

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANÁLISIS ECOHIDROLÓGICO EN SEIS MICROCUENCAS TRIBUTARIAS
DEL LAGO DE YOJOA, HONDURAS**

POR

BETSAIDA GABRIELA DEL CID LARA

TESIS



CATACAMAS

OLANCHO

JULIO 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA

**ANÁLISIS ECOHIDROLÓGICO EN SEIS MICROCUENCAS TRIBUTARIAS
DEL LAGO DE YOJOA, HONDURAS**

POR

BETSAIDA GABRIELA DEL CID LARA

M.Sc. JORGE ORBIN CARDONA

Director de Tesis

TESIS

**PRESENTADA A LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE AGRICULTURA COMO
REQUISITO PREVIO A LA OBTENCIÓN DEL TÍTULO DE INGENIERO EN
GESTIÓN INTEGRAL DE LOS RECURSOS NATURALES**

CATACAMAS OLANCHO

JULIO 2024

DEDICATORIA

A **Dios**, por ser la fuente inagotable de fuerza, guía y sabiduría en cada paso de este arduo camino. Gracias por darme la oportunidad y las bendiciones necesarias para alcanzar este importante logro en mi vida.

A mis padres, **Norma Lilian Lara** y **Luis Alonso Del Cid**, quienes no solo me dieron la vida, sino que también fueron el motor que impulsó cada uno de mis esfuerzos. Su amor, sacrificio y fe inquebrantable en mí me han dado el coraje para superar cada obstáculo y la determinación para llegar hasta aquí. Sin su constante apoyo y motivación, este sueño no habría sido posible. Todo lo que soy y lo que he logrado es gracias a ustedes.

A mí misma, por mantener la constancia en la lucha, por no rendirme ante las dificultades, y por confiar en que, con esfuerzo y dedicación, todo se puede alcanzar. Este logro es el fruto de mi perseverancia y determinación para alcanzar mis metas.

AGRADECIEMIENTOS

Primeramente, agradezco a Dios, quien ha sido mi fortaleza y guía en todo momento, brindándome la paciencia y sabiduría necesarias para superar cada desafío en este camino. sin su presencia constante a mi lado, nada de esto habría sido posible.

A mis padres, **Norma Lilian Lara** y **Luis Alonso Del Cid**, por ser mi roca y mi fuente inagotable de inspiración. Su amor incondicional, su apoyo y su confianza en mí me han impulsado a alcanzar esta meta con determinación y perseverancia.

A mi hermano, **Luis David Del Cid Lara**, y a mi hermana menor, **Norma Virginia Del Cid Lara**, por mirarme como un ejemplo a seguir y por motivarme a ser mejor cada día. Su cariño y admiración me han dado fuerzas en los momentos más difíciles.

A mi prima, **Mildren Azeneth Lara**, por su apoyo constante y por estar siempre presente en mi vida y a mi **tía Rosa Yolanda Lara** por siempre motivarme a ser mejor.

Al **M.Sc. Jorge Orbin Cardona**, mi director principal, por su guía, disciplina y apoyo durante todo este proceso. Su dedicación y compromiso han sido fundamentales para el desarrollo de esta tesis.

A mi terna, **M.Sc. Melissa Giselle Ramírez Fiallos** y **M.Sc. Ramón León Canaca**, por su valioso asesoramiento y por acompañarme en este viaje académico con su experiencia y conocimientos.

A la organización **AMUPRULAGO**, por darme la oportunidad de ser parte de su equipo y por el apoyo brindado en la realización de mi tesis. Su colaboración ha sido clave en este logro.

A mis compañeras **Kimberly Mejía**, **Greisy Morazán**, **Carmen Liconá**, **Kenia Mejía**, y **Anabela Maldonado**, por compartir conmigo este camino lleno de retos y aprendizajes, y por estar siempre dispuestas a ofrecer su ayuda y amistad.

A **Yeri Girón**, mi amigo y compañero incondicional, quien me acompañó en cada etapa de esta lucha. Su amistad sincera y su apoyo han sido una parte esencial de este logro.

CONTENIDO

I.	INTRODUCCIÓN	13
II.	OBJETIVOS	15
2.1.	Objetivo general.....	15
2.2.	Objetivos específicos	15
III.	REVISIÓN DE LITERATURA	16
3.1.	Ecología	16
3.2.	Hidrología	16
3.3.	Ciclo Hidrológico	17
3.4.	Ecohidrología.....	17
3.4.1.	Biodiversidad.....	19
3.5.	Lago de Yojoa.....	19
3.6.	Conocer el estado de las Microcuencas	21
3.6.1.	Microcuencas endorreicas	21
3.7.	Calidad de agua.....	22
3.8.	Parámetros físico químicos del agua	22
3.8.1.	Turbidez.....	22
3.8.2.	Temperatura.....	23
3.8.3.	Potencial de iones hidrógenos (pH).....	23
3.8.4.	Oxígeno disuelto.....	23
3.8.5.	Demanda bioquímica de oxígeno	24
3.8.6.	Conductividad eléctrica	25
3.9.	Macroinvertebrados bentónicos	25
3.10.	Clasificación de las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos que son indicadores de calidad de agua	26
3.10.1.	Descripción de Ordenes	26
3.11.	Índices Biológicos	30
3.11.1.	Índice de EPT.....	31
3.11.2.	Índice de Shannon-Weaver	31
3.11.3.	Índice de Simpson.....	33
3.11.4.	Curva de acumulación de especies	34

3.11.5.	Análisis de componentes principales (InfoStat)	35
IV.	MATERIALES Y MÉTODOS	36
4.1.	Área de estudio	36
4.2.	Materiales.....	39
4.3.	Equipo	39
4.4.	Metodología para análisis físico-químico.....	40
4.5.	Macroinvertebrados acuáticos	40
4.6.	Índices biológicos de muestreo de calidad de agua	41
4.6.1.	Índice de EPT	41
4.6.2.	Índice de Shannon-Wiener	42
4.6.3.	Índice de Simpson	43
V.	RESULTADOS Y DISCUSIÓN	45
5.1.	Parámetros físico químicos del agua	45
5.1.1.	Análisis parámetros fisicoquímicos Río Varsovia.....	45
5.1.2.	Análisis parámetros físico químicos Río Cacao	47
5.1.3.	Análisis parámetros fisicoquímicos Río Yure	48
5.1.4.	Análisis parámetros físico químicos río Raíces.....	50
5.1.5.	Análisis parámetro físico químico río Balas.....	51
5.1.6.	Análisis físico químico río Helado	53
5.2.	Datos macroinvertebrados	55
5.2.1.	Comunidad de macroinvertebrados bentónicos.....	55
5.2.2.	EPT Río Varsovia.....	56
5.2.3.	EPT Río Cacao	57
5.2.4.	EPT Río Yure	58
5.2.5.	EPT Río Raíces.....	60
5.2.6.	EPT Río Balas	61
5.2.7.	EPT Río Helado.....	62
5.3.	Estado ecológico de los cuerpos de agua mediante índices biológicos	64
5.3.1.	Resultados de la evaluación de calidad de agua a través de los índices biológicos.	64
5.3.2.	Resultados de la evaluación de calidad de agua a través del análisis estadístico Infostat.	71
V.	REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS	76
VI.	ANEXOS	86

Lista de tablas

Cuadro 1 Características de los órdenes de macroinvertebrados para calcular los índices de EPT.	28
Cuadro 2. Índice de EPT	41
Cuadro 3. Matriz de abundancia	42
Cuadro 4 Escala de interpretación utilizado en el Índice de Shannon-Wiener	42
Cuadro 6 Escala de interpretación de Simpson usando la siguiente escala de 0-1	44

Lista de figuras

Figura 1 Índice de Shannon en función de la riqueza a: r-he, diferencia entre riqueza observada y abundante; b: Hmax-H, diferencia entre diversidad potencial y observada.	33
Figura 2 Mapa de ubicación del lago de Yojoa	38
Figura 3 Mapa de la distribución geográfica de los seis puntos de muestreos para los ríos Varsovia, Cacao, Yuré, Raíces, Balas y helado, que desembocan al Lago de Yojoa.	38
Figura 4 Pasos realizar muestreo análisis físico químicos	40
Figura 5 Pasos para la recolección de muestras de macroinvertebrados.	40
Figura 6 Parámetros fisicoquímicos del agua, valores del Río Varsovia, temperatura(a), Oxígeno Disuelto (b), conductividad eléctrica (c) y pH (d).	47
Figura 7 Valores de los parámetros fisicoquímicos del Río Cacao; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (b).	48
Figura 8 Valores de los parámetros físico-químicos del Río Yure; Temperatura(a), Oxígeno Disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).	50
Figura 9 Parámetros físico químicos del agua, valores del Río Raíces; Temperatura (a),n Oxígeno disuelto (b).Conductividad eléctrica (c) y pH (d).	51
Figura 10 Parámetros físico químicos del agua, valores del Río Balas; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).	53
Figura 11 Parámetros físico químicos del agua, valores del Río Helado; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).	54
Figura 12 Índice de EPT del Río Varsovia.	57
Figura 13 Índice de EPT Río Cacao	58
Figura 14 Índice de ETP Río Yure	59
Figura 15 Índice de EPT Río Raíces	61
Figura 16 Índice de EPT Río Balas	62
Figura 17 Índice de EPT Río Helado	63
Figura 18 Curva de rarefacción de las muestras por cada uno de los órdenes presentes en el Río Varsovia.	65
Figura 19 Curva de rarefacción de especies del Río Cacao	66
Figura 20 Curva de rarefacción de especies del Río Yure	67
Figura 21 Curva de rarefacción del Río Raíces.	69
Figura 22 Curva de rarefacción Río Balas	70
Figura 23 Curva de rarefacción del Río Helado.	71
Figura 24 Biplot obtenido mediante el análisis de componentes principales para el índice de EPT y los parámetros fisicoquímicos.	73
Figura 25 El inciso (1) representa al río Varsovia.	87

Figura 26 Inciso (2) río Cacao, (3) río Yure, (4) río Raíces, (5) río Balas, (6) río Helado.....	88
Figura 27 a) Orden Ephemeroptera (Baetidae), b) orden Ephemeroptera (Leptophlebilidae), c) orden Plecoptera (Perlidae), d) orden Coleoptera (Larva de Psephenidae).....	91
Figura 28 e) orden Odonata (Zygoptera), f) orden Odonata (Libellulidae), g) orden Diptera (Chiromidae).....	91
Figura 29 h) Orden Diptera (Simulidae), i) orden Megaloptera ((Larva de corydalidae) j) orden Trichoptera (Hydropsychidae).	92
Figura 30 k) orden Trichoptera (Hydroptilidae), l) orden Trichoptera (Polycentropodidae), m) orden Trichoptera (Psychomyiidae), n) orden Hemiptera(Naucoridae).	93
Figura 31 ñ) orden Hemiptera, o) orden coleoptera (Lutrochidae), p) orden coleoptera (Elmidae), q) orden Lepidopteraa (Pyrilidae).	94
Figura 32 r) orden Blattodea (Blattellinae), s) orden Mollusca.	95
Figura 33 tabla de índices Río Varsovia.....	96
Figura 34 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Cacao	96
Figura 35 Tabla de índices Shannon y Simpson	97
Figura 36 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Raíces.....	97
Figura 37 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Balas.	97
Figura 38 Tabla de indice de Shannon y Simpson Río Helado.....	97

Lista de anexos

Anexo 1 Toma de datos paramétricos con la ayuda del phmetro y sonda multiparamétrica para cada uno de los ríos.	86
Anexo 2 Registro fotográfico de la localidad y muestreo del rio Varsovia, Cacao, Yure, Raíces, Balas, Helado.	86
Anexo 3 Trampas y equipo para muestreo.	88
Anexo 4 Trampas.	89
Anexo 5 Ordenes de macroinvertebrados bentonicos presentes en los ríos estudiados.	90
Anexo 6 Tabla de Índices de Shannon y Simpson	95
Anexo 7 Cuadro resumen análisis de correlación	98

Resumen

Este estudio explora la relación entre los macro invertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del agua en los ríos Varsovia, Cacao, Yure, Raíces, Balas y Helado durante la época seca (febrero a mayo). Se analizó cómo la calidad del agua afecta la riqueza y abundancia de los macro invertebrados, proporcionando una visión del estado ecológico de estos cuerpos de agua. Los parámetros fisicoquímicos mostraron variaciones notables entre los ríos. Por ejemplo, el río Varsovia presentó temperaturas promedio de 20.69°C y un oxígeno disuelto de 9.87 mg/L, mientras que en el río Cacao la temperatura aumentó de 20.31°C a 24.75°C, con una disminución en la conductividad eléctrica. En el río Yure, se observaron fluctuaciones en la temperatura y la conductividad eléctrica, posiblemente debido a factores antropogénicos. El río Raíces mostró poca variabilidad en la temperatura, pero disminuyó en conductividad eléctrica a lo largo del tiempo. En el río Balas, se observó un aumento en la conductividad eléctrica en abril, y en el río Helado, la temperatura aumentó hasta marzo y luego disminuyó en abril. En cuanto a los macro invertebrados bentónicos, se identificaron 23 tasas, destacando los órdenes Ephemeroptera y Odonata. Los índices EPT mostraron variaciones significativas, reflejando la influencia de factores ambientales y antropogénicos en la calidad del agua. Las actividades humanas, como el uso recreativo y el lavado de ropa, impactaron negativamente en las poblaciones de macro invertebrados, subrayando la necesidad de implementar estrategias de conservación para proteger estos ecosistemas durante la temporada seca. Este análisis proporciona información crucial para entender las dinámicas ecológicas de los ríos estudiados y la interacción entre los macro invertebrados bentónicos y las características fisicoquímicas del agua.

Palabras clave: Macro invertebrados bentónicos, parámetros fisicoquímicos, calidad del agua, estado ecológico, ríos, época seca, Ephemeroptera, Odonata, índice EPT, conservación de ecosistemas.

I. INTRODUCCIÓN

El lago de Yojoa es un cuerpo de agua que se encuentra ubicado en el corazón de Honduras, se considera como el más grande y significativo del país. En este sentido los lagos de agua dulce como el Lago de Yojoa, se ha considerado como un ecosistema crucial que desempeña un papel vital en el suministro de agua, la conservación de la biodiversidad y el sustento a las comunidades locales. Esta región es de suma importancia para el país ya que alberga una rica diversidad de ecosistemas acuáticos encontrándose en él una gran cantidad de peces nativos, hasta aves acuáticas y una variedad de flora y fauna acuática, que sustentan la vida silvestre y son esenciales para la seguridad alimentaria y economía local (Rivas 2018).

Sin embargo, la salud de estos ecosistemas depende en gran medida de la calidad de agua y la integridad de las microcuencas tributarias que lo alimentan. Las cuencas tributarias son sistemas hidrológicos fundamentales que aportan agua, a través de sus corrientes interconectadas, humedales y ecosistemas circundantes y la provisión de hábitats esenciales para la vida silvestre, sin embargo el resultado de las actividades humanas a través de la agricultura intensiva, la deforestación, contaminación por metales pesados entre otros, han hecho que la salud de este ecosistema se vea amenazado, debido a la creciente degradación de las microcuencas tributarias que los abastecen (Ordoñez Galvez, 2011).

En esta investigación, se pretende realizar un análisis ecohidrológico en las microcuencas tributarias del lago de Yojoa. Este análisis tiene como objetivo comprender cómo los procesos hidrológicos mantienen un equilibrio en la biodiversidad y el suministro de agua dulce. Para lograr esto, es necesario comprender los parámetros fisicoquímicos relacionados con el desarrollo de los organismos acuáticos, los cuales son indicadores clave de la calidad y dinámica del agua. Además de conocer los parámetros fisicoquímicos es importante identificar y clasificar las poblaciones de

macroinvertebrados bentónicos que predominan en las microcuencas en estudio. Así mismo se busca comprender los índices biológicos ya que estos asignan una clasificación a las diferentes especies de macroinvertebrados según la sensibilidad a la contaminación (Maribet Gamboa 2008).

II. OBJETIVOS

2.1. Objetivo general

- Analizar desde una perspectiva ecohidrológica y fisicoquímica seis microcuencas afluentes del lago de Yojoa.

2.2. Objetivos específicos

- Determinar los parámetros fisicoquímicos vinculados en el desarrollo de los organismos acuáticos en las microcuencas de agua en estudio.
- Identificar y clasificar las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos predominantes en las microcuencas.
- Establecer el estado ecológico de los cuerpos de agua mediante índices biológicos, aplicando el uso de macroinvertebrados bentónicos

III. REVISIÓN DE LITERATURA

3.1. Ecología

La ecología se define como una ciencia, perteneciente a la biología, que estudia los fenómenos biológicos, el funcionamiento de los ecosistemas, el agua y su ciclo, junto con aspectos del suelo, la vegetación, que se desarrollan en los distintos ámbitos de la organización biológica en un ambiente natural determinado. Estudia las relaciones energéticas y materiales que se establecen entre los componentes vivos y no vivos que juntos conforman un sistema biológico funcional y además las acciones del hombre sobre el medio ambiente y sus efectos. La ecología permite desarrollar estrategias para mitigar e incluso revertir los daños ocasionados a la naturaleza (Quijano *et al.* 2020).

3.2. Hidrología

La hidrología estudia el agua existente en la Tierra, se le conoce también como el proceso del ciclo hidrológico, aborda aspectos como su origen, movimiento y distribución de las propiedades físicas y químicas del agua entre la Biosfera, atmósfera, litosfera e hidrosfera (Ordoñez Galves 2011).

Para Ven Te Chow (1994) citado por (Maria 1959) la hidrología es la ciencia natural que estudia el agua existente en el planeta, su ocurrencia, circulación, distribución en la superficie terrestre y su afluencia sobre el medio ambiente, es así como el agua juega un papel muy importante permitiendo disponibilidad, facilidad, evaluación de los índices de calidad, permite el uso de diferentes disciplinas para poder orientar una buena gestión sostenible y esencial para comprender y abordar los diferentes desafíos relacionados al recurso hídrico, así mismo conocer todos aquellos aspectos que llevan a cabo el ciclo hidrológico.

3.3. Ciclo Hidrológico

El ciclo se inicia con la evaporación del agua de los océanos, lo cual proporciona una fuente de humedad para la atmósfera. Bajo condiciones adecuadas, la humedad atmosférica se condensa y forma nubes, las cuales pueden precipitar, dando origen a las lluvias o a la nieve en las zonas de bajas temperaturas. La lluvia que llega a la superficie de la tierra puede escurrir superficialmente, o bien, infiltrarse en el suelo, pasando a formar parte de la humedad del suelo o del agua subterránea que existe en él. El escurrimiento forma los ríos, esteros y arroyos, iniciando su viaje hacia el mar y cerrando de esta manera el ciclo hidrológico (Tarigan 2013).

3.4. Ecohidrología

Durante la conferencia internacional sobre agua y medio ambiente que tuvo lugar en Dublín en el año 1992, conferencia que fue reconocida mundialmente por los principios que allí se adoptaron para la gestión integrada de los recursos hídricos, surgió la Ecohidrología como una nueva ciencia cuyo nombre surge de la fusión de los términos hidrología, ecología y los complejos procesos en el ciclo del agua o ciclo hidrológico. Estos procesos ocurren generalmente dentro de sistemas acuáticos (ríos, lagos, aguas subterráneas) y también en tierra y en el follaje vegetal (Martínez Valdés y Villalejo García 2020).

Según de Cabo *et al* (2010), la Ecohidrología es la ciencia que estudia las interacciones entre el ciclo hidrológico y los ecosistemas en diferentes escalas espacio-temporales. Las zonas riparias de los ríos son humedales reconocidos como interface entre ecosistemas acuáticos y terrestres. Los humedales tienen un alto potencial para regular los flujos de agua y nutrientes en la cuenca, pero al mismo tiempo son afectados por procesos fluviales tales como inundación y sedimentación, y típicamente soportan una flora distintiva que difiere en la estructura y función de la vegetación terrestre adyacente. El mismo autor sostiene que la conectividad entre el cauce principal del río y los hábitats acuáticos en el valle aluvial constituyen el factor clave para todos los procesos del sistema aluvial.

La comprensión de la dinámica de las fluctuaciones en los elementos de la geoquímica fluvial permite anticipar su distribución frente a cambios en algunas componentes del ciclo hidrológico.

La Ecohidrología es una ciencia integrativa que se enfoca en la interacción entre la hidrología y la biota. El concepto surgió como un enfoque transdisciplinario para encontrar métodos orientados a la solución para reducir el impacto antrópico en los ecosistemas. Con el fin de lograr la sostenibilidad tanto en los ecosistemas como en las poblaciones humanas, así como para mejorar la Gestión Integrada de los Recursos Hídricos, la Ecohidrología es el camino para el logro del Objetivo de Desarrollo Sostenible sobre el Agua (Metas 6.5 y 6.6). A través de la gestión de la regulación dual de la hidrología y la biota.

La Ecohidrología es una ciencia de la hidrología centrada en los aspectos ecológicos del ciclo hidrológico, que propone tres principios de implementación:

- **Principio Hidrológico (marco conceptual):** Cuantificación de los procesos hidrológicos a escala de cuenca y el mapeo de los impactos.
- **Principio Ecológico (objetivo):** Identificación de áreas potenciales para la mejora del potencial de sostenibilidad (capacidad de carga).
- **Principio Ingeniería ecológica (metodología):** Gestión de biota para el control de procesos hidrológicos y viceversa (UNESCO 2018).

Por otra parte, para Gonder de Beauregard *et al*, la Ecohidrología ha dado una dimensión adicional a la gestión del agua. Esta consiste, que como paradigma es un proceso del pensamiento que permite una sinergia con la complementariedad de varios sectores de la investigación. Asimismo, la interacción de distintos especialistas envueltos en el estudio de la Ecohidrología ha establecido objetivos que muestran un marco metodológico a aplicar basados en tres pasos:

- El estudio preliminar de una cuenca comienza con una comprensión ecológica profunda del ambiente (clima, ciencia de suelo, vegetación, ocupación humana).
- La prevención de la contaminación, fundamento de un desarrollo sostenible, representa el segundo paso. Esto implica que para establecer un modelo de la

cuenca se precisa ver y determinar fuentes y flujos de los agentes contaminadores. De este modelo, un programa de gestión sostenible de uso de la tierra debe ser constituido para la cuenca.

- Se deben poner varias tecnologías en ejecución para consolidar los ecosistemas considerando escenarios a largo plazo en la gestión, particularmente a través del modelo establecido previamente (Quintero-Espinosa 2015).

3.4.1. Biodiversidad

El lago de Yojoa debido a su localización geográfica cuenta con un clima característico con abundantes precipitaciones y temperaturas templadas, bosques secos, nublados y latifoliado (comunidad de árboles propio de los climas cálidos, húmedos, templados y fríos), así como con humedales, ríos, y diferentes tipos de suelos que constituyen un ecosistema con las condiciones óptimas para el desarrollo de una gran multitud de especies de fauna y flora (Otero 2011).

3.5. Lago de Yojoa

La cuenca del lago de Yojoa tiene una extensión de 416km², es un área protegida con características particulares en biodiversidad, clima, destinos turísticos, paisajismo, gastronomía, entre otros, ya que su ubicación y ecología lo hacen el único lago natural de agua dulce en el territorio nacional (Ochoa 2003).

Es un ecosistema único que lo convierte en sitio Ramsar declarado como humedal desde el 2005, dándole un contexto internacional permitiendo crear estrategias de adaptación, medidas de acciones necesarias que apoyen a promover la conservación, protección y desarrollo sostenible, generando también oportunidades de investigación científica para la comunidad nacional y extranjeros (Granados *et al.* 2016).

En este sitio se han realizado diferentes investigaciones encaminadas a diferentes propósitos siendo una de estas, la variación estacional de la diversidad y abundancia de fitoplancton con énfasis en cianobacterias tóxicas en el Lago de Yojoa, Honduras.

Esta investigación tuvo su inicio debido a la problemática observada en la superficie del lago, que presentaba una coloración verde azulada y varios peces muertos. Intrigados por este fenómeno, se consultó a los pescadores del área, quienes aseguraron haberlo observado hace tres años durante la misma época. Como respuesta a esto, se procedió a realizar muestras del agua, determinando el estado trófico del cuerpo de agua, determinando el estado trófico del cuerpo de agua en función de la concentración de nutrientes y la medición de actividad primaria. Esta actividad primaria incluyo los valores de clorofila y biomasa, los cuales dependen de los factores ambientales y de las especies de algas presentes.

Los resultados revelaron una gran concentración de micro algas del grupo de cianobacterias (algas verdes-azules). Al identificarlas, se encontró una alta concentración de especies tóxicas, productoras de cianotoxinas con efectos hepatotóxicos, neurotóxicos y dermatotoxicos, afectando tanto a animales de importancia económica como al ser humano. La presencia de cianobacterias suele estar asociada a la eutrofización de un cuerpo de agua, y una vez que aparecen, si no se controlan las fuentes de contaminación, quedan residentes y aumentan dependiendo de las condiciones ambientales. Adicionalmente, se determinó la presencia de metales pesados debido a la actividad minera, lo que provocó la intoxicación y muerte de los peces (Oviedo et al. 2015).

