaridae	3
Tipulidae,	5
Trichodactylidae	8
Tubificidae	1
Veliidae	5
Xiphocentronidae	8

Anexo 2: Punto 1 de muestreo.



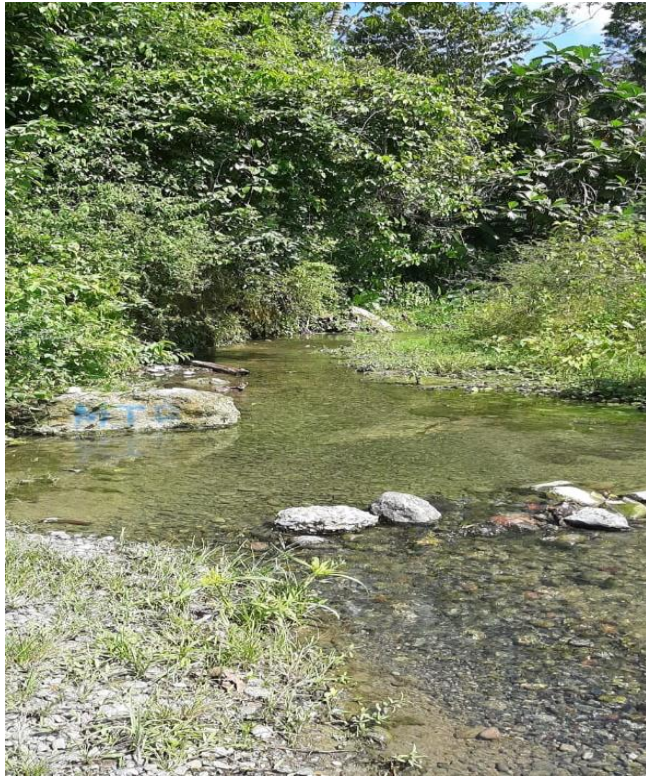
Anexo 3: Punto 2 de muestreo



Anexo 4: Punto 3 de muestreo.



Anexo 5: Punto 4 de muestreo.



Anexo 6: Punto 5 de muestreo.



Anexo 7: Recolección de muestras



Anexo 8: Muestras colectadas, debidamente etiquetadas.





Anexo 9: Pesaje e identificación de muestras de peces.



Anexo 10: Identificación de muestras de macroinvertebrados.



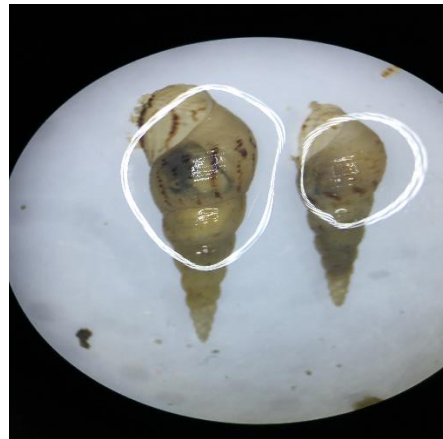
Anexo 11: Familias más representativas de macroinvertebrados.

<i>Baetidae</i>	<i>Leptophlebiidae</i>
	

Leptohyphidae



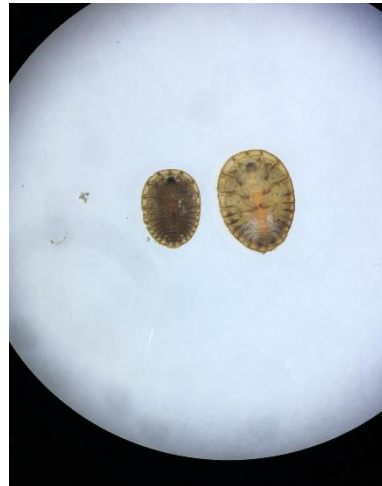
Thiaridae









Naucoridae



Psephenidae



Anexo 12: Familias más representativas de peces.

<p data-bbox="416 253 612 286"><i>Brycon dentex</i></p> 	<p data-bbox="943 253 1222 286"><i>Brycon atracaudatus</i></p> 
<p data-bbox="395 920 633 954"><i>Poecilia reticulata</i></p> 	<p data-bbox="975 920 1190 954"><i>Rhoadsia minor</i></p> 
<p data-bbox="352 1532 676 1565"><i>Agonostomus monticola</i></p> 	<p data-bbox="954 1532 1209 1565"><i>Pseudopoecilia fria</i></p> 

Awoaus trasandeanus



Andinoacara blombergi



Eretmobrycon ecuadorensis

