



UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO BULU-BULU, PARROQUIA

PEDRO. J. MONTERO, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÓLOGA

AUTOR:

MAGGIE MERY SINCHIGUANO BALDEÓN

TUTOR ACADÉMICO:

BLGO. CARLOS ANDRADE RUIZ, MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD DE CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

ESTUDIO DE CALIDAD DE AGUA EN EL RÍO BULU-BULU, PARROQUIA

PEDRO. J. MONTERO, MEDIANTE LA IDENTIFICACIÓN DE

MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS.

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previa a la obtención del Título de:

BIÒLOGA

AUTOR:

MAGGIE MERY SINCHIGUANO BALDEÓN

TUTOR ACADÉMICO:

BLGO. CARLOS ANDRADE RUIZ, MSC.

LA LIBERTAD – ECUADOR

2024

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, "Estudio de calidad de agua en el río Bulu-Bulu, parroquia Pedro J. Montero, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos.", elaborado por Sinchiguano Baldeón Maggie Mery 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/a, me permito declarar que luego de haber dirigido su desarrollo y estructura final del trabajo, este cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, apruebo en todas sus partes, encontrándose apto para la evaluación del docente especialista.

Atentamente



Blgo. Eufredo Carlos Andrade Ruiz., M.Sc.

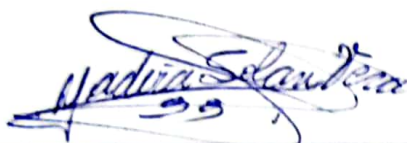
DOCENTE TUTOR

C.I. 0910798750

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular "Estudio de calidad de agua en el río Bulu-Bulu, parroquia Pedro. J. Montero, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos.", elaborado por Sinchiguano Baldeón Maggie Mery, 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



Blga. Yadira Solano Vera, Mgt.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. : 0913541363

DEDICATORIA

A Dios, fuente de sabiduría, guía y luz en cada paso de mi camino, siendo mi fortaleza y roca durante este importante proceso.

A mis amados padres, Verónica Baldeón y Kleber Sinchiguano, les dedico este logro. Su amor incondicional, apoyo constante y sacrificio son lo que me ha llevado a día de hoy poder lograr otro objetivo más, sin ustedes nada sería posible ya que me han iluminado en los momentos oscuros y me han impulsado a seguir adelante.

A mis queridos abuelos, Betty Barzola y Bolívar Baldeón, quienes siempre han creído en mí y siempre me han sido un gran motivo para alcanzar mis metas, les agradezco por inspirarme con su legado y por su inquebrantable apoyo.

A mis hermanos, Karla Sinchiguano, Etham Aman, Víctor Sinchiguano y Ericka Sinchiguano, mis compañeros de vida que Dios me regaló, les dedico este logro compartido. Su amor, comprensión y aliento han sido una gran motivación para alcanzar mis metas.

A mis entrañables amigas, Niurka Peñafiel, Daniela Saraguro y Heidy Quezada, quienes han estado a mi lado en las buenas y en las malas, les agradezco por su amistad incondicional, por sus palabras de aliento y por compartir conmigo este emocionante viaje. Su apoyo ha sido fundamental a lo largo de la carrera.

A cada uno de ustedes, mi familia y amigos, les agradezco por ser mi roca, por estar siempre presentes en cada paso y ser el motor que impulsa mis sueños. Este logro es también de ustedes, y lo celebro con gratitud y amor.

AGRADECIMIENTO


A las autoridades y personal Académico de la Universidad Estatal Península de Santa Elena, por liderar el proceso de formación profesional que ha sido fundamental en mi desarrollo académico.

En particular, a mi tutor de tesis, el Blgo Carlos Andrade, cuyas ideas científicas y orientación profesional han sido indispensables para el desarrollo de este trabajo. Su dedicación y experiencia han sido una luz guía en este camino hacia la culminación de mi proyecto de investigación.

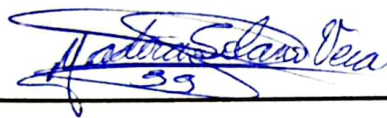
TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **Sinchiguano Baldeón Maggie Mery** 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: 16 de Julio del 2024



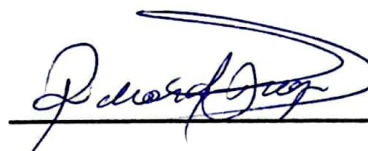
Ing. Jimmy Villón Moreno, M.Sc.
DIRECTOR/A DE CARRERA
PRESIDENTE DEL TRIBUNAL



Blga. Yadira Solano Vera, Mgt.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blgo. Carlos Andrade Ruiz, M.Sc.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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



Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgtr.
SECRETARIO/A DEL TRIBUNAL

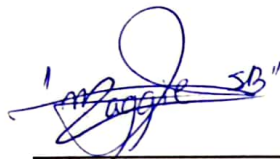
Declaración expresa

Yo, MAGGIE MERY SINCHIGUANO BALDEÓN

Declaro que :

El presente trabajo de Integración Curricular denominado "Estudio de calidad de agua en el río Bulu-Bulu, parroquia Pedro. J. Montero, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos.", ha sido desarrollado respetando y cumpliendo el acuerdo firmado para acceder a sus instalaciones y laboratorios.

La responsabilidad de esta investigación exhibida en el presente documento me confiere a mí; y el patrimonio intelectual de la misma que le corresponde a la Universidad Estatal Península de Santa Elena.