También se realizó la evaluación de Parámetros físico, químicos y biológicos indicadores del estado trófico del lago de Yojoa, Honduras. Su interés se basó en la eutrofización que es el enriquecimiento de nutrientes, fenómeno que acelera los procesos antropogénicos, tiene muchas consecuencias que implican graves problemas en los ecosistemas acuáticos y por ende afecta a los diferentes usos que el agua tiene. Este trabajo se orientó en aplicar metodologías que permitan conocer y determinar el estado trófico por medio de diferentes parámetros como ser la clorofila, las diferentes formas de nitrógeno y fosforo, la transparencia de Secchi y el oxígeno disuelto, estos parámetros se evaluaron con datos y resultados de otros años y meses y así identificar y evaluar el estado trófico y sus tendencias evolutivas (Maja, 2007).

Por otra parte se realizó un estudio basado en, La contaminación ambiental del lago de Yojoa, un estudio bibliográfico respecto a un sistema de indicadores ambientales, basado en la intensificación de los procesos de producción, el aumento de la población y

conflictos por el uso del suelo, todas por origen antropogénico que causan contaminación ambiental y particularmente al recurso hídrico y su modificación natural, que tienen directa e indirectamente un impacto en la calidad de agua del lago, la contaminación va desde metales pesados, contaminación por nutrientes, contaminación fecal, contaminación por plaguicidas y la modificación del régimen hídrico natural (Studer 2007).

En relación a estas investigaciones, se pretende desarrollar un nuevo estudio basado en la relación de los ecosistemas con el recurso hídrico, englobándolo en una nueva disciplina abordada desde la Ecohidrología. Esto permitirá comprender el proceso natural de los organismos acuáticos y su entorno hidrológico. Se aplicarán metodologías para poder conocer, abordar, analizar e identificar la interacción de los organismos acuáticos en el ecosistema natural. Asimismo, se obtendrá información sobre el cambio en su estructura natural que ha sufrido el cuerpo de agua a través de actividades antropogénicas, estudiando las microcuencas afluentes al lago de Yojoa

3.6. Conocer el estado de las Microcuencas

La cuenca hidrográfica es el área de aguas superficiales o subterráneas, que vierten a una red natural con uno o varios cauces naturales, de caudal continuo o intermitente, que confluyen en un curso mayor que, a su vez, puede desembocar en un río principal. La cuenca hidrográfica es el territorio cuyas aguas vierten a un río principal y a sus afluentes. Las cuencas se hallan separadas entre sí por divisorias de aguas que coinciden con las zonas de cambio de pendiente del terreno. Dentro de cada cuenca, los ríos circulan por un cauce o lecho y forman una red que se organiza jerárquicamente desde los subafluentes y afluentes hasta llegar al río principal (Jiménez et al. s. f.).

3.6.1. Microcuencas endorreicas

Las microcuencas endorreicas son áreas de drenaje en las que el agua fluye hacia una depreción central o una cuenca sin salida directa, desembocando en lagos, lagunas o

humedales. Estas cuencas son endorreicas por que el agua fluye dentro de ellas ya que no tienen una salida natural hacia el oceano. (Vasconez *et al.* 2019).

3.7. Calidad de agua

La calidad del agua se refiere a las características y propiedades del agua que determinan su idoneidad para diversos usos y su seguridad para la salud humana y el medio ambiente. La calidad del agua se evalúa mediante la medición de una serie de parámetros físicos, químicos y biológicos que pueden variar según el uso previsto del agua (Bosch 1999).

3.8. Parámetros físico químicos del agua

Según Orozco *et al* (2005) La calidad de diferentes tipos de agua se ha valorado a partir de variables físicas, químicas y biológicas, evaluadas individualmente o en forma grupal. Los parámetros físico-químicos dan una información extensa de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática; los métodos biológicos aportan esta información, pero no señalan nada acerca del contaminante o los contaminantes responsables (Samboni Ruiz *et al.* 2007).

3.8.1. Turbidez

La turbidez es una medida de la cantidad de partículas en suspensión en el agua. Las algas, los sedimentos en suspensión, la materia orgánica y los contaminantes pueden enturbiar el agua. Las partículas en suspensión difunden la luz solar y absorben calor lo cual puede causar un aumento en la temperatura y una reducción de la luz para la fotosíntesis de las algas. La turbidez debida a sedimentos en suspensión puede indicar una erosión natural o artificial. Los sedimentos en suspensión pueden obstruir las branquias de los peces. Cuando el sedimento precipita, puede dañar los lechos de grava y enterrar los huevos de los peces e insectos béticos. El sedimento puede transportar contaminantes, patógenos y nutrientes (Secchi *et al.* s. f.).

3.8.2. Temperatura

La temperatura es uno de los parámetros físico-químicos del agua que se utilizan para evaluar su calidad y comprender sus propiedades. En el contexto de los parámetros físico-químicos del agua se refiere a la medición de cuán caliente o fría está el agua en un punto específico. Es uno de los parámetros más importantes de la calidad de agua, esta puede afectar la química del agua y las funciones de los organismos acuáticos. La temperatura influye en:

- La cantidad de oxígeno que se puede disolver en el agua
- La velocidad de fotosíntesis de las algas y otras plantas acuáticas
- La velocidad metabólica de los organismos
- La sensibilidad de organismos a desechos tóxicos, parásitos y enfermedades
- Épocas de reproducción, migración y estivación de organismos acuáticos (Water Boards 2011).

3.8.3. Potencial de iones hidrógenos (pH)

El potencial de iones hidrógenos, comúnmente abreviado como pH, es una medida que se utiliza para describir la acidez o alcalinidad de una sustancia, generalmente de una solución líquida como el agua. El pH se expresa en una escala numérica que va desde 0 hasta 14, donde:

- Un pH de 7 se considera neutro, lo que significa que la sustancia no es ni ácida ni alcalina
- Un pH menor que 7 indica que la sustancia es ácida. Cuanto más bajo sea el número, mayor será la acidez.
- Un pH mayor que 7 indica que la sustancia es alcalina (Iglesias 2014)

3.8.4. Oxígeno disuelto

El oxígeno disuelto (OD) es la cantidad de oxígeno gaseoso que esta disuelto en el agua. El oxígeno libre es fundamental para la vida de los peces, plantas, algas, y otros organismos; por eso, desde siempre, se ha considerado como un indicador de la capacidad de un río para mantener la vida acuática. La concentración de este elemento es resultado del oxígeno que entra en el sistema y el que se consume por los organismos vivos. La entrada de oxígeno puede estar provocada por muchas fuentes, pero la principal es el oxígeno absorbido de la atmósfera.

Este oxígeno se disuelve con facilidad hasta que el agua se satura. Una vez disuelto, se difunde lentamente y su distribución depende del movimiento del agua. Este proceso es natural y continuo, de modo que continuamente existe intercambio de oxígeno entre el agua y el aire. La dirección y velocidad depende del contacto entre ambos. Un agua turbulenta, un torrente de montaña o un lago con oleaje tendrá mayor absorción ya que la superficie del agua está expuesta al aire. Las aguas estancadas retienen y absorben menos (DANE 2011)

3.8.5. Demanda bioquímica de oxígeno

La demanda bioquímica de oxígeno conocido como DBO, es una medida que se utiliza para conocer la fuerza contaminante de las aguas, se utiliza para cuantificar la cantidad de oxígeno requería por microorganismo en un sistema acuático como como un río, lago o aguas residuales para descomponer la materia orgánica presente en el agua.

La DBO se define como la cantidad de oxígeno que requieren las bacterias para estabilizar la materia orgánica biodegradable contenida en las aguas de desecho bajo condiciones aerobias y se expresa en mg/l de oxígeno. La demanda bioquímica de oxígeno es importante porque, si hay una alta concentración de materia orgánica en el agua, los microorganismos consumirán más oxígeno durante el proceso de descomposición, lo que puede llevar a la reducción de los niveles de oxígeno disuelto en el agua. La disminución de los niveles de oxígeno disuelto puede ser perjudicial para los organismos acuáticos y la salud del ecosistema (Norouzian 1984).

3.8.6. Conductividad eléctrica

La conductividad eléctrica es una medida que indica la capacidad del agua para conducir o transmitir corriente eléctrica, esta propiedad esta relacionada con la presencia y movilidad de iones disueltos en el agua que proviene principalmente de la presencia de sales, minerales y otros electrolitos disueltos. La conductividad del agua tiende a aumentar con la temperatura, a temperaturas más altas las moléculas de agua se mueven más rápido, facilitando la disociación de los iones y, por lo tanto, aumentando la conductivida (García de la Fuente 2013).

3.9. Macroinvertebrados bentónicos

El término macroinvertebrado acuático responde a un concepto taxonómico. Es una delimitación artificial de grupos de animales invertebrados. En los cursos de agua, se considera como macroinvertebrados a aquellos organismos que son lo suficientemente grandes como para ser retenidos por redes de luz de malla de 250µm. La gran mayoría (alrededor del 80%) corresponden a grupos de artrópodos, y dentro de estos los insectos, y en especial sus formas larvarias, son las más abundantes. Los macroinvertebrados acuáticos son organismos habitantes (al menos durante parte de su ciclo vital) de los substratos del fondo de los sistemas acuáticos (sedimentos, rocas, troncos, hojarasca, macrófitos, etc.) (Reyes y Peralbo 2001).

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos acuáticos que viven en o cerca del fondo de cuerpos de agua como ríos, arroyos, lagos y estanques. El término "macroinvertebrados" se refiere a organismos que son lo suficientemente grandes para ser visibles a simple vista sin necesidad de un microscopio. "Bentónicos" hace referencia a su hábitat en el fondo del agua. Los macroinvertebrados bentónicos son importantes indicadores de la calidad del agua y el estado ecológico de los ecosistemas acuáticos. Su presencia, abundancia y diversidad se utilizan en estudios de monitoreo ambiental para evaluar la salud de los cuerpos de agua. Algunas especies de macroinvertebrados son más sensibles a la contaminación y cambios en el entorno que otras, lo que permite a los

científicos y gestores ambientales evaluar la calidad del agua y detectar posibles problemas ambientales (Roldan Perez 1999).

3.10. Clasificación de las poblaciones de macroinvertebrados bentónicos que son indicadores de calidad de agua

De acuerdo con (González G. *et al.* (2012) los macroinvertebrados acuáticos cumplen la función como indicadores a varias razones; i) su elevada diversidad ii) son relativamente fáciles de muestrear iii) los diferentes taxones presentan requerimientos ecológicos diferentes iv) los protocolos de muestreo y elaboración de índices están bien estandarizados v) poseen un tiempo de vida relativamente largo, que permite integrar los efectos de la contaminación en el tiempo.

3.10.1. Descripción de Ordenes

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos dependen de las propiedades hidráulicas y morfológicas que tiene el cauce dando soporte a los microambientes donde se encuentran estas comunidades de fauna acuática. Estos organismos incluyen una amplia variedad de invertebrados, es decir, animales que carecen de columna vertebral. Entre los insectos con alguna fase de su vida acuática destacan, por su abundancia y distribución, los siguientes órdenes: efemerópteros, plecópteros, odonatos, hemípteros, coleópteros, tricópteros y dípteros (Paul Hanson¹, Monika Springer¹ 2008).

Orden Ephemeroptera; las larvas de este género son exclusivamente acuáticas y pueden vivir hasta dos años, aunque la vida del adulto es muy efímera, llegando a vivir pocas horas o incluso minutos, su respiración se realiza por branquias abdominales relativamente bien desarrolladas y en su mayor parte son detritívoros (se alimentan de materia orgánica muerta) y herbívoros, se encuentran en casi todos los ambientes de agua dulce, pero son más abundantes y diversos en los fondos rocosos de los ríos. Muchas especies son recolectoras y se alimentan de una variedad de algas unicelulares y detritus; algunas especies son excavadoras en el fondo (Alba-Tercedor 2015).

Orden plec6ptera: Constituyen un orden con larvas exclusivamente acuáticas, el adulto presenta un vuelo torpe y suele pasar gran parte del tiempo entre las rocas, por lo que a los adultos de este grupo se les conoce con el nombre de “moscas de las piedras”. Se trata de especies que viven en el fondo de cauces de aguas frías, bien oxigenadas y libres de contaminación, por lo que son ampliamente utilizados como bioindicadores de la calidad del ecosistema acuático. Esta sensibilidad a las bajas concentraciones de oxígeno parece derivarse de la ausencia de grandes branquias, de manera que éstas pueden estar constituidas por finos filamentos en la base de las patas o incluso en el cuello. De acuerdo a su régimen alimenticio pueden ser fragmentadores de materia orgánica gruesa o depredadores (Figuer6a y Sánchez-Ortega 1996).

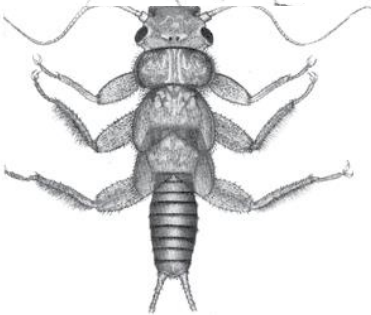
Orden Odonata: Los odonatos engloban a los conocidos como libélulas y caballitos del diablo. Los adultos no se ven obligados a vivir en las inmediaciones del agua, pero las larvas son acuáticas sin excepción. Las larvas de todas las especies de odonatos son zoófagas, atacan a diferentes animales con los que comparten territorio, como oligoquetos, efemerópteros o dípteros e incluso pueden llegar a atacar a renacuajos y alevines de peces, con este fin depredador, el labro está transformado en un órgano prensil o máscara dentada que es desplegado bruscamente y lanzado hacia adelante para capturar las presas, que quedan atrapadas en los ganchos móviles de las piezas bucales. Pueden vivir en una amplia variedad de hábitats, pero son más frecuentes en las zonas con poca velocidad de corriente de los cursos fluviales, como remansos o en pequeñas lagunas (Torralba-Burrial 2015).

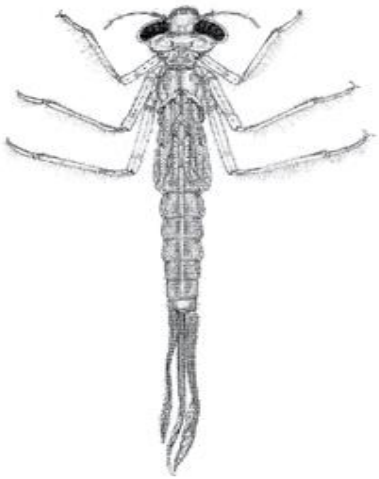
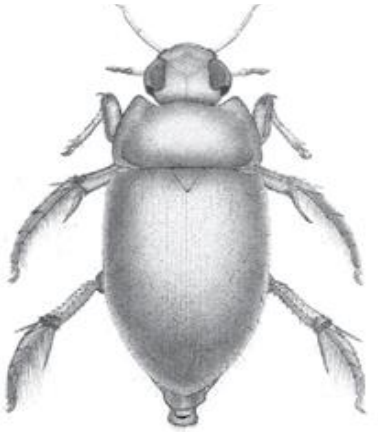
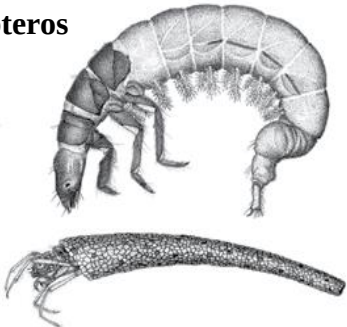
Órdenes coleópteros: Constituyen el mayor grupo de insectos y, quizá, el más evolucionado. Únicamente el 15% de las especies aproximadamente son acuáticas. Esta adaptación al medio acuático puede tener lugar en diferentes etapas del ciclo vital, de manera que en algunos grupos las larvas y adultos son acuáticos, mientras que en otros sólo una de las dos fases. Presentan un régimen alimenticio muy variado y la calidad de las aguas no suele ser un factor determinante en la distribución de muchas familias de este grupo (Alonso-Zarazaga 2015).

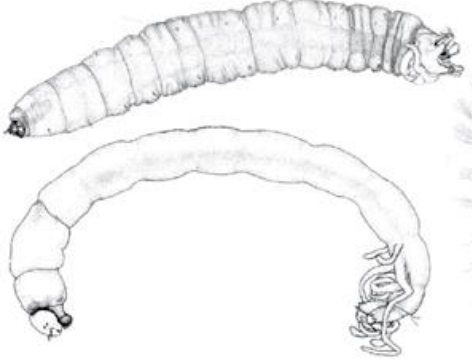
Orden Trichoptera: Constituyen uno de los grupos de insectos más importantes de los ecosistemas acuáticos, con larvas exclusivamente acuáticas. Algunas especies fabrican estuches con materiales tan diversos como arena, grava o restos vegetales y en el interior del mismo desarrollan su ciclo larvario. Su modo de alimentación es muy variado, con especies herbívoras, detritívoras y depredadoras, y presentan en general cierta exigencia en cuanto a la calidad del agua (Springer, 2010).

Órdenes dípteros: Este orden, también conocido como moscas verdaderas, es uno de los más ampliamente distribuidos y con mayor diversidad, en el que muchas especies presentan larvas acuáticas como los mosquitos y tábanos, entre otros. Algunas especies están adaptadas a vivir en zonas con elevadas corrientes y concentraciones de oxígeno, mientras que otras son especies oportunistas, adaptadas a vivir en ecosistemas con ciertas perturbaciones e incluso en condiciones extremas, por lo que hay especies con requerimientos muy diferentes en cuanto a la calidad del agua, lo cual es usado frecuentemente como indicador de la misma (González G. *et al.* 2012).

Cuadro 1 Características de los órdenes de macroinvertebrados para calcular los índices de EPT.

Orden	Carracteristicas
Ephemeroptera  Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Nombre comun efimeras • Ciclo de vida: ninfas acuaticos y adultos voladores • Fase indicadora: ninfas • Alimentacion: ninfas herviboras • Habitat: rios y lagunas
Plecóptera 	• Ciclo de vida hemimetabolos, ninfas acuaticos y adultos voladores. • Fase indicadora: ninfas muy sensibles a la contaminacion • Alimentacion: ninfas carnivoros

Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Habitat: ríos de aguas turbulentas, lechos de grava.
Odonato  Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Nombre común: Libélulas. Caballitos del diablo • Familias más comunes: Libellulidae, coenagrionidae • Ciclo de vida: hemimetábolos, larvas acuáticas y adultos voladores • Fase indicadora: larvas • Alimentación: ninfas depredadoras • Habitat: ríos de aguas quietas
Coleópteros  Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Nombre común: Escarabajos • Familias comunes: Elmidae, Psephenidae, Psephenidae, Dytiscidae, Hydrophilidae • Ciclo de vida: Holometábolos, larvas, pupas y adultos • Fase Indicadora: larvas • Alimentación: ninfas herbívoras y depredadoras • Hábitat: amplio rango indicativo, salinidad y zonas lacustres
Tricópteros 	• Nombre común: Frigáneas • Familias más comunes: Hydropsychidae, Hydroptilidae, Leptoceridae • Ciclo de vida: hemimetábolos ninfas y pupas acuáticas y adultos voladores

Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Fase indicadora: Ninfas • Alimentación: ninfas depredadoras o herbívoras • Habitat: ríos, aguas quietas y rápidas.
Dípteros  Por: (Hanson <i>et al.</i> 2008).	• Familia: Chironomidae • Habitat: Se encuentran en cuerpos de agua naturales como artificiales, en aguas someras o profundas corrientes o estancadas sobre amplias superficies o en pequeños reservorios. También se les encuentra en fango, arena y con abundante materia orgánica.

3.11. Índices Biológicos

Según Vasques *et al* (2006) un indicador biológico aplicado a la evaluación de la calidad del agua es definido como especie que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular. El uso de bioindicadores como herramienta para conocer la calidad del agua simplifica en gran medida las actividades de campo y laboratorio, su aplicación solo requiere de la identificación y cuantificación de los organismos basándose en índices de diversidad ajustados a intervalos que califican la calidad del agua (Jacobo *et al.* 2020).

Los análisis estadísticos a utilizar son el análisis de conglomerado que consiste en agrupar elementos o variables tratando de lograr la máxima homogeneidad en cada grupo y la mayor diferencia entre los grupos, no tiene bases estadísticas para deducir inferencias estadísticas para una población a partir de una muestra, es un método basado en criterios

y se utilizará como un método exploratorio descriptiva pero no explicativa (Riaño-Pachón, 2001). También se utilizará el análisis de componentes principales que consiste en reducir la dimensionalidad de una serie de datos o de muchas variables con el fin de reducirlas a un número menor perdiendo la menor cantidad de información posible (Ávila Perez *et al.* 2015), todo esto para establecer una correlación entre las variables físico químicas y los macroinvertebrados encontrados.

3.11.1. Índice de EPT

Según Gray y Delaney (2007), se basa en los órdenes de insectos Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera, uno de los más sensibles a los cambios ambientales, donde EPT es el número de individuos en la muestra y el número total de individuos es el número de individuos de todas las taxas presentes en la muestra (Asueta *et al.* 2019).

3.11.2. Índice de Shannon-Weaver

Fue introducido por Claude Elwood Shannon, este investigador era matemático e ingeniero eléctrico, oriundo de los Estados Unidos. Inició con el objetivo de encontrar una medida que pudiese cuantificar la entropía en la teoría de la información de Wiener, aplicado a la abundancia de especies. Es uno de los índices más conocidos y se le conoce como el índice de Shannon-Weaver (Lifeder, 2022).

Se usa para medir la biodiversidad específica, es decir, la cantidad de diferentes microorganismos y organismos que hay en un ecosistema. El índice refleja la heterogeneidad de una comunidad sobre la base de dos factores: el número de especies presentes y su abundancia relativa (Somarriba, 1999).

El Índice de Shannon-Weaver, también conocido como el Índice de Diversidad de Shannon o simplemente el Índice de Shannon, es una medida utilizada en ecología para cuantificar la diversidad biológica en un determinado ecosistema el índice resultante es una medida de la incertidumbre o desorden en la distribución de especies en el área estudiada. Valores más altos de este índice indican una mayor diversidad en términos de

número de especies y equitatividad en la distribución de individuos entre esas especies. Un índice de Shannon-Weaver cercano a cero indica baja diversidad y uniformidad en la comunidad (pocas especies dominantes). Un índice más alto señala una mayor diversidad y distribución más equitativa de las especies (Helwig et al. s. f.).

El índice de Shannon integra dos componentes:

- Riqueza de especies
- Equitatividad/representatividad (dentro del muestreo)

La ecuación para su cálculo es

$$H = \sum_{i=1}^s (P_i)(\log n P_i)$$

Donde:

H = Índice de la diversidad de la especie

S = Número de especie

P_i = Proporción de la muestra que corresponde a la especie i

Ln = Logaritmo natural.

El índice de Shannon-weaver se define como la diversidad máxima ($H_{max} = \ln S$) la cual se alcanza cuando todas las especies están igualmente presentes.

- Un índice de homogeneidad asociado a esta medida de diversidad y puede calcularse como el cociente $H/H_{max} = H/\ln S$, que será uno si todas las especies que componen la comunidad tienen igual probabilidad ($p_i = 1/S$).
- El antilogaritmo de H (eH) cuantifica el número de especies, igualmente abundantes, suficiente para producir el mismo grado de incertidumbre, o sea el mismo valor de H. Cuanto mayor sea la diferencia entre eH y S, el total de especies, menos diversa será la comunidad.
- Esta cuantificación puede ser útil al comparar gráficos de dispersión del índice de Shannon en función de la riqueza en varias comunidades. Con datos muestrales, $H_{max} = \ln(r)$ indica qué índice de diversidad de Shannon podría haberse alcanzado con las especies presentes, mientras

- $SH=eH$ indica cuántas especies equiabundantes serían necesarias para obtener ese índice observado. Diferencias promedio entre estos valores potenciales y los observados pueden contribuir a la comparación entre comunidades (Pla, 2006).

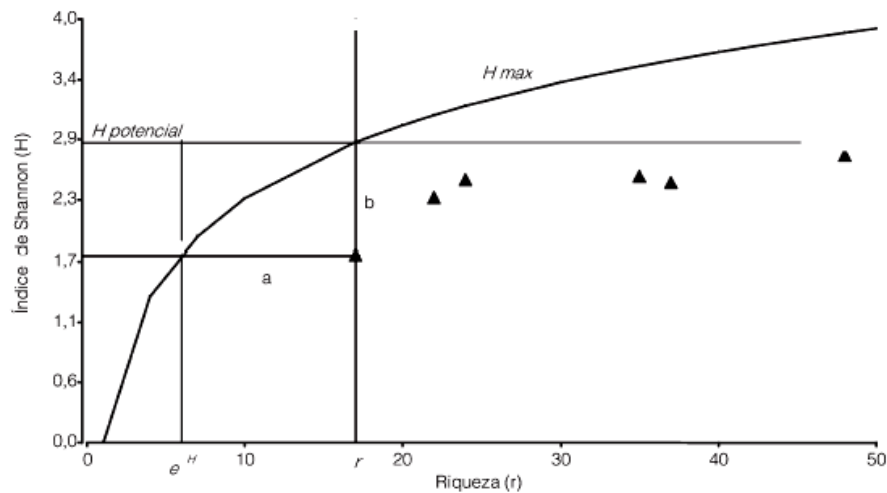


Figura 1 Índice de Shannon en función de la riqueza a: $r - e^H$, diferencia entre riqueza observada y abundante; b: $H_{max} - H$, diferencia entre diversidad potencial y observada.

