



**UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA
FACULTAD CIENCIAS DEL MAR
CARRERA DE BIOLOGÍA**

Calidad del agua mediante variables físicas, químicas y biológicas del
Río California, Loma Alta, Santa Elena.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGA

AUTOR:

Anay Ofelia Laz Del Pezo

TUTORA:

Q. F. Mery Ramírez Muñoz PhD

LA LIBERTAD - SANTA ELENA - ECUADOR

2025

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

Calidad del agua mediante variables físicas, químicas y biológicas
del Río California, Loma Alta, Santa Elena.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del título de:

BIÓLOGA

AUTOR:

Anay Ofelia Laz Del Pezo

TUTORA:

Q. F. Mery Ramírez Muñoz PhD

LA LIBERTAD - SANTA ELENA - ECUADOR

2025

UPSE

DEDICATORIA

Dedico este trabajo de investigación a mis hermanos, son por siempre una fuente de inspiración y amor en mi vida. Su amistad y apoyo incondicional es la mayor muestra de cariño hacia mí, dedico el esfuerzo puesto en este trabajo a ellos.

Además, a mis padres que siempre nos apoyan y encuentran grandeza en nuestros pasos son mi más grande motivación.

Y, por último, a mi maestro Aang, que me ha enseñado de amabilidad, resiliencia, amor y respeto por todos los seres que habitan este mundo, tus enseñanzas han llenado mi corazón y espíritu de una manera inexplicable.

AGRADECIMIENTO

Agradezco a Dios porque en su tiempo ha salido todo perfecto.

A mis padres, por todo el esfuerzo realizado a lo largo de la carrera, son pilar fundamental en mi vida.

Además, agradezco a mi tutora la Doctora Mery Ramírez Muñoz por su guía y paciencia a lo largo de este trabajo investigativo.

Y, por último, a cada persona que me brindó su apoyo los llevo presentes y los recuerdo con mucha gratitud.

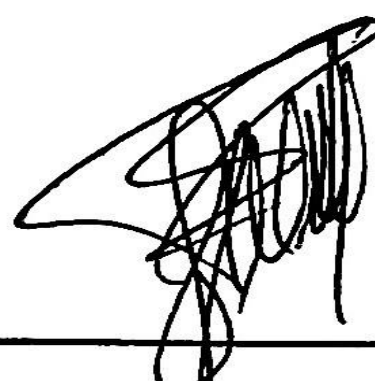
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de integración curricular presentado por **ANAY OFELIA LAZ DEL PEZO** como requisito parcial para la obtención del grado de **Biólogo/a** de la carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

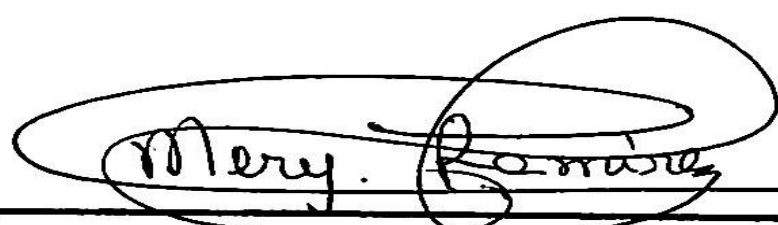
Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 11/12/24



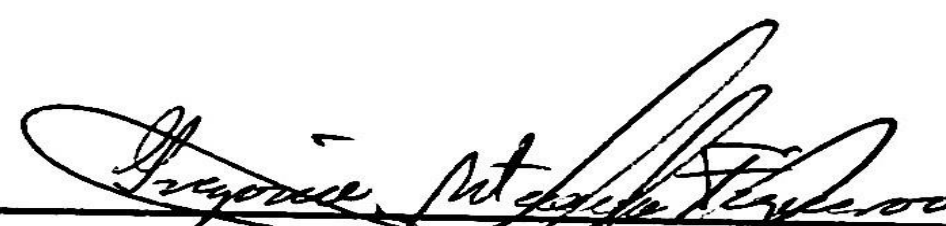
BLGO. Richard Duque Marín, Mgt
DOCENTE GUÍA DE LA UIC II
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR DE LA CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Q.F. Mery Ramírez Muñoz, PhD
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



ING. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.
PROFESOR DEL ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular "Calidad del agua mediante variables físicas, químicas y biológicas del Río California, Loma Alta, Santa Elena", elaborado por, Anay Ofelia Laz Del Pezo, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



**ING. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.
CI: 0905937686**

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular "Calidad del agua mediante variables físicas, químicas y biológicas del Río California, Loma Alta, Santa Elena", elaborado por, Anay Ofelia Laz Del Pezo, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



**ING. Gregoria Arteaga Figueroa, M.Sc.
CI: 0905937686**

DECLARACIÓN EXPRESA

La responsabilidad por los contenidos, datos, ideas y resultados expuestos en este documento, corresponden exclusivamente a la autora y el patrimonio intelectual de las mismas, a la Universidad Estatal Península de Santa Elena, según lo establecido por la ley de propiedad intelectual, por su reglamento y por la normativa intelectual vigente.

Anay Laz

Anay Ofelia Laz Del Pezo

CI: 2450590746

ÍNDICE GENERAL

ABREVIATURAS	1
GLOSARIO.....	2
RESUMEN.....	3
ABSTRACT	4
cé,PíTuLo i.....	s
1. INTRODUCCIÓN.....	5
2. JusTiFicAción.....	7
3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA.....	8
4. OBJETIVOS.....	9
4.1. OBJETIVO GENERAL:	9
4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:.....	9
s. HiPÓTEsis.....	10
c^PíTuLo ii.....	11
6. MARCO TEÓRICO	11
6.1. GENERALIDADES DE LOS RÍOS.....	11
6.1.1. DEFINICIÓN DE RÍO.....	11
6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE RÍOS EN ECUADOR	11
6.1.3. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS	12
6.1.4. CICLO DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LOS RÍOS	12
6.1.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA.....	13
6.2. CALIDAD DE AGUA	13
6.3. BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA.....	14
6.4. MACROINVERTEBRADOS.....	15
6.5. MACROINVERTEBRADOS MÁS COMUNES	16
6.6. PARÁMETROS FÍSICO-QUIMICO DE LA CALIDAD DE AGUA .	17
6.7. ÍNDICES BIOLÓGICOS.....	22
CAPITULO III.....	26
7. MARCO LEGAL.....	26
ç:APiTULC\ IV.....	29

8. MARCO METODOLÓGICO	29
8.1. ÁREA DE ESTUDIO	29
8.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA.	30
8.2.1. MUESTRAS DE AGUA	30
8.2.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS.	31
8.2.3. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS	32
8.3. INDICES BIOLÓGICOS.	34
8.4. ANALISIS QUÍMICOS.	35
CAPÍTULO V	38
9 . RESULTADOS	38
9.1. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES BIOLÓGICOS	49
9.2. INDICES DE DIVERSIDAD PARA LOS MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS	40
9.3. PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS DEL RÍO CALIFORNIA. ..	43
9.4. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CALIFORNIA A TRAVÉS DEL ÍNDICE BMWP COMO INDICADOR.	38
CAPÍTULO VI	52
10. DISCUSIÓN.	52
11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	55
11.1. CONCLUSIONES.	55
11.2. RECOMENDACIONES	57
BIBLIOGRAFÍA.	58
ANEXOS	66

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Estaciones de muestreo del Río California.....	29
Tabla 2. Abundancia total de los macroinvertebrados recolectados en el río California.....	40
Tabla 3. Índices de diversidad biológica de los muestreos.....	41
Tabla 4. Valores totales de los parámetros fisicoquímicos tomados en el río California.....	44
Tabla 5. Análisis de pares de Mann-Whitney.....	50
Tabla 6. Órdenes, familias y calificación según el índice BMWP. Fuente: Laz 2024.....	51
Tabla 7. Calidad biológica del agua — Índice BMWP.....	51

ÍNDICE DE IMAGENES

Imagen 1. Valores de índice BMWP. Fuente: Instituto de Investigación en Recursos Biológicos Alexander von Humboldt (S. F.).....	25
Imagen 2. Familias de macroinvertebrados con el puntaje de valoración para índice BMWP. Fuente: (Roldan, 2016).....	25
Imagen 3. Localización del muestreo en la comuna Loma Alta de la provincia de Santa Elena: A) Mapa del Ecuador, B) Área de muestreos Fuente: Googlemaps (2024); Pinterest (S. f.), modificado por autor.	29
Imagen 4. A: Medición de estación para muestreo. B: Toma de datos con medidor multiparámetro HANNA.....	30
Imagen 5. Red de mano. Fuente: (WWF, 2021).....	31
Imagen 6. A: Recolección de muestras biológicas con red. B: Separación de organismos para preservación.....	32
Imagen 7. Organismos más frecuentes en ecosistemas acuáticos (WWF, 2021).....	33

Imagen 8. Conteo e identificación de organismos en Laboratorio # 3 de UPSE.	34
Imagen 9. Muestras de agua de estación 1 con diferentes concentraciones de nitratos.	36
Imagen 10. Muestras de agua de estación 1 con diferentes concentraciones de fosfatos.....	38

ÍNDICE DE GRÁFICOS

Gráfico 1. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados encontrados en el río California.....	41
Gráfico 2. Índice de Shannon Wiever H	42
Gráfico 3. Índice de Simpson 1-D.....	43
Gráfico 4. Valores de temperatura a lo largo de los muestreos.....	44
Gráfico 5. Valores de turbidez a lo largo de los muestreos.	45
Gráfico 6. Valores de Ph a lo largo de los muestreos.....	46
Gráfico 7. Valores de nitratos a lo largo de los muestreos.	47
Gráfico 8. Valores de fosfatos a lo largo de los muestreos.	47
Gráfico 9. Histograma de la distribución de datos de acuerdo con la normalidad.	48
Gráfico 10. Correlación de Spearman rho entre índices de diversidad y parámetros fisicoquímicos	49
Gráfico 11. Niveles de calidad de agua por muestreo.....	52

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Ganado de poblados aledaños al río California	67
Anexo 2. Punto del río California	67
Anexo 3. Vista lateral del río California.....	67
Anexo 4. Punto del río California sector Loma Alta.	67
Anexo 5. Fosfato Reactivo marca HANNA.	68
Anexo 6. Nitrato Reactivo marca HANNA.....	68
Anexo 8. Lectura de concentración de fosfatos con espectrofotómetro marca HANNA.....	68
Anexo 7. Análisis de muestras de agua en laboratorio #1 de UPSE.....	68
Anexo 9. Lectura de pH con medidor multiparámetro marca HANNA.	68
Anexo 10. Separación de muestras biológicas para recolección.	68
Anexo 11. Separación de muestras biológicas para recolección.	70

ABREVIATURAS

Índice BMWP: Biological Monitoring Working Party.

GPS: Sistema de Posicionamiento Geográfico.

PH: Potencial de Hidrógeno

NOV³: Nitratos

PO₄³⁻: Fosfatos

NTU: Unidades Nefelométricas de Turbidez

GLOSARIO

Antropogénico: Relacionado con las actividades humanas y su impacto en el medio ambiente.

Correlación: Medida de la tendencia entre dos variables.

In situ: Medición realizado directamente en el lugar de estudio.

Parámetros fisicoquímicos: Características físicas y químicas del agua tales como temperatura, turbidez, ph, etc.

Transecto: Línea definida en un sitio de estudio para la toma de muestras de variables ambientales.

Macroinvertebrados: Organismos invertebrados que se pueden ver a simple vista.

Eutrofización: Incremento de nutrientes en el agua que provoca incremento de algas.

Multiparámetros: Equipo que mide variables fisicoquímicas en simultaneo.

CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL RÍO CALIFORNIA, LOMA ALTA, SANTA ELENA.

Autor: Anay Ofelia Laz Del Pezo.
Tutor: Q.F. Mery Ramirez Muñoz, PhD.

RESUMEN

El Río California es un recurso fundamental para el ecosistema local y para la población de Loma Alta, así como para comunidades cercanas. Evaluar la calidad del agua es crucial para determinar sus condiciones y su capacidad de sostener la biodiversidad circundante. En cinco estaciones a lo largo del río, se midieron parámetros físicoquímicos como temperatura (24,59-27,01°C), pH (7.47-8.58 mg/L), y turbidez (7.7-10.59 NTU), mediante equipo multiparámetros. Además, la concentración de nitratos (0,01-8,1 mg/L) y fosfatos (0,55-5,2 mg/L) se determinó mediante espectrofotometría, observándose fluctuaciones significativas especialmente en la concentración de nutrientes. La recolección de organismos acuáticos, empleando el método de transecto, permitió obtener un total de 1.066 individuos, destacando el phylum Arthropoda, principalmente la clase Insecta. Los órdenes más abundantes fueron Hemiptera y Neogastropoda, con mayor representación de las familias Naucoridae (20%) y Thiaridae (28%). Asimismo, los índices de diversidad de Shannon-Wiener y Simpson evidenciaron una reducción en la diversidad y abundancia de especies, predominando aquellas resistentes a las variaciones ambientales, como *Melanoides* (27,6 %). Estas correlaciones mostraron que los factores físicoquímicos influyen negativamente en la diversidad biológica, excepto los fosfatos, que presentaron una asociación positiva (0,8). El índice BMWP reflejó estabilidad en los puntajes (128), indicando una calidad muy buena del agua y un ecosistema fluvial en condiciones favorables. En conclusión, los parámetros físicoquímicos, junto con la abundancia y diversidad de macroinvertebrados acuáticos, proporcionan una base sólida para evaluar la calidad del agua del río California.

Palabras clave: Diversidad biológica, variables físicoquímicas, BMWP

CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE VARIABLES FÍSICAS, QUÍMICAS Y BIOLÓGICAS DEL RÍO CALIFORNIA, LOMA ALTA, SANTA ELENA.

Autor: Anay Ofelia Laz Del Pezo.
Tutor: Q.F. Mery Ramirez Muñoz, PhD.

ABSTRACT

The California River is a fundamental resource to sustain the local ecosystem and for the population of Loma Alta and surrounding communes. The importance of assessing the quality of its water lies in determining the conditions in which it is found and its ability to maintain the surrounding biodiversity. Variations in physicochemical parameters such as temperature (24.59-27.01°C), pH (7.47-8.58 mg/L), and turbidity (7.7-10.59 NTU) were measured at five locations along the river using multiparameter equipment. The content of nitrates (0.01—8.1 mg/L) and phosphates (0.55—5.2 mg/L) was also examined by using spectrophotometry, revealing oscillations in the parameters, particularly in nutrient concentrations. In the collection of aquatic organisms using the transect method, a total of 1066 individuals could be obtained, where the most significant phylum is the Arthropoda, dominating the class Insecta. Likewise, the orders with the highest abundance were Hemiptera and Neogastropoda, highlighting the families Naucoridae (20%) and Thiaridae (28%). Shannon-Wiener and Simpson indices, with a dominant pattern of species resistant to different environmental variations, such as melanoids (27.6%). These correlations are negative between biological diversity and physicochemical factors, proposing that these parameters decrease diversity, while phosphates (0.8) had a positive association. In the same way, the BMWP index had stability in its scores (128), which indicated very good water quality and a river ecosystem in a favorable state.

In conclusion, the physicochemical parameters related to the abundance and diversity of aquatic macroinvertebrates provide a solid database for the evaluation of the water quality of the California River.

Keywords: Biological diversity, physicochemical variables, BMWP

CAPÍTULO I

1. INTRODUCCIÓN

El agua es un recurso vital para la existencia de la vida en la Tierra y desempeña un papel fundamental en la salud de los ecosistemas acuáticos y la sociedad en general. El Río California, ubicado en la zona de Loma Alta, es un cuerpo de agua de gran importancia, ya que abastece a comunidades locales y sustenta la biodiversidad de la región. Sin embargo, como en muchos cuerpos de agua en todo el mundo, la calidad del agua en el Río California está siendo desafiada por diversas influencias, como la contaminación agrícola y urbana, así como el cambio climático, provocando pérdida de biodiversidad acuática, disminución de caudales e inferencias adversas sobre el bienestar de la población.

La calidad del agua es una preocupación a nivel nacional e internacional, lo que hace necesario realizar estudios para determinar su estado actual. Este esfuerzo está alineado con los objetivos nacionales para el Buen Vivir, como lo establece el objetivo 7 de la Asamblea Nacional del Ecuador (2008): garantizar los derechos de la naturaleza y promover la sostenibilidad ambiental, gestionando de manera sustentable y participativa el patrimonio hídrico, con enfoque en cuencas y caudales ecológicos. En Ecuador, diversos autores han implementado metodologías similares en ríos de las provincias de Cotopaxi y Loja, entre otras (Gallo & Quinaluisa, 2023, Gonzabay & Reyes, 2023 y Castillo, 2019).

Los indicadores físicos y químicos son fundamentales para evaluar la calidad del agua, ya que proporcionan información sobre el estado

ambiental de los ríos. Sin embargo, en los últimos años, muchos países han comenzado a incluir indicadores biológicos como herramientas clave para el diagnóstico basados en la presencia y abundancia de macroinvertebrados acuáticos, son prácticos y eficaces para identificar, cuantificar y recolectar información valiosa sobre los ecosistemas fluviales (Mora & Tama, 2022).

Según Leño y Pérez (2020), los índices biológicos convierten datos complejos en valores clasificatorios para determinar la calidad del agua en ríos, basándose en el análisis de macroinvertebrados. La combinación de indicadores físicos, químicos y biológicos proporciona una visión integral del estado del agua, permitiendo no solo identificar fuentes de contaminación, sino también predecir los efectos adversos sobre la biodiversidad y las comunidades humanas que dependen de este recurso (González & et al, 2018).