Maggie Mery Sinchiguano Baldeón

CI: 0926641408

ÍNDICE DE CONTENIDO

CAPÍTULO I	18
INTRODUCCIÓN:.....	18
PROBLEMÁTICA.....	20
JUSTIFICACIÓN.....	22
OBJETIVOS.....	24
General:	24
Específicos:.....	24
HIPÓTESIS:	25
CAPÍTULO II	26
MARCO TEÓRICO	26
Generalidades de los ríos	26
Definición de ríos.....	26
Importancia de los ríos	27
Contaminación de ríos.....	28
Bioindicadores	29
Macroinvertebrados bioindicadores.....	31
Importancia de los macroinvertebrados bioindicadores.....	32
Principales ordenes de macroinvertebrados bioindicadores.....	33
Orden Ephemeroptera	33
Orden Plecóptera.....	34

Orden Hemíptera	34
Orden Odonata	35
Orden Coleóptera.....	36
Orden Trichoptera.....	38
Orden Decápoda.....	39
Orden Mesogastrpoda	40
Orden Díptera	40
Orden Veneroida.....	41
Parámetros físico-químico de la calidad de agua	42
Temperatura	42
pH	43
Oxígeno disuelto (OD)	44
Turbidez	44
Sólidos disueltos totales (TDS)	45
Salinidad	45
Índices BMWP	46
INDICES DE DIVERSIDAD	48
Índice de Shannon-Weaver.....	48
Índice de Simpson.....	50
Índice de correlación de Pearson.....	51
CAPITULO II	53
MARCO METODOLÓGICO.....	53

Área de estudio	53
Fase de campo	54
Red de patada.....	54
Técnica Manual.....	55
Muestras de agua (análisis físico-químico)	56
FASE DE LABORATORIO	57
Muestras de macroinvertebrados	57
CAPITULO III	58
RESULTADOS	58
Identificación de los macroinvertebrados colectados en ríos “Bulu Bulu”.	58
Porcentaje de organismos macroinvertebrados de cada transecto durante el periodo de muestreo.	60
Abundancia relativa de los organismos bioindicadores observados	63
Análisis mediante índices ecológicos.....	64
Análisis de variables físico-químicas mediante índice de correlación de Pearson.....	67
Orden Hemíptera.....	68
Orden Trichoptera	71
Orden Coleóptera	75
Orden Odonata.....	79
Orden Ephemeroptera	83
Orden Mesogastropoda	87

Valoración de la calidad de agua del río Bulu- Bulu mediante el uso del índice BMWP.....	91
CAPITULO V	94
DISCUSIONES	94
CONCLUSIONES	96
RECOMENDACIONES.....	97
BIBLIOGRAFÍA:	98
ANEXOS	113

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Orden Ephemeroptera.....	33
Figura 2. Orden Plecóptera	34
Figura 3. Orden Hemiptera.....	35
Figura 4. Orden Odonata.....	36
Figura 5. Orden Coleoptera.....	37
Figura 6. Orden Trichoptera	38
Figura 7. Orden Decápoda	39
Figura 8. Orden Mesogastropoda.....	40
Figura 9. Orden Diptera.....	41
Figura 10. Orden Veneroida	42
Figura 11. Ubicación geográfica del área de estudio: Río "Bulu Bulu".	53
Figura 12. ejemplificación de la técnica por patada.....	55
Figura 13. Frecuencia de organismos macroinvertebrados colectados en las estaciones de muestreo del río "Bulu Bulu".....	58
Figura 14. Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 1 durante los meses Abril-Mayo.....	60
Figura 15. Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 2 durante los meses de abril y mayo.	61
Figura 16, Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 3 durante los meses de Abril y Mayo.	62
Figura 17. Abundancia relativa de organismos macroinvertebrados bioindicadores.	64
Figura 18. Valores obtenidos del índice de dominancia de Simpson.	66

Figura 19. valores obtenidos del índice de Shannon- Weaver en los 3 transectos seleccionados.....	67
Figura 20. Correlación de Pearson entre los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Hemiptera.	68
Figura 21. Correlación de Pearson con los parámetros pH y TDS con el orden Hemiptera.....	69
Figura 22. Correlación de Pearson con parámetros salinidad y OD con el orden Hemiptera.....	70
Figura 23. Correlación de Pearson con parámetros de temperatura y turbidez con el orden Trichoptera.	71
Figura 24. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Trichoptera.....	72
Figura 25. Correlación de Pearson para los parámetros salinidad y OD con el orden Trichoptera.....	74
Figura 26. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Coleóptera.	75
Figura 27. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y temperatura con el orden Coleóptera.....	76
Figura 28. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Coleóptera.....	78
Figura 29. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Odonata.	79
Figura 30. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Odonata.	80

Figura 31. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Odonata.	81
Figura 32. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Ephemeroptera.	83
Figura 33. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Ephemeroptera.	84
Figura 34. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Ephemeroptera.	86
Figura 35. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Mesogastropoda.	87
Figura 36. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Mesogastropoda.	88
Figura 37. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Mesogastropoda.	90
Figura 38. Familia Anthocoridae.....	113
Figura 39. Familia Veliidae.	113
Figura 40. Familia Corbiculidae.	113
Figura 41. Familia Leptohyphidae.	113
Figura 42. Familia Thiaridae.....	113
Figura 43. Familia Gerridae.....	113
Figura 44. Familia Hydrobiosidae.....	114
Figura 45. Familia Coenagrionidae.....	114
Figura 46. Familia Perlidae.....	114
Figura 47. Familia Hydropsychidae.	114
Figura 48. Familia Sergestidae.....	114

Figura 49. Familia Elmidae.....	114
Figura 50. Familia Miridae.....	114
Figura 51. Estación 1 ubicada en el río Bulu- Bulu.....	115
Figura 52. Estación 2 ubicada en Río Bulu- Bulu.....	115
Figura 53. Estación 3 Ubicada en río Bulu Bulu.....	116
Figura 54. Recolección de macroinvertebrados bentónicos por medio de la técnica de patada.....	116
Figura 55. Toma del parámetro de turbidez por medio de disco Secchi.....	117
Figura 56. Toma de Parámetros (pH, salinidad, TDS y temperatura).....	117
Figura 57. Toma de parámetro OD.....	118
Figura 58. Procesamiento de muestras de macroinvertebrados.....	118
Figura 59. visualización de muestras por medio de estereoscopio.....	119
Figura 60. Identificación de organismos mediante claves taxonómicas.....	119