3.11.3. Índice de Simpson

El índice de Simpson fue propuesto por Edward Hugh Simpson un ecólogo británico, en su artículo titulado "Measurement of Diversity", publicado en la revista "Nature" en 1949. En este trabajo, Simpson introdujo el índice como una medida para cuantificar la diversidad biológicas en comunidades (Guíasu Cornel y Guíasu 2014)

Para Feinsinger (2004) citado por (López *et al.* 2017) es un índice de dominancia mas para diversidad y representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie, se considera como un buen indicador de diversidad, muchos estudios relacionan la riqueza y diversidad de especies con los niveles de perturbacion en los ecosistemas.

El índice de Simpson, también conocido como el índice de la diversidad de las especies o índice de dominancia, es uno de los parámetros utilizados para medir la riqueza de organismos en un hábitat. Es decir, proporciona una medida de la homogeneidad o diversidad de la comunidad biológica presente en el entorno estudiado, su aplicación implica recopilar datos precisos sobre la presencia y la abundancia de especies, cuanto mayor sea el índice de Simpson, menor será la diversidad, ya que refleja una mayor probabilidad de seleccionar individuos de la misma especie al azar, un valor más bajo indica una mayor diversidad.

Formula: $S = 1 - \sum (p_i)^2$

Donde:

S= Índice de diversidad de Simpson

$P_i = \frac{n_i}{\sum n_i}$ (Abundancia relativa)

N_i = Numero de individuos

$D = \sum p_i^2$ (dominancia)

Entonces el índice de diversidad de Simpson es:

$$\lambda = 1 - \delta$$

Donde:

λ = Índice de diversidad de Simpson

δ = Índice de dominancia

3.11.4. Curva de acumulación de especies

Para (Samaniego *et al.* 2015) el uso principal de la curva de acumulación de especies es la comparación de la riqueza de especies entre muestras que difieren el número total de individuos, esta curva muestra como el número acumulado de especies en una muestra crece conforme se añaden mas individuos o muestras al análisis. Asi mismo muestran el número de especies acumuladas conforme aumenta el esfuerzo de recolecta en un sitio de tal manera que la riqueza aumentara hasta que llegue un momento que por mas que se

recolecte el número de especies alcanzara un máximo y se estabilizara en una asintota (López-Mejía *et al.* 2017).

3.11.5. Análisis de componentes principales (InfoStat)

Es un método estadístico multivariado de simplificación o reducción de la dimensión de una tabla de casos o variables con datos cuantitativos, para obtener una tabla de menos número de variables se hace una combinación lineal de las iniciales que se denominan componentes (CPs). La PCA reduce el número de variables en un conjunto de datos, conteniendo toda la información original, agrupando aquellas que contienen informaciones semejantes y que están altamente correlacionadas. Los componentes principales son combinaciones lineales de las medidas originales y para visualizar la naturaleza de los datos multivariantes en un espacio pequeño, a menudo en dos plano tridimensional. Estos son diseñados de tal modo que se vea como información estadística mucho más, es decir, el primer factor (CP1) tiene una variación máxima de los datos en una dirección. Es decir esta es la dirección que describe la mayor difusión de las muestras. El segundo factor (CP2) se describe la varianza máxima restante (Grisa **et al.** 2010).

IV. MATERIALES Y MÉTODOS

4.1. Área de estudio

El estudio se llevará a cabo en la cuenca del Lago de Yojoa Honduras, ubicado entre los departamentos de Comayagua, Santa Bárbara y Cortés. Aproximadamente a 126km al noreste de la capital Tegucigalpa y 75 al sur de San Pedro Sula, rodeada por montañas algunas caracterizadas como parques nacionales, siendo el Parque Nacional Cerro Azul Meámbar en la costa sur del lago y el Parque Nacional Montaña de Santa Bárbara al norte, siendo así un sitio que tiene una gran importancia internacional, cuenta con alrededor de 43,640 a 44,253.94 hectáreas distribuidas entre el lago y su área circundante, de las cuales 8,348 ha pertenecen al espejo de agua (Otero, 2011).

Esta zona enmarca dos tipos de bosques; el bosque muy húmedo tropical y el bosque muy húmedo montano bajo subtropical, presentándose en altitudes desde los 2,744 msnm en su punto más alto en la montaña de Santa Bárbara, hasta los 644 msnm en el espejo de agua. Asimismo, Holdridge (1978) menciona que la zona de vida en la que se encuentra el Lago de Yojoa, es el Bosque muy húmedo subtropical propia de los lagos polimíticos, es decir, lagos que llevan varios voltamientos o ciclos de oxigenación anual (Romero y Pineda 2007).

Para Zúniga (1990), citado por (House, 2002) establece que para poder conocer la temperatura y precipitación que predomina en el lago de Yojoa, existen estaciones meteorológicas, ubicadas en elevaciones relativamente bajas alrededor del lago, una de las estaciones se encuentra ubicada al norte del lago de Yojoa que va de Peña Blanca en

el oeste hasta la Montaña Azul Meámbar en el este que recibe más de 3,000 mm de lluvia anual. La estación meteorológica el Jaral ubicada en el norte de Lago de Yojoa tiene el dato de precipitación promedio anual más alto para Honduras, este es de 3,235 mm de precipitación, convirtiéndola en una de las zonas más húmedas del país. Las temperaturas promedias del lago de Yojoa tienen datos según la estación meteorológica el Jaral de 23.7 °C, haciéndolo un clima tropical a transición Subtropical. La estación de Santa Elena por el este del Lago tiene un promedio de 21.7 °C mostrando más un clima subtropical, así mismo el clima del Lago de Yojoa tiene dos modalidades principales, en el norte, muy Lluviosa de barlovento, muy lluviosa de transición y en el sur un clima lluvioso de altura.

Los suelos en la cuenca tributaria del lago de Yojoa varían según las formaciones geológicas. En las regiones planas cerca del lago, el material madre contiene sedimentos aluviales o continentales. Hacia el oeste, predominan las rocas calcáreas, mientras que en el sector suroeste encontramos lutitas y arenitos rojos. En el noreste, los suelos se desarrollan sobre cenizas volcánicas y lava. En general, los suelos son profundos, con textura franco limosa y moderado drenaje, siendo arcillosos en áreas de mayor desarrollo (House 2002).

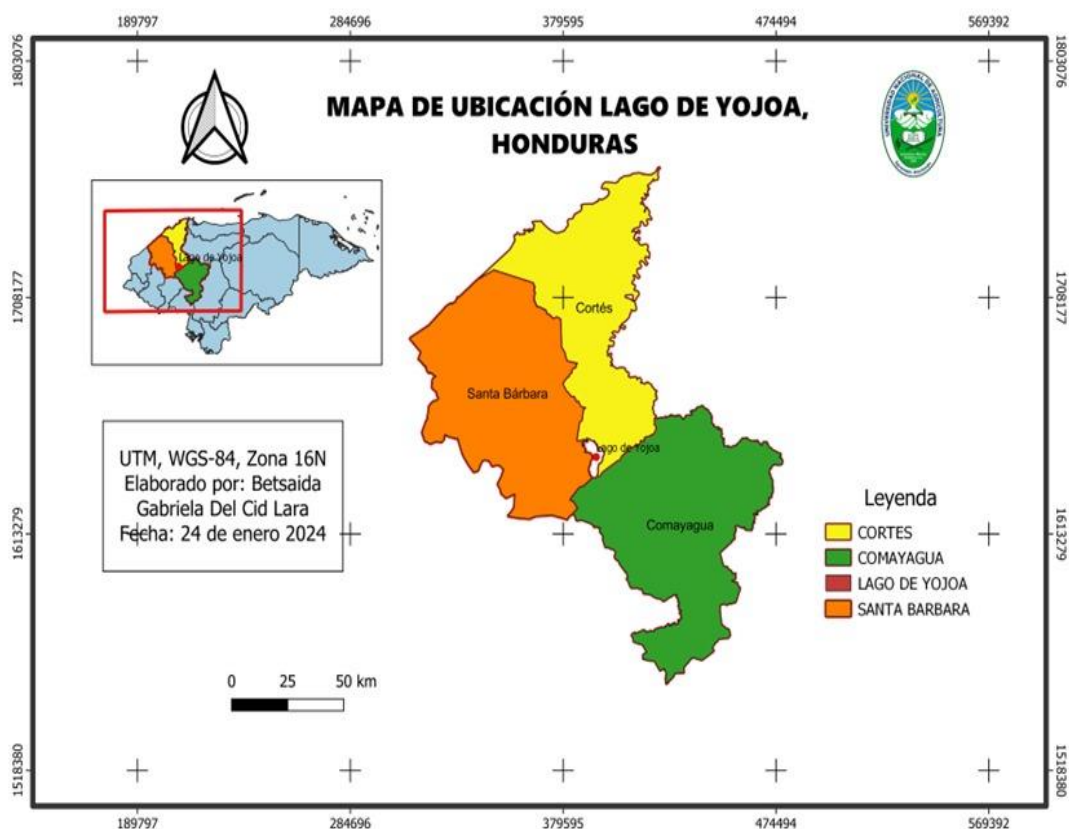


Figura 2 Mapa de ubicación del lago de Yojoa

4.1.1. Distribución geográfica de puntos de muestreos.

En la figura 3 Se representan los puntos de muestreo distribuidos en las seis microcuencas; Microcuenca Varsovia (río Varsovia), Microcuenca Monteverde (río Cacao), microcuenca Yure (río Yure), microcuenca Raíces (río Raíces), microcuenca Balas (río Balas), microcuenca Quebradona (río Helado), cada punto indica donde se recolectaron las muestras para macro invertebrados bentónicos como para los parámetros fisicoquímicos del agua.

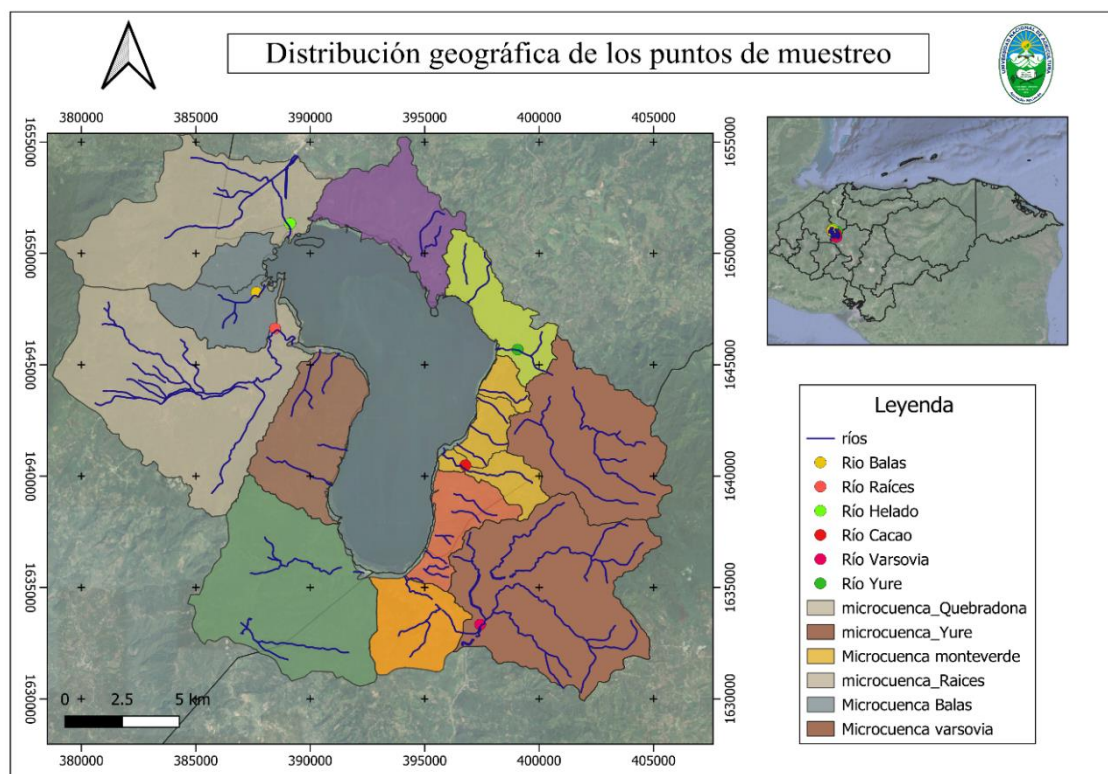


Figura 3 Mapa de la distribución geográfica de los seis puntos de muestreos para los ríos Varsovia, Cacao, Yuré, Raíces, Balas y helado, que desembocan al Lago de Yojoa.

4.2. Materiales

- Libreta de campo y lápices
- Matriz de recolección de datos
- Láminas de identificación

4.3. Equipo

- Equipo para identificación (Estereoscopio, lupa).
- Cámara de celular
- Recipientes (baldes)
- Guantes de nitrilo
- Pinzas
- Bandejas
- Capsulas de Petri
- Mallas para hacer trampas
- Frascos esterilizados
- GPS
- Sonda multiparamétrica
- pH metro

4.4. Metodología para análisis físico-químico.

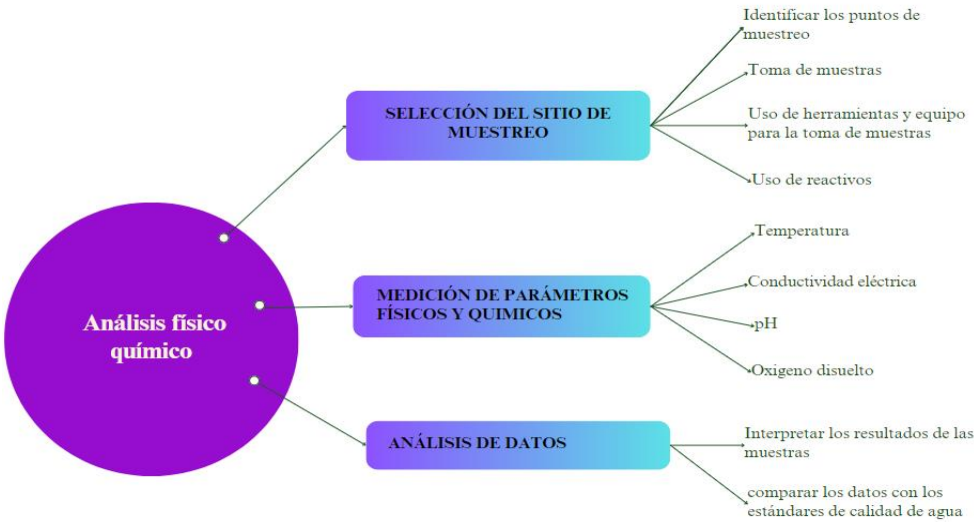


Figura 4 Pasos realizar muestreo análisis físico químicos

4.5. Macroinvertebrados acuáticos



Figura 5 Pasos para la recolección de muestras de macroinvertebrados.

Para identificar los diversos macroinvertebrados bentónicos recolectados en los sitios de muestreo y facilitar su posterior análisis, se empleo el método de preservación en frascos con alcohol. Se utilizarón frascos esterilizados, a los cuales se les coloco su respectiva etiqueta con los datos más relevantes de la muestra. Posteriormente, con mucho cuidado, se realizó la manipulación de los macroinvertebrados, transfiriéndolos al interior de los frascos. Luego, se procedio a verter alcohol etílico en una concentración del 70% (Samanez *et al.* 2014), asegurándose de cubrir completamente los organismos y sellando correctamente los frascos para una mejor preservación.

4.6. Índices biológicos de muestreo de calidad de agua

4.6.1. Índice de EPT

Una vez analizados los distintos grupos de macroinvertebrados se procede a realizar el análisis EPT, la cual se calcula como:

$$\text{EPT} = (\text{Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera} / \text{número total de individuos}) * 100$$

Cuadro 2. Índice de EPT

Calidad según índice EPT	Rango (%)	Color
Muy buena	75-100	Azul
Buena	50-74	Verde
Regular	25-49	Amarillo
Mala	0-24	Rojo

Después de obtener los resultados aplicando la formula, se determina el grado de impacto que existe en la microcuenca haciendo uso de la matriz de abundancia.

Matriz de abundancia

- **Sitio de colección:**
- **Nombre del río o estero:**
- **Fecha de colección:**
- **Personas que colectaron:**

Orden	Sitio de muestreo	Abundancia (Cantidad)	EPT
Ephemeroptera		2	2
Plecóptera		2	2
Trichoptera		3	3
Otros (todos los demás encontrados)		5	
Total		12	7/12 =58.3% (Buena)

Cuadro 3. Matriz de abundancia

4.6.2. Índice de Shannon-Wiener

Con el resultado de este índice se determinará la riqueza existente de las especies acuáticas encontradas en las muestras recolectadas

Índice de Shannon-wiener	Escala de Interpretación
0-1	Escasa diversidad
1-2	Media diversidad
>2	Alta diversidad

Cuadro 4 Escala de interpretación utilizado en el Índice de Shannon-Wiener

$$H = - \sum_{i=1}^S P_i \times \ln P_i$$

Donde:

H= Índice de diversidad de Shannon-wiener

S= Numero de especies

Ln= Logaritmo natural

P_i= Abundancia relativa (proporciona total de la muestra que corresponde a la especie i calculada como n_i/N donde:

N_i= N° de individuos pertenecientes a la i.esima especie.

N= N° total de individuos de la muestra.

4.6.3. Índice de Simpson

El índice de Simpson tendrá valores entre 0 y 1. Entre mas cerca del 1 se encuentre el valor habrá una mayor diversidad y entre mas cerca de 0 se encuentre, será menor la biodiversidad (Bouza y Covarrubias 2005).

Formula: $S = 1 - \sum (p_i)^2$

Donde:

S= Índice de diversidad de Simpson

P_i= $\frac{n_i}{\sum n_i}$ (Abundancia relativa)

N_i= Numero de individuos

D= $\sum p_i^2$ (dominancia)

Cuadro 5 Escala de interpretación de Simpson usando la siguiente escala de 0-1

Valores	Significancia
0-0,33	Diversidad baja
0,34-0,66	Diversidad media
>0,67	Diversidad alta

Los índices de Shannon y Simpson se calcularon utilizando el software PAST en su versión 4.03. Se analizaron los diversos datos obtenidos mediante las herramientas proporcionadas por el software, con el objetivo de generar información efectiva sobre la diversidad presente en los sitios de investigación. Así mismo se utilizó el software InfoStat para realizar un análisis de correlación.

V. RESULTADOS Y DISCUSIÓN

En esta sección se presentan y discuten los resultados del análisis de los macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos del agua en los diferentes puntos de muestreo, durante los meses de febrero, marzo, abril y mayo del presente año. Comprendiendo la influencia mutua entre los macroinvertebrados y las características fisicoquímicas del agua en cada sitio. Además, se evalúa el estado ecológico de estos cuerpos de agua mediante la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados, proporcionando una visión integral de la salud ambiental y las dinámicas ecológicas presentes en la época seca del año.

5.1. Parámetros físico químicos del agua

Estos resultados reflejan los resultados obtenidos en las mediciones de parámetros fisicoquímicos Temperatura, conductividad eléctrica, pH y oxígeno disuelto, obtenidos para cada uno de los cuerpos de agua estudiados, siendo los ríos Varsovia, Cacao, Yure, Raíces, Balas y Helado.

5.1.1. Análisis parámetros fisicoquímicos Río Varsovia

Para (Gómez Cerón & Hidalgo Estrella , 2007) la temperatura se considera el factor ambiental más importante que condiciona la eclosión de los huevos y el desarrollo de las ninfas. En el inciso (a) encontramos la temperatura para el río Varsovia el cual muestra

niveles de 18.09°C que varían hasta 22,62°C, teniendo un promedio de la temperatura de 20.69°C para los siete muestreos siendo así un rango aceptable que permiten el desarrollo de los organismos acuáticos. En el inciso (d) se muestra el comportamiento del oxígeno disuelto que presenta datos que van desde 9.4mg/l a 8.1mg/con un promedio de 9.87mg/l. siendo así la relación de la temperatura y el oxígeno disuelto indican condiciones favorables para los organismos acuáticos, especialmente los macroinvertebrados del índice EPT. La combinación de temperatura moderada y altos niveles de oxígeno sugiere la influencia positiva

Para la conductividad eléctrica inciso (c) se obtuvieron valores altos de 106.1µS/cm a 660µS/cm, y para los valores de pH se encontraron valores que van desde los 7.72 a 7.95 lo que indica que es un agua es ligeramente alcalina.

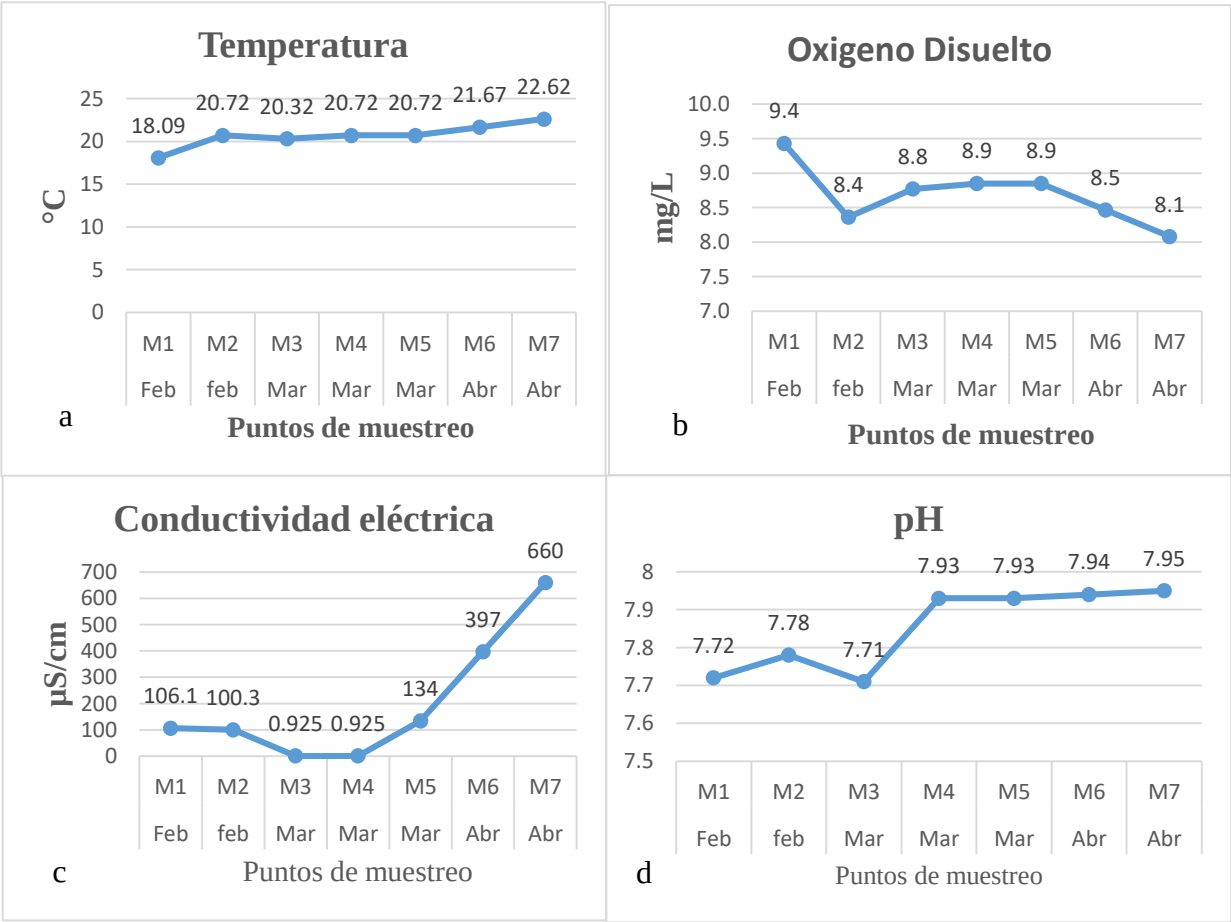


Figura 6 Parámetros fisicoquímicos del agua, valores del Río Varsovia, temperatura(a), Oxígeno Disuelto (b), conductividad eléctrica (c) y pH (d).

5.1.2. Análisis parámetros físico químicos Río Cacao

Los datos de temperatura del río Cacao muestran un aumento consistente de febrero a abril, con un promedio de 20.31°C en febrero, 22.56°C en marzo y 24.75°C en abril. Esta tendencia ascendente refleja el cambio estacional de la época seca, y la variabilidad en las temperaturas fue menor en marzo comparado con febrero, indicando una mayor estabilidad durante ese mes.

Los datos de oxígeno disuelto del río Cacao muestran una ligera disminución en las concentraciones de febrero a abril. El promedio general es de 8.46 mg/L. En febrero, los niveles son relativamente altos, con valores de 9.02 y 8.38 mg/L, mientras que en marzo hay una disminución gradual con mediciones entre 8.38 y 7.99 mg/L. En abril, el oxígeno disuelto baja a 7.66 mg/L. Esta tendencia sugiere que la concentración de oxígeno disuelto podría estar disminuyendo con el tiempo, posiblemente debido a factores estacionales o cambios en las condiciones del río (Hern , Hin, & Ibrahim , 2014).