Este estudio se centra en el análisis de la calidad del agua del Río California, situado en la Provincia de Santa Elena, mediante el monitoreo variables físicas, químicas y biológicas. Su propósito es establecer una línea base que permita comparar futuros cambios en la calidad del agua y proponer estrategias de conservación y gestión ambiental para su sostenibilidad.

2. JUSTIFICACIÓN

Las comunidades cercanas a Loma Alta desarrollan diversas actividades agropecuarias de sustento, como la cría de aves de corral y cultivos de ciclo corto. De manera aproximada, 500 hectáreas están destinadas al cultivo de paja toquilla (*Carludovica palmada*), un recurso significativo para la economía local que es procesado y comercializado por la comunidad. Además, Loma Alta ha implementado políticas para el uso sostenible del bosque y sus recursos, siendo pionera en promover la conservación ambiental, el estudio de la biodiversidad y el ecoturismo (Guarnizo & et al, 2013).

Sin embargo, los efectos de las actividades antropogénicas y desastres ambientales deben ser monitoreados y evaluados. Actividades como la urbanización acelerada, la agricultura, la ganadería, la construcción de puentes y la presencia de botaderos de desechos representan amenazas para los cuerpos de agua. El uso excesivo de fertilizantes, por ejemplo, puede derivar en la contaminación de aguas subterráneas y superficiales debido a la infiltración o escorrentía, siendo los nitratos una de las principales causas de esta contaminación.

En este contexto, Los bioindicadores representan una herramienta económica y eficaz para evaluar la calidad del agua en comparación con los métodos fisicoquímicos (Buenaño, Zurita-Vásquez, & Parra, 2018). El río California, con su amplia biodiversidad, es un sitio ideal para la aplicación de esta metodología. El análisis permitirá caracterizar la fauna de macroinvertebrados de la región y su relación con los parámetros fisicoquímicos, proporcionando una evaluación integral del estado de este recurso hídrico y un marco para su conservación.

3. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

El Río California, es un cuerpo de agua de importancia ecológica y social en la región. Sin embargo ha sido afectado por diversos factores de alteración ya que es un recurso fundamental para las comunidades aledañas, sin embargo, es importante destacar que se ha evidenciado una serie de factores que pueden alterar el buen estado del río, entre ellos la contaminación derivada del uso de pesticidas químicos para la agricultura, esto causa preocupación sobre la calidad del agua del río y por consecuencia su capacidad de mantener la vida acuática y de satisfacer las necesidades humanas.

Los macroinvertebrados, en particular, son organismos de gran relevancia debido a su capacidad para revelar el estado del ecosistema. Su sensibilidad a los cambios en el medio ambiente los convierte en bioindicadores clave para evaluar la calidad del agua y para la aplicación de índices biológicos ampliamente aceptados en estudios de calidad hídrica. En este contexto, ¿cómo influyen los parámetros fisicoquímicos en la presencia o ausencia de organismos bioindicadores de calidad de agua como macroinvertebrados?

Además, la comuna Loma Alta, reconocida por su liderazgo en temas de conservación comunitaria en la costa ecuatoriana (Astudillo-Sánchez, Pérez, Troccoli, & Aponte, 2019), posee un bosque diverso porque alberga una notable biodiversidad. Es fundamental comprender el estado de salud del río California, ya que constituye el sistema fluvial esencial para esta población. El buen estado del río es vital por lo que resulta de gran importancia establecer límites en las actividades antrópicas que generan desechos químicos y además las actividades realizadas en la ribera que generan desechos sólidos.

4. OBJETIVOS

4.1. OBJETIVO GENERAL:

Evaluar la Calidad del Agua del Río California mediante variables físicas, químicas y biológicas con el fin de aportar información sobre el estado de este cuerpo de agua.

4.2. OBJETIVOS ESPECÍFICOS:

- Valorar la calidad del agua basado en el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) como indicador.
- Relacionar la diversidad y abundancia de los organismos identificados con los parámetros fisicoquímicos a través de índices de diversidad.
- Identificar los componentes biológicos que actúan como bioindicadores de calidad de agua utilizando guías de campo y claves taxonómicas.

5. HIPÓTESIS

Los parámetros físicos, químicos y biológicos son indicadores eficaces para evaluar la calidad del agua del río California, permitiendo determinar el estado de salud del mismo.

Ho: Los parámetros físicos, químicos y biológicos permiten valorar la calidad del agua del río California.

CAPÍTULO II

6. MARCO TEÓRICO

6.1. GENERALIDADES DE LOS RÍOS

6.1.1. DEFINICIÓN DE RÍO

Un río es una corriente natural de agua continua y caudalosa que desembocar en otros cuerpos de agua como lagos o mares. Generalmente, se refiere a un flujo superficial por un cauce, aunque también existen variantes más pequeñas como arroyos, riachuelos o quebradas (Hernández, 2018).

Los ríos constituyen sistemas complejos que drenan cuencas de forma natural y ramificada. Estas redes comienzan con pequeños arroyos que se unen para formar cursos de agua mayores, los cuales desempeñan un papel crucial en el ciclo hidrológico, transportando agua desde las zonas montañosas hasta los océanos, y proveyendo agua dulce a comunidades y ecosistemas (Sabater & Elozegi, 2009).

6.1.2. DISTRIBUCIÓN DE RÍOS EN ECUADOR

En el Ecuador existe una extensa e importante red hidrográfica la cual atraviesa las cuatro regiones geográficas. Principalmente en la Amazonia se encuentran los más importantes, siendo el río Napo uno de los más significativos por su rol como afluente del río Amazonas y la importancia en la biodiversidad adyacente al mismo. Además, el río Pastaza, el cual fluye

desde los Andes y es determinante en la generación de energía hidroeléctrica, de la misma forma que contribuye significativamente al caudal del Amazonas.

6.1.3. IMPORTANCIA DE LOS RÍOS

Los ríos son esenciales para el desarrollo ambiental, social y económico funcionan como conectores entre cuencas terrestres, el mar y la atmósfera, transportando agua, sedimentos, organismos y nutrientes. También facilitan reacciones químicas y biológicas fundamentales para los ciclos naturales (Sabater & Elozegi, 2009).

Además, los ríos reciben materia orgánica desde fuentes naturales como antropogénicas lo cual es descompuesto por organismos heterótrofos como bacterias y hongos. Los ríos son ecosistemas complejos, dinámicos e integrados que tienen muchas conexiones con los demás ecosistemas, este procesamiento y transporte de materiales químicos, y nutrientes contribuyen al mantenimiento de los ciclos biológicos en el planeta (Encalada, 2010).

6.1.4. CICLO DEL AGUA Y SU RELACIÓN CON LOS RÍOS

El ciclo del agua o hidrológico, es un proceso esencial que define el movimiento continuo del agua a través la tierra. Este ciclo es impulsado por la energía solar, provocando además la evaporación del agua de los océanos y las superficies terrestres. El agua luego es condensada en la atmósfera y precipitada en forma de lluvia, nieve o granizo, volviendo así a la superficie de la tierra.

El ciclo del agua describe la constante circulación del agua en la Tierra, impulsada por la energía solar. Este ciclo incluye procesos como evaporación, condensación, precipitación y escorrentía, que alimentan ríos y lagos. Los ríos desempeñan un papel crucial en este ciclo, regulando el clima, sosteniendo ecosistemas y facilitando el transporte de materiales esenciales para la biodiversidad (USGS, 2022).

6.1.5. CONTAMINACIÓN DEL AGUA

La contaminación del agua ocurre cuando materiales ajenos alteran su composición química y calidad, afectando su uso y los ecosistemas. Entre los principales contaminantes están los pesticidas y fertilizantes químicos, que pueden acumularse en los cuerpos de agua, afectando la biodiversidad y la salud humana (Guadarrama, Kido, & Roldan, 2016).

Aunque la finalidad de estos productos no es contaminar, el uso excesivo y las malas prácticas pueden resultar en la acumulación de estos químicos en cuerpos de agua que albergan grandes cantidades de organismos alterando las funciones ecológicas, ocasionando daño a los hábitats acuáticos y contaminación de los cauces bajos y en los ecosistemas marinos (Escobar, 2002).

6.2. CALIDAD DE AGUA

La calidad del agua se refiere a su capacidad para satisfacer los requisitos de uso humano y ecológico, evaluada mediante parámetros físicos, químicos y biológicos (Lira-Saldivar, 2018). Este recurso es indispensable para la vida y las actividades humanas. Sin embargo, su calidad puede ser alterada por contaminantes derivados de actividades agrícolas, industriales

y domésticas lo que afecta los ecosistemas y la biodiversidad (Fernández-Rodríguez & Guardado-Lacaba, 2020).

La calidad del agua se define por las características físicas, químicas, biológicas, microbiológicas y radiológicas que se evalúan a través del análisis de diversos parámetros cuyos resultados se comparan con valores de referencia que dependen del uso, aprovechamiento del agua y de la conservación de los ecosistemas (OMS, 2006).

6.3. CAUDAL ECOLÓGICO

El caudal ecológico se refiere a la cantidad de agua necesaria para mantener los ecosistemas saludables y garantizar servicios ambientales como la regulación de inundaciones, la protección de la biodiversidad, y el suministro de agua potable, Este caudal puede variar según el uso de agua, con mayores restricciones en actividades como la agricultura intensiva, que consume grandes volúmenes de agua y puede afectar ecosistemas fluviales (CAF, 2021).

6.4. BIOINDICADORES DE CALIDAD DE AGUA

Un bioindicador es un organismo que forma parte de un ecosistema con características definidas y cuya presencia, abundancia o comportamiento puede proporcionar información sobre las condiciones ambientales. Estos organismos son útiles para evaluar la calidad del agua debido a su sensibilidad a cambios en las condiciones físicas, químicas y biológicas del entorno (García, Sarmiento, Salvador, & Porras, 2017).

Los bioindicadores se clasifican como indicadores de respuesta o indicadores de acumulación; los organismos utilizados para tal fin pueden

ser organismos indicadores, de prueba o de monitoreo. Los organismos indicadores brindan información acerca de las condiciones del ecosistema, factores como humedad, pH o presencia de compuestos específicos (García, Sarmiento, Salvador, & Porras, 2017).

6.5. MACROINVERTEBRADOS

Los macroinvertebrados son ampliamente utilizados como bioindicadores debido a su sensibilidad a los cambios ambientales y su facilidad de observación. Uno de los mejores métodos para evaluar cambios ambientales es la proporción de organismos tolerantes a cambios ambientales, puesto que los organismos intolerantes son los primeros en desaparecer como resultado de la contaminación (García, Sarmiento, Salvador, & Porras, 2017).

Sus poblaciones están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente. Se les denomina macroinvertebrados, porque su tamaño va de 0.5mm hasta alrededor de 5.0mm, por lo que se les puede observar a simple vista. (Roldan, 2016). La composición de las comunidades de macroinvertebrados refleja claramente la calidad de los ecosistemas acuáticos, por lo que, desde hace varias décadas, los métodos de evaluación que se basan en estos organismos se han convertido en una herramienta esencial para el monitoreo de la calidad del agua.

Los macroinvertebrados tienen como ventaja su tiempo de vida ya que es largo, además, se observan a simple vista. Poseen amplia distribución, se adaptan a la mayor parte de los grupos a características muy definidas de agua, han sido seleccionados por la mayor parte de investigadores como los mejores indicadores de la calidad del agua (Roldán, 1999).

6.6. MACROINVERTEBRADOS MÁS COMUNES

- **Efemerópteros (Orden Ephemeroptera):** Es muy común encontrar este orden en ecosistemas acuáticos esto se debe a que las ninfas se desarrollan en el agua. Poseen una amplia diversidad, además, son muy sensibles a los cambios ambientales y la contaminación orgánica. Son las de mayor distribución y diversidad de la región andina (Roldan, 2016).
- **Tricópteros (Orden Trichoptera):** Son conocidos como gusanos de cascarones, estos insectos son sensibles a las variaciones ambientales que afectan el agua y forman parte del Índice BMWP. Los tricópteros, como *Hydropsyche* son indicadores de aguas con buena oxigenación y baja contaminación. Algunos construyen estructuras fijadas al sustrato o refugios portátiles de una variedad de materiales (Nuñez & Fragoso-Castilla, 2020).
- **Plecópteros (Orden Plecoptera):** Los plecópteros son muy sensibles a los cambios en los niveles de oxígeno y ph. Las ninfas de plecópteros se desarrollan comúnmente en corrientes de aguas frías y rápidas, la presencia de esta orden indica que el ecosistema acuático está en buenas condiciones. Posee amplia distribución altitudinal (Roldan, 2016). Estos organismos no toleran la contaminación y solo existe aguas limpias (Buenaño, Zurita-Vásquez, & Parra, 2018)
- **Dípteros (Familia Chironomidae):** Algunas especies de dípteros pueden tolerar variaciones ambientales importantes, otras especies se encuentran también en aguas de buena calidad. Este grupo tiene

gran importancia en la evaluación, ya que su abundancia puede dar indicios claros sobre el estado de salud del cuerpo de agua (Roldan, 2016). Los dípteros permanecen mayor tiempo en el fondo del agua pues se encuentran adherido a rocas, piedras, troncos y restos de vegetación (Gallo & Quinaluisa, 2023).

- Odonatos (Orden Odonata): El orden Odonata incluye a las libélulas de la familia Libellulidae y además incluye a los caballitos del diablo, es un grupo considerado como indicador de la salud de un ecosistema acuático y se encuentran mayormente desarrollándose en ríos sobre todo en etapas larvarias. Son particularmente sensibles a la contaminación. Han sido utilizados tanto ninfas como adultos en el monitoreo de la calidad del agua (Ramirez, 2010). Las larvas de libélulas se encuentran mayormente en las riberas o entre hojarasca. En Sudamérica la mayor riqueza de especies está en las familias Libellulidae (Roldan, 2016).

6.7. PARÁMETROS FÍSICO-QUÍMICO DE LA CALIDAD DE AGUA

“Los parámetros físicoquímicos proporcionan información esencial de la naturaleza de las especies químicas del agua y sus propiedades físicas, sin aportar información de su influencia en la vida acuática” (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

Estas variables físicoquímicos son propicias para evaluar la calidad del agua en un ecosistema acuático, determinan las condiciones ambientales que influyen en el desarrollo de organismos acuáticos. Entre los parámetros

físicos utilizados se encuentra la temperatura, color, turbidez. De la misma forma, los nutrientes como los nitratos (NO_3^-) y fosfatos (PO_4^{3-}) son esenciales para el crecimiento de las plantas, pero en exceso, que puede derivar de actividades agrícolas o residuales, desencadena procesos de eutrofización, lo que aumenta el crecimiento excesivo de algas y como consecuencia deteriora la calidad. El análisis de estos parámetros es crucial para determinar el estado de salud de los cuerpos de agua y su capacidad para sustentar una biodiversidad adecuada (Samboni, Carvajal, & Escobar, 2007).

TURBIDEZ

La turbidez del agua es un parámetro clave en la evaluación de la calidad del agua en ríos, ya que se refiere a la claridad o transparencia del agua. Esta condición se ve influenciada por la presencia de partículas suspendidas, como sedimentos, materia orgánica, microorganismos y contaminantes químicos. Un aumento en la turbidez puede ser indicativo de erosión del suelo, escorrentía de aguas pluviales contaminadas o actividades humanas que perturban el lecho del río. La turbidez elevada no solo afecta la calidad estética del agua, sino que también puede tener repercusiones significativas en la salud de los ecosistemas acuáticos, interrumpiendo la fotosíntesis al reducir la penetración de luz en el agua, lo que afecta la producción primaria de organismos fotosintéticos (Hernández, et al, 2020).

Además, la turbidez está relacionada con la concentración de nutrientes y contaminantes en el agua. Un incremento en la turbidez puede facilitar el transporte de patógenos y sustancias tóxicas hacia los organismos acuáticos y las comunidades humanas que dependen del agua del río. Por lo tanto, el monitoreo de la turbidez es fundamental para la gestión de recursos hídricos y la protección de la salud pública. Estudios han demostrado que la reducción de la turbidez en ríos mejora la biodiversidad y el funcionamiento de los ecosistemas acuáticos, lo que resalta la

necesidad de implementar prácticas de gestión sostenible para conservar la calidad del agua (González & et al, 2018).

TEMPERATURA

La temperatura del agua influye de manera decisiva en los procesos fisicoquímicos y biológicos que ocurren en los ecosistemas acuáticos, afectando aspectos cruciales como la solubilidad de los gases, especialmente el oxígeno disuelto. Las variaciones en la temperatura del agua pueden estar asociadas tanto a factores naturales, como el ciclo estacional y las fluctuaciones térmicas diurnas y nocturnas, como a impactos antropogénicos. Un ejemplo significativo de estos impactos es el vertido de agua caliente utilizada como refrigerante en centrales térmicas y eléctricas, lo que provoca un aumento de la temperatura del cuerpo de agua receptor.

La temperatura es una de la constante física con mayor relevancia sobre el desarrollo de los fenómenos que se realizan en el seno del agua. Por ejemplo, en la solubilidad de los gases (entre los que es fundamental la solubilidad del oxígeno) y de las sales, así como en las reacciones biológicas, las cuales tienen una temperatura óptima para poder realizarse. La temperatura de las aguas subterráneas depende de las características del terreno que drenan, pudiendo ser influenciada, entre otras causas, por la naturaleza de las rocas, siendo además función de la profundidad (Zamora, 2009).