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1.	Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col	47
Tabla 2.	Puntajes de calidad y valores asignados al índice BMWP/Col.	48
Tabla 3.	Evaluación de diversidad según Shannon.....	50
Tabla 4.	Rangos y relación del índice de correlación de Pearson	52
Tabla 5.	Parámetros de análisis físico-químico.	56
Tabla 6.	Total, de organismos identificados en los 3 transectos establecidos y frecuencia relativa.	59
Tabla 7.	Valores obtenidos de los índices ecológicos Shannon-Weaver y Simpson en los 3 transectos establecidos.	65
Tabla 8.	Valores de tolerancia a la contaminación de las distintas familias. 92	
Tabla 9.	Valores totales de BMWP obtenidos en cada transecto	93

RESUMEN

El presente trabajo de investigación tuvo como propósito realizar un análisis sobre la calidad del agua del río Bulu-Bulu en la parroquia Pedro. J. Montero, mediante la identificación de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores para lo cual se escogieron 3 estaciones de muestreo en donde se realizaron muestreos periódicos cada 15 días durante los meses de Abril y Mayo en los cuales se lograron coleccionar 1116 organismos macroinvertebrados mediante la aplicación de 2 técnicas muestreo (manual y red de patada), además se midieron parámetros físico-químicos mediante el uso de equipos tecnológicos y manuales como complementariedad para determinar la calidad de agua. Los resultados evidencian que en el del río Bulu-Bulu hubo mayor incidencia de organismos bioindicadores de buena calidad ambiental, además se obtuvieron valores aceptables en cuanto a los parámetros físico-químicos. Por lo tanto, se concluye que el agua del río Bulu-Bulu se encuentra en los límites permisibles para su uso.

Palabras clave: Macroinvertebrados, Bioindicadores, contaminación, calidad de agua.

ABSTRACT

The purpose of this research work was to carry out an analysis of the water quality of the Bulu-Bulu River in the Pedro. J. Montero parish, through the identification of benthic macroinvertebrates as bioindicators, for which 3 sampling stations were chosen where periodic sampling was carried out every 15 days during the months of April and May in which 1116 macroinvertebrate organisms were collected through the application of 2 sampling techniques (manual and kick net), in addition, physical-chemical parameters were measured through the use of technological and manual equipment as complementarity to determine water quality. The results show that in the Bulu-Bulu river there was a higher incidence of bioindicator organisms of good environmental quality, in addition to acceptable values were obtained in terms of physical-chemical parameters. Therefore, it is concluded that the water of the Bulu-Bulu River is within the permissible limits for its use.

Keywords: Macroinvertebrates, Bioindicators, physico-chemical, pollution, water quality.

GLOSARIO

Antropogénico: Hace referencia a cualquier cosa que surge de las actividades humanas o que es creada por ellas.

Bioindicador: Los bioindicadores son organismos, como plantas, microorganismos y animales, que se emplean para evaluar o monitorear el estado de un ecosistema.

Abundancia: La abundancia se refiere a la gran disponibilidad de recursos. Algo se considera abundante cuando se puede encontrar con facilidad.

Muestra: Es una parte o porción tomada de un conjunto utilizando métodos que permiten considerarla como representativa del mismo.

Macroinvertebrados: Se trata de una clasificación artificial de grupos de animales invertebrados que incluye a aquellos organismos lo suficientemente grandes como para ser retenidos por redes con mallas de 250 μm .

ABREVIATURAS

TDS Total de Sólidos Disueltos.

BMWP Biological Monitoring Working Party.

R² Coeficiente de determinación.

OD Oxígeno disuelto.

pH Potencial de Hidrógeno.

CAPÍTULO I

INTRODUCCIÓN:

El agua es el principal recurso para la vida en nuestro planeta, un recurso local y global, un regulador del clima y es fundamental para el equilibrio de los ecosistemas, además forma parte crucial de la adaptación al cambio climático (Polo, 2022).

El Ecuador es considerado a nivel mundial como uno de los países más ricos en recursos hídricos de buena calidad, los cuales son utilizados mayormente para la generación de energía eléctrica, abastecimiento de agua potable y riego. Además, se ha transformado su morfología y contaminado sus cauces por motivo de construcciones de hidroeléctricas, reservorios, diques, etc. (Calahorrano, 2021).

En la actualidad estos recursos son amenazados constantemente por actividades antropológicas que se llevan a cabo cerca de los afluentes, generalmente provocados por las comunas rivereñas, explotación minera, hidrocarburífera y agropecuaria que generan vertidos con altas concentraciones de materia orgánica, nitrógeno, fosforo, metales pesados entre otros contaminantes (Caizaguano & Brian, 2023).

Los recursos hídricos son sistemas muy sensibles a presiones antrópicas que durante mucho tiempo se han llegado a utilizar como depósitos de desechos lo que ha ocasionado la reducción e incluso la desaparición de algunas especies que conforman la biota acuática. Este aumento en la generación de contaminantes, nos obliga a aplicar nuevas metodologías, diferentes de los análisis físico-químicos, que pueden ser complementarios en un estudio

ambiental integral, dentro de los cuales destaca el monitoreo con macroinvertebrados acuáticos que reflejan perturbaciones existentes sobre los cuerpos de agua (Caizaguano & Brian, 2023).