En el análisis de la conductividad eléctrica en el río Cacao, se observaron variaciones entre los meses de febrero, marzo y abril. Los datos muestran una media de 87.43 $\mu\text{S}/\text{cm}$, En febrero, los valores fueron relativamente altos (91.8 y 86.5 $\mu\text{S}/\text{cm}$), mientras que, en marzo, los datos presentaron mayor variabilidad, con un rango de 83.72 a 91.36 $\mu\text{S}/\text{cm}$. En abril, se registró una disminución significativa en la conductividad, alcanzando 76.08 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Esta tendencia sugiere una reducción en la conductividad eléctrica del río Cacao en el transcurso de estos meses.

El análisis de pH en el río Cacao mostró un rango de 7.31 a 7.48 y un promedio de 7.38, (García de la Fuente 2013) indica que el agua es neutra a ligeramente básica, indicando así que los valores de pH son bastante estables, lo que es positivo para el ecosistema acuático del río.

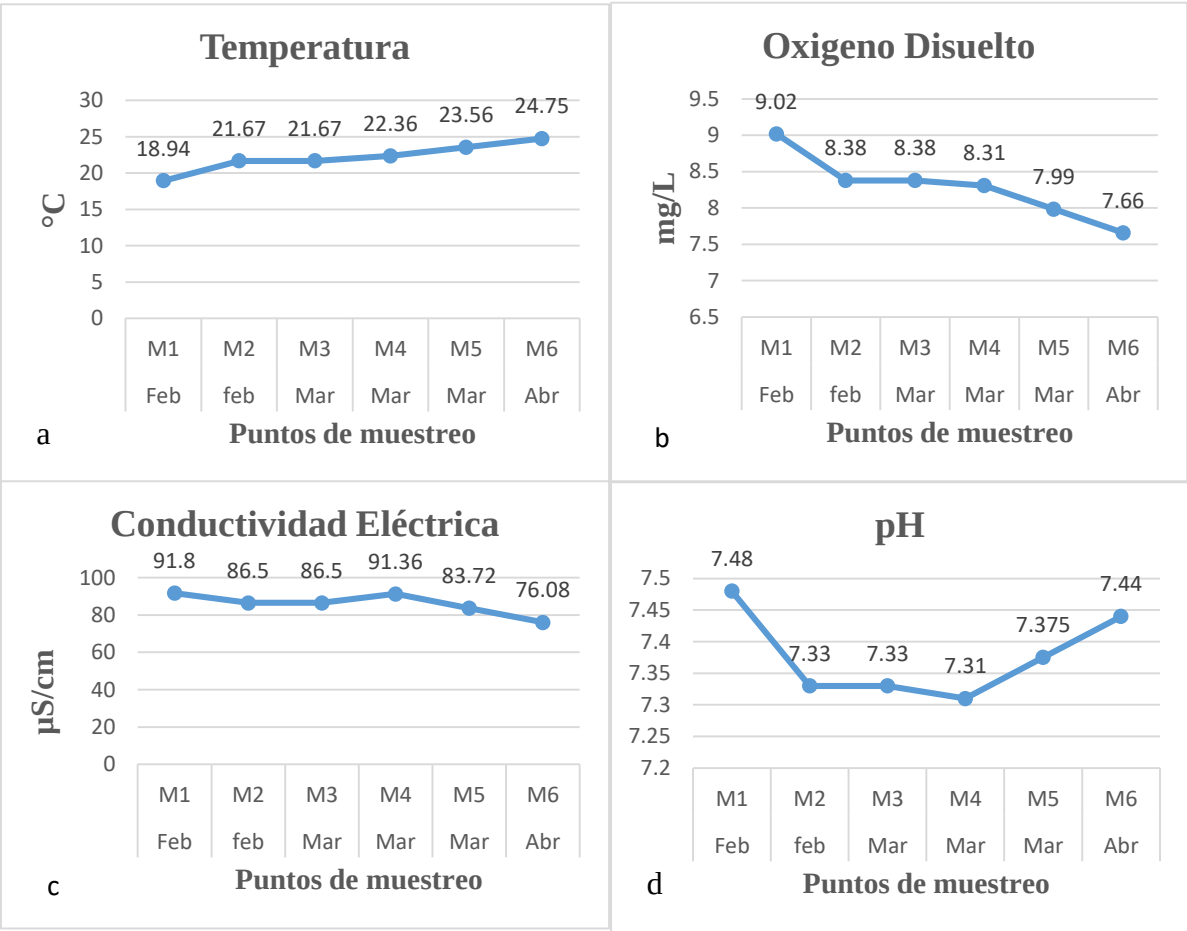


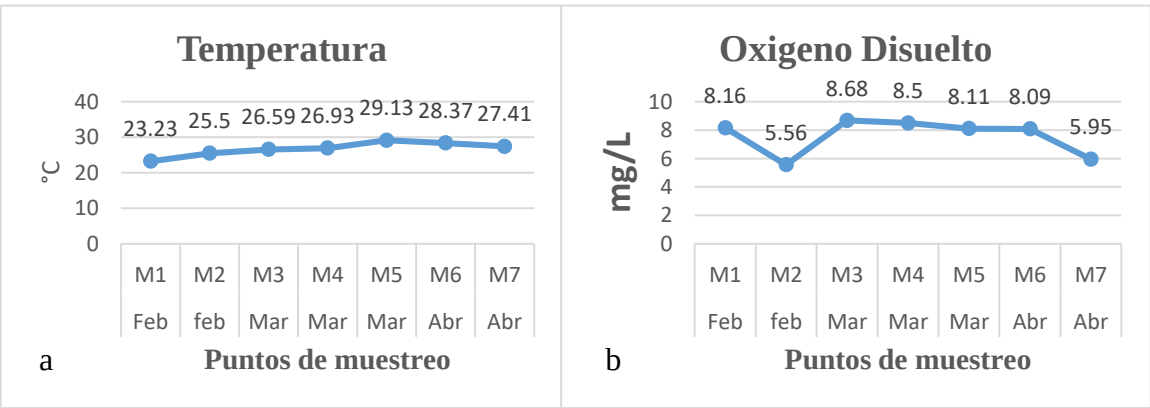
Figura 7 Valores de los parámetros fisicoquímicos del Río Cacao; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (b).

5.1.3. Análisis parámetros fisicoquímicos Río Yure

Para el río Yuré a lo largo del periodo de muestreo, este abarco los meses de febrero a abril, mostrando tendencias de un aumento progresivo desde 23.23°C en febrero (M1) hasta alcanzar un pico de 29.13°C en marzo (M4), antes de estabilizarse alrededor de 27.41°C en abril (M7). Este incremento en la temperatura puede estar relacionado con las condiciones climáticas estacionales, ya que la época seca trae consigo temperaturas más cálidas que pueden influir en la termodinámica del agua del río (Santiago 2010).

Para el oxígeno disuelto en el inciso (b) también presento variaciones significativas. Los datos iniciales en febrero fueron de 8.16 mg/L (M1), aumentando a un máximo de 8.68 mg/L en marzo (M3), Sin embargo, en abril, los niveles de oxígeno disuelto disminuyeron a 5.95 mg/L en M7. En cuanto a la conductividad eléctrica inciso (c), se observó una notable variabilidad. Inicialmente, la conductividad fue alta en febrero (113.7 μ S/cm en M1), seguida de una disminución abrupta a 60.8 μ S/cm en M2 y 56.3 μ S/cm en M3, para luego aumentar nuevamente hasta 96.3 μ S/cm en M5. En abril, los valores de conductividad cayeron otra vez a 57.2 μ S/cm en M7. Para (Rodríguez *et al.* 2002) estas fluctuaciones podrían estar asociadas con cambios en la composición iónica del agua, posiblemente debido a descargas de contaminantes o el arrastre de sales disueltas durante eventos de lluvia.

El pH del agua para el inciso (c) se mantuvo relativamente constante a lo largo del periodo de estudio, con valores que varían entre 7.3 y 7.59 en febrero y marzo, lo que indica un ambiente ligeramente alcalino. Sin embargo, en abril, se registró una disminución a 6.25 en M7. Según (García *et al.* 2019) una posible acidificación del agua, es debido a la disolución de CO₂, cambios en la actividad biológica o influencias antropogénicas.



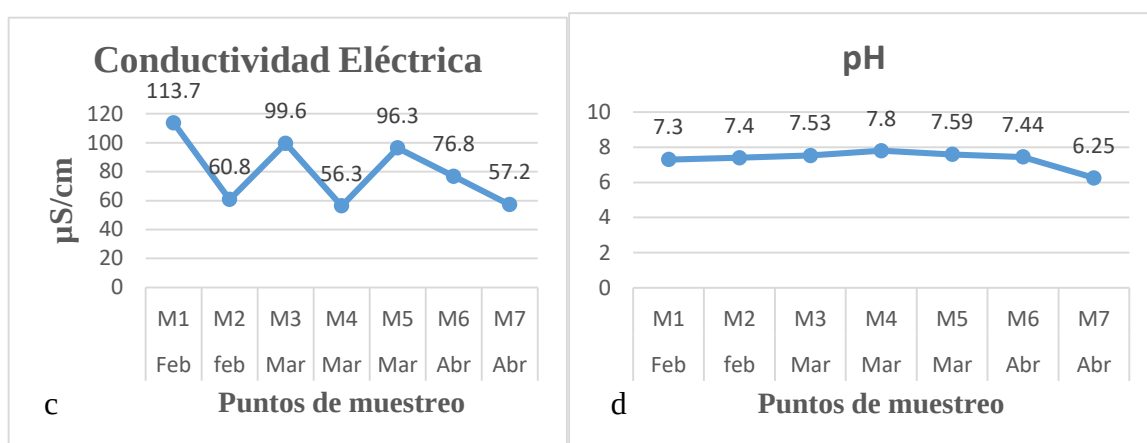


Figura 8 Valores de los parámetros físico-químicos del Río Yure; Temperatura(a), Oxígeno Disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).

5.1.4. Análisis parámetros físico químicos río Raíces

Durante el estudio del río Raíces, se tomó la temperatura mostrando valores de temperaturas medias que fueron 22.17 °C en febrero, 22.82 °C en marzo y 22.2 °C en abril, con una media general de 22.7 °C. La temperatura mínima observada fue 20.72 °C y la máxima fue 24.03 °C, mostrando una variabilidad moderada a lo largo de los meses. El análisis muestra que el promedio de oxígeno disuelto en el río Raíces fue ligeramente mayor en marzo (9.13 mg/L) en comparación con febrero (8.71mg/L) y abril (8.82 mg/L).

La conductividad eléctrica del río raíces varía entre los puntos y meses de muestreo. En febrero los valores fueron 478 y 743 µS/cm. En marzo, los valores disminuyeron a 499, 418 y 134 µS/cm, indicando una disminución en la concentración de iones. En abril, los valores continuaron bajando a 372 y 276 µS/cm, posiblemente debido a una mayor dilución del agua o menor carga contaminante (García 2015). Los datos de pH mostraron una variación en las muestras En febrero, el pH osciló entre 7.93 y 8.13, indicando un entorno casi neutro a ligeramente alcalino. En marzo, los valores aumentaron, variando entre 7.93 y 8.31, mientras que en abril se observó un rango más alto, de 8.00 a 8.92. siendo así la tendencia del pH es más alcalina.

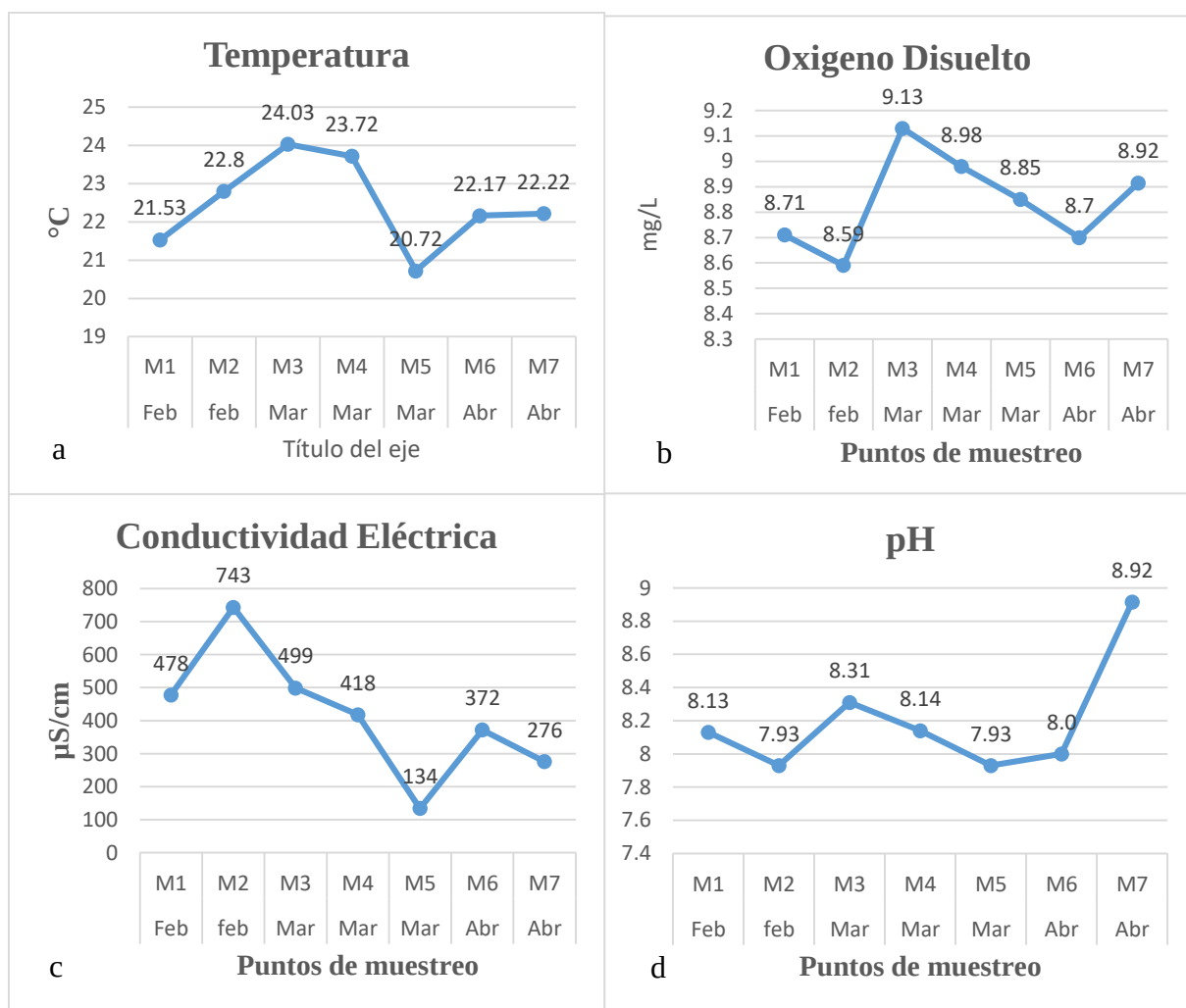


Figura 9 Parámetros físico químicos del agua, valores del Rio Raíces; Temperatura (a),n Oxígeno disuelto (b).Conductividad eléctrica (c) y pH (d).

5.1.5. Análisis parámetro físico químico río Balas

En el río Balas, las temperaturas mostraron variabilidad moderada en los puntos de muestreo. En febrero, la estabilidad térmica fue evidente con valores entre 20.33°C y 20.34°C. En marzo, se registró un aumento significativo, con temperaturas de 20.34°C a 23.79°C, asociado a la época seca y mayor radiación solar. En abril, la temperatura descendió ligeramente a 20.49°C. Estos cambios estacionales podrían afectar la dinámica

de los macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos del agua (Rodríguez *et al.* 2015).

Los niveles de oxígeno disuelto en el río Balas mostraron una variabilidad mínima durante el periodo de muestreo. Para febrero, los datos fueron 8.00 y 7.97 mg/L, en marzo los datos fueron entre 8.03 y 7.99 mg/L; y en abril, se mantuvo en 8.00 mg/L.

La conductividad eléctrica en el río Balas vario entre 0.4 y 382.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$ durante el muestreo. En febrero, se observaron datos bajos y altos, mientras que en marzo los valores variaron en rangos de 191.2 a 360.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$. Para abril, la conductividad se mantuvo más alta con 348.0 $\mu\text{S}/\text{cm}$, esto podría ser debido al tipo de suelo Yojoa, que está compuesto principalmente por cenizas volcánicas, la cual puede influir en la conductividad eléctrica, ya que tiene alto contenido mineral como silicio calcio magnesio, hierro y potasio que pueden disolverse en el agua, a medida los minerales se disuelven aumentan la conductividad eléctrica (House 2002).

Los datos de pH para el río Balas en el mes de febrero mostraron valores de 7.45 (M1) y 7.25 (M2). Para marzo los datos variaron entre 7.11 (M3), 7.35 (M4) y 7.195 (M5). En abril el pH para m6 fue de 7.18. Estos resultados indican que el pH del río Balas se mantiene cercano a la neutralidad con una ligera tendencia a la alcalinidad, sugiriendo una calidad de agua favorable para los macro invertebrados bentónicos (CANTERO y PEREZ 2014).

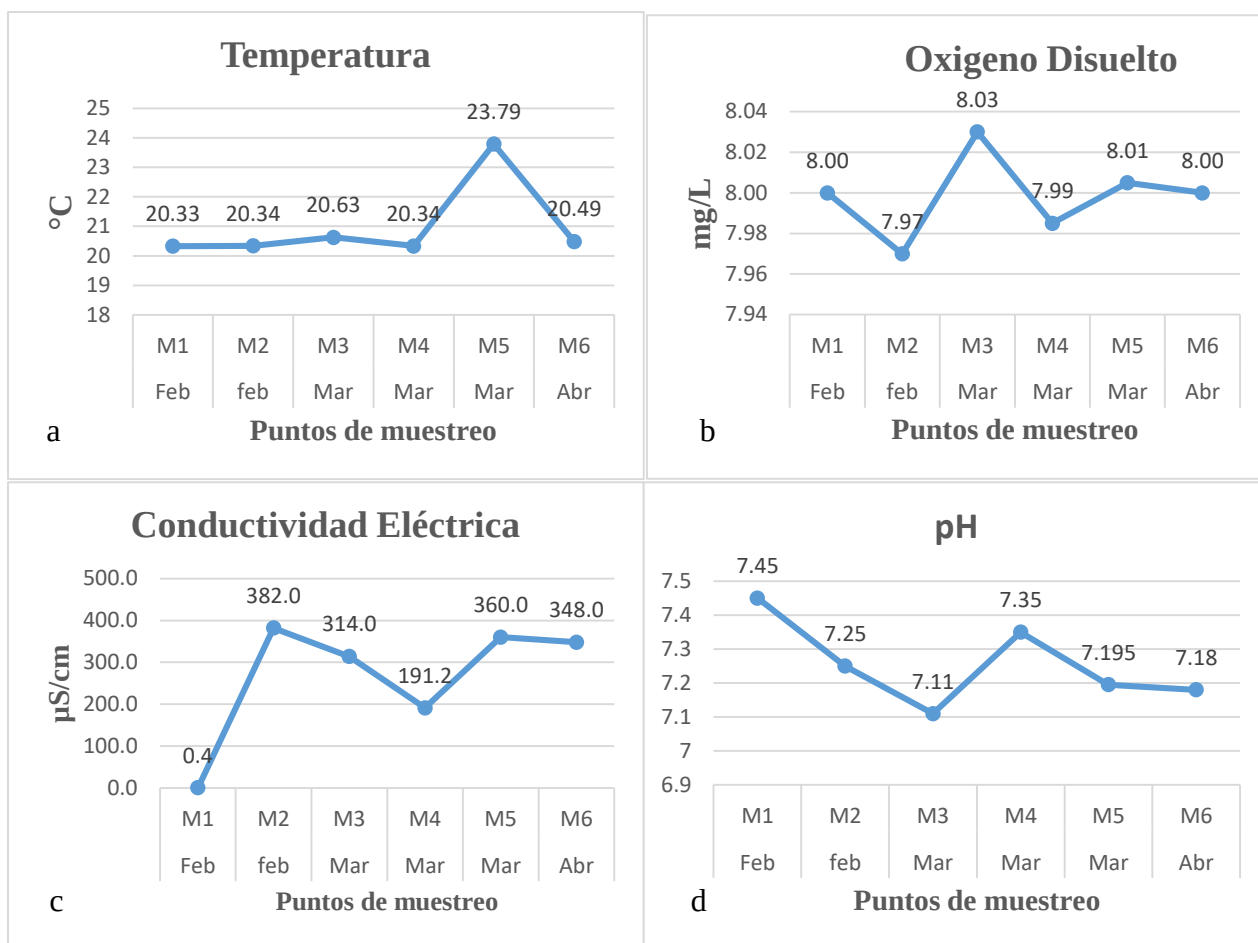


Figura 10 Parámetros físico químicos del agua, valores del Rio Balas; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).

5.1.6. Análisis físico químico río Helado

La figura 11 del río Helado la temperatura en el inciso (a) muestra un incremento constante de desde 21.63°C en M2 (febrero) hasta alcanzar un máximo de 23.34°C en M5 y M6 (marzo), luego desciende a 22.65°C en M7 (abril). El oxígeno disuelto (b) presenta una variación con un valor máximo de 9.28 mg/L en M2 (febrero), disminuyendo a un mínimo de 8.63 mg/L en M3 (marzo), para luego incrementar nuevamente hasta 9.25 mg/L en M7 (abril). La conductividad eléctrica (c) experimenta un aumento de 271 µS/cm en M1 (febrero) a 362 µS/cm en M3 (marzo), manteniéndose estable alrededor de 338

$\mu\text{S}/\text{cm}$ en los siguientes puntos de muestreo, y finalmente disminuye a $310 \mu\text{S}/\text{cm}$ en M7 (abril). El pH (d) varía entre 7.89 en M2 (febrero) y 8.02 en M5 y M6 (marzo), alcanzando un valor de 7.83 en M7 (abril). Estas variaciones indican cambios significativos en la calidad del agua del río Helado durante el periodo de estudio

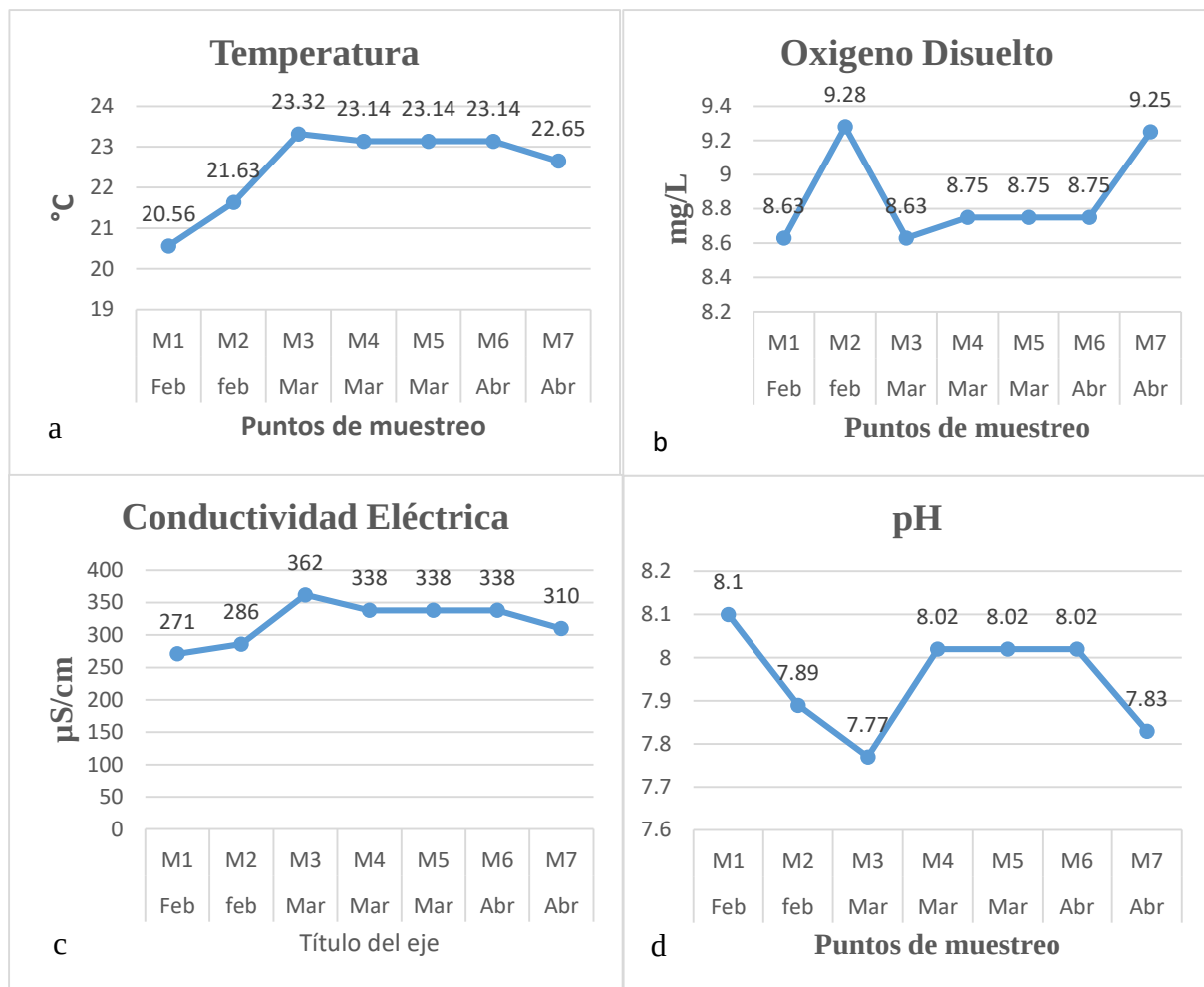


Figura 11 Parámetros físico químicos del agua, valores del Río Helado; Temperatura (a), Oxígeno disuelto (b), Conductividad eléctrica (c) y pH (d).