La temperatura afecta casi todos los procesos fisicoquímicos y biológicos que tienen lugar en los ecosistemas acuáticos como, entre ellos, la disminución del caudal. Las variaciones de la temperatura causan distintos impactos en los ecosistemas acuáticos dependiendo de la salud del mismo, pues la temperatura ayuda a la disolución de gases en el agua, y su solubilidad disminuye de temperaturas altas. Algunos de los efectos

ecológicos que tiene el aumento de la temperatura son la disminución de la biodiversidad (Alicia & Alejandra, 2019).

PH

Los ecosistemas acuáticos se ven influenciados directamente por los procesos químicos, la variación en el pH afecta la disponibilidad de nutrientes. Un pH óptimo para la mayor parte de los se encuentra en un rango de entre 6.5 y 8.5; cantidades elevadas o disminuidas, genera un ambiente hostil en el desarrollo y la salud de la flora y fauna. Los cambios en el pH pueden deberse a fenómenos naturales, como la descomposición de materia orgánica o la interacción con minerales, pero también a fuentes antropogénicas, como la contaminación industrial, la escorrentía agrícola y la lluvia ácida (Alicia & Alejandra, 2019).

Este parámetro es importante, ya que, si en el ambiente acuático hay presencia en los sedimentos contaminados, por ejemplo, con metales pesados, al disminuir el pH del cuerpo de agua se produce el transporte a la columna de agua haciéndolos disponibles, y pueden luego ser incorporados por los organismos por diferentes vías (Bidoglio & Stumm, 2013).

Nutrientes: son compuestos principalmente de nitrógeno y de fósforo. Estos compuestos acompañan a la materia orgánica en los efluentes domésticos, y pueden provenir también de fertilizantes y de excretas ganaderas. Los aportes excesivos de nitrógeno y fósforo pueden ocasionar fenómenos de eutrofización (Smith, 2003). La urbanización y la explotación agropecuaria intensiva producen aportes excesivos de nutrientes a cuerpos lénticos como lagos y embalses, promoviendo la proliferación algal y otros síntomas de eutrofización

FOSFATOS

Los fosfatos (PO_4^{*-}) son una forma de fósforo que desempeña un papel esencial como nutriente en los ecosistemas acuáticos, siendo fundamental para el crecimiento de plantas y organismos fotosintéticos. Sin embargo, cuando las concentraciones de fosfatos en el agua aumentan debido a fuentes externas como fertilizantes agrícolas, detergentes o aguas residuales, pueden desencadenar un proceso de eutrofización, similar al causado por los nitratos. Este proceso tiene como consecuencia el crecimiento excesivo de algas y plantas acuáticas, generando la disminución de oxígeno disuelto durante la descomposición materia orgánica, esto afecta negativamente la vida acuática (Carpenter, 2008).

En los ríos, el aumento de fosfatos no solo provoca problemas ecológicos relacionados con la eutrofización, sino que también afecta la calidad del agua utilizada para consumo humano y actividades recreativas. Los ecosistemas fluviales son particularmente sensibles a las variaciones en la concentración de fosfatos, y la acumulación del mismo durante un largo periodo de tiempo puede resultar en la degradación del ecosistema fluvial, provocando pérdida de biodiversidad y alteración de los procesos biogeoquímicos naturales. (Melland, 2012)

NITRATOS

Los nitratos (NO_3^-) son compuestos químicos, nutrientes que son esenciales para el crecimiento vegetal tienen un impacto significativo en la calidad del agua dependiendo de las concentraciones de este. Los nitratos provienen principalmente de fuentes agrícolas, como el uso excesivo de fertilizantes nitrogenados, y de efluentes urbanos e industriales. La presencia de este químico en aguas superficiales o subterráneas está ligado al ciclo natural del nitrógeno (Palomares, 2013). Cuando existe en

un ambiente el exceso de nitratos produce cambios como la disminución de oxígeno disuelto en el agua aumentando la demanda biológica de oxígeno. Como consecuencia, pueden generarse condiciones de hipoxia o anoxia, afectando negativamente la biodiversidad y la estabilidad ecológica del cuerpo de agua, comprometiendo así la vida acuática y el equilibrio del ecosistema.

6.8. ÍNDICES BIOLÓGICOS

Shannon-Weaver

Reúne en un solo valor la diversidad y la riqueza específica de la especie por lo que el valor obtenido del índice de forma aislada no muestra la importancia relativa de la riqueza, ya que, en un mismo índice de diversidad se puede obtener un grupo con baja riqueza y alta diversidad (Moreno, 2001).

La estimación de estos valores varía entre 0 a 5, es decir, cuando un ecosistema está representado por 1 especie se le da el valor de 0 y cuando existe variedad en especies y estas tienen el mismo número de individuos se indica como logaritmo S (Ante & Pilatasig, 2020). Se espera que los valores representen una alta biodiversidad principalmente porque hay hábitats propicios para albergar grandes cantidades de individuos, aunque también está directamente relacionado con los parámetros fisicoquímicos.

Este se encarga de medir la diversidad de especies de plantas o animales en un determinado hábitat. Es utilizado para cuantificar la diversidad específica, tomando en cuenta la cantidad de especies que existe en una muestra y la cantidad de individuos que hay para cada especie por tanto

contempla la riqueza y la abundancia de las especies (Mendez, Alvarez, Jaramillo, & Japa, 2021).

El cálculo de la diversidad con el uso del índice de Shannon se realiza aplicando la siguiente fórmula: $H' = -\sum p_i \ln(p_i)$

Donde: p_i = es proporción de individuos del total de la muestra que corresponde a la especie i . Se obtiene dividiendo n_i/N . n_i = número de individuos i . N = número total de individuos. \ln = logaritmo natural. S = número total de especies.

Índice de Simpson 1-D

El índice de Simpson es un índice de diversidad que se calcula mediante: $D = \frac{1}{\sum p_i^2}$ Donde: p_i es la abundancia proporcional para cada especie; R : número total de especies en la muestra.

Este índice es una media aritmética ponderada de abundancia proporcional y también mide la probabilidad de que organismos de una muestra pertenezcan a la misma especie. Al ser la abundancia proporcional a las especies aumenta al disminuir el número de especies y aumenta asimismo la abundancia especies, el valor de D obtiene valores pequeños en conjuntos de datos de alta diversidad y grandes valores en conjuntos de datos con baja diversidad. El índice de Simpson (D) tiene la tendencia de ser más pequeño cuando la comunidad es más diversa. D es interpretado como la probabilidad de un encuentro intraespecífico, esto quiere decir la probabilidad de que si tomas dos individuos al azar de la comunidad ambos sean de la misma especie (Espinosa, s.f.).

Coefficiente de correlación por jerarquías de Spearman (Rho de Spearman)

Este coeficiente es muy útil cuando el número de pares de sujetos (n) que se desea asociar es pequeño (menor de 30). El coeficiente de correlación

de rangos de Spearman puede puntuar desde -1.0 hasta +1.0, y se interpreta así: los valores cercanos a +1.0, indican que existe una fuerte asociación entre las clasificaciones, o sea que a medida que aumenta un rango el otro también aumenta; los valores cercanos a -1.0 señalan que hay una fuerte asociación negativa entre las clasificaciones, es decir que, al aumentar un rango, el otro decrece. Cuando el valor es 0.0, no hay correlación (Mondragón, 2014). Esta prueba es especialmente útil en estudios ambientales y ecológicos donde los datos suelen presentar distribuciones no normales o variables de naturaleza ordinal.

La fórmula para calcular el coeficiente de correlación de Spearman (ρ_s) es: $\rho_s = 1 - \frac{6 \sum d_i^2}{n(n^2 - 1)}$, donde:

d_i es la diferencia entre los rangos de cada par de observaciones.

n es el número total de pares de observaciones.

Si el valor de ρ_s varía entre -1 y 1:

1: correlación perfectamente positiva; -1: correlación perfectamente negativa.

0: ausencia de correlación entre las variables.

INDICE Biological Monitoring Working Party (BMWP)

Por sus siglas en inglés (BMWP) es un índice biótico cualitativo, que toma en cuenta solo la presencia o ausencia de las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos a las cuales se les atribuye un puntaje de acuerdo con su tolerancia a la contaminación orgánica. Los grupos más sensibles reciben una puntuación de 10; en cambio los más tolerantes a la contaminación reciben una puntuación de 1. En este sentido, se clasificarán los macroinvertebrados colectados, las familias intolerantes a la

contaminación tienen puntajes altos y los tolerantes puntajes bajos, los cuales serán sumados y comparados con las escalas de valores del BMWP (Leaño & Pérez, 2020).

CLASE	CALIDAD	BMWP/Col	SIGNIFICADO	COLOR
I	BUENA	>150	Aguas muy limpias a limpias.	
II	ACEPTABLE	101-120	Aguas ligeramente contaminadas.	<u>Verde</u>
III	DUDOSA	61-100	Aguas moderadamente contaminadas.	
IV	CRITI CRÍTICA	36-60	Aguas muy contaminadas.	
V	MUY CRÍTICA	«15	Aguas fuertemente contaminadas	Rojo

Imagen 1. Valores de índice BMWP. Fuente: Instituto de Investigación en Recursos Bio/lógicos Alexander von Humboldt (S. F.)

Familia	Puntaje
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calarnoceratidae, Ptiloáctylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidrídae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, P'sepheniÓae.	70
Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthiyplociidae, Gyrinidae, Hydrobioidae, Leptophlebiidae, @hilopotamidae, P'olycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobridae, Leptoceridae, Lestidae, f*alaemonidae, P'leidae, P'seudothelpusidae, £2aldidae, Simuliidae, Veliidae.	B
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Nauc:oridse, Notonectidae, P'lanariçJae, P*sychodidae, Scirtidae.	Z
Aeskinidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elrriidae, Libellulidae, Limnickiidae, LutroChidae, Megapodagrionidae, -iralidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, í-lyáraenidae, I-Jydrometridae, Noteridae.	#
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, CyclobÓelliÓae	3
Hydrophilidae, Pkiysidae, Tipulidae	
Culicidae, Chironomidae, Musc:idae, Bciomyzidae.	2
Tubificidae	1

Imagen 2. Familias de macroinvertebrados con el puntaje de valoración para índice BMWP. Fuente. (Roldan, 2016).

CAPITULO III

7. MARCO LEGAL

Se orienta a la protección y el uso sostenible del recurso agua tomando en cuenta las leyes del Ecuador que promueven el control de la calidad del recurso hídrico, el cual es considerado como un derecho fundamental y un bien para la vida, proporcionando bases normativas necesarias para la evaluación de la calidad del agua con la finalidad de promover sostenibilidad de las comunidades que dependen de este recurso.

Derechos del buen vivir:

Art 12: "El derecho humano al agua es fundamental e irrenunciable. El agua constituye patrimonio nacional estratégico de uso público..." (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

Se destaca en este artículo la importancia que tiene el agua siendo un derecho fundamental e irrenunciable y de uso público imprescindible para la vida, en este artículo se menciona la importancia de evaluar la calidad del agua infiriendo que el Estado tiene la obligación de proteger de contaminantes este recurso vital para asegurar el bienestar social y ecológico.

Art. 13.- "Las personas y colectividades tienen derecho al acceso seguro y permanente a alimentos sanos, suficientes y nutritivos..." (Asamblea Nacional del Ecuador, 2008).

Dentro de este artículo de derechos del buen vivir se establece que las personas y los colectivos deben tener el acceso a alimentos sanos con distintivo a la seguridad alimentaria, definiendo así el recurso agua utilizado para la agricultura como un factor importante para la salud de los productos finales para el consumo humano. El agua al ser un servicio necesario para la supervivencia supone además la importancia de su calidad para la finalidad del bien alimentario de la población.

Art 411: “Estado garantizará la conservación, recuperación y manejo integral de los recursos hídricos, cuencas hidrográficas” (Asamblea Nacional de Ecuador, 2016).

En este artículo se prioriza la responsabilidad que tiene el Estado con la población ecuatoriana de garantizar no sólo la conservación del recurso agua sino también la recuperación y el manejo de este, tomando en cuenta las cuencas y caudales hidrográficos que puedan afectar la calidad del agua y el por consecuencia el equilibrio de los ecosistemas que dependen de ella.

La Norma de Calidad Ambiental y Descarga de Efluentes “La aplicación de agroquímicos en cultivos que requieran áreas anegadas artificialmente, requerirá la autorización ...” (TULMA, 2015).

Esta norma detalla límites para los contaminantes y en pro de proteger los cuerpos hídricos de contaminación por descarga de efluentes señala el requerimiento de una autorización por el ministerio del ambiente para efectos del control, ya que la aplicación de químicos en exceso dentro de los cultivos agrícolas puede ser una fuente de contaminación que derive en eutrofización, al acumular el químico sobrante en el río el cual es transportado mayormente por escorrentía.

CAPÍTULO IV

8. MARCO METODOLÓGICO

8.1. ÁREA DE ESTUDIO

El estudio se llevará a cabo en el río California de Loma Alta, Santa Elena el cual tiene un recorrido aproximado de 28 Km. Las coordenadas son Latitud -1.903329 longitud sur. Longitud - 80.644783 latitud norte, las estaciones de muestreo son 5 a lo largo del río en la parte media de la comuna donde existen zonas de cultivo.

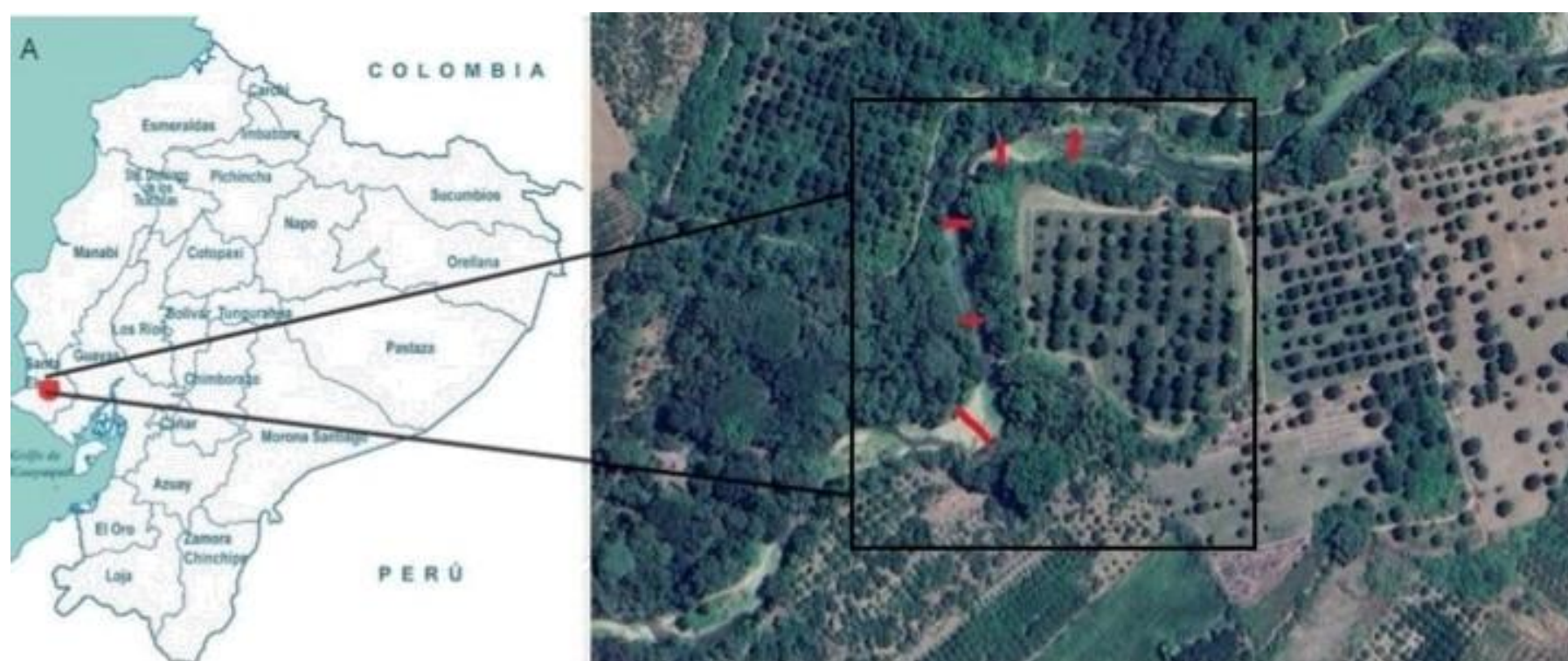


Imagen 3. Localización del muestreo en la comuna Loma Alta de la provincia de Santa Elena: A) Mapa del Ecuador, B) Área de muestreos Fuente. Googlemaps (2024); Pinterest (S. f.), modificado por autor.

Coordenadas de las estaciones		
Estación 1	-1.9037956	-80.6513544
Estación 2	-1.9039367	-80.6518058
Estación 3	-1.9043417	-80.6518885
Estación 4	-1.9048045	-80.6518361
Estación 5	-1.9050911	-80.6517149

Tabla 1. Estaciones de muestreo del Río California.



Imagen 4. A: Medición de estación para muestreo. B. Toma de datos con medidor multiparámetro HANNA.

8.2. DESCRIPCIÓN DE LA METODOLOGÍA

Los muestreos se realizaron de septiembre a octubre del 2024, ejecutándose 5 muestreos durante 5 semanas, cada estación se seleccionaron 3 subestaciones, con un total de 15 puntos por los 5 transectos (1.5km de distancia entre cada transecto), las cuales fueron agrupadas para su posterior análisis.