En los últimos años, los macroinvertebrados acuáticos han ganado protagonismo como indicadores biológicos de la calidad del agua, utilizados como una importante herramienta para monitoreo de los recursos hídricos, debido a que indican las condiciones físicas, químicas y efectos en sus comunidades por las diferentes presiones sobre los ecosistemas acuáticos. Las valoraciones obtenidas referente a sensibilidad de los mismos a la contaminación, presentan ventajas en relación a otros tipos de medidas de calidad de agua, porque se realizan con organismos indicadores del medio en que habitan, los cuales están integrados al recurso durante toda su vida (Macías, 2021).

estos organismos pueden ayudar a entender el nivel de contaminación que posee el afluente, cada familia de macroinvertebrados poseen un determinado nivel de tolerancia a la contaminación, por lo que facilita determinar la calidad de agua del cuerpo hídrico estudiado, esto ayuda a identificar si el cuerpo hídrico posee mayor o menor grado de contaminación ya que algunas familias de macroinvertebrados requieren de una buena calidad agua para sobrevivir como los efemerópteros, tricópteros y plecópteros; otros, en cambio, resisten, y abundan cuando se detecta contaminación como los oligoquetos, chironómidos y ciertos moluscos (Collazos & Rojas, 2021).

PROBLEMÁTICA

Los ambientes acuáticos están sometidos a diversas presiones, tanto de origen natural como el incremento de las lluvias que provocan el desbordamiento de los mismo, así como también los impactos de orígenes antropológicos como lo son el aumento de los sectores ganaderos, agrícola, sobrepoblación, entre otros. Los cuales en conjunto generan una alteración en el comportamiento de los factores naturales, lo que contribuye al agotamiento del recurso hídrico y la degradación de ellos (ONU, 2006).

El crecimiento demográfico y la expansión de la agricultura aumentan considerablemente el deterioro de numerosos recursos naturales en el territorio, no solo en Ecuador, sino de manera global. Las principales causas de alteraciones de los ecosistemas acuáticos están relacionadas con la contaminación de origen doméstico, industrial, agrícola, minero, deforestación, etc. (Roldán, 1999). Por lo que estas fuentes de aguas naturales son tomadas como vertederos de aguas residuales por diversas actividades humanas aportando una variedad de contaminantes como detergentes, basura, aceites, grasas, materia orgánica y varios microorganismos parásitos, así como también el sector agrícola y ganadero que depositan en ellos aguas residuales con altos niveles de fosfatos y nitratos procedentes de fertilizantes y pesticidas (Pilaguano, 2020). Es por ello que estas condiciones ambientales en el agua tienen como consecuencia un impacto en la presencia de las poblaciones de organismos acuáticos, especialmente los macroinvertebrados ya que en relación a los

cambios en su medio algunos taxones pueden reducirse, desaparecer o aumentar.

El río "Bulu Bulu", ubicado en la parroquia Gral. Pedro J. Montero, es una fuente de agua dulce que alberga una diversidad de organismos tanto vertebrados como invertebrados que a lo largo de los años se ha visto afectado por diversos factores antropológicos, como los vertidos de aguas contaminadas por actividades agrícolas, desechos de animales provenientes de faenas de ganado vacuno, aguas servidas de hogares, descarte ilegal de desechos domésticos y actividades de extracción de arena, debido a estos motivos se ha visto perjudicada la salud de este ecosistema acuático.

JUSTIFICACIÓN

El presente de proyecto de investigación está enfocado en el afluente del Río Bulu Bulu en la parroquia Gral. Pedro J. Montero, Cantón Yaguachi, se basa en la importancia crítica del agua como recurso natural esencial para la vida en el planeta y la necesidad de comprender y conservar su calidad en un contexto donde se descargan aguas residuales tanto de la comunidad como del sector agrícola y agropecuario.

La contaminación del agua es una preocupación global debido a sus impactos negativos en la salud humana, la biodiversidad y los ecosistemas acuáticos. Actualmente en el río Bulu Bulu se puede notar que existe un declive notorio en cuanto a la diversidad y cantidad de organismos acuáticos que habitan en el afluente en comparación con varios años atrás, por lo que este hecho puede estar bastante relacionado con la calidad de agua.

La utilización de bioindicadores, en este caso, macroinvertebrados acuáticos, se justifica por su capacidad para proporcionar información valiosa sobre las condiciones ambientales del cuerpo hídrico que no puede obtenerse mediante análisis fisicoquímicos tradicionales. Estos son particularmente útiles debido a su amplia distribución geográfica, adaptabilidad a diferentes tipos de ambientes.

La información recopilada a través de este proyecto ayudará a establecer un panorama más claro de la calidad del agua en el afluente del Río Bulu Bulu, lo que, a su vez, servirá como base para la toma de decisiones relacionadas con la conservación de este recurso hídrico en la zona de estudio. Este enfoque basado en bioindicadores permitirá detectar la presencia de nuevos contaminantes y

evaluar la salud del ecosistema acuático de manera más completa y precisa, lo que es esencial para la gestión sostenible del agua y la protección de la salud de la comunidad local y del medio ambiente en general.

OBJETIVOS

General:

- Analizar la calidad de agua mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores para la determinación de las condiciones ambientales en el río “Bulu Bulu”, parroquia Pedro. J. Montero.

Específicos:

- Identificar a nivel de familia los macroinvertebrados colectados en el río “Bulu Bulu” para la determinación de la calidad de agua.
- Precisar la calidad del agua del río “Bulu Bulu” mediante la medición de parámetros físicos- químicos presentes en el afluente y correlacionarlos mediante Pearson con los organismos encontrados.
- Determinar el nivel de contaminación del agua mediante el cálculo de BMWP y la biodiversidad y dominancia según los índices de Simpson, Shannon.

HIPÓTESIS:

Ho: Mediante la identificación de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos se determinó que la calidad del agua del Río Bulu Bulu en la parroquia Gral. Pedro J. Montero, se encuentran en los límites permisibles para su uso.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

Generalidades de los ríos

Definición de ríos

Los ríos representan un ecosistema de agua dulce dinámico, complejo e integrador, con múltiples conexiones con otros ecosistemas:

- Longitudinales: vínculo entre las partes alta y baja de los ríos.
- Conexiones laterales con la cuenca del río y la vegetación circundante.
- Verticales: conectados con el agua subterránea y la precipitación.