5.2.Datos macroinvertebrados

5.2.1. Comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

La comunidad de macroinvertebrados estuvo integrada por 23 taxas, siendo mejor representados por su abundancia los órdenes Ephemeroptera y Odonata, especialmente la familia Baetidae y el suborden Zygoptera, los cuales se encuentran ampliamente distribuidos en todos los ríos estudiados. La familia Baetidae mostro abundancia en el río Varsovia (30 individuos) y en el río Raíces (27 individuos), mientras que el Zygoptera fue uno de los grupos más representativos con un total de 213 individuos distribuidos en todos los ríos destacando así el Río Varsovia (58 individuos) y Balas (56 individuos). Además, se observó presencia de Moluscos en los ríos Cacao y Yure. Estos resultados reflejan la diversidad de estos grupos en los diferentes micro hábitats acuáticos presentes indicando la importancia ecológica de estos taxones en su estructura y funcionamiento de los ecosistemas acuáticos para la estabilidad del mismo (Hurtado *et al.* 2005).

Orden	Familia	Río Varsovia	Río Cacao	Río Yure	Río Raíces	Río Balas	Río Helado
Ephemeroptera	Baetidae	30	24	21	27	11	17
	Caenidae	5	0	0	0	0	0
	Heptageniidae	0	1	0	0	0	0
	Leptophlebiidae	20	8	6	0	0	5
Plecoptera	Perlidae	3	0	0	0	0	3
	Neumoridae	0	0	0	0	1	0
Trichoptera	Hydropsychidae	21	0	4	34	0	21
	Hydroptilidae	0	0	0	0	1	0
	Psychomyiidae	2	0	0	0	0	0
	Polycentropidae	20	9	0	0	0	3
Odonata	Anisoptera	0	1	0	0	0	0
	libellulidae	1	0	0	0	0	0
	Zygoptera	58	13	13	41	56	32
Megaloptera	larva de corydalidae	1	9	1	3	0	1
Diptera	Simuliidae	43	0	0	0	0	0
	Chironomidae	7	3	2	0	1	2
Hemiptera	Veliidae	0	0	0	0	0	2
	Naucoridae	1	7	0	0	0	0
Lepidoptera	Pyrilidae	4	0	0	0	0	0
Coleoptera	lutrochidae	0	0	0	0	0	0
Platelmintos	Planarea	8	10	5	2	0	2
Crustaceo	cangrejo de río	0	0	0	0	0	2
Mollusca		0	48	78	17	0	2
Blattodea	Blattellinae	2	1	0	0	2	0

Tabla 1 Abundancia de los diferentes taxas de macro invertebrados bentónicos en cada uno de los sitios de muestreo

5.2.2. EPT Río Varsovia

La figura 11 refleja cómo varía la calidad del agua a través del tiempo en los diferentes puntos de muestreo durante los meses establecidos para el Río Varsovia. En febrero, el primer punto de muestreo (m1) muestra un índice de EPT del 50%, el cual disminuye drásticamente a un 18% en la segunda muestra (m2). En marzo, se observa un aumento significativo en el índice de EPT, alcanzando un 84% en el punto de muestreo m5. Para el mes de abril, se presentan una serie de fluctuaciones, el índice disminuye a un 45% en el punto m6, luego aumenta a un 72% en m7, y finalmente disminuye aún más a un 26% en m9.

Esta variabilidad considerable a lo largo del tiempo y entre los diferentes puntos de muestreo indica cambios en la calidad de agua del río Varsovia, debido a factores ambientales y actividades humanas que afectan los hábitats de los macro invertebrados EPT, durante la época seca del año la población de macro invertebrados puede variar significativamente debido a diversos factores ambientales o antropogénicos.

En verano, por ejemplo, la creación de pozas de agua para actividades recreativas contribuyendo a la desaparición de las trampas colocadas para capturar a los macro invertebrados, afectando negativamente la recolección de muestras. Este fenómeno no solo limita la cantidad de macro invertebrados, ya que los organismos más sensibles son desplazados o eliminados de su entorno natural. (Machado, Granda, & Endara, 2018) nos dice en su investigación que en temporadas secas disminuye la cantidad de macro invertebrados debido a factores ambientales similares, corroborando los hallazgos de este análisis.

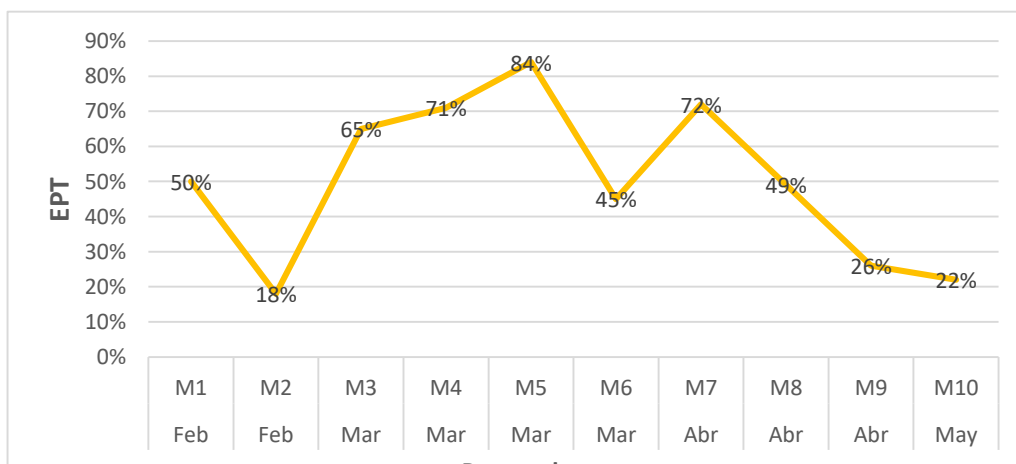


Figura 12 Índice de EPT del Río Varsovia.

5.2.3. EPT Río Cacao

La figura 13 se presenta el índice de EPT en diferentes puntos de muestreo del río Cacao a lo largo de varios meses. En febrero, el índice de EPT comienza en un 19% en el primer punto de muestreo (m1) y disminuye al 2% en el segundo punto (m2). En marzo, se observa una disminución completa a 0% en m3, seguida de un aumento significativo, alcanzando un 57% en m4, un 46% en m5 y una bajada a un 19% en m6. En abril, el índice de EPT presenta fluctuaciones, aumentando a un 46% en m7 y sube aún más a 75% en m9. Finalmente, en mayo, el último punto de muestreo (m10) muestra un índice de EPT del 70%. Los puntos más altos en marzo (m4 con 57%) y abril (m9 con 75%) sugieren que durante estos meses y en estos puntos específicos, las condiciones del agua eran más favorables para los macro invertebrados EPT. Por otro lado, los puntos bajos (m2 y m3 con 2% y 0%) indican condiciones menos favorables en esos momentos.

Los datos varían durante la época seca en el río Cacao debido a las actividades humanas observadas durante el muestreo, como el lavado de ropa y sus necesidades fisiológicas (bañarse), las cuales tienen un efecto negativo en el desarrollo y la población de macro invertebrados bentónicos. Estas actividades no solo contaminan el agua con detergentes y otros productos químicos, sino que también alteran el hábitat natural de estos organismos, la perturbación física del cauce del río y la introducción de contaminantes reduce la calidad del hábitat, lo que lleva a una disminución en la diversidad y abundancia de macro invertebrados (Forero 2017).

Además, en varios casos, para las trampas colocadas en los puntos de muestreo se dio la misma problemática de la pérdida de algunas trampas debido a estas actividades afectando la recolección de datos y dificultando el seguimiento de las poblaciones de macro invertebrados. Esta interferencia humana refleja la necesidad de estrategias de conservación y manejo que protejan los ecosistemas acuáticos, especialmente en la temporada de época seca. (Álvarez y Pérez 2007) señalan en su investigación que la disminución de los órdenes de EPT son debido a la contaminación del ambiente acuático y esto debido a la introducción directa o indirecta de sustancias por parte de la acción de los humanos dañando los hábitats de estos organismos e impidiendo su reproducción y afectando el hábitat o las condiciones para desarrollarse.

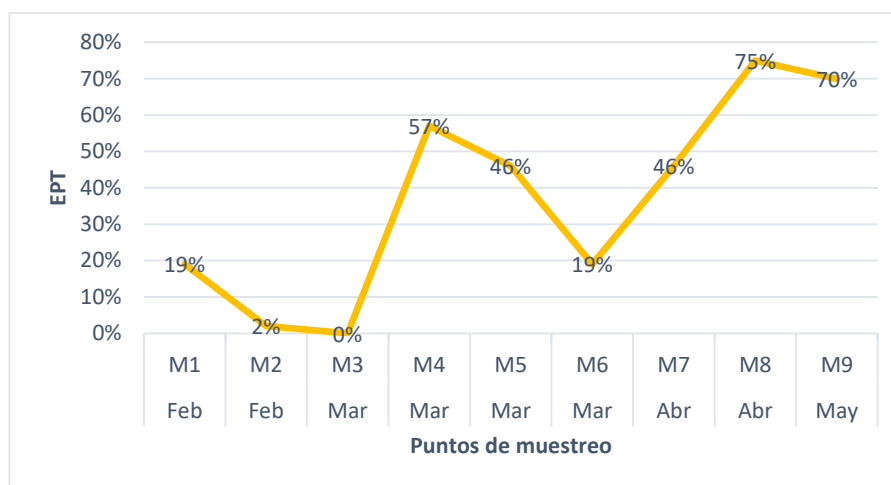


Figura 13 Índice de EPT Río Cacao

5.2.4. EPT Río Yure

La figura 14 muestra el índice de EPT en los diferentes puntos de muestreo del río Yure a lo largo de los meses establecidos. Iniciando para el mes de febrero con un 25% en la m1, disminuyendo para la muestra m2 con un 18%. Para el mes de marzo inicia con un 0% siguiendo así esa disminución hasta la muestra m8, lo que indica condiciones bastante graves para este río evitando mantener condiciones adecuadas para el índice de EPT, luego hay una fluctuación que es bastante considerable con un 83% para la muestra m9, y para la última muestra en el mes de mayo indica un aumento significativo del 92% para m10.

El río Yure presenta una notable influencia antropogénica debido a las múltiples actividades humanas que se desarrollan a lo largo de su curso. Este río ha sido desviado a través de un canal que desemboca directamente en el lago, lo que modifica su flujo natural y afecta su ecosistema. Para (Romero Gil 2021) el desvío del caudal de un río es afectado por la construcción de una canalización, ya que afecta la importante función de la vegetación de la ribera del río, las poblaciones de vegetación y fauna acuática se ven alteradas. Además, las personas utilizan el río de manera constante para bañar y para el mantenimiento de sus canoas de pesca, lo que incrementa la carga de contaminantes en el agua. A simple vista, es evidente la presencia de basura, lo que refleja una gestión inadecuada de los desechos y un impacto negativo sobre la calidad de agua y la biodiversidad acuática en especial para los macro invertebrados de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.



Figura 14 Índice de ETP Río Yure

5.2.5. EPT Río Raíces

La figura 15 muestra la variación del índice de EPT para los meses establecidos iniciando con febrero con un 25% para la muestra (m1) y aumenta a 33% en (m2). Para marzo se observa una disminución del 0% en los puntos (m3 y m4), luego hay un ligero aumento del 10% en el punto (m5) bajando para (m6) en un 0%, este punto de muestreo indicando niveles bajos. Para el mes de abril el índice de EPT muestra una tendencia ascendiendo en (m7) con un 20% luego tiene un aumento significativo del 50% en (m8), y 75% en (m9). Para la última muestra de mayo el índice de EPT alcanza un 68% en el punto (m10).

El río Raíces enfrenta problemáticas ambientales debido a las actividades agrícolas y mineras en sus alrededores. La agricultura cercana al río contribuye a la contaminación del agua con pesticidas y fertilizantes, que se escurren hacia el río, alterando la calidad del agua y afectando negativamente a los macro invertebrados bentónicos y otros organismos acuáticos. (Benítez y Miranda 2013) señalan que los plaguicidas utilizados en la agricultura llegan a los cursos de aguas subterráneas y superficiales, como ríos y lagos, fundamentalmente por arrastre y lixiviación, pudiendo contaminar la fauna acuática y terrestre.

Además, la minería en la región ha dejado una huella considerable, con vertidos de metales pesados como mercurio y plomo en el río Raíces. Tal como indica (Acosta Rivera & García Guzmán, 2018) en su investigación donde determinaron la concentración de algunos metales pesados que ingresan al río Raíces debido a que es el cuerpo receptor de las aguas residuales de la Mina El Mochito. Estos contaminantes no solo dañan la vida acuática, sino que también representan un riesgo significativo para la salud humana y la sostenibilidad del ecosistema del río Raíces. La combinación de estos factores ha llevado a una degradación notable de este río.

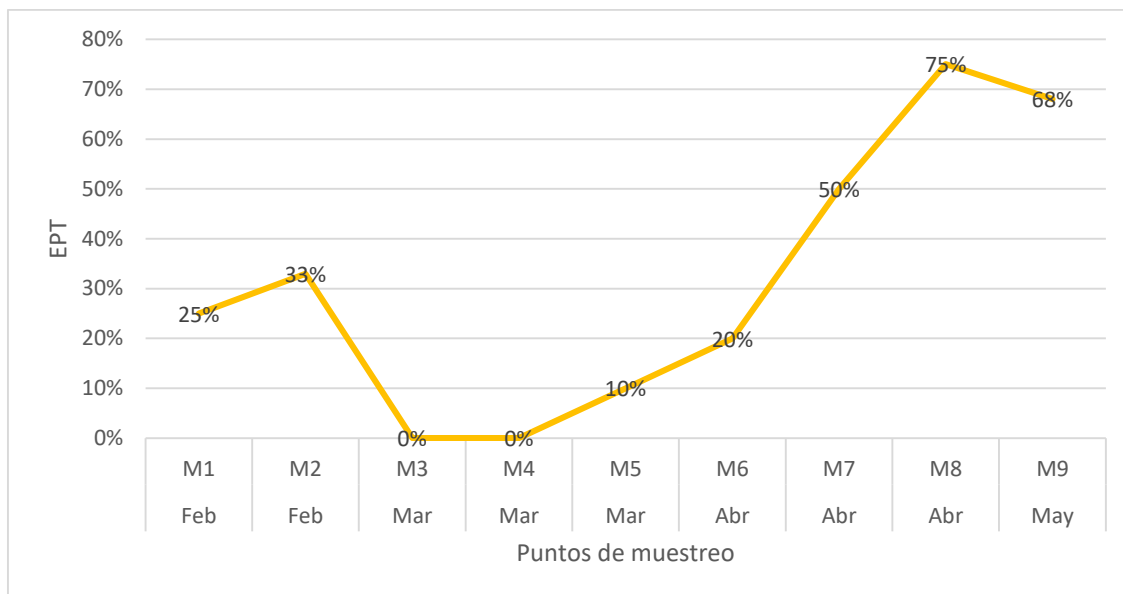


Figura 15 Índice de EPT Río Raíces

5.2.6. EPT Río Balas

La figura 16 muestra la variación del índice de EPT en los diferentes puntos de muestreo del río Balas. En febrero, el índice comienza en 5% en el punto m1 y aumenta significativamente a 33% en m2 y a 60% en m3. En marzo, se observa una disminución drástica a 0% en m4, seguida de un aumento a 55% en m5. Sin embargo, el índice vuelve a caer a 0% en m6. En abril, el índice de EPT es del 33% en m7, disminuye a 11% en m8 y vuelve a aumentar a 33% en m9. Finalmente, en mayo, el índice de EPT en el punto m10 es del 20%.

El río Balas presenta características que a simple vista indican un agua aparentemente limpia, evidenciada por su color y el entorno cubierto por la rivera, la cual aporta materia orgánica en forma de hojas y ramas. Sin embargo, las primeras muestras recolectadas muestran una escasa presencia de macro invertebrados bentónicos especialmente del índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). A lo largo del muestreo, se observó una tendencia fluctuante en la abundancia de estos organismos, atribuible a que

el río Balas carece de una diversidad significativa de micro hábitats, lo cual limita la existencia y el desarrollo de macro invertebrados bentónicos, ya que estos necesitan dichos micro hábitats para vivir, desarrollarse y alimentarse adecuadamente. De acuerdo con (Recinos, Ortíz Aldana, & Reyes Morales, 2018) la baja abundancia de organismos en los ríos puede atribuirse a la escasa diversidad de sustratos, que reduce la disponibilidad de espacios intersticiales, así como el bajo suministro de alimento y oxígeno.

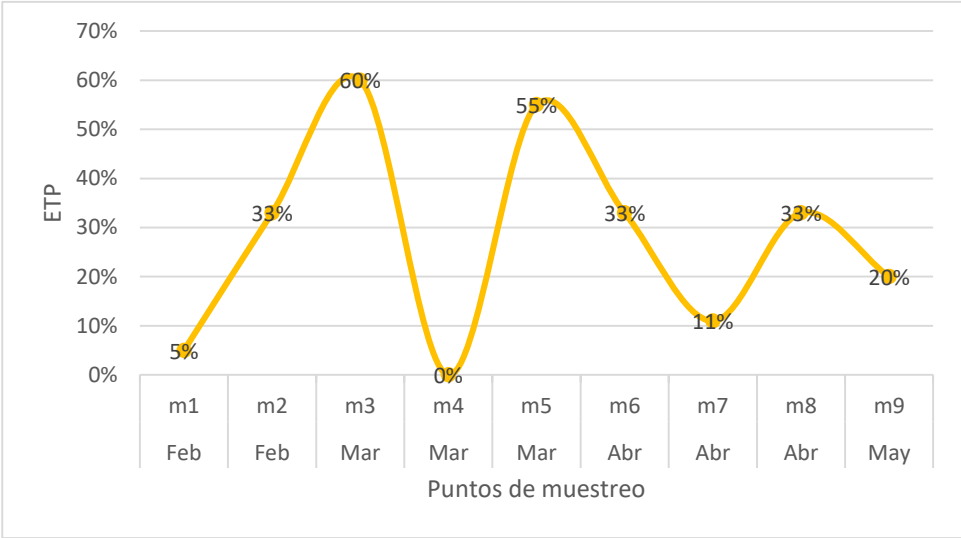


Figura 16 Índice de EPT Río Balas

5.2.7. EPT Río Helado

La figura 17 representa la variación del índice de EPT durante los meses establecidos para los diferentes puntos de muestreo del Río Helado, iniciando con el mes de febrero que refleja un índice de EPT de 67%para (m1), seguido de un aumento ligero del punto (m2) con 73%asi mismo el punto (m3) tiene una disminución del 11% decayendo en (m4) con 0%, luego muestra una ligera mejoría con 3% en (m5), sin embargo en (m6) vuelve a mostrar una tenencia de 0%, para el punto (m7) refleja un aumento del 6% que sigue en aumento para (m8) con un 33%continuando así una tendencia de mejora para (m9) con un 38%, manteniéndose alto para el último punto de mayo con 36% en (m10).

El río Helado es uno de los ríos que tiene un impacto significativo por la influencia humana debido a la presencia de asentamientos humanos, quienes vierten las aguas residuales domésticas al río. Estas aguas contienen niveles de contaminación química que reducen la salud del ecosistema, dañando el desarrollo y el hábitat de los macro invertebrados bentónicos en especial a las especies del índice de EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera) que son más sensibles a la perturbación ambiental (Carranza, 2020).

Por lo tanto, la influencia que tiene la actividad humana para los meses de marzo, abril y mayo, refleja menos presencia de estos individuos, además las personas optan por crear pozas naturales que las utilizan para bañarse, incrementando la carga de contaminantes en el agua. Estas prácticas no solo disminuyen la calidad del agua, sino que también perturban las condiciones necesarias para la biodiversidad acuática. Además, este río cuyo caudal desemboca directamente en el lago de Yoga, enfrenta serios desafíos debido a estas actividades humanas.

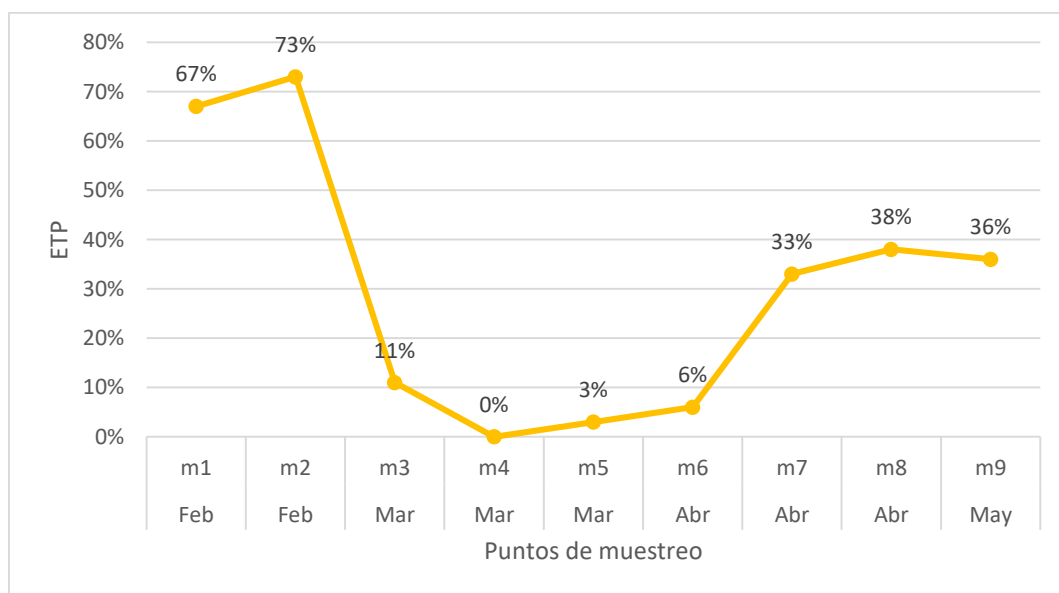


Figura 17 Índice de EPT Río Helado

5.3.Estado ecológico de los cuerpos de agua mediante índices biológicos

5.3.1. Resultados de la evaluación de calidad de agua a través de los índices biológicos.

5.3.1.1.Curva de acumulación de especies Río Varsovia

La figura 18 refleja la variación de las diferentes especies en los muestreos del río Varsovia. Las curvas muestran un aumento las cuales se aplanan lentamente como la de Ephemeroptera, la cual indica una alta equidad que sugiere que las especies están distribuidas de manera más uniforme dentro de la comunidad de macro invertebrados, este comportamiento se relaciona al índice de Shannon, que toma en cuenta tanto la riqueza como la equitatividad de especies y también para el índice de Simpson reflejando una baja dominancia. La curva Trichoptera alcanza una alta diversidad con menos individuos, seguido de la curva Odonata la cual refleja una curva relativamente alta. En cambio, las otras curvas suben más rápido y se aplanan ligeramente en el caso de Megaloptera y hemíptera indicando una baja equidad, donde pocas especies dominan para el índice de Shannon y Simpson más bajos.

En este río influyen diferentes actividades humanas en el desarrollo de los diferentes órdenes encontrados, como por ejemplo se observó diferentes factores que contaminan el río siendo la extracción de arena y tierra en la ribera del río, el lavado de vehículos, la creación de posas que las personas aledañas al río usan para bañar, de acuerdo con (Martínez Valdés y Villalejo García 2020) se puede afirmar que estas actividades tienen influencia en el desarrollo de estos organismos. Es así como afectan negativamente y reducen la diversidad de las especies Diptera, Plecoptera, Lepidoptera y Hemiptera perturbando los micro hábitats que requieren para su desarrollo. Sin embargo, para el orden Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera presentan una mayor resistencia y adaptabilidad a estos cambios y poder mantener una distribución equitativa en las condiciones que son poco favorables.