8.2.1. MUESTRAS DE AGUA

El muestreo se realizó en cinco puntos ubicados a lo largo del río, seleccionados para el muestreo de agua y su evaluación de acuerdo con las zonas de influencia. En cada estación existen 3 subestaciones, de las cuales se tomaron aproximadamente 400 ml por cada una con la finalidad de obtener variabilidad en cada estación resultando en 15 muestras por monitoreo. Las muestras fueron recolectadas en botellas de polietileno las cuales fueron lavadas y desinfectadas para su uso y así asegurar su integridad. Posteriormente las muestras fueron almacenadas a temperatura

baja (4 °C) para mantener su composición química hasta el momento de realizar los análisis. Además, los parámetros ambientales como turbidez, ph y temperatura del río fueron medidos utilizando medidor multiparámetro marca HANNA previamente calibrado.

8.2.2. RECOLECCIÓN DE MUESTRAS BIOLÓGICAS

Consiste en recolectar componentes biológicos in situ. Se realizó 1 muestreo por semana, durante 5 semanas, entre septiembre y octubre de 2024; mediante el método transecto de 30 m, y el uso de una red Surber de marco de 30x30 cm, con una red de 40 cm de longitud y la abertura de malla de 500 g aproximadamente, la malla fue colocada a contracorriente y moviendo ligeramente el sedimento dentro del río. Las muestras colectadas con la red fueron colocadas en una bandeja blanca para ser limpiadas, su observación y registro. Se recogió con pinzas los organismos colectados y fue lavado dentro de la bandeja, posteriormente la muestra fue colocada en frascos con alcohol al 70^o o debidamente rotulados para su preservación y posteriormente fueron llevadas al laboratorio de la Universidad Estatal Península de Santa Elena para su identificación, a través del estereoscopio y claves taxonómicas.



Imagen 5. Red de mono. Fuente. (WWF, 2021)

Para todos los casos de trabajos con macroorganismos: Se sale con la muestra obtenida del río u orilla y se vuelca el contenido de la red de malla en una bandeja blanca para poder analizarlo. Se observa a los organismos que se mueven. Con la ayuda de una lupa y de unas pinzas, se observan e identifican los organismos diferentes y se valora la salud del tramo

empleando para ello la guía de identificación de campo (Imagen 6). Se recogen muestras con autorización del MAATE, departamento de biodiversidad mediante código: MAATE-ARSFC-2024-0763.



Imagen 6. A: Recolección de muestras biológicas con red. B: Separación de organismos para preservación.

MÉTODO DE MUESTREO COMBINADO

La investigación se realiza dentro del método cuantitativo, permite llevar a cabo el conteo y clasificación de los individuos recolectados de acuerdo con sus características taxonómicas y a la elaboración de cálculos basados en cifras a través del registro de datos en la zona de estudio.

Además, la investigación está contextualizada en el método cualitativo, debido a que se identificará los componentes biológicos recolectados en el río California mediante las claves de identificación taxonómica.

8.2.3. IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS

En el laboratorio de la Universidad Península de Santa Elena, el trabajo consistirá en la identificación y conteo de los taxones (orden, familia y genero) y el número de individuos (Imagen 8). Para ello se observarán las características morfológicas externas con la ayuda de un estereoscopio, siguiendo las guías de identificación elaboradas por (Andino y otros, 2017, Palma, 2013, Pérez y otros, 2016). Para procesar las muestras en el laboratorio, se debe remover el alcohol u otro compuesto con el cual han sido fijados en terreno y lavar la muestra con abundante agua. Posteriormente, la muestra se reparte entre diferentes placas de Petri o en recipiente pertinente, para separar e identificar todos los taxones diferentes existentes en la muestra hasta familia, los individuos separados e identificados son contados para los análisis finalmente guardados en recipientes con alcohol 70% para su conservación.

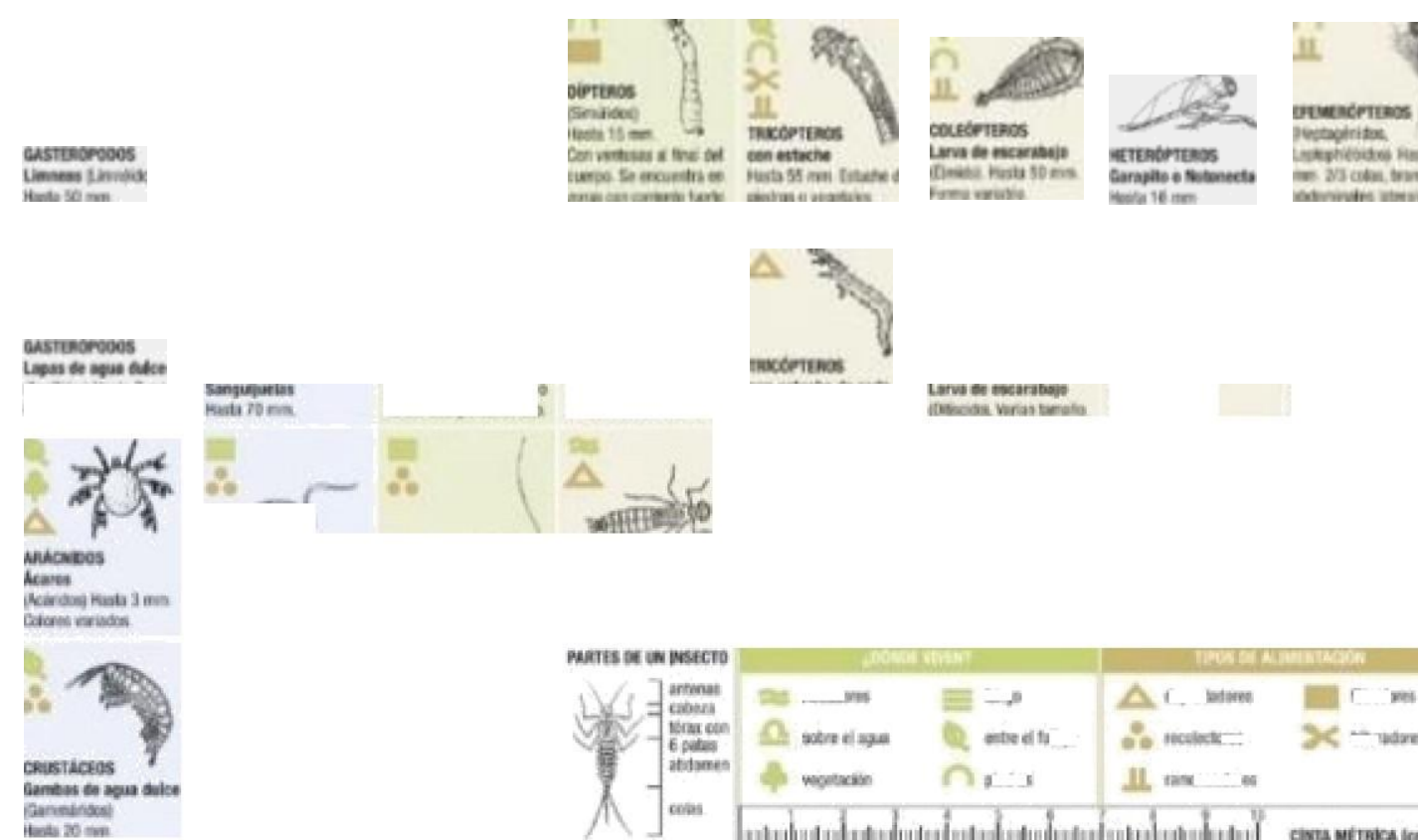


Imagen 7. Organismos más frecuentes en ecosistemas acuáticos (WWF, 2021)



Imagen 8. Conteo e identificación de organismos en Laboratorio # 3 de UPSE.

8.3. ÍNDICES BIOLÓGICOS

Para la evaluación de calidad de agua del río California, se utilizaron varios índices biológicos: el índice BMWP, los índices de diversidad de Shannon-Weaver, dominancia de Simpson y coeficiente relacional de Spearman ya que es necesaria para medir la correlación estadística entre 2 variables: los factores físicos químicos y la abundancia y diversidad de especies determinando si estos factores se relacionan positiva o negativamente y su influencia sobre la diversidad de especies.

Los individuos fueron cuantificados al nivel de familia en todos los muestreos para después ser tabulados en una plantilla de excel, posteriormente se utilizó el programa estadístico past 4.03.

Para el índice BMWP se utiliza la tabla de (Roldan, 2016), donde se coloca el valor de cada familia encontrada, luego se realiza la sumatoria de los valores de cada taxa hasta determinar la calidad de agua de cada muestreo y se utilizó el programa excel para graficar.

Para el índice de Shannon Weaver y Simpson 1-D después de ser tabulados se utilizó el programa past 4.03 para la obtención de los valores de diversidad y dominancia y posteriormente para obtener las gráficas.

Para la correlación de Spearman, se comparó los valores obtenidos de abundancia y diversidad con los resultados de los parámetros fisicoquímicos obtenidos.

8.4. ANÁLISIS QUÍMICOS

- Nitratos (NO₃⁻):

La concentración de nitratos en agua se mide en una reacción colorimétrica, el reactivo utilizado específicamente para nitratos marca HANNA, al colocar el reactivo esta forma un complejo coloreado modelado por los iones nitrato presentes en la muestra. La intensidad del color es proporcional a la concentración de nitratos, y esta es medida a través del espectrofotómetro, el cual cuantifica la absorbancia de la luz.

Procedimiento:

- Recolección 400 ml de agua in situ utilizando un recipiente estéril para la integridad de la muestra.
- Preparación del equipo de filtración de agua, primero es pasada por una membrana de 200 micras y después al vacío con una membrana de 45 micras.
- El agua filtrada se coloca en recipientes limpios lavados con agua destilada.
- Se toman 10 ml de la muestra de agua filtrada y se coloca en el tubo de medición.
- Se coloca el reactivo para nitratos del kit HANNA a la muestra de agua según las indicaciones del fabricante.

- Se tapa el tubo y es agitado rápidamente durante 10 segundos y lentamente durante 10 segundos hasta disolver el reactivo.
- El tubo se coloca en el espectrofotómetro HANNA seleccionando el parámetro nitratos y se esperan 4 minutos.
- Los datos de concentración de nitratos se registran en mg/L para el análisis.
- El tubo se lava con agua destilada y se deja secar para el uso posterior.



Imagen 9. Muestras de agua de estación 1 con diferentes concentraciones de nitratos.

- Fosfatos (PO_4^{*-})

La determinación de concentración de fosfatos en agua sigue un principio colorimétrico. Los fosfatos reaccionan al reactivo formando un complejo coloreado, la intensidad está directamente relacionada con la concentración de fosfatos en la muestra. El espectrofotómetro detecta la intensidad del color y determina la concentración en mg/L.

Procedimiento:

- Recolección de la muestra de agua, 400 ml, utilizando un recipiente estéril para la integridad de la muestra.
- Preparación del sistema de filtración de agua, primero es pasada por una membrana de 200 micras y después al vacío con una membrana de 45 micras.
- Recolección del agua filtrada en recipientes limpios, lavados con agua destilada.
- Se toman 10 ml de la muestra de agua filtrada y se coloca en el tubo de medición.
- Se añade el reactivo para fosfatos (PO_4^{3-}) del kit HANNA a la muestra siguiendo el procedimiento e indicaciones del fabricante.
- Se tapa el tubo y es agitado rápidamente durante 10 segundos y se maneja suave durante 40 segundos hasta disolver el reactivo.
- El tubo es colocado en el espectrofotómetro HANNA seleccionando el parámetro nitratos y se esperan 5 minutos.
- Se registran los datos de concentración de fosfatos mostrados en mg/L.
- El tubo es lavado con agua destilada y se deja secar para el uso posterior.

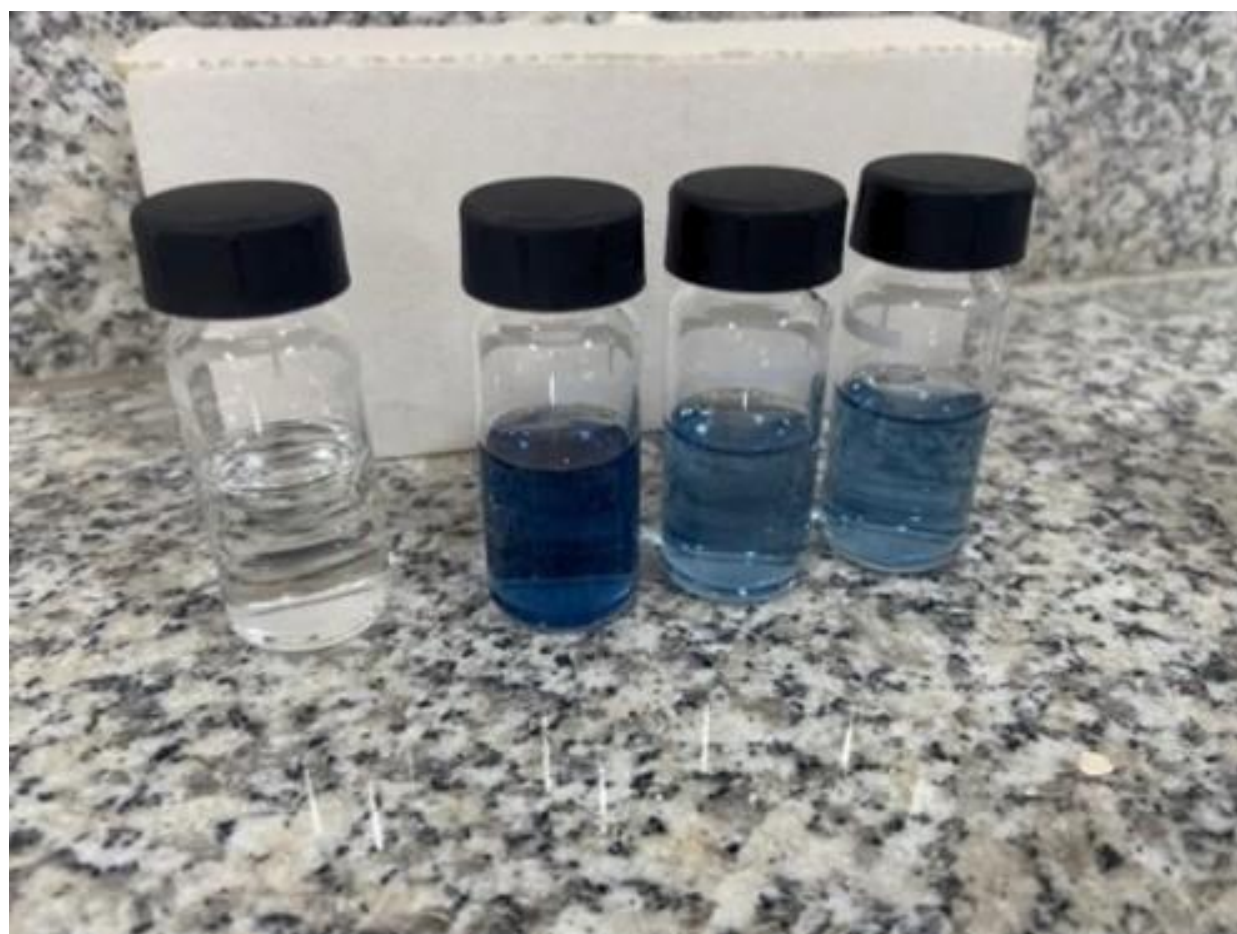


Imagen 10. Muestras de agua de estación 1 con diferentes concentraciones de fosfatos.

CAPÍTULO V

9 . RESULTADOS

9.1. CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO CALIFORNIA A TRAVÉS DEL ÍNDICE BMWP COMO INDICADOR.

Álvarez y Pérez (2007) señalan que el índice BMWP permite evaluar la calidad del agua al analizar la presencia o ausencia de macroinvertebrados y su nivel de tolerancia, es decir, permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo. Por esta razón, se utilizó este índice para llevar a cabo la evaluación biológica de la calidad del agua.

En la tabla 6 se muestra las órdenes, familias y el número indicador de calidad según el índice BMWP.

ÓRDENES	FAMILIAS	INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA-BHWP
EPHEMEROPTERA	Baetidae	7
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiidae	9
EPHEMEROPTERA	Caenidae	7
PLECOPTERA	Perlidae	10
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	7
ODONATA	Coenagrionidae	7
ODONATA	Libellulidae	6
ODONATA	Gomphidae	10
COLEOPTERA	Dystiscidae	9
HEMIPTERA	Veliidae	8
HEMIPTERA	Gerridae	8
HEMIPTERA	Belostomatidae	5
HEMIPTERA	Naucoridae	7
DECAPODA	Palaemonidae	8
NEOGASTROPODA	Thiaridae	5
BASOHMATOPHORA	Planorbidae	5
BASOMMATOPHORA	Physidae	3
HYGROPHILA	Lymnaeidae	4
Total		125

Tabla 2. Órdenes, familias y calificación según el índice BMWP.

Muestreo	INDICADOR DE CALIDAD DE AGUA-BNWP	Calidad de agua	Significado	Color
1	125	BUENA	Muy limpias a limpias	
2	118	BUENA	Muy limpias a limpias	
3	125	BUENA	Muy limpias a limpias	
4	125	BUENA	Muy limpias a limpias	
5	118	BUENA	Muy limpias a limpias	

Tabla 3. Calidad biológica del agua — Índice BMWP.

Dentro del análisis de calidad de agua con el índice BMWP se obtuvieron puntajes en los cinco muestreos, resultando en los valores 125, 118, 125, 125 y 118 respectivamente. Estos puntajes sugieren que la calidad de agua del río California es consistente y muy buena a lo largo de los muestreos, en el índice BMW P los valores mayores a 100 reflejan ambientes acuáticos de calidad alta considerando una baja contaminación y señalando la capacidad que tiene el río de sostener una diversidad biológica significativa incluyendo además organismos que son sensibles a la contaminación.