Uno de los principales procesos ecosistémicos en los ríos es el transporte y procesamiento de materiales en suspensión, productos químicos y nutrientes, esenciales para los ciclos biogeoquímicos del planeta. Esto se refleja en las conexiones longitudinales y laterales (Encalada, 2012).

El ecosistema fluvial incluye tanto el biotopo como las biocenosis. El biotopo es un área con condiciones ambientales uniformes, que comprende tres elementos principales: cauce, ribera y llanura de inundación. Las biocenosis están formadas por todos los seres vivos, tanto acuáticos como terrestres, que habitan en el biotopo (Pavon, 2022). Por ello, los ríos reciben constantemente material orgánico, ya sea de origen humano (como la basura) o natural (como la hojarasca), y su procesamiento (o descomposición) es realizado principalmente por organismos heterótrofos acuáticos, como hongos y bacterias saprofitas. Gracias al flujo de corriente, la turbulencia y los procesos de descomposición,

los ríos pueden auto purificar sus aguas. Los organismos fotosintéticos, mayormente microscópicos como las algas perifíticas, sostienen las complejas redes tróficas de estos ecosistemas (Encalada, 2012).

Importancia de los ríos

Los ríos son vitales para el funcionamiento, desarrollo y supervivencia del planeta, ya que numerosos seres vivos dependen de ellos directa o indirectamente debido a su gran diversidad y productividad. Los nutrientes que transportan los ríos y otros cuerpos de agua alimentan bosques, humedales y otros hábitats terrestres, permitiendo albergar a muchas de las más de 100.000 especies de agua dulce. Además, los ríos contribuyen al bienestar humano, la seguridad alimentaria y el crecimiento económico (Bernhardt, 2022).

Estos ecosistemas tienen un valor ecológico significativo, funcionando tanto como ecosistemas acuáticos y terrestres, proporcionando un espacio de alta biodiversidad que actúa como refugio para muchas especies asociadas al entorno fluvial (Webmaster, 2019). Facilitan la migración de especies y sostienen otros ecosistemas frágiles como bosques y humedales (Departamento de ecología, 2023), también es importante considerar que los ríos, a través de sus conexiones ecológicas, alimentan los bosques en sus riberas, los cuales juegan un papel crucial al ofrecer refugio para diversas especies animales y vegetales, crear sombra que mantiene la temperatura del agua y consolidar los cauces con sus raíces, reduciendo la erosión y mitigando la fuerza y velocidad del agua en las crecidas, minimizando así posibles daños en infraestructuras cercanas. (Webmaster, 2019). Además, estos ecosistemas fluviales son parte del ciclo

hidrológico, conectado a un macrosistema que incluye flujos del Sol y del universo, inyectando diversas formas de energía a la Tierra y permitiendo la transformación de energía plasmática y electromagnética en otras formas como cinética, potencial, calorífica, mecánica, fotoquímica, entre otras, las cuales facilitan el desarrollo de la vida asociada a estos ecosistemas (Díaz & Torres, 2000).

Contaminación de ríos

La contaminación de los ríos es una de las problemáticas ambientales más remotas. El aumento de la población en las riberas y las actividades industriales han incrementado el volumen de vertidos en los cuerpos de agua, resultando en la entrada de contaminantes (Izurieta, 2012). El agua, debido a sus propiedades fisicoquímicas como la bipolaridad, es un excelente disolvente, lo que significa que el agua pura no se encuentra en la naturaleza. Sin embargo, esta propiedad se convierte en desventaja cuando las actividades humanas introducen sustancias nocivas en el agua, provocando su contaminación (Ajodra, 2009).

Principalmente, el agua se contamina por actividades humanas, ya que la población requiere cada vez más agua para sus actividades. Esto lleva a la incorporación de materiales extraños en los ríos, como productos químicos, microorganismos, aguas residuales y desechos industriales (Izurieta, 2012).

Las actividades que más influyen en la contaminación de los ríos son:

- Descargas de aguas residuales: Las aguas residuales domésticas e industriales sin tratamiento representan una de las principales fuentes de

contaminación fluvial. Estos vertidos contienen diversos contaminantes, como bacterias, virus, parásitos, metales pesados, productos químicos y desechos orgánicos (Lainez, y otros, 2023).

- Deforestación: La pérdida de cobertura forestal reduce la capacidad de los bosques para filtrar contaminantes del aire y el agua, exacerbando la erosión del suelo y la sedimentación de los ríos (Lainez, y otros, 2023).
- Actividades agrícolas: La agricultura es una fuente significativa de contaminación fluvial debido al uso de fertilizantes y pesticidas que pueden contaminar las aguas subterráneas y superficiales (Lainez, y otros, 2023).
- Actividades industriales: Las industrias contribuyen considerablemente a la contaminación de los ríos mediante el vertido de aguas residuales industriales, desechos sólidos y accidentes de derrame de petróleo, lo que causa daños ambientales significativos (Lainez, y otros, 2023).

Bioindicadores

Los bioindicadores son organismos o comunidades que reaccionan ante la contaminación ambiental con cambios visibles o acumulando contaminantes. Se identifican distintos tipos de bioindicadores, como los biomonitores, que responden de forma fisiológica permitiendo medir la contaminación. Algunos biomonitores muy sensibles, de tipo óptico, actúan como integradores del estrés causado por contaminantes y como sistemas de alerta preventiva. Una especie indicadora eficaz debe ser altamente sensible a las alteraciones del medio ambiente y presentar baja tolerancia a estas. Al estar expuestos a

contaminantes, primero muestran un deterioro fisiológico, seguido de cambios morfológicos y, en ocasiones, la desaparición o aparición de ciertas especies en el ecosistema (Jiménez, 2020).