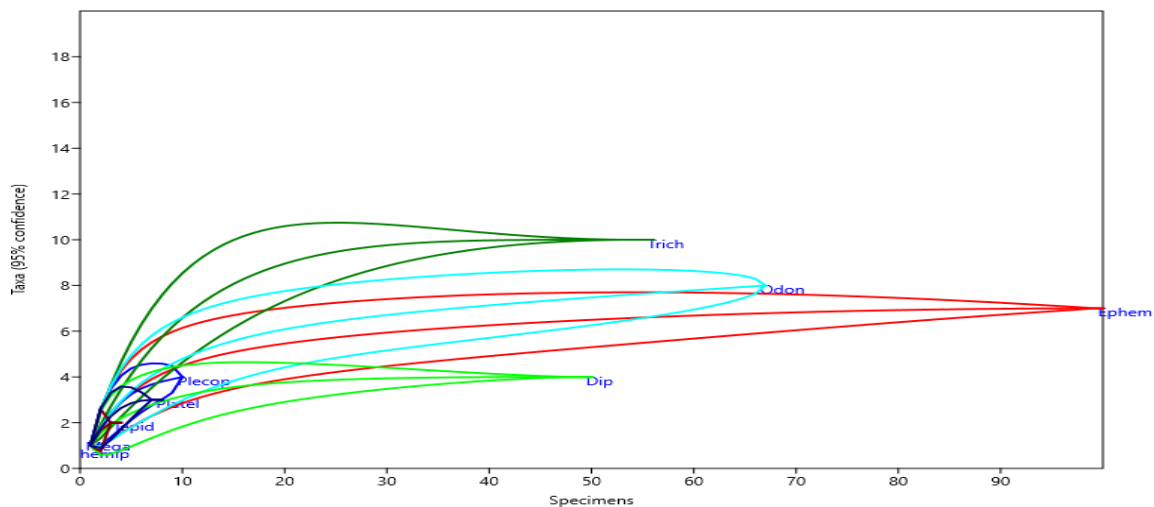


Figura 18 Curva de rarefacción de las muestras por cada uno de los órdenes presentes en el Río Varsovia.

5.3.1.2. Curva de acumulación de especies del Río Cacao

En la figura 18 la curva Ephemeroptera se eleva rápidamente y se anivela indicando buena equidad en la distribución de este grupo, para el índice de Shannon moderadamente alto reflejando una combinación de riqueza y equidad, para él, índice de Simpson sería bajo. La curva Odonata muestra un rápido aumento en la diversidad con un número creciente de especímenes, sugiriendo una equidad razonable con una buena distribución y abundancia de especies. Para el índice de Shannon indica una alta diversidad significativa mientras que para Simpson es bajo. Para la curva de molusca se estabiliza a niveles más bajos, lo que sugiere una menor equidad y dominancia de esta especie, indicando menos para el índice de Shannon y un mayor índice de Simpson. Para las curvas Hemiptera, Megaloptera, Trichoptera, Diptera y Lepidoptera sugieren poca presencia en la diversidad de estos grupos, indicando valores bajos en Shannon y mayor índice en Simpson.

Las diferentes actividades que se observaron en este río fueron la contaminación química por detergentes (lavado de ropa), y la formación de posas que las personas usan para bañar la cual puede modificar los sustratos acuáticos que ahí se encuentran, además que en la ribera del río se encuentran asentamientos humanos. Todas estas actividades alteran el flujo natural del agua, haciendo estas especies menos tolerantes y más sensibles a los cambios en la calidad del agua ya que en estos niveles de contaminación no pueden desarrollarse de la mejor manera, sin embargo, se observó que ordenes como Molusca, Odonata y Ephemeroptera a pesar de las influencias logran tener mejor capacidad de adaptación, lo anterior es consistente por (Uc-Peraza y Delgado-Blas 2012).

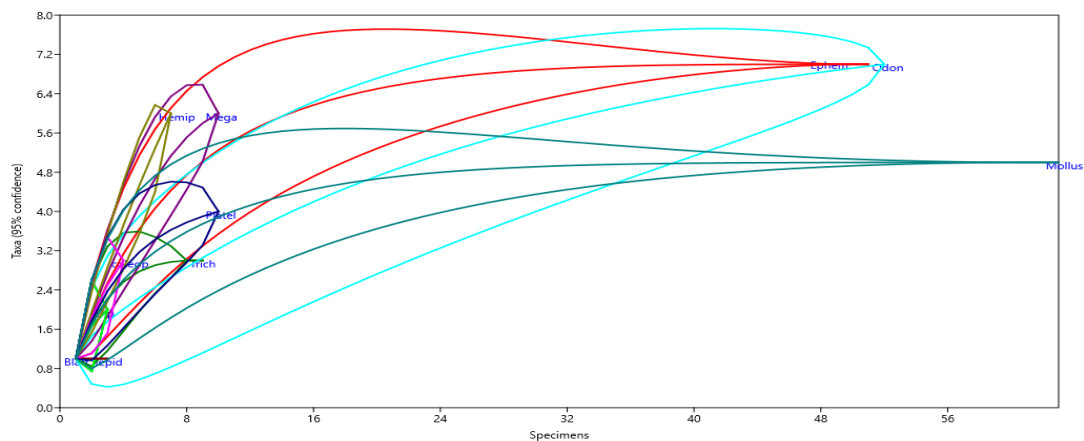


Figura 19 Curva de rarefacción de especies del Río Cacao

5.3.1.3. Curva de acumulación de especies del Río Yure

Las curvas representan diferencias en la equidad, para la curva molusca y platelmintos alcanzando rápidamente altos niveles de diversidad indicando una mayor equidad. Para las curvas de Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera sugieren una menor equidad tras un número reducido de especímenes. Para el índice de Shannon tiene un valor bajo, y para molusca sigue una distribución más equitativa, para el índice de Simpson la curva molusca muestra alta equitatividad siendo así el índice bajo

El río Yure tiene una modificación en su cauce natural siendo desviado a través de un canal, hay presencia de asentamientos humanos lo que genera basura y contaminantes, así mismo el río es usado para actividades recreativas como bañarse. Sin embargo, el orden molusco y platelmintos indican tener mayor adaptabilidad a estas condiciones, siendo más resistentes a estos cambios, esto se debe a que tiene capacidad de soportar bajos niveles de OD, así como fluctuaciones en el pH y la temperatura. Por otro lado para los órdenes Odonata, Ephemeroptera, Trichoptera y Megaloptera estas actividades influyen en la estructura y desarrollo ya que altera significativamente el hábitat volviéndose más vulnerables, por ejemplo el orden Trichoptera necesita micro hábitats debido a que construyen refugios y dependen de aguas limpias, este hallazgo concuerda con el autor (Baqueiro-cárdenas *et al.* 2007).

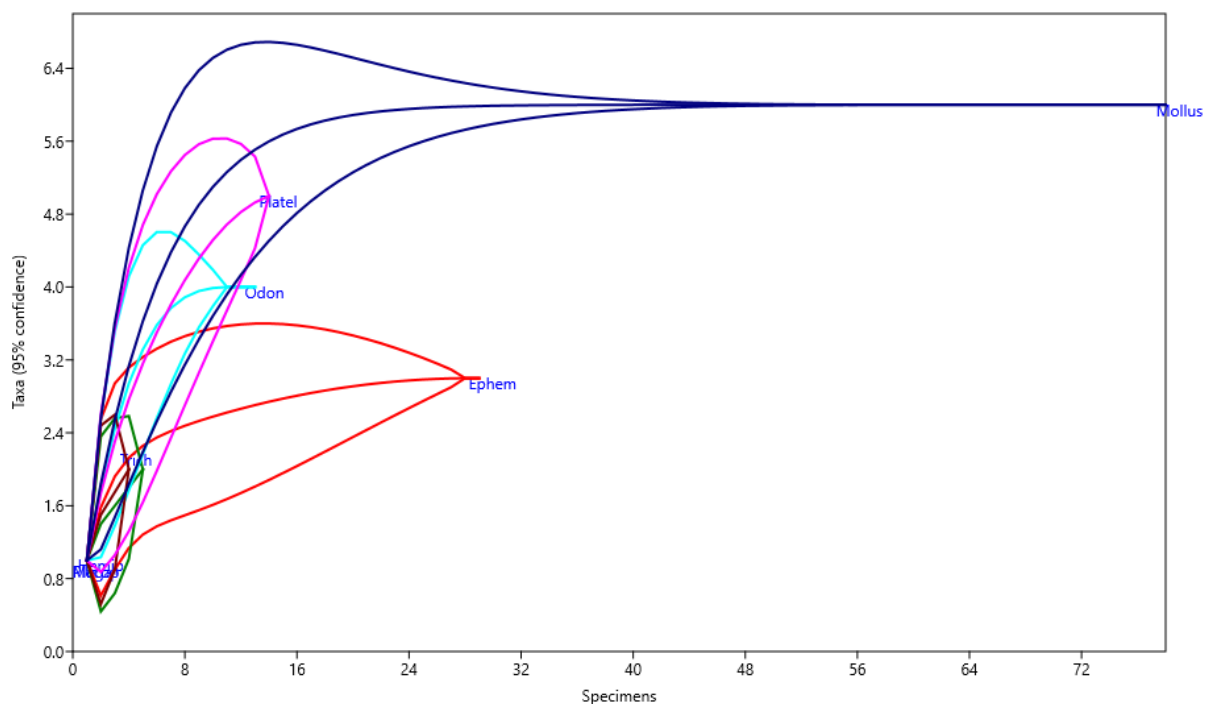


Figura 20 Curva de rarefacción de especies del Río Yure

5.3.1.4. Curva de acumulación de especies del Río Raíces

En la figura 21 la curva Odonata se eleva más rápidamente indicando una alta diversidad y un nivel alto de equidad donde estas especies están distribuidas de manera más uniforme en comparación con los otros grupos, refleja un índice de Shannon alto y un índice de Simpson bajo, por otro lado las curvas de Ephemeroptera, Trichoptera y molusca representan una diversidad intermedia observando una acumulación de especies con una distribución uniforme dentro del grupo, el índice de Shannon es intermedio y el índice de Simpson indica poca dominancia de estas especies dentro del ecosistema.

Este río es característico por la presencia de metales pesados provenientes de la minería y la influencia de la ganadería en ese sector, los cuales son aspectos que tienen impactos significativos, sin embargo, el orden Odonata muestra que es tolerante a estos niveles de contaminación incluyendo la presencia de metales pesados, los otros ordenes demuestran ser más sensibles a la contaminación ya que afectan su ciclo de vida y la supervivencia, esto debido a que tenemos un pH alcalino y una CE alta, lo que va aumentando los nutrientes y materia orgánica alterando los micro hábitats y la disponibilidad de recursos (Kaya *et al.* 2014).

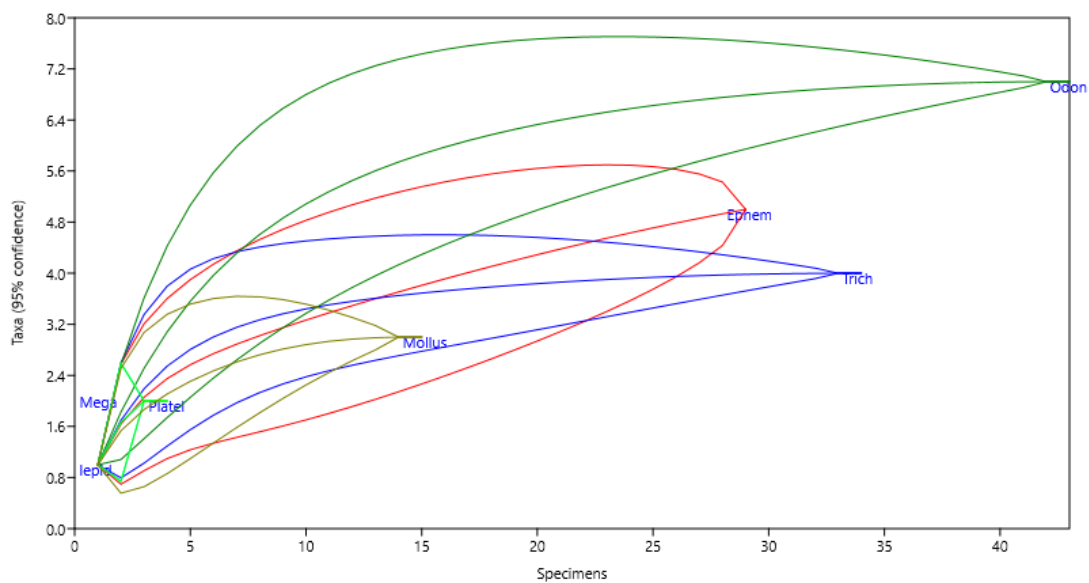


Figura 21 Curva de rarefacción del Río Raíces

5.3.1.5. Curva de acumulación de especies Río Balas

La figura 21 muestra las curvas Ephemeroptera y Odonata indicando una alta diversidad con un rápido aumento en la riqueza de las especies, representando una alta equidad y diversidad, siendo para Shannon un índice alto. Para las curvas de Lepidóptera, molusca, Blatodea son más planas reflejando una baja diversidad y menos equidad indicando valores bajos de Simpson.

El río Balas es más característico por ser de las aguas que más limpias llegan al lago, sin embargo, este río presenta poca presencia de órdenes, lo cual se asocia a los micro hábitats que son fundamentales para el desarrollo de algunos organismos y que es escaso, es así como el orden Odonata puede prosperar debido a su capacidad para vivir en ambientes de buena calidad aun que falte diversidad en los micro hábitats. Para los demás órdenes a pesar de las buenas condiciones fisicoquímicas su diversidad es baja ya que no se dan las condiciones necesarias para llevar a cabo su ciclo de vida, limitando su capacidad de

establecerse, de acuerdo con lo encontrado en el estudio de (Dávila-Recinos *et al.* 2019) se puede afirmar que los micro hábitats son necesarios para el ciclo de vida de los macro invertebrados.

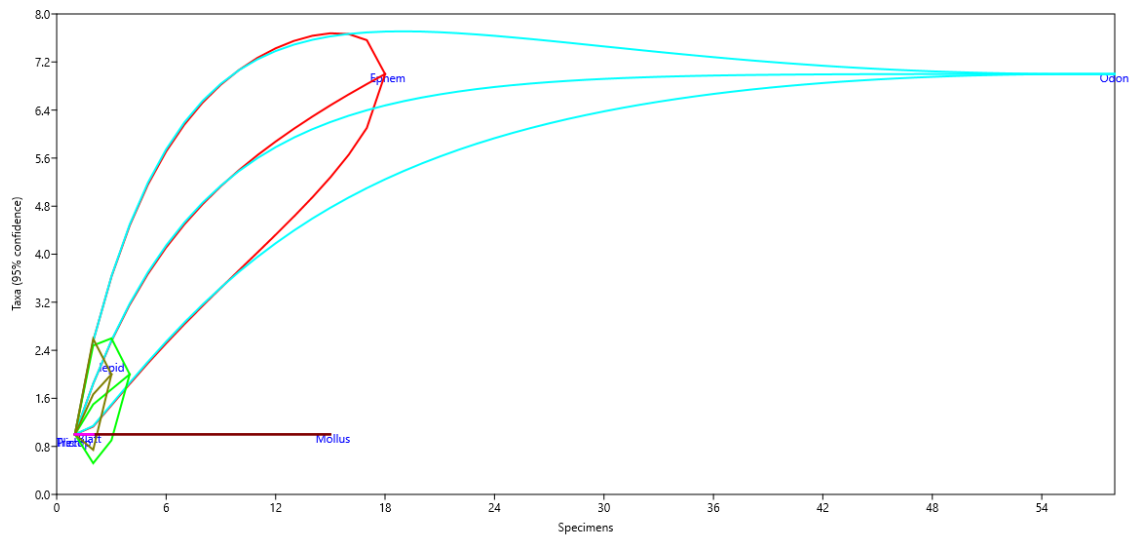


Figura 22 Curva de rarefacción Río Balas

5.3.1.6. Curva de acumulación de especies del Río Helado

Las curvas de este gráfico indican para el orden Ephemeroptera, Odonata y Trichoptera alta diversidad y equidad la cual se estabiliza por el incremento de especímenes en la muestra indicando un índice de Shannon alto. Para las curvas de platelmintos, Plecoptera, Diptera y molusca mostrando una menor diversidad y equidad en comparación a los demás, indicando poca dominancia para el índice de Simpson.

Este río tiene la presencia de asentamientos humanos, lo cual crea el vertido de detergentes, también existen posas creadas por las personas que viven en la ribera del río

para bañarse. Sin embargo, el orden Ephemeroptera presento presencia de individuos, pudiendo verse afectado debido a la contaminación y a los bajos niveles de oxígeno que se pueden dar afectando su abundancia. Es así como el orden Odonata también presenta resistencia a los contaminantes permitiendo desarrollarse, por otro lado, los demás ordenes presentan menos adaptabilidad debido a la alteración que en este existe

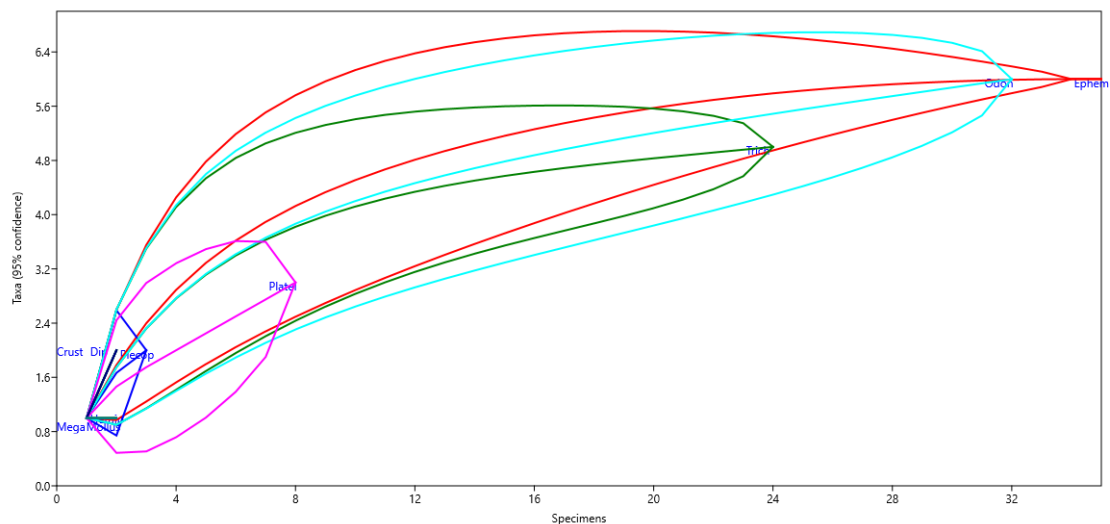


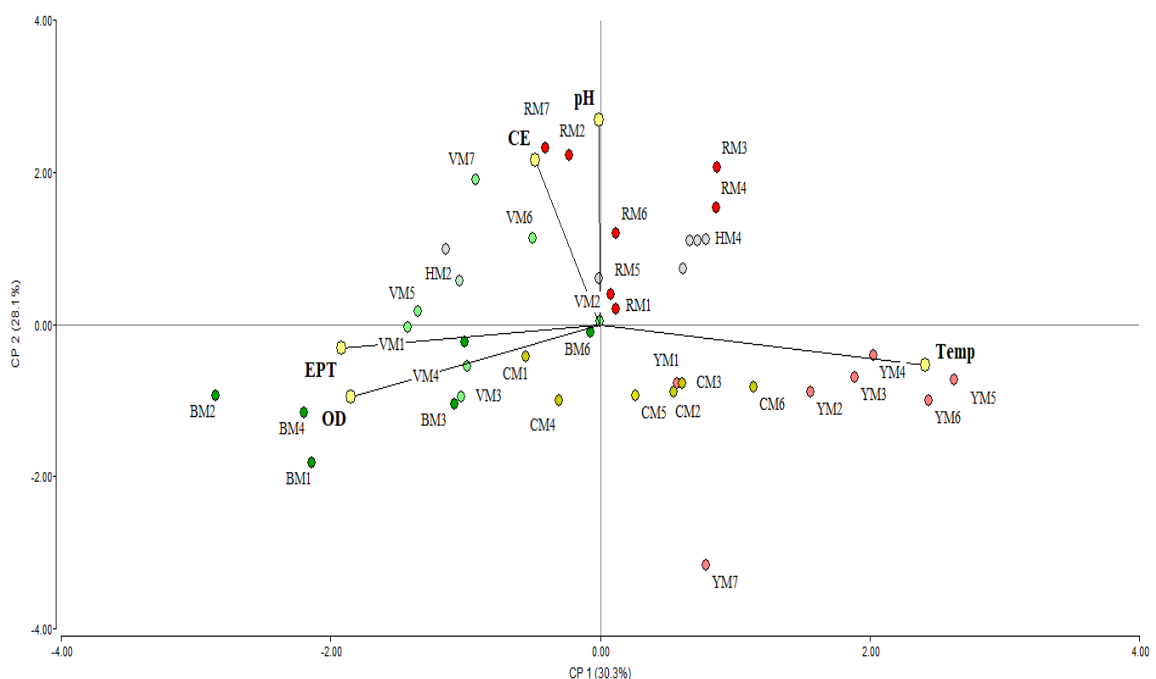
Figura 23 Curva de rarefacción del Río Helado.

5.3.2. Resultados de la evaluación de calidad de agua a través del análisis estadístico Infostat.

El análisis de componentes principales representa la relación entre las muestras de cada uno de los ríos junto al índice de EPT y los parámetros físico químicos, la distribución de las muestras sugiere la existencia de agrupamientos naturales basados en las características ambientales compartidas. Las longitudes de las flechas indican el impacto de cada variable, cuando son más largas indican una mayor contribución a la varianza explicada por los ejes. Así mismo la relación de las muestras y las variables permiten identificar que cuando las muestras se encuentran situadas en la dirección de un vector específico tienden a tener valores más altos en esa variable (Córdoba *et al.* 2012).

La figura 23 muestra como las variables se correlacionan entre sí, por ejemplo, el Oxígeno Disuelto y la Temperatura parecen estar relacionadas negativamente con el índice de EPT, entonces estos sitios reflejan temperaturas más altas y el EPT tiende a ser menor. Para las observaciones que se encuentran en la dirección opuesta al vector entre más lejos de la punta estén menos será la temperatura y entre más cerca mayor, esto también influye en tener menos presencia de EPT.

Para la conductividad eléctrica (CE) y el pH los vectores apuntan para direcciones muy similares, indicando una correlación positiva ya que en los lugares donde el pH tiene a ser más alcalino la conductividad eléctrica también tiende a ser alta. Sin embargo, el vector del EPT se dirige a una dirección opuesta diferente a la CE, indicando una correlación negativa ya que sitios con una CE alta tienen menos abundancia o diversidad de EPT. Para el pH también muestra una correlación negativa ya que los sitios tienen un pH más alto ósea más alcalino, ya que los EPT prefieren aguas más cercanas a neutro por lo que pH muy elevados afectan su presencia y tienen a disminuir.



Río Varsovia (V)	
Río Cacao (C)	
Río Yure (Y)	
Río Raíces (R)	
Río Balas (B)	
Río Helado (H)	

Figura 24 Biplot obtenido mediante el análisis de componentes principales para el índice de EPT y los parámetros fisicoquímicos.

VI. CONCLUSIONES

La evaluación de los parámetros demuestra que los ríos están relacionados con las diferentes condiciones y actividades antropogénicas presentes. Se observó variaciones en los parámetros para el OD indicando condiciones óptimas en todos los ríos excepto para el río Yure, siendo deficiente. La CE indicó un incremento en la concentración de sólidos disueltos en los ríos Varsovia, Raíces y Helado. Mientras que el río Yure presentó valores elevados de temperatura, lo que podría generar un estrés para los macroinvertebrados.

Los muestreos de macroinvertebrados mostraron poca presencia de los órdenes ephemeroptera, plecoptera y trichoptera, Sin embargo hubo abundancia del orden Odonata, en todos los ríos. Así mismo se observó que en todos hay actividad antropogénica, que impide el desarrollo de los organismos, pero el orden Odonata tiene más capacidad de adaptación a estas alteraciones.

Para los índices biológicos se realizaron las curvas de acumulación proporcionando información de la biodiversidad y riqueza existente, revelando que grupos como Ephemeroptera y Odonata muestran alta diversidad y equidad, lo que se relaciona con el índice de Shannon y Simpson bajos, mientras que otros grupos menor equidad y mayor dominancia. Para el análisis de componentes principales reveló que los parámetros como la temperatura, pH y conductividad eléctrica influyen en la presencia y distribución de los organismos acuáticos destacando las características de los parámetros en la estructura de las comunidades y salud de los ríos.

VII. RECOMENDACIONES

Expandir más el área de estudio incluyendo mas tramos del río para lograr identificar las posibles fuentes de contaminación o las alteraciones ambientales a lo largo del curso del río permitiendo comparar e identificar las actividades antropogénicas que influyen en los cambios de la dinámica natural de los cuerpos de agua.

Monitorear durante las diferentes épocas del año los macroinvertebrados bentónicos para entender como las variaciones climáticas afectan los parámetros físico químicos y en consecuencia a las diferentes comunidades de macroinvertebrados

Es importante desarrollar programas de educación y sensibilidad en las comunidades locales sobre la importancia de mantener la salud de estos ríos que desembocan en el Lago de Yojoa. Evaluando las diferentes actividades humanas como la agricultura, ganadería y urbanización, para implementar medidas de mitigación efectivas y adaptadas a las necesidades de las microcuencas.

V. REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS

- Alba-Tercedor, J. 2015. Clase Insecta. Orden Ephemeroptera. Revista IDE@ - SEA. Ibero Diversidad Entomológica @ccesible. 40:1-17.
- Alonso-Zarazaga, MÁ. 2015. CLASE INSECTA Orden Coleoptera. Revista IDE@-SEA, nº 55:1-18.
- Álvarez, S; Pérez, L. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras (en línea). Tesis Profesional ZAMORANO Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente Evaluación :69. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.
- Asueta, R; Súnico, A; Martín, JP; Sierpe, C. 2019. Uso de Indicadores Bióticos Basados en Macroinvertebrados Bentónicos para la Determinación de Calidad Ambiental en la Cuenca Superior del Río Gallegos, Santa Cruz. Informes Científicos Técnicos - UNPA 11(1):106-126. DOI: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i1.776>.
- Ávila Pérez, H; García Ibañez, S; Rosas Acevedo, JL. 2015. Análisis de componentes principales en un ecosistema léntico de México. Revista Iberoamericana de Ciencias 2(2):43-53.
- Baqueiro-cárdenas, ER; Borabe, L; Goldaracena-islas, CG. 2007. Mollusks and pollution . A review. Revista Mexicana De Biodiversidad :1-7.
- Benítez, P; Miranda, L. 2013. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de latinoamérica. Revista Internacional de Contaminacion Ambiental 29:7-23.
- Bosch, JR. 1999. La calidad de las aguas. Revista de Obras Publicas 146(3388):103-104.
- Bouza, CN; Covarrubias, D. 2005. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON EN m SITIOS DE MUESTREO. Revista Investigación Operacional 26(2):187-197.
- de Cabo, L; Seoane, R; Arreghini, S; Callau, A. 2010. Análisis de dos sistemas acuáticos: Un enfoque ecohidrológico. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 42(1):39-

- CANTERO, EEOGSMBSLTYP; PEREZ, CN. 2014. ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS VARIABLES FÍSICAS Y QUÍMICAS DE ECOSISTEMAS ACUÁTICOS DE LA UNIVERSIDAD DE CORDOBA, COLOMBIA.
- Córdoba, M; Bruno, C; Balzarini, M; Costa, JL. 2012. Análisis de componentes principales con datos georreferenciados Una aplicación en agricultura de precisión Principal component analysis with georeferenced data An application in precision agriculture (en línea). Buenos Aires. Argentina 44(1):13. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v44n1/v44n1a03.pdf>.
- DANE. 2011. FICHA TÉCNICA Sistema de Información del Medio Ambiente Identificación de la Variable. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales :1-4.
- Dávila-Recinos, G; Ortiz, JR; Reyes-Morales, F. 2019. Efecto del microhábitat sobre la abundancia y riqueza específica de los macroinvertebrados bentónicos en dos ríos tropicales de montaña, Guatemala. Ciencia, Tecnología y Salud 6(1):7-21. DOI: <https://doi.org/10.36829/63cts.v6i1.657>.
- Figueroa, JM; Sánchez-Ortega, A. 1996. Orden: Plecoptera. Cat. entomofauna aragon. 11:3-8.
- Forero, J. 2017. Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca) (en línea). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá :78. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- García de la Fuente, C. 2013. Parámetros fisicoquímicos del agua. Pv Albeitar 1:1-4.
- García, SL; Arguello, A; Parra, R; Pincay Pilay, M. 2019. Factores que influyen en el pH del agua residuales. INNOVA Research Journal 4(2):59-71.
- García, Y. 2015. Índices de salinidad del agua de la red hidrográfica del estado de morelos, México. .
- González G., SM; Ramírez, YP; Meza S., AM; Dias, LG. 2012. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Boletín Científico Museo de Historia Natural 16(2):135-148.
- Granados, H; Santos, A; Morales, K; Mayra, Z; Oliva, A; Well, R; Ortiz, V; Midence, S; Avelar, J; Rico, P; López, R; Alvarado, C; López, L. 2016. PLAN DE MANEJO

- Área Protegida Cuenca del Lago de Yojoa. :1-87.
- Grisa, AMC; Zeni, M; Muñoz, A. 2010. Análisis multivariado de parámetros fisicoquímicos del relleno sanitario de São Giacomo de Caxias do Sul, RS en la de degradación de polipropilene. *Polimeros* 20(2):159-164. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000020>.
- Guiasu Cornel, R; Guiasu, S. 2014. Índice cuadrático de ponderado de Gini-Simpson de Biodiversidad para especies interdependientes. .
- Hanson, P; Springer, M; Ramirez, A. 2008. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. :282.
- Helwig, NE; Hong, S; Hsiao-wecksler, ET. s. f. Métodos para medir la biodiversidad. .
- House, DPR. 2002. Diagnóstico Ambiental del. :1-95.
- Hurtado, S; García-Trejo, F; Gutiérrez-Yurrita, PJ. 2005. Ecological importance of the benthic macroinvertebrates in. *Folia Entomol. Mex* 44(3):271-286.
- Iglesias, J. 2014. Folleto Informativo pH. Folleto Informativo :3-7.
- Jacobo, J; Sanabria, L; Pérez Barriga, D. 2020. Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija. Determination of Water Quality through the BMWP / BOL index (ecological bioindicators) of the Trancas River, Muni. 9:1683-0768.
- Jiménez, AC; Luna, IPG; Ruge, T. s. f. La cuenca hidrográfica : s.l., s.e.
- Kaya, H; Selvi, K; Akbulut, M; Tulgar, A. 2014. The use of biomarkers to determine the effects of water pollution on the odonata larvae, *Aeshna affinis*, in Sariçay Creek (ÇAnakkale- Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 23(1):57-63.
- Lifeder. 2022. Índice de Shannon. .
- López-Mejía, M; Moreno, CE; Zuria, I; Sánchez-Rojas, G; Rojas-Martínez, A. 2017. Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados (en línea). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1):183-191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.008>.
- López, AS; López, GG; Fagilde Espinoza, MDC. 2017. Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque* 38(3):457-466. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>.
- Maja, E joëlle. 2007. Evaluación de Parámetros físicos , químicos y biológicos

Indicadores del Estado Trófico. .

- Maria, V. 1959. Universidad nacional de colombia. Comparative Studies in Society and History 1(4):401. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0010417500000463>.
- Maribet Gamboa, RR& JA. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. .
- Martínez Valdés, Y; Villalejo García, VM. 2020. Caudal ambiental: herramienta ecohidrológica en la gestión de los recursos hídricos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental XLI(1):56-70.
- Norouzian, M. 1984. Demanda Bioquímica de Oxígeno. Conceptos y Metodología. s.l., s.e., vol.1. p. 1-90.
- Ochoa, EP. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). :1-17.
- Ordoñez Galves, JJ. 2011. " Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico " LIMA -PERÚ 2011. .
- Otero, L. 2011. Temporalidad de parámetros de calidad en el Lago de Yojoa, Honduras. :142.
- Oviedo, MSAIH; Ph.D. Marín, M; Madrid, DMDLE De; Lic. Marcela Garay Canales. 2015. "Variación estacional de la Diversidad y Abundancia del fitoplancton con énfasis en Cianobacterias Toxicas en el lago de Yojoa, Honduras" SEPTIEMBRE 2015. .
- Pla, L. 2006. BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. .
- Quijano, MND; Sayas, GA; Azcorra, IAM; Cob, B del RC. 2020. Ecología. (July):1-23.
- Quintero-espinosa, IA. 2015. Ecohidrología. (April).
- Reyes, CC; Peralbo, KF. 2001. Los macroinvertebrados acuaticos. .
- Riaño-Pachón, DM. 2001. Análisis de conglomerados. .
- Rivas, J. 2018. Ficha Informativa RAMSAR. Complejo de Humedales Cuyabeno Lagartococha Yasuní (June 2020):1-9.
- Rodríguez, M; Granero, M; Bustamante, M; Avena, M; Bonfanti, E; Busso, F; Girbal, A. 2002. Analisis De La Composicion Ionica De Las Aguas Del Embalse San Roque, Cordoba. XIX Congreso Nacional del Agua :1-11.
- Rodríguez, PJ; Val Segura, R; Rbat-Bofill, M; Martí Cardona, B; Ninyerola Chifoni, D; Bachero, A; Joan; Dolz Ripollés, J. 2015. Ebro (España). (July).
- Roldan Perez, G. 1999. Los_macroinvertebrados_y_su_valor_como_i.pdf. s.l., s.e., vol.23. p. 387.

- Romero, F; Pineda, NM. 2007. Batimetría del Lago de Yojoa. *Revista Técnico-Científica Tatascan* 19(2):2007.
- Romero Gil, I. 2021. Efectos ambientales de canalizaciones y encauzamientos. Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente :1-10.
- Samanez, I; Rimarachín, V; Palma, C; Arana, J; Ortega, H; Correa, V; Hidalgo, M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. s.l., s.e. 75 p.
- Samaniego, E; García, Y; Neill, D; Arteaga, Y; Vargas, JC; Rojas, L. 2015. Diversidad florística de tres sitios de un bosque siempreverde piemontano de la región oriental amazónica del Ecuador Floristic Diversity of three Locations of a Piemontano Evergreen Forest in the Ecuadorian Eastern Amazon Region. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen* 4(1):1-32.
- Samboni Ruiz, NE; Carvajal Escobar, Y; Escobar, JC. 2007. A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. *Ingeniería e Investigación* 27(3):172-181. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v27n3.14858>.
- Santiago, JMS. 2010. Impacto Del Cambio Climático Sobre Los. :1-3.
- Secchi, D; Secchi, D; Jtu, L; Ntu, L. s. f. Folleto Informativo Turbidez ¿Qué es? .
- Somarriba, E. 1999. Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas* 6(23):72-74.
- Springer, M. 2010. Capítulo 7. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* 58(SUPPL. 4):151-198.
- Studer, E. 2007. La contaminación ambiental del Lago de Yojoa: Un estudio bibliográfico respecto a un Sistema de Indicadores Ambientales. :1-31.
- Tarigan, PB. 2013. Geohidrología Ambiental. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):1689-1699.
- Torralba-Burrial, A. 2015. Orden Odonata. *Revista IDE@* 41:1-22.
- Uc-Peraza, RG; Delgado-Blas, VH. 2012. Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laeonereis culveri* (webster 1879) (polychaeta: Annelida). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* 28(2):137-144. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6924521>.
- UNESCO. 2018. Eco Hidrología. .

- Vasconez, M; Mancheno, A; Alvarez, C; Prehn, C; Cevallos, C; Ortiz, L. 2019. Cuencas Hidrograficas. s.l., s.e.
- Water Boards. 2011. Folleto Informativo Temperatura. Water Boards :3-5.
- Alba-Tercedor, J. 2015. Clase Insecta. Orden Ephemeroptera. Revista IDE@ - SEA. Ibero Diversidad Entomológica @ccesible. 40:1-17.
- Alonso-Zarazaga, M.Á. 2015. CLASE INSECTA Orden Coleoptera. Revista IDE@-SEA, nº 55:1-18.
- Álvarez, S; Pérez, L. 2007. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras (en línea). Tesis Profesional ZAMORANO Carrera Desarrollo Socioeconómico y Ambiente Evaluación :69. Disponible en <https://bdigital.zamorano.edu/bitstream/11036/524/1/IAD-2007-T001.pdf>.
- Asueta, R; Súnico, A; Martín, JP; Sierpe, C. 2019. Uso de Indicadores Bióticos Basados en Macroinvertebrados Bentónicos para la Determinación de Calidad Ambiental en la Cuenca Superior del Río Gallegos, Santa Cruz. Informes Científicos Técnicos - UNPA 11(1):106-126. DOI: <https://doi.org/10.22305/ict-unpa.v11i1.776>.
- Ávila Pérez, H; García Ibañez, S; Rosas Acevedo, JL. 2015. Análisis de componentes principales en un ecosistema léntico de México. Revista Iberoamericana de Ciencias 2(2):43-53.
- Baqueiro-cárdenas, ER; Borabe, L; Goldaracena-islas, CG. 2007. Mollusks and pollution . A review. Revista Mexicana De Biodiversidad :1-7.
- Benítez, P; Miranda, L. 2013. Contaminación de aguas superficiales por residuos de plaguicidas en Venezuela y otros países de latinoamérica. Revista Internacional de Contaminación Ambiental 29:7-23.
- Bosch, JR. 1999. La calidad de las aguas. Revista de Obras Publicas 146(3388):103-104.
- Bouza, CN; Covarrubias, D. 2005. ESTIMACIÓN DEL ÍNDICE DE DIVERSIDAD DE SIMPSON EN m SITIOS DE MUESTREO. Revista Investigación Operacional 26(2):187-197.
- de Cabo, L; Seoane, R; Arreghini, S; Callau, A. 2010. Análisis de dos sistemas acuáticos: Un enfoque ecohidrológico. Revista de la Facultad de Ciencias Agrarias 42(1):39-51.
- CANTERO, EEOGSMBSLTYP; PEREZ, CN. 2014. ESTUDIO PRELIMINAR DE LAS VARIABLES FISICAS Y QUIMICAS DE DOSECOSISTEMAS

- Córdoba, M; Bruno, C; Balzarini, M; Costa, JL. 2012. Análisis de componentes principales con datos georreferenciados Una aplicación en agricultura de precisión Principal component analysis with georeferenced data An application in precision agriculture (en línea). Buenos Aires. Argentina 44(1):13. Disponible en <http://www.scielo.org.ar/pdf/refca/v44n1/v44n1a03.pdf>.
- DANE. 2011. FICHA TÉCNICA Sistema de Información del Medio Ambiente Identificación de la Variable. Instituto de Hidrología, Meteorología y Estudios Ambientales :1-4.
- Dávila-Recinos, G; Ortiz, JR; Reyes-Morales, F. 2019. Efecto del microhábitat sobre la abundancia y riqueza específica de los macroinvertebrados bentónicos en dos ríos tropicales de montaña, Guatemala. Ciencia, Tecnología y Salud 6(1):7-21. DOI: <https://doi.org/10.36829/63cts.v6i1.657>.
- Figueroa, JM; Sánchez-Ortega, A. 1996. Orden: Plecoptera. Cat. entomofauna aragon. 11:3-8.
- Forero, J. 2017. Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta del Río Frío (Tabio, Cundinamarca) (en línea). Pontificia Universidad Javeriana, Bogotá :78. Disponible en <https://repository.javeriana.edu.co/bitstream/handle/10554/34419/ForeroDuarteJulian2017.pdf?sequence=1&isAllowed=y>.
- García de la Fuente, C. 2013. Parámetros fisicoquímicos del agua. Pv Albeitar 1:1-4.
- García, SL; Arguello, A; Parra, R; Pincay Pilay, M. 2019. Factores que influyen en el pH del agua residuales. INNOVA Research Journal 4(2):59-71.
- García, Y. 2015. Índices de salinidad del agua de la red hidrográfica del estado de morelos, méxico. .
- González G., SM; Ramírez, YP; Meza S., AM; Dias, LG. 2012. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua de quebradas abastecedoras del municipio de Manizales. Boletín Científico Museo de Historia Natural 16(2):135-148.
- Granados, H; Santos, A; Morales, K; Mayra, Z; Oliva, A; Well, R; Ortiz, V; Midence, S; Avelar, J; Rico, P; López, R; Alvarado, C; López, L. 2016. PLAN DE MANEJO Área Protegida Cuenca del Lago de Yojoa. :1-87.
- Grisa, AMC; Zeni, M; Muñoz, A. 2010. Análisis multivariado de parámetros fisicoquímicos del relleno sanitario de São Giacomo de Caxias do Sul, RS en la

- de degradaciòn de polipropilene. *Polimeros* 20(2):159-164. DOI: <https://doi.org/10.1590/S0104-14282010005000020>.
- Guiasu Cornel, R; Guiasu, S. 2014. Índice cuadrático de ponderado de Gini-Simpson de Biodiversidad para especies interdependientes. .
- Hanson, P; Springer, M; Ramirez, A. 2008. Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. :282.
- Helwig, NE; Hong, S; Hsiao-wecksler, ET. s. f. Métodos para medir la biodiversidad. .
- House, DPR. 2002. Diagnóstico Ambiental del. :1-95.
- Hurtado, S; García-Trejo, F; Gutiérrez-Yurrita, PJ. 2005. Ecological importance of the benthic macroinvertebrates in. *Folia Entomol. Mex* 44(3):271-286.
- Iglesias, J. 2014. Folleto Informativo pH. Folleto Informativo :3-7.
- Jacobo, J; Sanabria, L; Pérez Barriga, D. 2020. Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija. Determination of Water Quality through the BMWP / BOL index (ecological bioindicators) of the Trancas River, Muni. 9:1683-0768.
- Jiménez, AC; Luna, IPG; Ruge, T. s. f. La cuenca hidrográfica : s.l., s.e.
- Kaya, H; Selvi, K; Akbulut, M; Tulgar, A. 2014. The use of biomarkers to determine the effects of water pollution on the odonata larvae, *Aeshna affinis*, in Sariçay Creek (ÇAnakkale- Turkey). *Fresenius Environmental Bulletin* 23(1):57-63.
- Lifeder. 2022. Índice de Shannon. .
- López-Mejía, M; Moreno, CE; Zuria, I; Sánchez-Rojas, G; Rojas-Martínez, A. 2017. Comparación de dos métodos para analizar la proporción de riqueza de especies entre comunidades: un ejemplo con murciélagos de selvas y hábitats modificados (en línea). *Revista Mexicana de Biodiversidad* 88(1):183-191. DOI: <https://doi.org/10.1016/j.rmb.2017.01.008>.
- López, AS; López, GG; Fagilde Espinoza, MDC. 2017. Propuesta de un índice de diversidad funcional. Aplicación a un bosque semideciduo micrófilo de Cuba Oriental. *Bosque* 38(3):457-466. DOI: <https://doi.org/10.4067/S0717-92002017000300003>.
- Maja, E joëlle. 2007. Evaluación de Parámetros físicos , químicos y biológicos Indicadores del Estado Trófico. .
- Maria, V. 1959. Universidad nacional de colombia. *Comparative Studies in Society and History* 1(4):401. DOI: <https://doi.org/10.1017/S0010417500000463>.

- Maribet Gamboa, RR& JA. 2008. Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. .
- Martínez Valdés, Y; Villalejo García, VM. 2020. Caudal ambiental: herramienta ecohidrológica en la gestión de los recursos hídricos. Ingeniería Hidráulica y Ambiental XLI(1):56-70.
- Norouzian, M. 1984. Demanda Bioquímica de Oxígeno. Conceptos y Metodología. s.l., s.e., vol.1. p. 1-90.
- Ochoa, EP. 2003. Ficha Informativa de los Humedales de Ramsar (FIR). :1-17.
- Ordoñez Galves, JJ. 2011. " Contribuyendo al desarrollo de una Cultura del Agua y la Gestión Integral de Recurso Hídrico " LIMA -PERÚ 2011. .
- Otero, L. 2011. Temporalidad de parámetros de calidad en el Lago de Yojoa, Honduras. :142.
- Oviedo, MSAIH; Ph.D. Marín, M; Madrid, DMDLE De; Lic. Marcela Garay Canales. 2015. "Variación estacional de la Diversidad y Abundancia del fitoplancton con énfasis en Cianobacterias Tóxicas en el lago de Yojoa, Honduras" SEPTIEMBRE 2015. .
- Pla, L. 2006. BIODIVERSIDAD: INFERENCIA BASADA EN EL ÍNDICE DE SHANNON Y LA RIQUEZA. .
- Quijano, MND; Sayas, GA; Azcorra, IAM; Cob, B del RC. 2020. Ecología. (July):1-23.
- Quintero-espinosa, IA. 2015. Ecohidrología. (April).
- Reyes, CC; Peralbo, KF. 2001. Los macroinvertebrados acuáticos. .
- Riaño-Pachón, DM. 2001. Análisis de conglomerados. .
- Rivas, J. 2018. Ficha Informativa RAMSAR. Complejo de Humedales Cuyabeno Lagartococha Yasuní (June 2020):1-9.
- Rodríguez, M; Granero, M; Bustamante, M; Avena, M; Bonfanti, E; Busso, F; Girbal, A. 2002. Analisis De La Composicion Ionica De Las Aguas Del Embalse San Roque, Cordoba. XIX Congreso Nacional del Agua :1-11.
- Rodríguez, PJ; Val Segura, R; Rbat-Bofill, M; Martí Cardona, B; Ninyerola Chifoni, D; Bachero, A; Joan; Dolz Ripollés, J. 2015. Ebro (España). (July).
- Roldan Perez, G. 1999. Los_macroinvertebrados_y_su_valor_como_i.pdf. s.l., s.e., vol.23. p. 387.
- Romero, F; Pineda, NM. 2007. Batimetría del Lago de Yojoa. Revista Técnico-Científica Tatascan 19(2):2007.
- Romero Gil, I. 2021. Efectos ambientales de canalizaciones y encauzamientos.

- Universitat Politècnica de València. Escuela Técnica Superior de Ingenieros de Caminos, Canales y Puertos. Departamento de Ingeniería Hidráulica y Medio Ambiente :1-10.
- Samanez, I; Rimarachín, V; Palma, C; Arana, J; Ortega, H; Correa, V; Hidalgo, M. 2014. Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú. s.l., s.e. 75 p.
- Samaniego, E; García, Y; Neill, D; Arteaga, Y; Vargas, JC; Rojas, L. 2015. Diversidad florística de tres sitios de un bosque siempreverde piemontano de la región oriental amazónica del Ecuador Floristic Diversity of three Locations of a Piemontano Evergreen Forest in the Ecuadorian Eastern Amazon Region. *Revista Amazónica Ciencia y Tecnología Volumen 4(1):1-32.*
- Samboni Ruiz, NE; Carvajal Escobar, Y; Escobar, JC. 2007. A review of physical-chemical parameters as water quality and contamination indicators. *Ingeniería e Investigación* 27(3):172-181. DOI: <https://doi.org/10.15446/ing.investig.v27n3.14858>.
- Santiago, JMS. 2010. Impacto Del Cambio Climático Sobre Los. :1-3.
- Secchi, D; Secchi, D; Jtu, L; Ntu, L. s. f. Folleto Informativo Turbidez ¿Qué es? .
- Somarriba, E. 1999. Diversidad Shannon. *Agroforestería en las Américas* 6(23):72-74.
- Springer, M. 2010. Capítulo 7. Trichoptera. *Revista de Biología Tropical* 58(SUPPL. 4):151-198.
- Studer, E. 2007. La contaminación ambiental del Lago de Yojoa: Un estudio bibliográfico respecto a un Sistema de Indicadores Ambientales. :1-31.
- Tarigan, PB. 2013. Geohidrología Ambiental. *Journal of Chemical Information and Modeling* 53(9):1689-1699.
- Torralba-Burrial, A. 2015. Orden Odonata. *Revista IDE@* 41:1-22.
- Uc-Peraza, RG; Delgado-Blas, VH. 2012. Determinación de la concentración letal media (CL50) de cuatro detergentes domésticos biodegradables en *Laonereis culveri* (webster 1879) (polychaeta: Annelida). *Revista Internacional de Contaminacion Ambiental* 28(2):137-144. DOI: <https://doi.org/10.5281/zenodo.6924521>.
- UNESCO. 2018. Eco Hidrología. .
- Vasconez, M; Mancheno, A; Alvarez, C; Prehn, C; Cevallos, C; Ortiz, L. 2019. Cuencas Hidrograficas. s.l., s.e.
- Water Boards. 2011. Folleto Informativo Temperatura. *Water Boards* :3-5.

VI. ANEXOS

Anexo 1 Toma de datos paramétricos con la ayuda del pH metro y sonda multiparamétrica para cada uno de los ríos.



Anexo 2 Registro fotográfico de la localidad y muestreo del rio Varsovia, Cacao, Yure, Raíces, Balas, Helado.