Aunque hubo una consistencia general en los resultados es importante señalar que la ligera variación entre los puntajes (125 y 118) cómo se observan el gráfico 11, es resultante de la ausencia de la familia Caenidae (orden Efemeróptera) en dos de los cinco muestreos, esta familia es considerada indicadores de aguas limpias y tienden a estar presentes en ambientes de buena calidad. La ausencia de la familia Caenidae en dos de los muestreos específicamente señala fluctuaciones menores en

parámetros ambientales como los cambios registrados en temperatura, pH o concentración de nutrientes.

Por otro lado esta variación es ligera y no afecta la clasificación de calidad de agua basada en el índice BMWP la cual se mantiene en la categoría de muy buena (>100) a lo largo de los muestreos incluso en la ausencia de manera temporal de uno de los taxones sensibles. Esta ausencia de Caenidae es compensada por la presencia de otras familias con altos puntajes lo cual mantiene estable la valoración del índice BMWP.

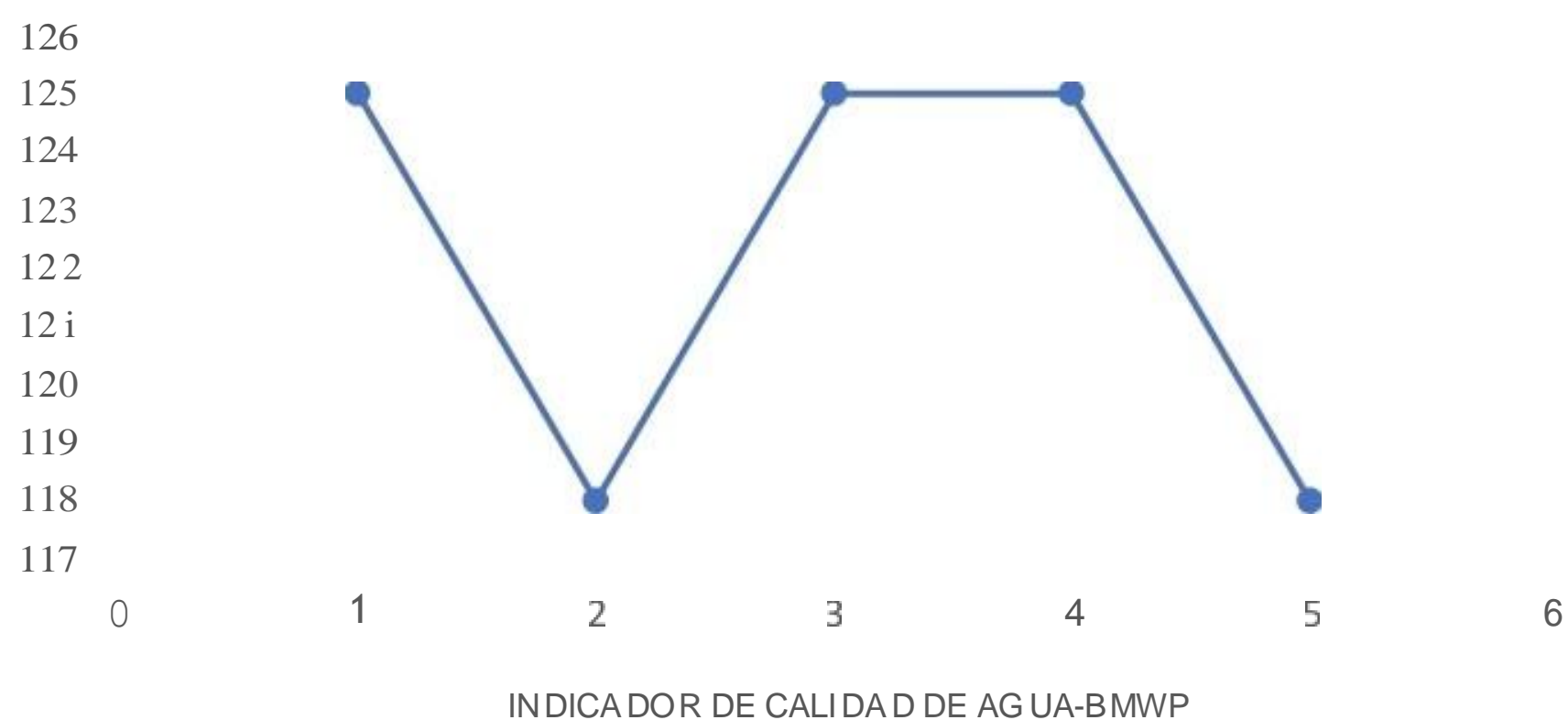


Gráfico 1. Niveles de calidad de agua por muestreo.

9.2. INDICES DE DIVERSIDAD PARA LOS MACROINVERTEBRADOS ENCONTRADOS

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Taxa_S	24	23	24	23	23
Individuos	235	223	209	202	197
Shannon					
Wiever H	2,837	2,675	2,608	2,357	2,217
Simpson 1-D	0,9132	0,8897	0,8762	0,8193	0,7855

Tabla 4. Índices de diversidad biológica de los muestreos.

INDICE SHANNON WIEVER H

Durante el estudio, el índice de Shannon Weaver presentó un promedio de 2,837, 2,675, 2,608, 2,357 y 2,217 respectivamente, los valores van disminuyendo de 2.837 en el primer muestreo a 2.217 en el quinto, esta tendencia decreciente indica una pérdida de diversidad y una menor equidad a medida que pasan las semanas. La disminución del índice de Shannon sugiere una pérdida de diversidad en la comunidad de macroinvertebrados durante la época seca. Este cambio es consistente con una reducción de la disponibilidad de hábitat y una posible disminución en la calidad del agua, factores que tienden a favorecer a unas pocas especies más tolerantes, mientras que las especies menos adaptadas a estas condiciones desfavorables ven reducida su abundancia o desaparecen. Este patrón de disminución es indicativo de un ecosistema en desequilibrio, posiblemente debido al estrés ambiental provocado por la reducción del caudal.

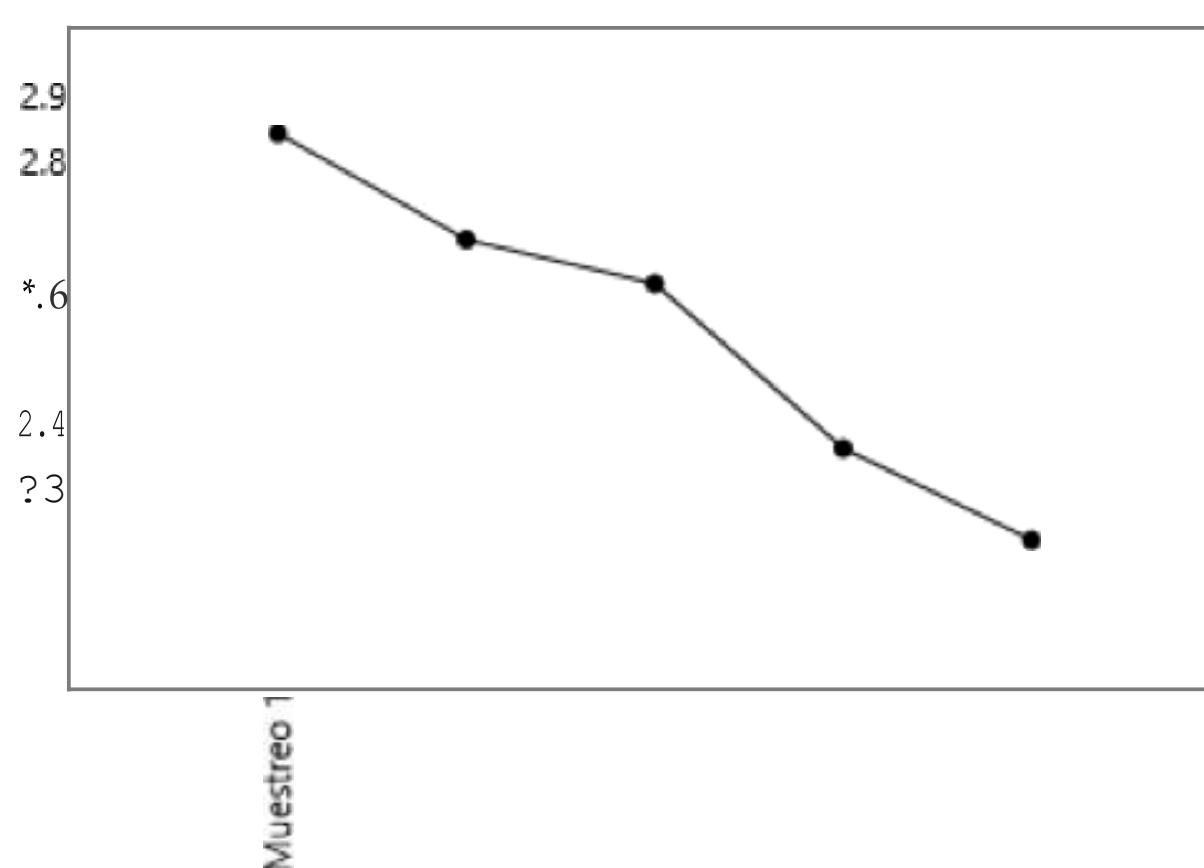


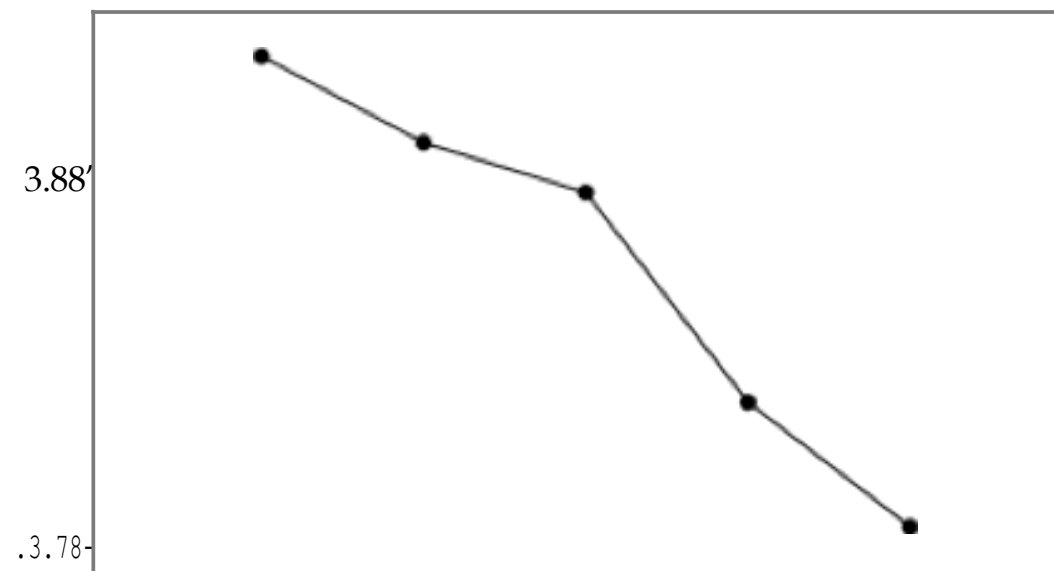
Gráfico 2. Índice de Shannon Wiever H

INDICE SIMPSON 1-D

El índice de Simpson mostró una disminución a lo largo del tiempo, con valores que pasan de 0.9132 en el primer muestreo a 0.7855 en el último (Tabla 2). La disminución en el índice de Simpson sugiere que la comunidad

de macroinvertebrados está experimentando un aumento en la dominancia de unas pocas especies más resistentes al cambio de condiciones, a medida que el caudal del río disminuye, algunas especies comienzan a dominar la comunidad, lo que indica que sólo las especies más tolerantes logran mantener su población, mientras que otras disminuyen o desaparecen.

Puesto que este índice indica que los valores cercanos a 1 corresponden a alta diversidad y baja dominancia, mientras que los valores cercanos a 0 corresponden a baja diversidad y alta abundancia. En el Muestreo 1 con 0.9132 bits/ind se observa una comunidad con diversidad alta y dominancia baja, en el muestreo 2 con 0,8762 bits/ind se mantiene alta la diversidad con una ligera disminución en la abundancia y se empieza a notar una tendencia hacia una dominancia mayor. Continuando con los muestreos del uno al cinco se observa un descenso en la diversidad respectivamente, en el muestreo 5: 7855 bits/ind se observa una dominancia mucho mayor y es notable la diversidad más baja; este aumento en la abundancia de especies como *Melanoides* señala la capacidad que tienen para adaptarse a los ambientes más secos y a su vez la poca disponibilidad de recursos. Asimismo, la dominancia nos indica que estos organismos aprovechan las condiciones ambientales fluctuantes para otras especies menos adaptadas lo que da como resultado la disminución de diversidad, mientras que la dominancia va en aumento. Cambios como estos en la estructura de la comunidad señala que se encuentra en proceso de simplificación es decir sólo las especies más resistentes y adaptadas van a sobrevivir por lo que la diversidad se verá reducida y la vulnerabilidad del ecosistema frente a cambios ambientales aumenta.



Gra"fico 3 Índice" de Simpson "1-D

9.3. PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS DEL RÍO CALIFORNIA

Los valores obtenidos de la medición de parámetros físicos químicos muestran significativas variaciones reflejando los cambios en las condiciones ambientales del río considerando la época seca actual.

	Muestreo 1	Muestreo 2	Muestreo 3	Muestreo 4	Muestreo 5
Temperatura °C	25,23	24,59	26,27	24,82	27,01
Turbidez NTU	7,7	9,04	7,93	7,73	10,59
Ph	7,59	7,47	7,59	8,34	8,58
Nitratos mg/L	0,01	2,9	1,5	8,1	3,6
Fosfatos mg/L	5,2	3,1	4,8	0,55	1,4

Tabla 5. Valores totales de los parámetros fisicoquímicos tomados en el río California.

En este caso la temperatura posee valores entre 24,59 a 27,01°C, a lo largo de la investigación tiene una tendencia en aumento particularmente al final de la serie de datos, la variación en la temperatura está asociada a los cambios climáticos especialmente en esta época del año se eleva la temperatura del agua y muestra cambios que son importantes ya que

afectan la solubilidad del oxígeno y la actividad metabólica de los organismos.

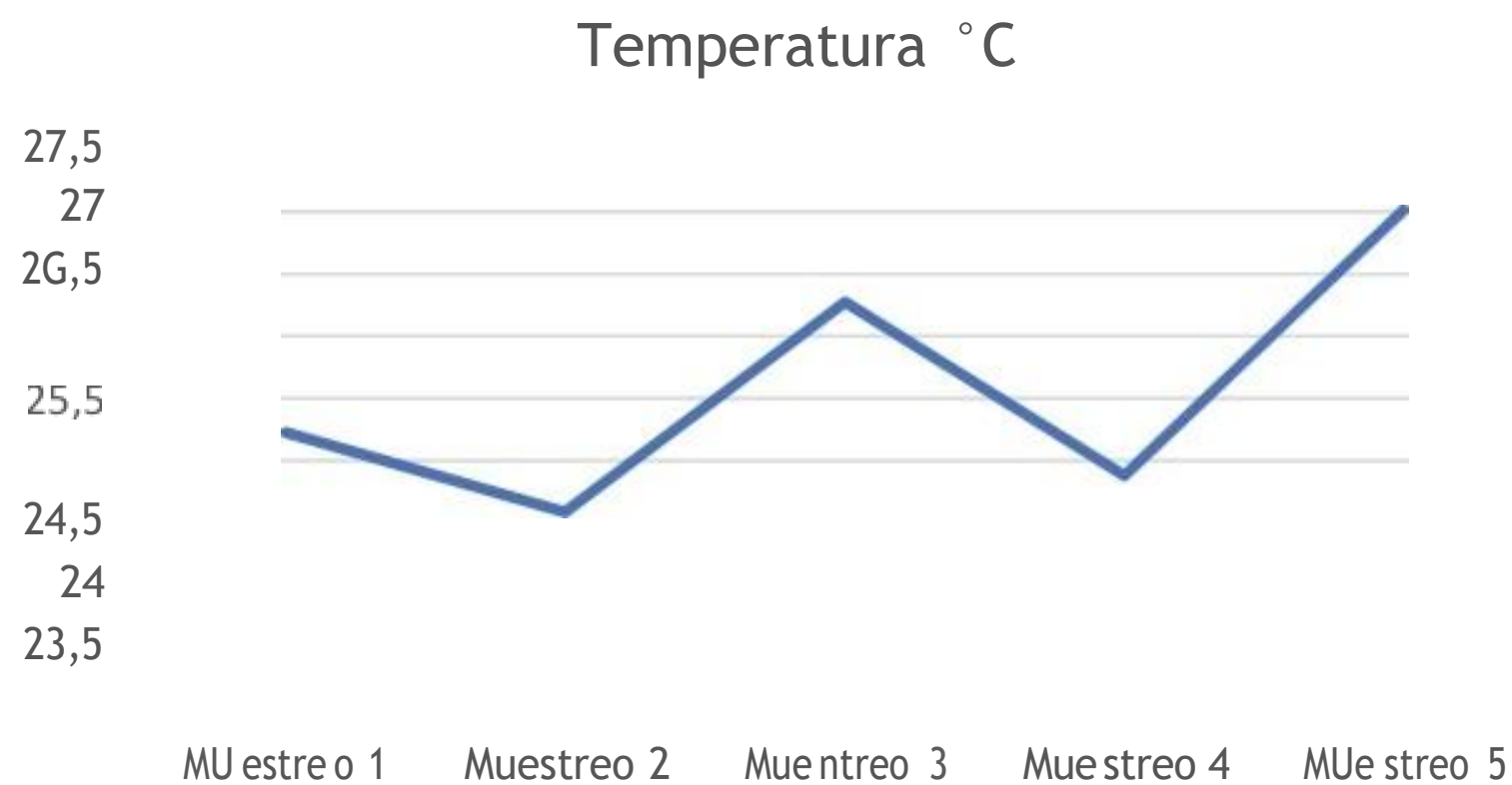


Gráfico 4. Valores de temperatura a lo largo de los muestreos.