Los bioindicadores son organismos que, a través de su presencia, reflejan el estado de preservación o la condición de un hábitat. El bioindicador ideal tiene tolerancias ambientales limitadas, siendo sensible a los cambios físicos y químicos de su entorno. Estos organismos evalúan las consecuencias de la contaminación en el medio y sus efectos con otros seres que allí habitan, proporcionando datos sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y los humanos. Las especies bioindicadoras viven bajo condiciones ambientales específicas y, gracias a características como sensibilidad a contaminantes, dispersión, éxito reproductivo y distribución, pueden ser utilizadas para evaluar condiciones ambientales difíciles y costosas de medir. Con una herramienta de bioindicación, los datos taxonómicos se traducen en un índice, facilitando la interpretación de numerosos datos provenientes de monitoreos biológicos, estos organismos son una medida indirecta de lo que se desea medir, asumiendo que la presencia o abundancia de una especie o grupo de especies está correlacionada con variables del ecosistema que son favorables para su supervivencia, estableciendo así una asociación estadística entre el bioindicador y las variables que se quieren indicar (Morales, 2012).

Macroinvertebrados bioindicadores

Los macroinvertebrados bentónicos residen en la zona profunda de lagos y ríos, constituyendo un componente esencial de la estructura biológica en ambientes lóticos. Estos organismos desempeñan un papel vital en el ecosistema, manteniendo la estabilidad de la red trófica y el equilibrio de los ciclos biogeoquímicos (Ocampo, K., Francis, K., Froehlich, O., and Cavallaro, M. R, 2010; citado por Peña, S. A., Bohórquez, H. A., Barrera, A. K., Salamanca, S. S., Jiménez, D. A. y Botello, W. A, 2019), estos se adhieren a sustratos como rocas, piedras, residuos vegetales o plantas acuáticas; algunos viven enterrados en el sustrato. Son de tamaño considerable (no menores de 0.5 mm) y pertenecen principalmente al grupo de los artrópodos, predominando los insectos en diversas etapas de su crecimiento (ninfas, larvas y adultos). Las diversas comunidades de macroinvertebrados bentónicos incluye artrópodos, poríferos, hidrozooos, hirudíneos, oligoquetos y moluscos.

En la actualidad, los macroinvertebrados bentónicos son organismos muy utilizados como bioindicadores del ecosistema por varias razones, entre las que se incluyen (Valencia, L. M. 2010; citado por Osejos y otros, 2020):

- Amplia distribución geográfica y en diferentes tipos de ambientes.
- Gran diversidad de especies con variadas respuestas a los gradientes ambientales.
- Esencialmente son organismos sedentarios, lo cual permite el análisis espacial de la contaminación.
- En algunos casos, su reacción de huida (deriva) puede ser un indicador de contaminación.

- En ciertas especies, ciclos de vida largos que integran los efectos de la contaminación a lo largo del tiempo.
- Recolección sencilla y económica.
- Taxonomía bien conocida a nivel de familia y género.
- Conocida sensibilidad de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de diversos organismos para realizar estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación.

Importancia de los macroinvertebrados bioindicadores

Los macroinvertebrados controlan la productividad primaria de los ecosistemas acuáticos, consumiendo grandes cantidades de algas y otros microorganismos asociados al perifiton en los ríos o al plancton en los lagos. Es este consumo el cual a menudo ayuda a aumentar la productividad primaria ya que elimina tejido menos productivo y mineraliza los nutrientes (Wallace & Webster 1996, Allan & Castillo 2007; citado por Hanson, Springer & Ramírez, 2010). En sistemas basados en material alóctono como la hojarasca, la fragmentación realizada por los macroinvertebrados es esencial para transferir esta energía a otros niveles tróficos. Las trituradoras utilizan grandes partículas, como hojas de árboles que caen al río, y las descomponen. Esto produce pequeños fragmentos de materia orgánica accesibles a otros organismos como recolectores y filtradores. Los macroinvertebrados filtradores, como por ejemplo las larvas de Simuliidae, que eliminan finas partículas (seston) del agua y las convierten en partículas fecales con mayor peso por lo que se hunden, proporcionando así alimento a diferentes

invertebrados acuáticos. Estos procesos aseguran que los nutrientes contenidos en las partículas no sean exportados del ecosistema y llevados al mar por la corriente (Malmqvist et al. 2004, Wotton & Malmqvist. 2001; Hanson, Springer & Ramirez, 2010). Además, muchos macroinvertebrados de agua dulce sirven como alimento para animales terrestres, como arañas, aves y murciélagos.

Principales ordenes de macroinvertebrados bioindicadores

Orden Ephemeroptera

Los Ephemeroptera son hemimetábolos con etapas inmaduras acuáticas. En algunos países centroamericanos se registran hasta 10 familias de este orden, los cuales se pueden reconocer por poseer tres y a veces dos filamentos terminales y branquias abdominales. Se pueden encontrar en casi todos los ambientes siendo mayormente abundante y diversos en agua dulce en los fondos rocosos de los ríos. Varias especies son recolectoras y se alimentan de una gran variedad de algas microscópicas y detritus; algunas especies son excavadoras del fondo en el cual viven (Hanson, Springer, & Ramirez, Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos, 2010).