Figura 25 El inciso (1) representa al río Varsovia

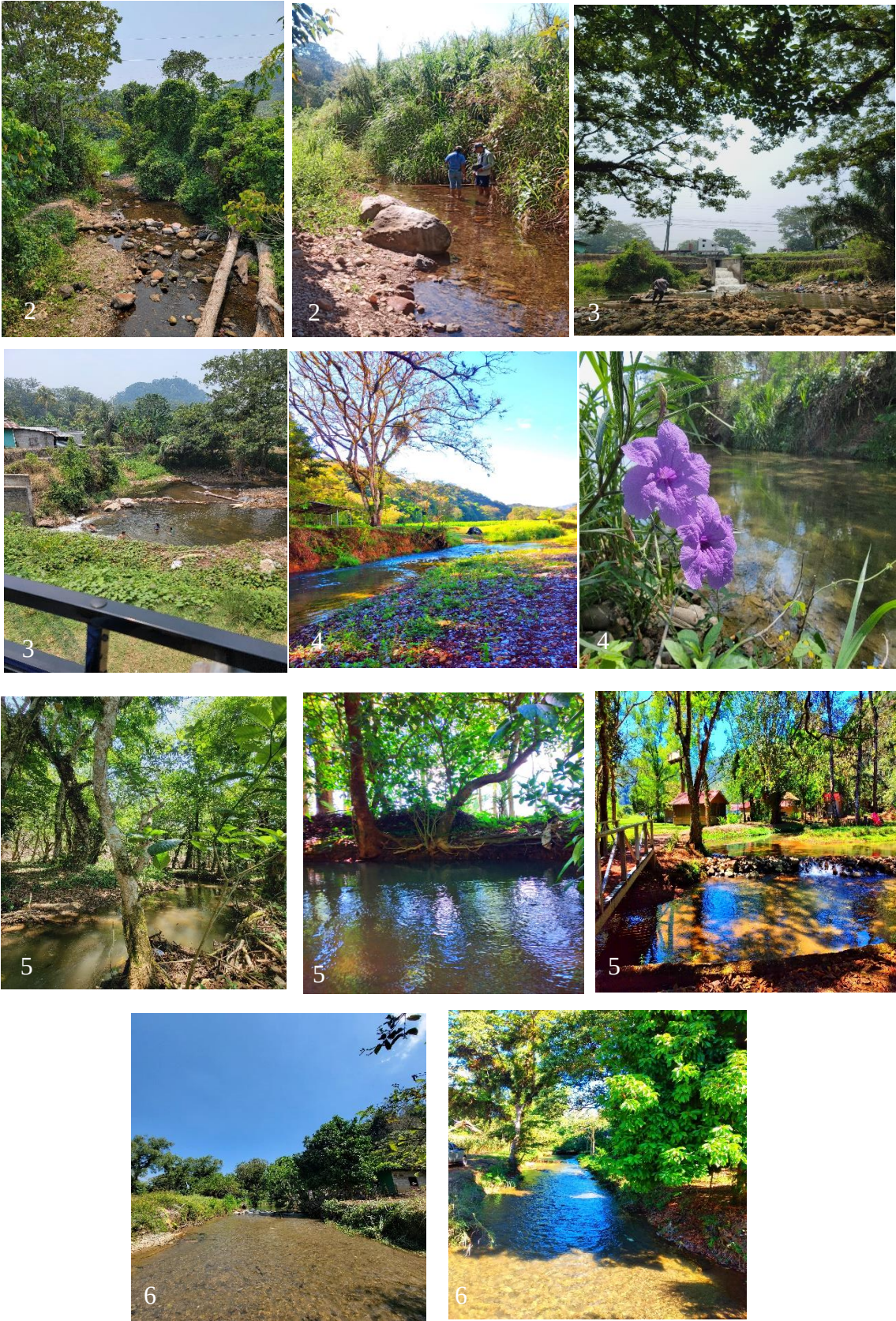
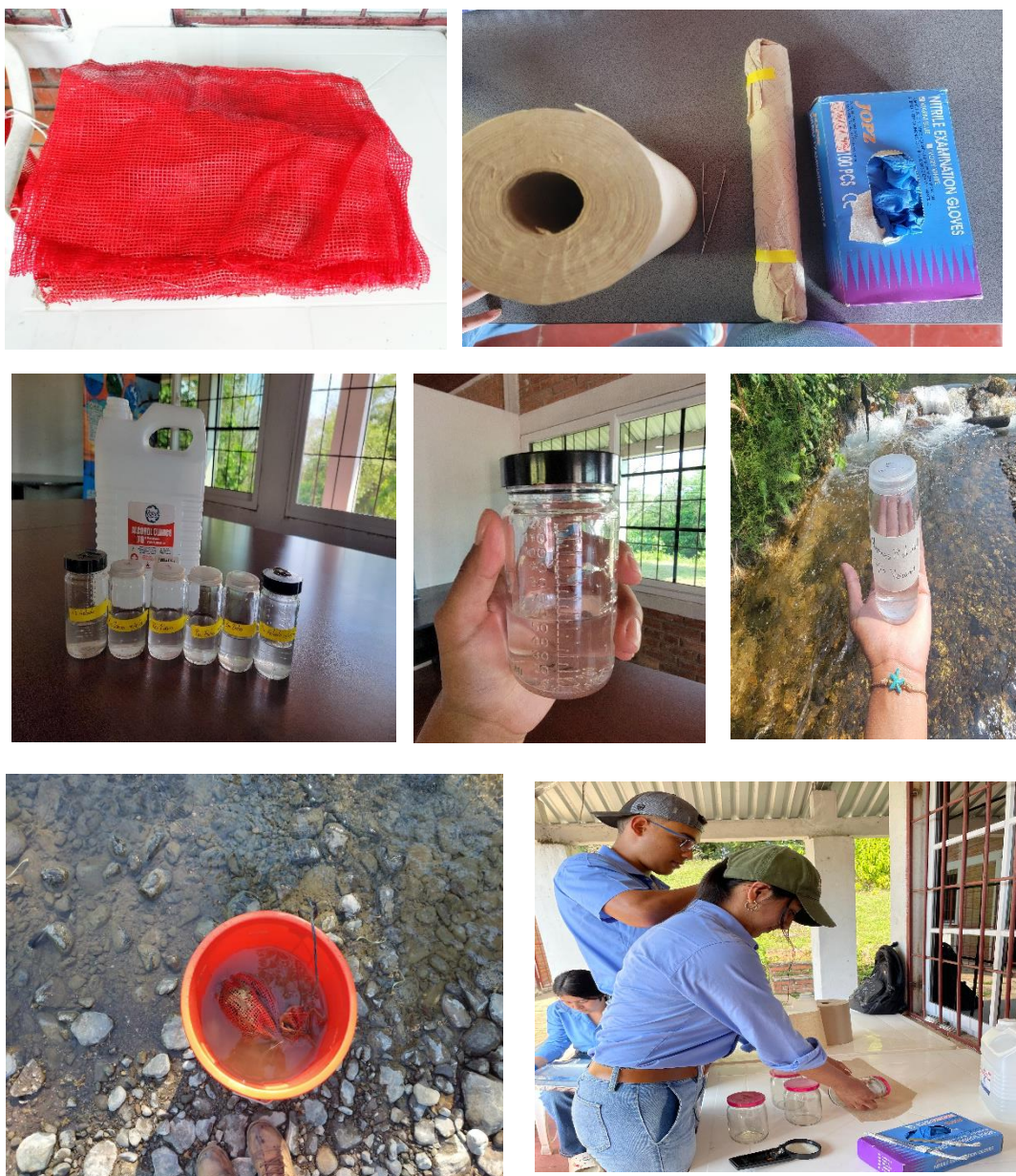
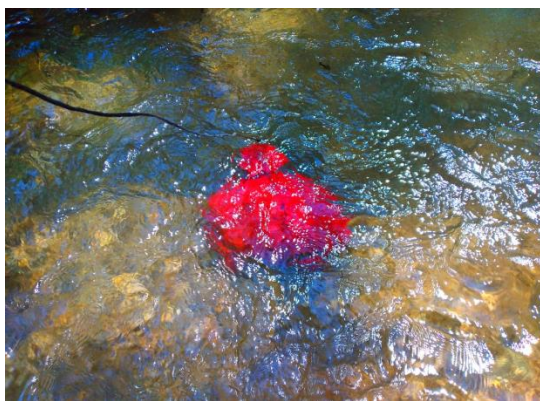


Figura 26 Inciso (2) río Cacao, (3) río Yure, (4) río Raíces, (5) río Balas, (6) río Helado.

Anexo 3 Trampas y equipo para muestreo.



Anexo 4 Trampas.



Anexo 5 Ordenes de macro invertebrados bentónicos presentes en los ríos estudiados.



Figura 27 a) Orden Ephemeroptera (Baetidae), b) orden Ephemeroptera (Leptophlebilidae), c) orden Plecoptera (Perlidae), d) orden Coleoptera (Larva de Psephenidae).



Figura 28 e) orden Odonata (Zygoptera), f) orden Odonata (Libellulidae), g) orden Diptera (Chiromidae).



Figura 29 h) Orden Diptera (Simulilidae), i) orden Megaloptera ((Larva de corydalidae)
j) orden Trichoptera (Hydropsychidae).

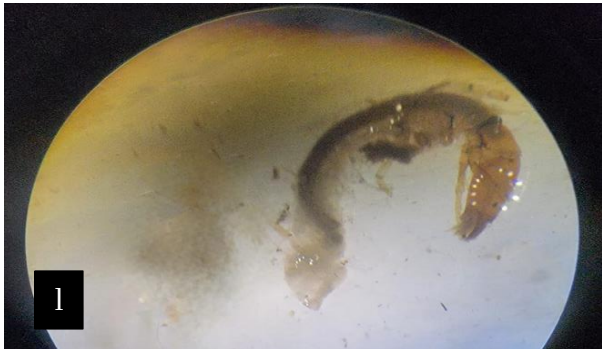


Figura 30 k) orden Trichoptera (Hydroptilidae), l) orden Trichoptera (Polycentropodidae), m) orden Trichoptera (Psychomyiidae), n) orden Hemiptera (Naucoridae).



Figura 31 ñ) orden Hemíptera, o) orden coleoptera (Lutrochidae), p) orden coleoptera (Elmidae), q) orden Lepidopteraa (Pyralidae).

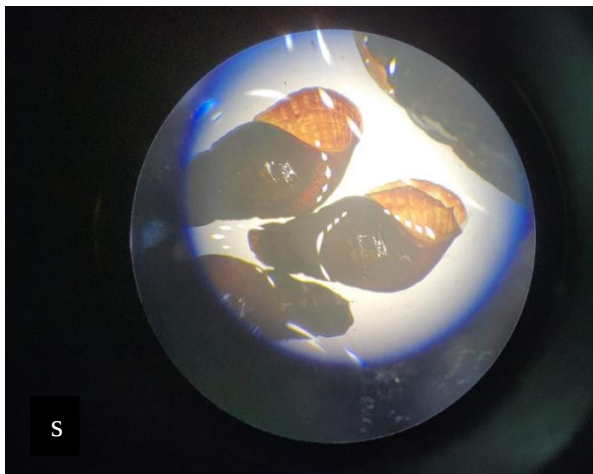


Figura 32 r) orden Blattodea (Blattellinae), s) orden Mollusca.

Anexo 6 Tabla de Índices de Shannon y Simpson

	Ephem	Lower	Upper	Plecop	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Mega
Taxa_S	7	7	7	4	3	4	10	10	10	8	8	8	1
Individuals	100	100	100	10	10	10	56	56	56	67	67	67	1
Dominance_D	0.2242	0.1984	0.2676	0.28	0.26	0.5	0.1135	0.1097	0.1569	0.2248	0.1793	0.2898	1
Simpson_1-D	0.7758	0.7322	0.8016	0.72	0.5	0.74	0.8865	0.8431	0.8903	0.7752	0.7097	0.8207	0
Shannon_H	1.632	1.5	1.729	1.314	0.8979	1.366	2.24	2.04	2.255	1.703	1.542	1.849	0
Evenness_e^H/S	0.7305	0.6405	0.805	0.9301	0.7428	0.9801	0.9389	0.769	0.9532	0.6864	0.5845	0.7944	1
Brillouin	1.521	1.397	1.613	0.9729	0.6579	1.013	1.976	1.796	1.991	1.538	1.386	1.673	0
Menhinick	0.7	0.7	0.7	1.265	0.9487	1.265	1.336	1.336	1.336	0.9774	0.9774	0.9774	1
Margalef	1.303	1.303	1.303	1.303	0.8686	1.303	2.236	2.236	2.236	1.665	1.665	1.665	0
Equitability_J	0.8386	0.7711	0.8886	0.9477	0.7855	0.9855	0.9726	0.8859	0.9792	0.819	0.7417	0.8893	
Fisher_alpha	1.714	1.714	1.714	2.471	1.453	2.471	3.544	3.544	3.544	2.369	2.369	2.369	0
Berger-Parker	0.32	0.26	0.41	0.3	0.3	0.6	0.1607	0.1429	0.2857	0.3731	0.2537	0.4776	1
Chao-1	7	7	8	4	3	5	10	10	11	9	8	11	1

Figura 33 tabla de índices Río Varsovia

Numbers	Plot												
	Ephem	Lower	Upper	Plecop	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Mega
Taxa_S	7	7	7	2	1	2	3	3	3	7	6	7	6
Individuals	51	51	51	3	3	3	9	9	9	52	52	52	10
Dominance_D	0.1795	0.1603	0.2457	0.5556	0.5556	1	0.358	0.3333	0.5556	0.5503	0.4068	0.7212	0.18
Simpson_1-D	0.8205	0.7543	0.8397	0.4444	0	0.4444	0.642	0.4444	0.6667	0.4497	0.2788	0.5932	0.82
Shannon_H	1.819	1.613	1.884	0.6365	0	0.6365	1.061	0.6837	1.099	1.022	0.6859	1.307	1.748
Evenness_e^H/S	0.8808	0.7165	0.9395	0.9449	0.9449	1	0.9629	0.7789	1	0.3968	0.2918	0.5281	0.9572
Brillouin	1.62	1.43	1.68	0.3662	0	0.3662	0.7932	0.4923	0.8252	0.8736	0.5625	1.142	1.233
Menhinick	0.9802	0.9802	0.9802	1.155	0.5774	1.155	1	1	1	0.9707	0.8321	0.9707	1.897
Margalef	1.526	1.526	1.526	0.9102	0	0.9102	0.9102	0.9102	0.9102	1.519	1.265	1.519	2.171
Equitability_J	0.9348	0.8287	0.9679	0.9183	0	0.9183	0.9656	0.7725	1	0.525	0.3576	0.6719	0.9756
Fisher_alpha	2.196	2.196	2.196	2.622	0.5252	2.622	1.576	1.576	1.576	2.178	1.753	2.178	6.333
Berger-Parker	0.2745	0.2157	0.3922	0.6667	0.6667	1	0.4444	0.3333	0.6667	0.7308	0.6154	0.8462	0.2
Chao-1	7	7	7	2	1	2	3	3	3	7.333	7	13	6.2

Figura 34 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Cacao

	Ephem	Lower	Upper	Plecop	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Mega
Taxa_S	3	3	3	1	1	1	2	2	2	4	4	4	1
Individuals	29	29	29	1	1	1	5	5	5	13	13	13	1
Dominance_D	0.4388	0.3746	0.5268	1	1	1	0.68	0.52	0.68	0.2544	0.2544	0.3964	1
Simpson_1-D	0.5612	0.4732	0.6254	0	0	0	0.32	0.32	0.48	0.7456	0.6036	0.7456	0
Shannon_H	0.8957	0.7563	1.03	0	0	0	0.5004	0.5004	0.673	1.378	1.072	1.378	0
Evenness_e^H/S	0.8163	0.7101	0.9341	1	1	1	0.8247	0.8247	0.9801	0.9916	0.744	0.9916	1
Brillouin	0.7869	0.6591	0.9109	0	0	0	0.3219	0.3219	0.4605	1.077	0.8124	1.077	0
Menhinick	0.5571	0.5571	0.5571	1	1	1	0.8944	0.8944	0.8944	1.109	1.109	1.109	1
Margalef	0.5939	0.5939	0.5939	0	0	0	0.6213	0.6213	0.6213	1.17	1.17	1.17	0
Equitability_J	0.8153	0.6884	0.938		0	0	0.7219	0.7219	0.971	0.9939	0.7867	0.9939	
Fisher_alpha	0.8404	0.8404	0.8404	0	0	0	1.235	1.235	1.235	1.974	1.974	1.974	0
Berger-Parker	0.4828	0.4483	0.6552	1	1	1	0.8	0.6	0.8	0.3077	0.3077	0.5385	1
Chao-1	3	3	3	1	1	1	2	2	2	4	4	5	1

Figura 35 Tabla de índices Shannon y Simpson

	Ephem	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Mega	Lower	Upper	Iepid
Taxa_S	5	5	5	4	4	4	7	7	7		1	2	
Individuals	29	29	29	34	34	34	43	43	43	3	3	3	1
Dominance_D	0.3841	0.2889	0.4649	0.3235	0.2785	0.4325	0.1931	0.1682	0.2591	0.5556	0.5556	1	1
Simpson_1-D	0.6159	0.5351	0.7111	0.6765	0.5675	0.7215	0.8069	0.7409	0.8318	0.4444	0	0.4444	0
Shannon_H	1.136	1.025	1.385	1.22	1.022	1.327	1.765	1.56	1.854	0.6365	0	0.6365	0
Evenness_e^H/S	0.6228	0.5572	0.799	0.8468	0.6948	0.9422	0.8343	0.6795	0.9121	0.9449	0.9449	1	1
Brillouin	0.961	0.8603	1.185	1.076	0.8943	1.174	1.546	1.361	1.627	0.3662	0	0.3662	0
Menhinick	0.9285	0.9285	0.9285	0.686	0.686	0.686	1.067	1.067	1.067	1.155	0.5774	1.155	1
Margalef	1.188	1.188	1.188	0.8507	0.8507	0.8507	1.595	1.595	1.595	0.9102	0	0.9102	0
Equitability_J	0.7058	0.6366	0.8605	0.88	0.7374	0.957	0.9069	0.8014	0.9527	0.9183	0	0.9183	
Fisher_alpha	1.742	1.742	1.742	1.178	1.178	1.178	2.372	2.372	2.372	2.622	0.5252	2.622	0
Berger-Parker	0.4828	0.3793	0.6207	0.4412	0.3235	0.5882	0.2791	0.2326	0.4186	0.6667	0.6667	1	1
Chao-1	5.5	5	8	4	4	4	7	7	8	2	1	2	1

Figura 36 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Raíces.

	Ephem	Lower	Upper	Plecop	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Dip
Taxa_S	7	7	7	1	1	1	1	1	1	7	7	7	1
Individuals	18	18	18	1	1	1	1	1	1	58	58	58	1
Dominance_D	0.2037	0.1605	0.2901	1	1	1	1	1	1	0.1677	0.1546	0.2235	1
Simpson_1-D	0.7963	0.7099	0.8395	0	0	0	0	0	0	0.8323	0.7765	0.8454	0
Shannon_H	1.736	1.532	1.879	0	0	0	0	0	0	1.861	1.683	1.905	0
Evenness_e^H/S	0.8108	0.6803	0.9352	1	1	1	1	1	1	0.919	0.7686	0.9598	1
Brillouin	1.352	1.183	1.47	0	0	0	0	0	0	1.678	1.511	1.718	0
Menhinick	1.65	1.65	1.65	1	1	1	1	1	1	0.9191	0.9191	0.9191	1
Margalef	2.076	2.076	2.076	0	0	0	0	0	0	1.478	1.478	1.478	0
Equitability_J	0.8922	0.802	0.9656		0	0		0	0	0.9566	0.8647	0.9789	
Fisher_alpha	4.208	4.208	4.208	0	0	0	0	0	0	2.082	2.082	2.082	0
Berger-Parker	0.2778	0.2222	0.4444	1	1	1	1	1	1	0.2586	0.1897	0.3793	1
Chao-1	8.5	7	13	1	1	1	1	1	1	7	7	7	1

Figura 37 Tabla de índice de Shannon y Simpson Río Balas.

	Ephem	Lower	Upper	Plecop	Lower	Upper	Trich	Lower	Upper	Odon	Lower	Upper	Mega
Taxa_S	6	6	6	2	1	2	5	5	5	6	6	6	1
Individuals	35	35	35	3	3	3	24	24	24	32	32	32	1
Dominance_D	0.2408	0.2	0.3241	0.5556	0.5556	1	0.2813	0.2257	0.3993	0.2734	0.2148	0.377	1
Simpson_1-D	0.7592	0.6759	0.8	0.4444	0	0.4444	0.7188	0.6007	0.7743	0.7266	0.623	0.7852	0
Shannon_H	1.568	1.348	1.689	0.6365	0	0.6365	1.402	1.163	1.538	1.465	1.268	1.637	0
Evenness_e^H/S	0.7992	0.6414	0.9027	0.9449	0.9449	1	0.8129	0.6402	0.9315	0.7212	0.5922	0.8564	1
Brillouin	1.354	1.154	1.464	0.3662	0	0.3662	1.172	0.9589	1.293	1.251	1.07	1.403	0
Menhinick	1.014	1.014	1.014	1.155	0.5774	1.155	1.021	1.021	1.021	1.061	1.061	1.061	1
Margalef	1.406	1.406	1.406	0.9102	0	0.9102	1.259	1.259	1.259	1.443	1.443	1.443	0
Equitability_J	0.8749	0.7522	0.9429	0.9183	0	0.9183	0.8713	0.7229	0.9559	0.8176	0.7076	0.9135	
Fisher_alpha	2.084	2.084	2.084	2.622	0.5252	2.622	1.922	1.922	1.922	2.18	2.18	2.18	0
Berger-Parker	0.3143	0.2571	0.4857	0.6667	0.6667	1	0.4167	0.2917	0.5833	0.4063	0.2813	0.5625	1
Chao-1	6	6	7	2	1	2	5	5	6	7	6	9	1

Figura 38 Tabla de indice de Shannon y Simpson Río Helado

Anexo 7 Cuadro resumen análisis de correlación

Caso	Muestra	Temp	OD	CE	pH	EPT	CP 1	CP 2	CRI_1	CRI_2
1	R1M1	18.09	9.43	106.10	7.72	50.00	-1.43	-0.04	47.05	0.03
2	R1M2	20.72	8.36	100.30	7.78	18.00	0.00	0.03	0.00	0.08
3	R1M3	20.32	8.77	0.93	7.71	65.00	-0.99	-0.55	23.82	7.44
4	R1M4	20.72	8.85	0.93	7.93	71.00	-1.00	-0.23	21.28	1.09
5	R1M5	20.72	8.85	134.00	7.93	84.00	-1.35	0.17	35.53	0.57
6	R1M6	21.67	8.47	397.00	7.94	45.00	-0.50	1.14	13.07	67.31
7	R1M7	22.62	8.08	660.00	7.95	72.00	-0.93	1.90	9.64	40.43
8	R2M1	18.94	9.02	91.80	7.46	19.00	-0.55	-0.43	9.66	5.74
9	R2M2	21.67	8.38	88.50	7.33	2.00	0.57	-0.78	13.08	24.13
10	R2M3	21.67	8.38	88.50	7.33	0.00	0.61	-0.77	14.04	22.36
11	R2M4	22.36	8.31	91.36	7.31	57.00	-0.31	-1.00	4.01	42.87
12	R2M5	23.56	7.99	83.72	7.38	46.00	0.26	-0.93	4.06	51.17
13	R2M6	24.75	7.66	76.08	7.44	19.00	1.14	-0.83	63.26	33.50
14	R3M1	23.23	8.16	113.70	7.30	25.00	0.54	-0.89	22.14	59.47
15	R3M2	25.50	5.56	60.80	7.40	18.00	1.56	-0.89	70.66	22.94
16	R3M3	26.59	8.68	99.60	7.53	0.00	1.89	-0.70	81.49	11.19
17	R3M4	26.93	8.50	56.30	7.80	0.00	2.03	-0.40	79.07	3.09
18	R3M5	29.13	8.11	96.30	7.59	0.00	2.62	-0.74	78.99	6.22
19	R3M6	28.37	8.09	76.80	7.44	0.00	2.44	-1.01	77.95	13.28
20	R3M7	27.41	5.95	57.20	6.25	83.00	0.79	-3.17	3.19	51.63
21	R4M1	21.53	8.71	0.43	8.13	25.00	0.12	0.21	0.48	1.51
22	R4M2	22.80	8.59	743.00	7.93	33.00	-0.23	2.22	0.59	55.61
23	R4M3	24.03	9.13	499.00	8.31	0.00	0.87	2.06	12.43	70.18
24	R4M4	23.72	8.98	418.00	8.14	0.00	0.88	1.53	19.46	62.12
25	R4M5	20.72	8.85	134.00	7.93	10.00	0.06	0.40	0.38	9.02
26	R4M6	22.17	8.70	371.70	8.00	20.00	0.12	1.19	0.87	92.62
27	R4M7	22.22	8.92	278.00	8.92	50.00	-0.41	2.31	1.90	61.38
28	R5M1	20.33	28.37	0.35	7.45	33.00	-2.14	-1.81	35.99	25.81
29	R5M2	20.34	27.41	382.00	7.25	60.00	-2.85	-0.93	63.09	6.73
30	R5M3	20.63	21.53	314.00	7.11	0.00	-1.03	-0.95	13.81	11.71
31	R5M4	20.34	22.80	191.18	7.35	55.00	-2.20	-1.16	68.24	18.99
32	R5M5	23.79	24.03	360.00	7.20	33.00	-1.08	-1.05	14.99	14.17
33	R5M6	20.49	8.00	348.00	7.18	11.00	-0.07	-0.11	0.17	0.35
34	R6M1	20.56	8.63	271.00	8.10	67.00	-1.15	0.98	35.95	26.29
35	R6M2	21.63	9.28	286.00	7.89	73.00	-1.05	0.56	35.65	10.37
36	R6M3	23.32	8.63	362.00	7.77	11.00	0.61	0.73	28.07	40.17
37	R6M4	23.14	8.75	338.00	8.02	0.00	0.78	1.11	25.77	52.12
38	R6M5	23.14	8.75	338.00	8.02	3.00	0.72	1.10	24.43	56.70
39	R6M6	23.14	8.75	338.00	8.02	6.00	0.67	1.09	22.83	61.60
40	R6M7	22.65	9.25	310.00	7.63	33.00	-0.01	0.61	0.03	63.95