En el caso de la turbidez, este parámetro presenta también variaciones importantes con valores que van desde 7.7 NTU a 10.59 NTU, se observa un incremento significativo en el último muestreo lo que indica un mayor nivel de partículas en suspensión, esto puede darse por fenómenos como sedimentación o materiales erosionados en las cercanías. Los cambios en la turbidez afectan la calidad de hábitat del río ya que pueden obstruir la luz solar y afectar la fotosíntesis de plantas acuáticas, aunque puede interferir en hábitos alimenticios de algunas especies de macroinvertebrados también puede estar relacionado a mayor refugio para ellos.

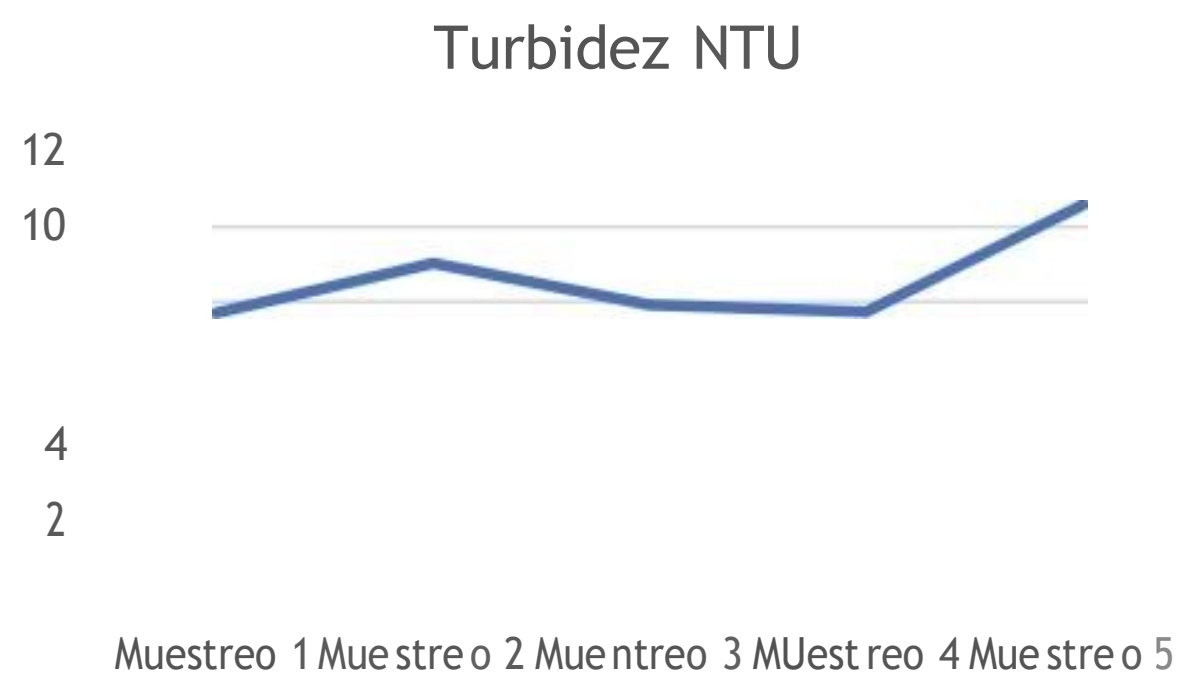


Gráfico 5. Valores de turbidez a lo largo de los muestreos.

Los Valores obtenidos de pH demuestran una tendencia creciente con valores de 7.47 hasta 8.58 mg/L, aunque no existe variación significativa y los límites están dentro del rango permitido señala un incremento a condiciones más alcalinas del agua, siendo el muestreo número 5 el que presenta un valor más alto que los anteriores. El pH es un factor muy relevante pues la supervivencia de muchos organismos acuáticos está estrechamente relacionada a la estabilidad de este parámetro y valores muy elevados afectan directamente la biodiversidad

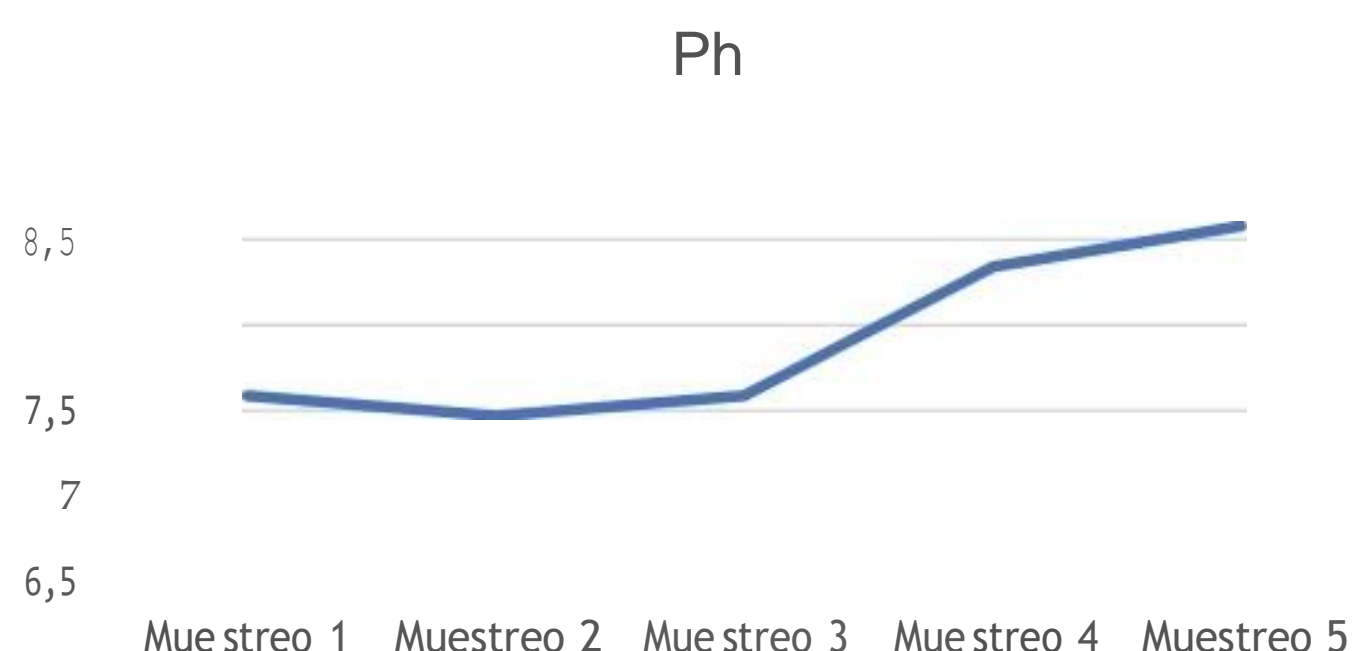


Gráfico 6. Valores de Ph a lo largo de los muestreos.

La concentración de nitratos muestra significativas variaciones a lo largo de la investigación particularmente en el cuarto muestreo se registra el valor más alto de la serie de 8.1 mg/L. Este elevado valor puede indicar una entrada ocasional de contaminación por la entrada ocasional de fertilizantes agrícolas o aguas residuales, esto contribuye a la eutrofización si los valores altos se mantienen en el tiempo. Finalmente, los valores de concentración de fosfatos muestran variaciones entre todos los muestreos de 5.2 mg/L a 0.55 mg/L antes de tener un ligero incremento en el último. La variación en este parámetro puede estar relacionada con la absorción por vegetación o debido a la sedimentación, los valores altos también

pueden favorecer el crecimiento excesivo de algas afectando el equilibrio ecológico

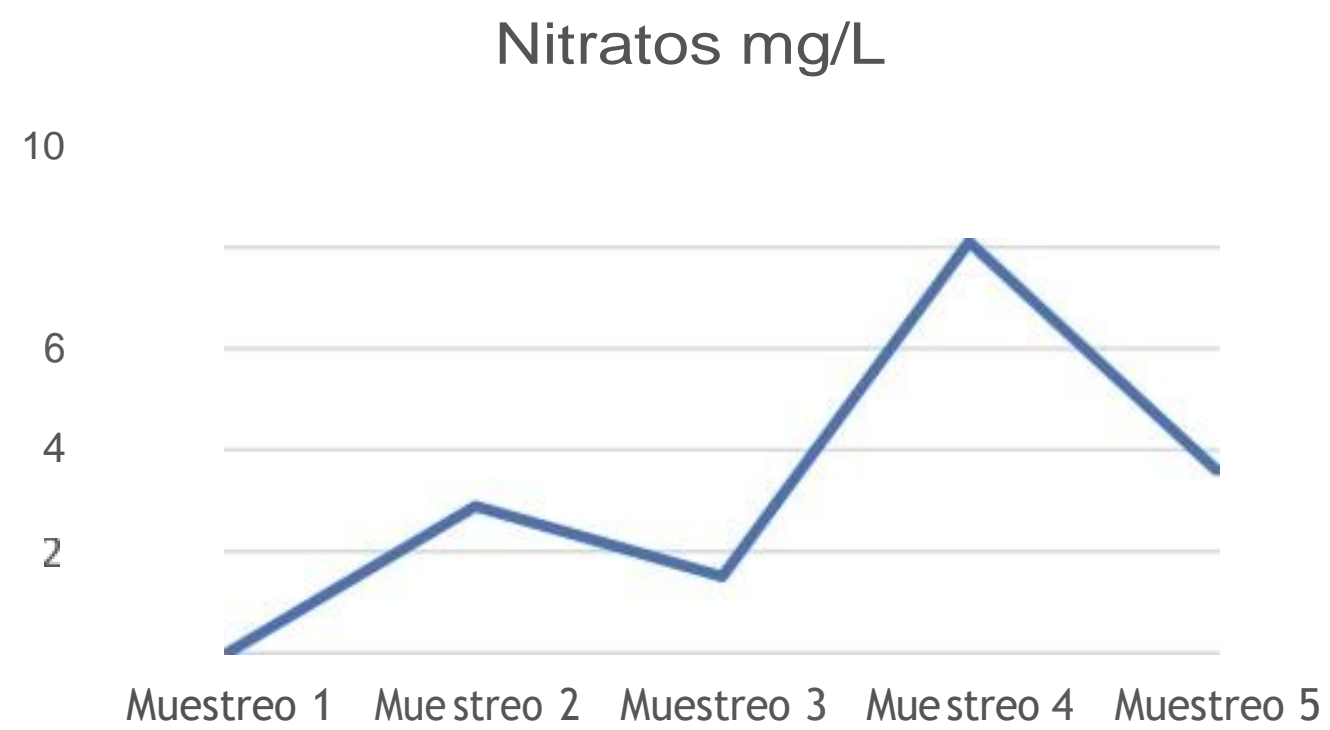


Gráfico 7. Valores de nitratos a lo largo de los muestreos.

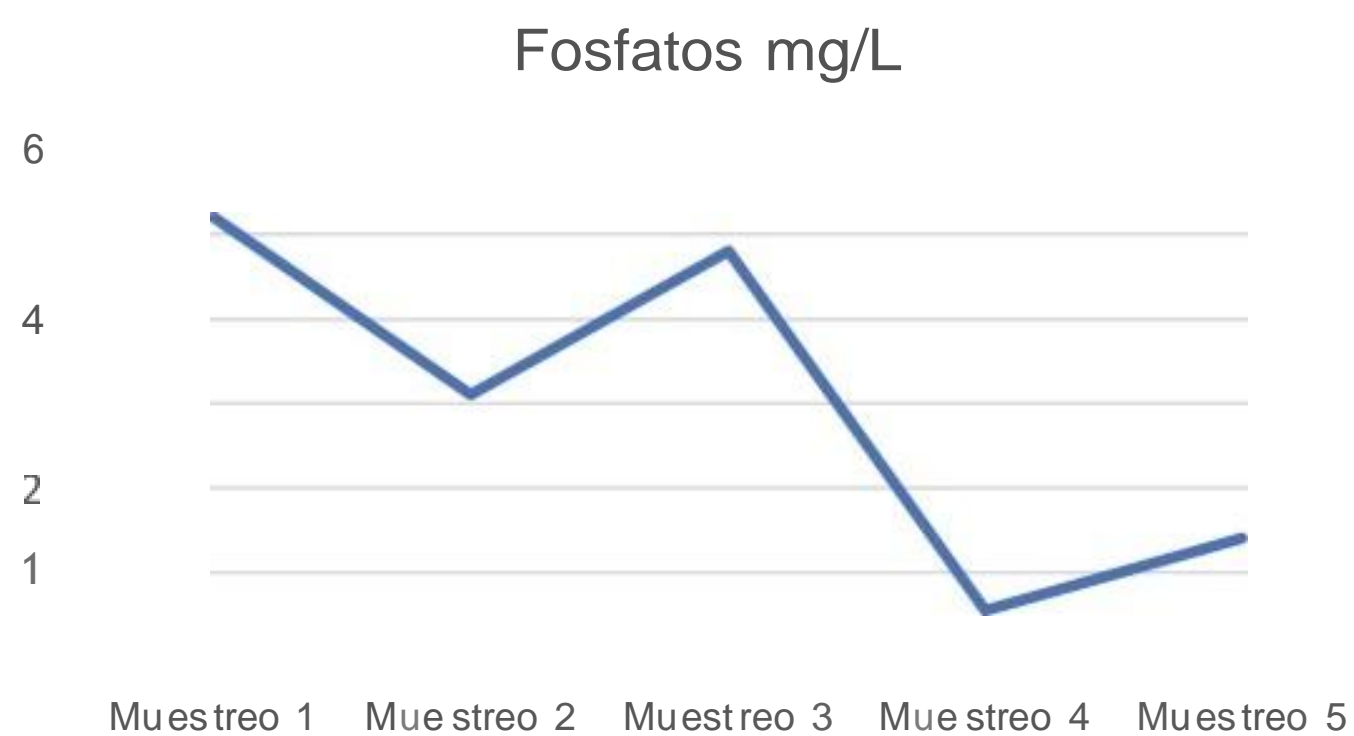


Gráfico 8. Valores de fosfatos a lo largo de los muestreos.

Pruebas de normalidad ANOVA

Se realiza un análisis macro de la dispersión de datos en las variables de Shannon, Simpson, Temperatura, Turbidez, ph, Nitritos y Fosfatos, respecto

a la normalidad. Se observa que esta no cumple el supuesto de normalidad. Debido que, los datos al no ser paramétricos o no poseer homogeneidad en su distribución se utiliza la prueba de correlación de Spearman. Gráfico 9.

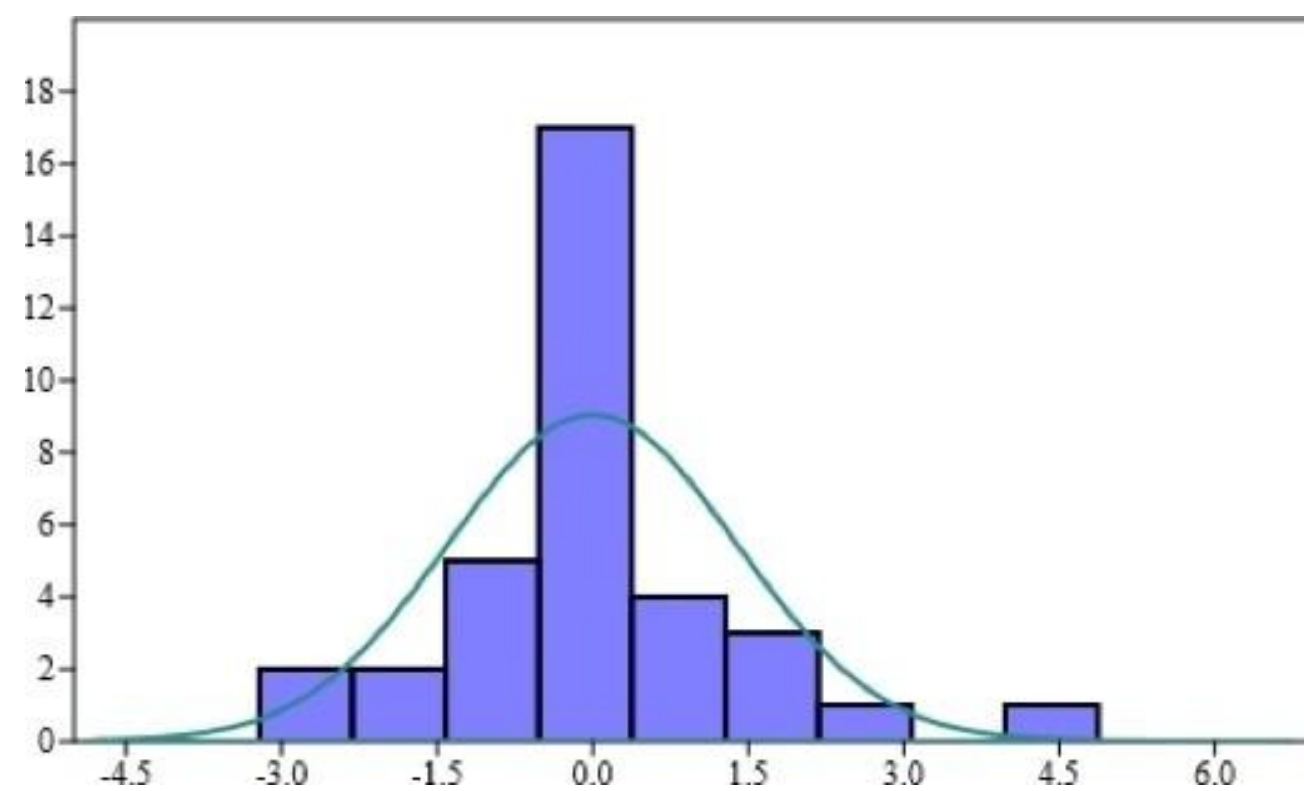


Gráfico 9. Histograma de la distribución de datos de acuerdo con la normalidad

Correlación de Spearman (ρ_{sj})

Al realizar la matriz cuadrada entre los índices de diversidad (Shannon-Wiener H' y Simpson $1-D'$) con relación a los parámetros fisicoquímicos (temperatura, turbidez, ph, nitrito y fosfato) se observa que la mayoría de los datos poseen una regresión inversamente negativa a excepción del compuesto fosfato, es decir, entre los otros parámetros no existe una relación positiva exceptuando al fosfato. Gráfico 16.