Figura 1. Orden Ephemeroptera

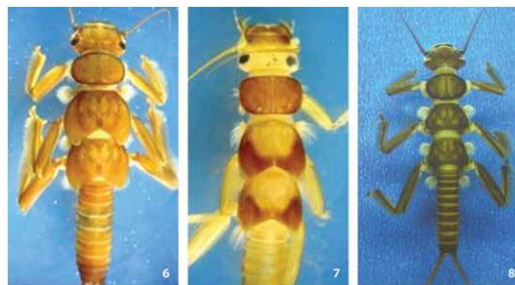


Fuente: (Firmiano, 2014)

Orden Plecóptera

El orden Plecóptera, conocido como moscas de la piedra, es un grupo pequeño de insectos. Las ninfas en la región centroamericana se distinguen por tener dos cercos terminales, branquias torácicas y un par de uñas en cada pata. Morfológicamente, pueden confundirse con las efímeras (Ephemeroptera) (Gutiérrez, 2010). Se encuentran principalmente en aguas con corriente, donde actúan como depredadores en las últimas etapas ninfales (Hanson, Springer, & Ramirez, 2010). Una característica destacada es este orden es su sensibilidad ambiental, lo que las convierte en indicadores de buena calidad del agua (Stewart & Stark 2008; citado por Gutiérrez, 2010).

Figura 2.Orden Plecóptera



Fuente: (Gutiérrez, 2010)

Orden Hemíptera

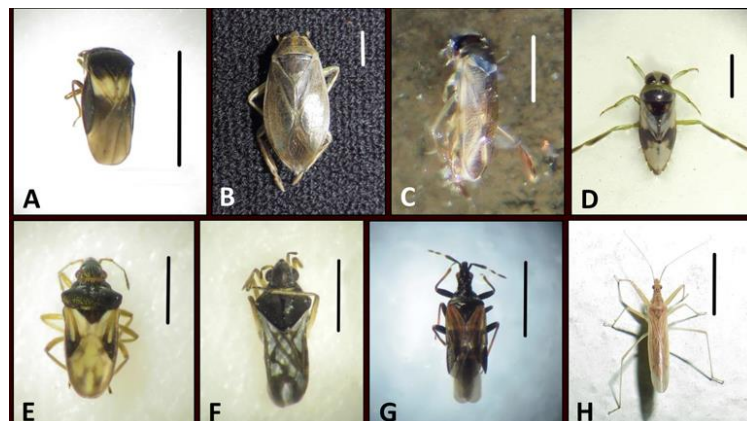
Los heterópteros muestran una amplia diversidad con más de 40,000 especies a nivel mundial, lo que los convierte en el grupo de insectos más numeroso con metamorfosis sencilla (desarrollo paurometábolo). Estos insectos presentan características morfológicas únicas, como (Goula & Mata, 2015):

- Piezas bucales alargadas que se organizan en forma de estilete.

- Glándulas odoríferas pares, ubicadas en el abdomen de las ninfas o en el metatórax de los adultos.
- Antenas con cuatro artejos, a veces con dos escleritos intercalados.

Además, pueden tener el cuerpo y los apéndices cubiertos con pilosidad variada, desde pelos tipo seda hasta pelos aplanados. En ciertos grupos, la pilosidad juega un papel crucial en la diferenciación entre taxones. Observados dorsalmente, se distinguen por un pronoto amplio, generalmente más ancho que largo, con un escutelo triangular (también conocido como escudete) detrás de la cabeza, flanqueado por alas con membranas superpuestas en la parte posterior del animal (Goula & Mata, 2015).

Figura 3. Orden Hemiptera



Fuente: (Magistris, 2021)

Orden Odonata

Todos los odonatos son acuáticos durante sus etapas inmaduras. En algunos países centroamericanos se han registrado hasta 14 familias. Las ninfas son depredadoras y se distinguen por tener un labio altamente modificado para atrapar presas, visible debajo de la cabeza. Este labio se mantiene doblado en

reposo, pero se extiende rápidamente hacia adelante cuando la ninfa detecta una presa. La mayoría habita en el fondo o en la vegetación sumergida (Hanson, Springer, & Ramirez, 2010), los adultos presentan un abdomen muy alargado, presentan dos pares de alas membranosas que pueden mover de manera independiente durante el vuelo. Estas alas están cruzadas por numerosas venas y tienen un pterostigma relativamente grande. También tienen ojos grandes y antenas cortas (Torralba, 2015).

Figura 4. Orden Odonata



Fuente: (Torralba-Burrial, 2013).

Orden Coleóptera

El principal rasgo distintivo del orden Coleóptera es el primer par de alas conocidas como élitros, que en reposo cubren completamente al segundo par, de naturaleza membranosas, simulando estuches o vainas. Este orden es el más numeroso entre los insectos según varios autores y además se caracteriza por varios aspectos definitorios (Bar, 2010):

- Son holometábolos.

- Presentan una intensa esclerotización corporal con una notable reducción de áreas membranosas expuestas.
- Poseen un aparato bucal masticador.
- Las antenas tienen un máximo de once artejos en las especies actuales.
- Las coxas están embutidas en cavidades llamadas acetábulos.
- El mesotórax es corto, con el mesoscutelo reducido entre las bases de los élitros, a veces ausente.
- El meso- y metasterno están invaginados en la línea media y representados por endosternitos.
- Están externamente reemplazados por un meso- y un metaventrito.
- El par de alas mesotorácicas se transforma en estuches endurecidos.
- Los élitros pueden estar ausentes en algunas hembras.
- Las alas metatorácicas presentan mecanismos de plegamiento longitudinal y transversal.
- El esternito abdominal i está ausente (Melic, 2016).

Figura 5. Orden Coleoptera



Fuente: (Alonso-Zarazaga, 2015)

Orden Trichoptera

Los tricópteros o frigáneas (Trichoptera, proveniente del griego trichos, "pelo" y pteron, "ala") son artrópodos que pertenecen a la clase Insecta, cuyos adultos tienen alas cubiertas de pequeños filamentos. La gran parte de estos organismos dependen del medio acuático para su crecimiento, habitando mayormente en ríos y arroyos con aguas limpias y bien oxigenadas, aunque también pueden situarse en ambientes lénticos, terrestres e incluso marinos (Zamora, Sáinz, & Bonada, 2015).