En este caso la fuerza de relación que existe entre los índices y la temperatura es inversamente proporcional a negativa y se encuentran en -0.5, es decir, una correlación negativa alta. Respecto a la turbidez este valor sube a -0.6 también considerándose una relación negativa alta. Con el parámetro de ph este valor es más agudo y sube a -0,82 clasificándose como una correlación negativa muy alta. Para el nitrato la cifra es de -0,8 también considerándose asociación negativa muy alta. En contraste, el

fosfato posee el valor de 0.8 clasificándose como una correlación positiva muy alta. Los valores negativos y que se observan en color rojo o pardo, indican que a menor valor de cualquiera de estos parámetros disminuirá los índices seleccionados. En contraparte, cifras positivas y de color azul o cian, indican que los índices crecen de forma semejante con los parámetros. Gráfico 10.

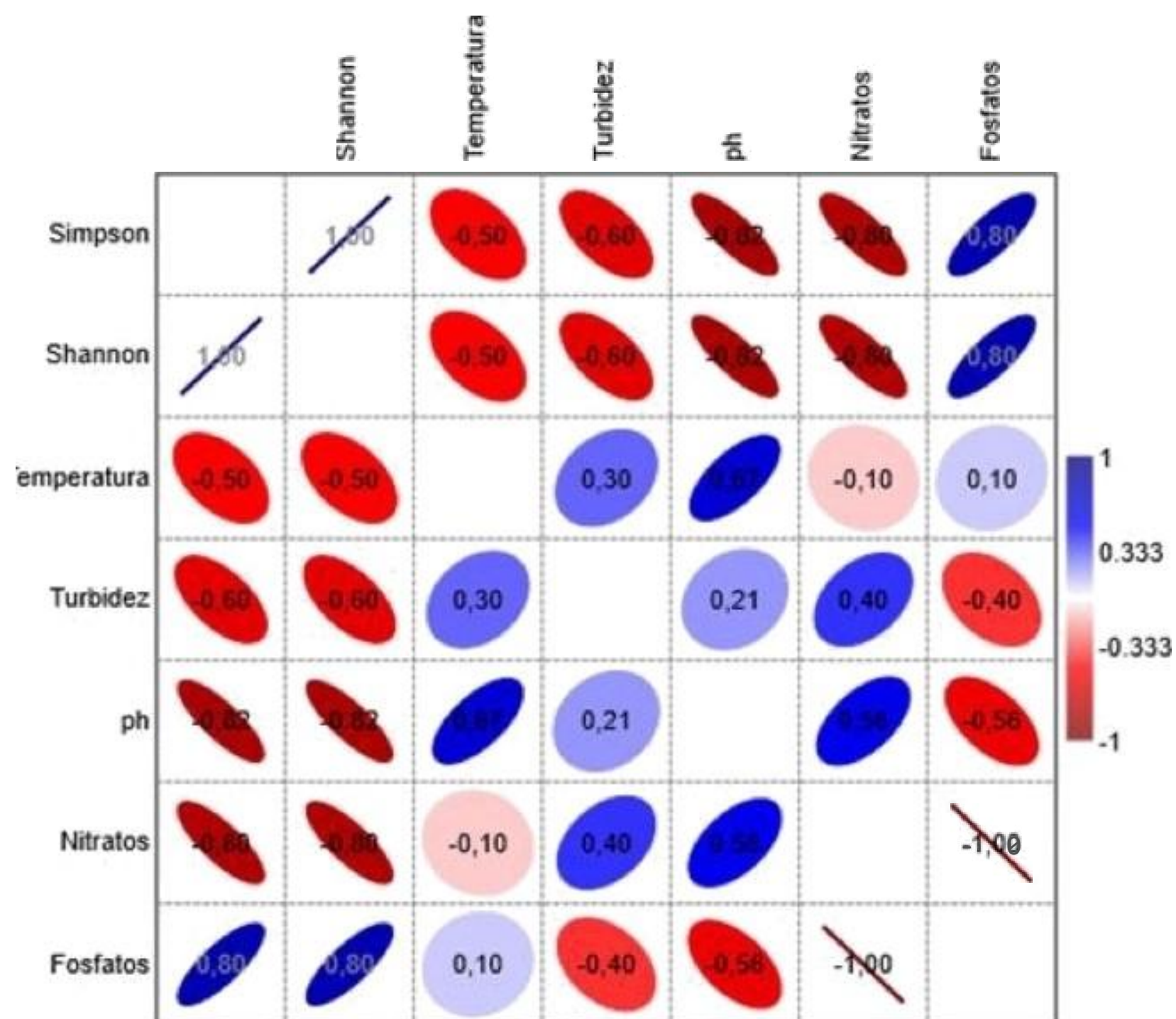


Gráfico 10. Correlación de Spearman rho entre índices de diversidad y parámetros fisicoquímicos

Respaldo de análisis

Para ofrecer mayor robustez de los datos, al utilizar la prueba de análisis de pares de Mann-Whitney se resalta que las variables seleccionadas poseen diferencias significativas ($p < 0.05$). En este caso, el análisis muestra que los índices de biodiversidad poseen datos distintos de sus medias y medianas en relación con la temperatura, turbidez y ph. Caso

contrafiO, sucede con el nitrito y fosfato, pues estas reflejan que no existe algún dato distinto del otro y comparten medias o medianas. Tabla 5.

	Simpson 1-D'	Shannon H''	Temperatura	Turbidez	ph	Nitratos	Fosfatos
Simpson 1-D'		0,01219	0,01219	0,01219	0,01193	0,1437	0,1437
Shannon H''	0,01219		0,01219	0,01219	0,01193	0,6761	0,6761
Temperatura	0,01219	0,01219		0,01219	0,01193	0,01219	0,01219
Turbidez	0,01219	0,01219	0,01219		0,2087	0,0601	0,01219
Oh	0,01193	0,01193	0,01193	0,2087		0,05933	0,01193
Nitratos	0,1437	0,6761	0,01219	0,0601	0,05933		1
Fosfatos	0,1437	0,6761	0,01219	0,01219	0,01193	1	

Tabla 6. Análisis de pares de Mann-Whitney.

9.4. IDENTIFICACIÓN DE COMPONENTES BIOLÓGICOS

La comunidad de macroinvertebrados acuáticos recolectados en cada punto de las 5 estaciones establecidas en el río California, Loma Alta, fue de 1066 individuos, de los cuales se identificaron 2 grandes grupos de Phylum; Arthropoda y Mollusca. La mayor cantidad de organismos fue de artrópodos, la clase Insecta dio como resultado el mayor número de ordenes identificadas durante la investigación. Se registraron los siguientes datos; el orden Hemiptera con un porcentaje alto de abundancia de la familia Naucoridae (20,1%); el orden Neogastropoda mostró la mayor abundancia de familia Thiaridae, el cual fue un total de (27,6%), por el contrario, tenemos al orden Trombidiformes con menor abundancia (1,2%), correspondiendo a la familia Hydrachnidae; el orden Oligochaeta presenta menor abundancia con (0,7%) correspondiente a la familia Lumbriculida.

ORDEN	FAMILIA	GÉNERO	TOTAL
EPHEMEROPTERA	Baetidae	Baetis	38
EPHEMEROPTERA	Caenidae	Caenis	4
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiae	Terpides	31
EPHEMEROPTERA	Leptophlebiae	Austroclima	30
EPHEMEROPTERA	Siphonuridae	Siphonurus	29

PLECOPTERA	Perlidae	<i>Anacroneuria</i>	30
TRICHOPTERA	Hydropsychidae	<i>Arctopsyche</i>	23
ODONATA	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	34
ODONATA	Libellulidae	<i>Libellula</i>	43
ODONATA	Gomphidae	<i>Phyllogomphoides</i>	31
COLEOPTERA	Dystiscidae	<i>Thermonectus</i>	17
HEHtPTERA	Veliidae	<i>Rhagovelia</i>	41
HEHtPTERA	Gerridae	<i>Brachymetra</i>	30
HEHIPTERA	Gerridae	<i>Gerris</i>	26
HEHIPTERA	Belostomatidae	<i>Belostoma</i>	22
HEMIPTERA	Naucoridae	<i>Limnocoris</i>	214
DECAPODA	Palaemonidae	<i>t4acrobrachium</i>	21
ISOPODA	Asellidae	<i>Aseffos</i>	23
NEOGASTROPODA	Thiaridae	<i>t4elanoides</i>	294
BASOMMATOPHORA	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	22
BASOMMATOPHORA	Physidae	<i>Physa</i>	27
HYGROPHILA	Lymnaeidae	<i>Lymnaea</i>	16
OLIGOCHAETA	Lumbriculidae	<i>Stylodrilus</i>	7
TRONBIDIFORIIES	Hydrachnidae	<i>Hydrachna</i>	13
		TOTAL	1066

Tabla 7. Abundancia total de macroinvertebrados colectados en el río California.

Como se muestra en el gráfico 1, el orden con mayor abundancia fue Hemiptera con un total de 333 individuos de las familias: Naucoridae con 20,1%, Veliidae con 3,8%, Gerridae con 5,2% y Belostomatidae con 2,1%. El segundo orden con mayor abundancia fue Neogastropoda con 294 individuos, de la familia Thiaridae 27,6%. En tercer lugar, se encuentra el orden Ephemeroptera con 132 individuos en total, que estuvo representado por las siguientes familias; 5,7% de Leptophlebiidae, 3,6^o o correspondiente a Baetidae, 2,7% de la familia Siplonuridae y 0,4% de la familia Caenidae. Por el contrario, el orden Oligocchaeta con 7 organismos en total de la familia Lumbriculidae con 0,7% fue la que presentó menor abundancia.

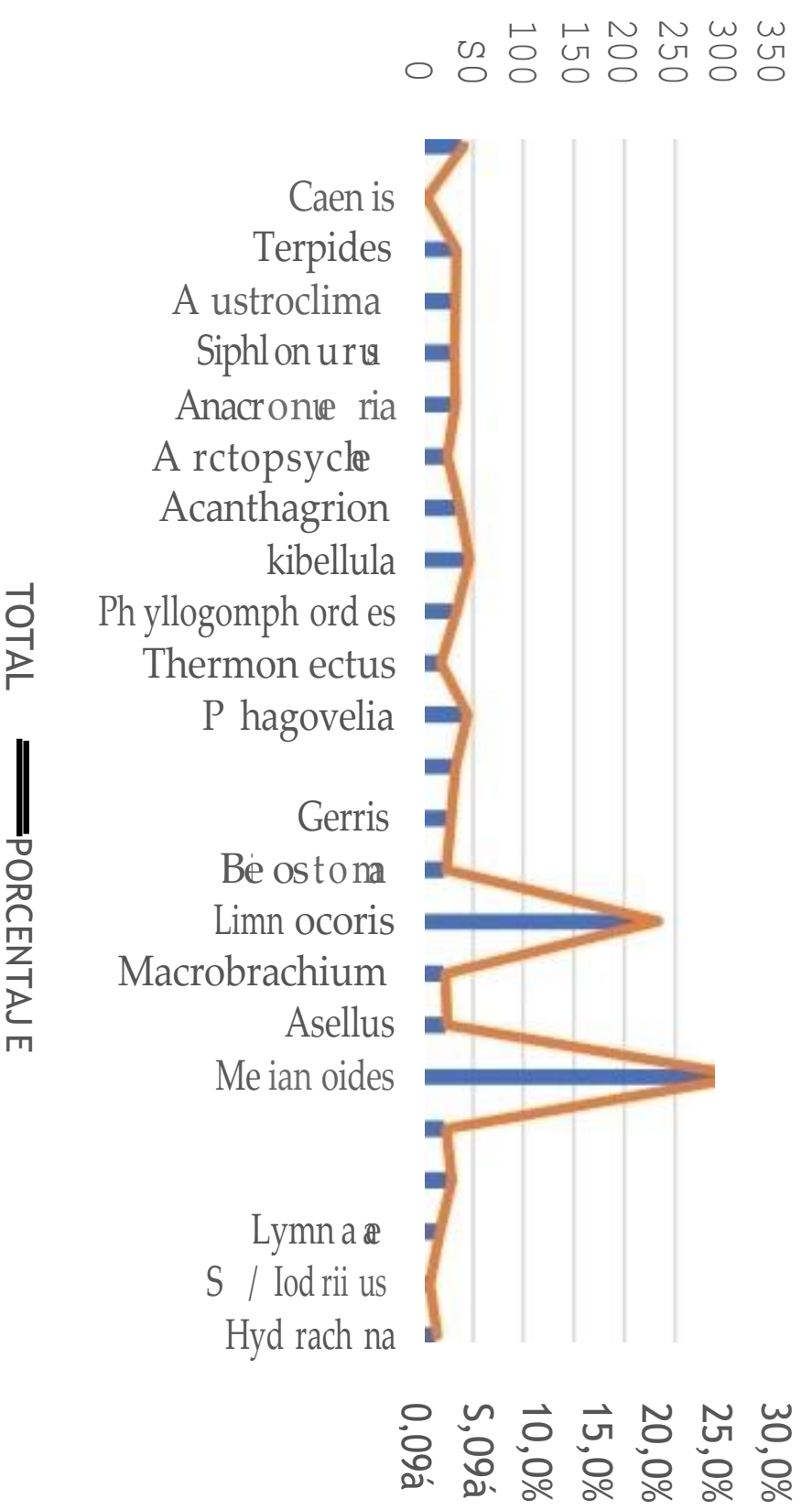


Gráfico 11. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados colectados en el río California.

CAPITULO VI

10. DISCUSIÓN

A lo largo de las cinco semanas de duración de los muestreos en el río California, se recolectaron 1066 individuos los cuales están distribuidos en 13 órdenes 22 familias y 24 géneros las órdenes que poseen mayor número de familias identificadas fueron Ephemeroptera, Hemiptera y Odonata. Estos resultados han sido comparados con el estudio de (Gonzabay & Reyes, 2023) que fue realizado en el río San Vicente de Loja. En este estudio se contabilizaron 4020 individuos resaltando las órdenes Ephemeroptera, Coleoptera y Odonata lo cual señala una similitud en la presencia de dos órdenes en ambos estudios. Es importante señalar que ambas investigaciones se llevaron a cabo en la provincia de Santa Elena, por lo que estos resultados son de importancia para la comprensión de la composición biológica de la región.

Dentro de los órdenes predominantes en abundancia, Hemíptera y Neogastropoda refleja la presencia de especies resistentes a las variaciones de caudal y calidad del agua, como se ha documentado en otros estudios. En contraste, el estudio de (Buenaño, Zurita-Vásquez, & Parra, 2018) señala una menor abundancia de Ephemeropteros, aunque la composición de macroinvertebrados acuáticos de este estudio es muy variable entre muestreos reflejan órdenes diferentes, pudiendo estar asociado con la diferencia de región ya que los autores mencionan abundancia en Crustácea y Díptera, y la calidad de agua basado en el índice BMWP del río Pachanlica obtiene puntajes de 22 y 34 valorándola como “muy crítica”.

Estas diferencias pueden deberse a las actividades antropicas de cada río puesto que, en el río Pachanlica se nota mayor afectación por descargas industriales y actividades agrícolas, esto ha alterado de manera muy significativa la calidad de sus aguas. En este río es notable el desequilibrio ambiental ya que las especies que dominan la población son más resistentes a cambios como Dípteros y Oligoquetos ya que toleran condiciones de menor calidad. De acuerdo con esto, es importante destacar la influencia de los factores humanos sobre la salud de los ecosistemas fluviales ya que en comparación los resultados del río California presentan una menor intervención antrópica y esto le permite tener mejores condiciones para sustentar la biodiversidad.

En comparación con el estudio realizado por (Gallo & Quinaluisa, 2023) en la provincia de Cotopaxi, se puede evidenciar en comparación de los resultados obtenidos de los análisis de pH que presentan valores entre 7,78 y 7,95 mostrando un nivel de alcalinidad en el río neutro muy similar a la del río California. Además, los valores de temperatura tampoco sobrepasan el límite máximo permisible. Al igual que en el río California se evidencia variación con respecto a la turbidez los promedios obtenidos presentan valores más variables y mayores, de acuerdo con los resultados del índice BMWP obtenidos en el río Cutuchi arrojan valores bajos (13) resaltando que el agua está fuertemente contaminada. En el río Cutuchi se presenta estándares de calidad de agua muy contaminada desde hace varios años. Se resalta la presencia de familias que no fueron representativas en el estudio del río California como Hyalellidae y Chiromidae además los resultados obtenidos en sus estaciones de muestreo denotan una diversidad muy baja.

Del mismo modo, se puede evidenciar que los factores más influyentes para la contaminación del agua del río Cutuchi son las actividades

antropogénicas como, descargas residuales y actividades agrícolas adyacentes. El bajo nivel de diversidad de especies indica la pérdida progresiva de biodiversidad en esta región, asociándose a un aumento de especies tolerantes y mejor adaptadas a estas condiciones ambientales fluctuantes y de mala calidad.

La correlación entre los parámetros fisicoquímicos y los índices de diversidad demuestran que las alteraciones de estas variables afectan significativamente la diversidad biológica. En dos de los estudios antes mencionados de la región Sierra del Ecuador se ha determinado que, los ríos estudiados: Pachanlica por (Buenaño, Zurita-Vásquez, & Parra, 2018) y Cutuchi por (Gallo & Quinaluisa, 2023) poseen niveles de contaminación muy significativos de acuerdo con el índice BMWP, mostrando resultados de “muy crítico”. Esto plantea preocupación ya que las actividades antropogénicas son la mayor causa de estos niveles alarmante en la calidad del agua.

En relación con los resultados expuestos por (Gonzabay & Reyes, 2023) que determinó que las aguas del río San Vicente de Olón presenta una calidad “buena” a “muy buena” es importante relacionar los resultados con los expuestos en el presente estudio, ya que ambos fueron realizados en la misma región y provincia. Esto nos da un resultado favorecedor con respecto a la calidad de agua de estos ríos que son capaces de albergar y sostener los organismos acuáticos a pesar de las variaciones temporales y alteraciones del ambiente. Destacando también que existe menos actividad antropogénica que pueda amenazar la buena calidad de estos recursos hídricos.

11. CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

11.1. CONCLUSIONES

En este estudio realizado en el río California, se identificaron 1066 individuos, de los cuales existe mayor dominancia de la clase Insecta. El resultado evidencia la alta diversidad de artrópodos siendo la más representativas las órdenes Hemiptera y Neogastropoda, los organismos más abundantes pertenecen a la familia Thiaridae y Naucoridae indicando que la comunidad de organismos que viven en el río California responden a las condiciones particulares de este ecosistema y se adaptan a los cambios en la disponibilidad de recursos y disminución del caudal.

La menor equidad y diversidad hacia los últimos muestreos sugieren un proceso de simplificación del ecosistema, el cual tiene que adaptarse a las condiciones variables del río como la disminución del caudal sobre todo en la época seca actual. De esta forma logra sostener a las especies que toleran mejor la escasez de agua y la acumulación de nutrientes. Tanto el índice de Shannon como el de Simpson mostraron patrones de correlación compatible con las variables fisicoquímicas. Se muestran correlaciones negativas con la temperatura, pH, nitratos y fosfatos indicando que estas variaciones reducen la diversidad biológica en los distintos sitios de muestreo, al contrario, la turbidez está relacionada positivamente con la diversidad, es probable que esté relacionado con su asociación a ambientes más heterogéneos o con mayor cobertura protectora.

Los puntajes del índice BMWP muestran estabilidad, con un valor mayor a 100 reflejan una alta calidad del agua del río California, permitiendo que este sustente una notable diversidad biológica y por consiguiente refleja baja contaminación. Dado que la calidad del agua es alta y consistente durante todo el monitoreo se puede concluir que el recurso hídrico en cuestión es saludable y bien conservado actualmente. Sin embargo, es importante destacar la ausencia de la familia Caenidae ya que refleja fluctuaciones ambientales menores que, aunque no es mayormente representativa podrían indicar cambios en las condiciones actuales del río.

11.2. RECOMENDACIONES

Se recomienda realizar estudios enfocados en los macroinvertebrados y el papel que tienen como bioindicadores de la calidad del agua, en distintas épocas del año para detectar posibles cambios en la calidad debido a la variabilidad estacional. Esto permite evaluar la resistencia del ecosistema y como responde a las fluctuaciones ambientales a lo largo del tiempo.

Puesto que existe variación en los niveles de nitratos, fosfatos y aumento en algunos monitoreos, y su posible relación con fuentes externas como residuos agrícolas se recomienda incluir prácticas sostenibles, considerando que Loma Alta es una comunidad de gran importancia en este sector. Mantener los monitoreos constantes enfocados en los niveles de concentración de nitratos y fosfatos ayudara a detectar y mitigar riesgos asociados a la eutrofización.

La conservación del caudal es esencial para mantener la calidad del ecosistema, es recomendable la adopción de estrategias destinadas a reducir el estrés hídrico durante la época seca y de esta forma asegurar que las condiciones del rio sean favorables para la biodiversidad.

BIBLIOGRAFÍA

- Alicia, F., & Alejandra, V. (2019). *INDICADORES FÍSICO-QUÍMICOS: ¿QUÉ, CÓMO Y CUÁNTO REFLEJAN LA CALIDAD DEL AGUA?* Obtenido de Gov.ar: https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/142626/CONICET_Digital_Nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Andino, P., Espinosa, E., Guevara, y., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos*. Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación y OCP Ecuador. Quito, Ecuador.
- Ante, D., & Pilatasig, G. (2020). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) E ÍNDICES EPT, BMWP/COL, ABI Y SHANNON—WEAVER DEL RÍO PACHANLICA, PROVINCIA DE TUNGURAHUA, 2020*". Cotopaxi, Ecuador: Universidad Técnica de Cotopaxi Facultad de Ciencias Agropecuarias y Recursos Naturales.
- Aquae. (22 de 09 de 2021). Obtenido de Principales causas y consecuencias de la contaminación en el agua: <https://www.fundacionaquae.org/agua-y-contaminacion/>
- Asamblea Nacional de Ecuador. (2016). *Ley de Recursos Hídricos, Usos y Aprovechamiento del Agua*. Obtenido de Registro Oficial N° 305: <https://www.regulacionagua.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2016/03/Ley-Ofg%C3%A1nica-de-Recursos-H%C3%ADricos-Usos-y-Aprovechamiento-del-Agua.pdf>
- Asamblea Nacional del Ecuador. (2008). *Constitución de la República del Ecuador*. Obtenido de Registro Oficial N° 449:

<https://www.asambleanacional.gob.ec/es/constitucion-de-la-republica-del-ecuador>.

- Astudillo-Sánchez, E., Pérez, J., Troccoli, L., & Aponte, H. (2019). Composición, estructura y diversidad vegetal de la Reserva Ecológica Comunal Loma Alta, Santa Elena, Ecuador. *Scielo*.
- Bidoglio, G., & Stumm, W. (2013). Chemistry of aquatic. *Netherlands:Springer.*, 5.
- Buenaño, M., Zurita-Vásquez, H., & Parra, G. y. (2018). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*, 13(1), 41-49. doi:<https://doi.org/10.21676/23897864.2405>
- CAF. (13 de Mayo de 2021). *Caudal Ecológico: su influencia en la supervivencia de los ecosistemas*. Obtenido de <https://www.cal.com/es/conocimiento/visiones/2021/05/caudal-ecologico-su-influencia-en-la-supervivencia-de-los-ecosistemas/>
- Carpenter, S. (2008). Phosphorus control is critical to mitigating eutrophication. *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 115(32), 11039-11040. doi:<https://doi.org/10.1073/pnas.0806112105>
- Carreño, N. (2006). *Guía de invertebrados acuáticos para la evaluación de la calidad del agua*. Fondo Editorial Universidad Nacional de Colombia.
- Camión, S. M., & Rivera, L. P. (2007). *Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras*.
- Castillo, M. (2019). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA MEDIANTE INDICADORES FÍSICOS, QUÍMICOS Y BIOLÓGICOS EN LOS BOFEDALES DE LA RESERVA DE PRODUCCIÓN DE FAUNA CHIMBORAZO*.

- Damanik-Ambarita, M., K, L., P, B., G, E., THT, N., MAE, F., & at., e. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *ScienceDirect*, 57, 27-59. doi:<https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.01.001>
- Encalada, E. (2010). *Revistas usfq*. Obtenido de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/489>
- Escobar, J. (2002). La contaminación de los ríos y sus efectos en las áreas costeras y el mar . *División de Recursos Naturales e Infraestructura*
- Espinosa, C. (s.f.). *Medidas de Alpha Diversidad*. Obtenido de <https://ciespinosa.github.io/AlphaDiversidad/medidas-de-diversidad.html>
- FAO. (2014). *El estado mundial de los recursos hídricos y su uso en la agricultura*. Obtenido de El estado mundial de los recursos hídricos y su uso en la agricultura.: <https://www.lao.org/home/en/>
- FAO. (2016). *Water Quality for Agriculture*. FAO Irrigation and Drainage Paper.
- FAO. (2021). *El estado de la agricultura y la alimentación 2021.' Transformar la agricultura para la nutrición y la sostenibilidad*. Obtenido de <http://www.lao.org/publications/sola/2021/en/>
- Fernández-Rodríguez, & Guardado-Lacaba. (2020). Evaluación del Índice de Calidad del Agua (ICA_{sup}) en el río Cabaña, Moa-Cuba. *Redalyc*, 105-119.
- Gallo, J. O., & Quinaluisa, N. L. (2023). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS Y FÍSICO-QUÍMICOS EN EL RÍO CUTUCHI, CANTÓN LATACUNGA, PROVINCIA COTOPAXI*. Quito.

- García, G. (2002). *Ciencias de la Tierra y del Medio Ambiente*. Salud Pública.
- García, J., Sarmiento, L., Salvador, M., & Porras, L. (2017). Uso de bioindicadores para la evaluación de la calidad del agua en ríos: aplicación en ríos tropicales de alta montaña. *L/G Ciencia*, 23, 47-62.
- García-Rosado et al. (2020). Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad de agua en ríos del occidente de México. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, 91(2), 325-337.
- General, O. (2005). *Protocolo de nitratos*. Obtenido de Globe.gov: <https://www.globe.gov/documents/11865/7e814cca-3ef8-4998-b52d-3bc551c7cb62>
- Gonzabay, A., & Reyes, A. (2023). *MACROINVERTEBRADOS COMO BIOINDICADORES DEL ESTADO BIOLÓGICO DE LAS AGUAS DEL RÍO DE SAN VICENTE DE LOJA, OLÓN*.
- González, & et al. (2018). Efecto de la turbidez en la calidad del agua de ríos: un estudio de caso en la cuenca del río Magdalena. *Revista de Ciencias Ambientales*, 52(1), 15-30.
- Guadarrama, T. R., Kido, M. J., & Roldan, A. G. (2016). Contaminación del agua. *Revista de Ciencias Ambientales y Recursos Naturales*, 2-5: 1-10.
- Guarnizo, E., Bucheli, K., Baque, E., Muñoz, L., & Tumaco, A. (2013). *LEVANTAMIENTO DE INFORMACION DE LA COMUNA LOMA ALTA*.
- Hanson, P. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Scielo*.

- Hernández, et al. (2020). La turbidez como indicador de calidad del agua en ríos de alta montaña: implicaciones para la gestión ambiental. *Revista de Ecología y Ambiente*, 34(2), 45-58.
- Hernández, N. (2018). El río y su territorio. Espacio de libertad: un concepto de gestión. *Redalyc*, XXX/V(56).
- Julio, C., & Pedro, J.-C. (2020). Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca media del río Guatapurí (Valledupar, Colombia). *Scielo*, 31(6). doi:<http://dx.doi.org/10.4067/S0718-07642020000600207>
- Leaño, J., & Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Scielo*, 9(4). doi:1683-0789
- Lira-Saldivar, R. H. (2018). Potencial de la nanotecnología en la agricultura. *Acta universitaria*, 28(2), 9—24.
- Lituma, E. (2016). *DISEÑO Y ELABORACIÓN DE UN MANUAL DE TOMA, MANEJO Y RECEPCIÓN DE MUESTRAS DE AGUA PARA EL LABORATORIO DE CALIDAD DE AGUA DEL DEPARTAMENTO DE RECURSOS HÍDRICOS Y CIENCIAS AMBIENTALES, PERTENECIENTE A LA UNIVERSIDAD DE CUENCA.*
- López, E. (1994). *El ciclo hidrológico y su significación ecológica*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309203780_El_ciclo_hidrologico_y_su_significacion_ecologica.
- Melland, A. (2012). Phosphorus and nitrogen transfer pathways from a grazed grassland hillslope in Ireland. *Agriculture, Ecosystems & Environment*, 1-10, 159.
- Mendez, P., Alvarez, B., Jaramillo, N., & Japa, J. (2021). DIVERSIDAD ESPACIO-TEMPORAL DE MACROINVERTEBRADOS COMO

BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO YUQUIPA. *Scielo*, vol.1 no.25.

Mondragón, M. (2014). USO DE LA CORRELACIÓN DE SPEARMAN EN UN ESTUDIO DE INTERVENCIÓN EN FISIOTERAPIA. *Movimiento Científico*, 8(1), 98-104. doi:ISSN: 2011-7191

Mora, M., & Tama, A. (2022). "DETERMINACIÓN DEL ÍNDICE DE CALIDAD DE AGUA MEDIANTE EL MONITOREO DE MACRO INVERTEBRADOS, PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y MICROBIOLÓGICOS EN EL RÍO SININCA, CUENCA ECUADOR. Obtenido de UNIVERSIDAD POLITÉCNICA SALESIANA SEDE CUENCA, 154.: [https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888#:-:](https://dspace.ups.edu.ec/handle/123456789/21888#:)

Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *Scielo*, 49(3-4).

Núñez, J. C., & Frago-Castilla, P. (2020). Uso de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua en la cuenca media del río Guatapurí (Valledupar, Colombia). *Scielo*, vol.31 no.6.

OMS, (. M. (2006). *Guía para la calidad del agua potable*. Suiza: World Health Organization.

Ortega. (2023). *QuestionPro*. Obtenido de ¿Qué es el coeficiente de correlación de Pearson?: <https://www.questionpro.com/blog/es/coeficiente-decorrelacion-de-pearson/>

Palma, A. (2013). *GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE INVERTEBRADOS ACUÁTICOS*. 1era Edición. 1era Edición.

Palomares, A. (2013). Contaminación del agua por nitratos y técnicas para su tratamiento. *Instituto de Tecnología Química*.

- Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., Acosta, K. (2016). *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana*. Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. doi:978-9942-28-145-6
- Ramirez, A. (2010). Odonata. *Scielo*, vol.58 suppl.4.
- Robalino, C., & López, R. (2011). *Sistemas de drenajes agua de riego en la cuenca alta, media y baja del Rio Valdivia*.
- Roldán, G. (1999). Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad de agua. *Revista Académica Ciencia Colombia*, 88(23).
- Roldan, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*(40), 40(155):254-274. doi:http://dx.doi.org/10.18257/raccefyn.335
- Sabater, S., & Elosegui, A. (2009). Importancia de los ríos. En *Conceptos y técnicas en ecología fluvial*. Fundación BBVA.
- Samboni, N., Carvajal, Y., & Escobar, J. (2007). Revisión de parámetros fisicoquímicos como indicadores de calidad y contaminación del agua. *Redalyc*, 27(3), 172-181. doi:https://www.redalyc.org/pdf/643/64327320.pdf
- Sanabria, J. J., & Barriga, D. P. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Scielo*, 9(4). doi:1683-0789
- Shimba, M., & Jonás, F. (2016). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua en el río Mkondoa, Tanzania, en una zona agrícola. *Aquatic Science*, 1(9). doi:10.2989/16085914.2016.1230536

- Smith, V. (2003). Eutrophication of freshwater and coastal marine ecosystems a global problem. En *Environmental Science and Pollution Research* (pàgs. 10 (2): 126-139.).
- Sokal, R., & Rohlf, F. (2012). *Biometry: The Principles and Practice of Statistics in Biological Research. 4th edition.* W.H. Freeman and Company. doi:2010939805
- TULMA. (4 de 11 de 2015). *LIBRO VI ANEXO 1.* Obtenido de NORMA DE CALIDAD AMBIENTAL Y DE DESCARGA DE EFLUENTES : RECURSO AGUA: <https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2018/05/Acuerdo-097.pdf>
- USGS. (2 de 10 de 2022). Obtenido de Water Science School: <https://www.usgs.gov/special-topics/water-science-school/science/water-cycle>
- WWF. (2021). Obtenido de guía para el estudio de la salud de un río: https://www.wwf.es/participa/grupos_locales_de_wwf/bigump/guia_para_conocer_y_acercarse_a_los_rios/
- Zamora, J. (2009). Parámetros fisicoquímicos de dureza total en calcio y magnesio, pH, conductividad y temperatura del agua potable analizados en conjunto con las Asociaciones Administradoras del Acueducto, (ASADAS), de cada distrito de Grecia, cantón de Alajuela. *Vol. 9(12, 13), 125 - 134.* doi:ISSN 1409-0112

ANExos



Anexo 1. Ganado de poblados aledaños al río California



Anexo 2. Punto del río California



Anexo 3. Vista lateral del río California



Anexo 4. Punto del río California sector Loma Alta.



Anexo 6. Nitrato Reactivo marca HANNA.



Anexo 5. Fosfato Reactivo marca HANNA.



Anexo 8. Análisis de muestras de agua en laboratorio #1 de UPSE.



Anexo 7. Lectura de concentración de fosfatos con espectrofotómetro marca HANNA



Anexo 9. Lectura de pH con medidor multiparámetro marca HANNA.



Anexo 10. Separación de muestras biológicas para recolección.

ODONATA



Libellulidae



Gomphidae



Coenagrionidae

EPHEMEROPTERA



Leptophlebiidae



Baetidae

HEt1IPTERA



Belostomidae



Belostomidae



Neucoridae



Veliidae

NEOGASTROPODA



Thiaridae



Anexo 11. Especies de macroinvertebrados recolectados en el rio California.