Las larvas de los tricópteros son acuáticas, de tipo campodeiforme o eruciforme, con el cuerpo alargado y la típica división de cabeza, tórax y abdomen que caracteriza a los insectos. Poseen antenas cortas, una cabeza esclerotizada, escleritos en el primer segmento torácico y tres pares de patas en el tórax. Se distinguen de otros insectos por tener un par de falsas patas anales o pigópodos. Por otro lado, los adultos son terrestres y tienen una apariencia similar a la de los microlepidópteros, con largas antenas filiformes, ojos compuestos bien desarrollados y hasta tres ocelos, los cuales no siempre están presentes y se utilizan para la clasificación de las familias. A diferencia de los lepidópteros, poseen piezas bucales de tipo lamedor con mandíbulas vestigiales (Zamora, Sáinz, & Bonada, 2015).

Figura 6. Orden Trichoptera



Fuente: (Springer, 2010)

Orden Decápoda

Los decápodos son crustáceos eumalacostráceos que habitan tanto en hábitats marinos como dulceacuícolas. Se caracterizan por tener un tórax con ocho segmentos y orificios genitales en el sexto y octavo segmentos (femeninos y masculinos, respectivamente), y un abdomen con seis segmentos provistos de patas pleópodos terminando en un telson. Se diferencian de otros órdenes por tener un caparazón que se unen dorsalmente a todos los segmentos torácicos, formando un "cefalotórax" el cual se amplía lateralmente para formar cámaras branquiales laterales. Estas cámaras rodean las branquias asociadas a las patas torácicas (podobranquias, artrobranquias y pleurobranquias). Además, los primeros tres pares de patas torácicas se especializan en la manipulación de alimentos (García & Ramírez, 2015).

Figura 7. Orden Decápoda



Fuente: (Ramírez, 2015)

Orden Mesogastropoda

El orden Mesogastropoda comprende gasterópodos prosobranquios que se distinguen por tener branquias ubicadas anteriormente al corazón. Estos organismos han evolucionado perdiendo la simetría bilateral interna, conservando solamente uno de los órganos que originalmente eran pares (Valencia, 2023). Poseen una única aurícula y sus conchas son espirales con múltiples vueltas. La mayoría de sus géneros habitan en ambientes marinos, aunque también se encuentran en aguas dulces y salobres (Izquierdo, 2023).

Figura 8. Orden Mesogastropoda



Fuente: (Bunje, 2022)

Orden Díptera

Los dípteros, siendo insectos, presentan una estructura corporal dividida en tres partes distintas: cabeza, tórax y abdomen. La cabeza de estos organismos puede adoptar diversas formas, como redonda, ovalada, triangular, semiesférica o alargada. En la parte superior de la cabeza se encuentra la frente, mientras que en la parte anterior se ubica la cara. La cabeza es altamente móvil y alberga

estructuras importantes como antenas, ojos compuestos, ocelos y el aparato bucal (Tolrá & Andersen, 2015).

Figura 9. Orden Diptera



Fuente: (Taxateca, 2020)

Orden Veneroida

El orden Veneroida comprende moluscos bivalvos como almejas, berberechos y mejillones. Estos organismos generalmente tienen valvas gruesas, simétricas e isomiarianas, lo que significa que sus músculos abductores son de tamaño similar. El nombre científico deriva de "dentadura perfeccionada", haciendo referencia a las características de los tres dientes de la subclase Heterodonta, de la cual este orden se origina. Muchas especies dentro de este grupo son móviles en lugar de ser sésiles (DBpedia, 2018).

Figura 10. Orden Veneroida



Fuente: (Taxateca, 2019)

Parámetros físico-químico de la calidad de agua

La calidad de agua está estrechamente relacionada al uso provisto de la misma, o sea que es una medida de la condición del agua que va en relación con los requisitos que debe tener para su uso. ejemplo el agua para consumo humano o animal, riego o para uso industrial, la calidad de la misma puede ser medida por indicadores que son un reflejo de una cualidad o propiedad del objeto de la evaluación, en este caso del agua, entre los parámetros indicativos tenemos (Fernández & Volpedo, 2020).

Temperatura

La temperatura es una medida del grado de calor del cuerpo del agua. Este es un parámetro puede influenciar en demasía en la calidad de la misma, ya que proporciona información sobre otras propiedades o procesos que tienen que ver con el agua como la viscosidad, la solubilidad de los gases y de las sales,

procesos fisiológicos de los organismos que provocan variaciones de su metabolismo, la proliferación de ciertos microorganismos, etc (agroambient, 2007).

La temperatura experimenta variaciones anuales debido a la meteorología y el clima. Estos cambios tienen un impacto significativo en los ecosistemas fluviales, influyendo en la diversidad y la cantidad de organismos presentes. La capacidad de los organismos para adaptarse a la temperatura se refleja en sus patrones biológicos, los cuales son específicos de cada especie y se repiten de manera cíclica a lo largo del tiempo (agroambient, 2007). Por lo tanto, el valor óptimo de este parámetro depende de la región, la estación del año y los tipos de organismos presentes. Sin embargo, generalmente se considera que la temperatura no debe ser inferior a 20°C ni superior a 35°C.

pH

El pH es una medida que indica el grado de acidez o alcalinidad del agua, que varía en una escala de 0 a 14. Un valor de 7 representa neutralidad, mientras que valores inferiores indican acidez y valores superiores, alcalinidad. Esta medida refleja la proporción relativa de iones hidrógeno (H^+) e hidróxido (OH^-) en el agua. La acidez aumenta con una mayor concentración de iones hidrógeno, mientras que una mayor presencia de iones hidróxido indica un medio más básico. Diversos factores pueden afectar el pH del agua, como la deposición atmosférica de contaminantes (por ejemplo, la lluvia ácida), descargas de aguas residuales, drenajes de minas y la composición geológica del lecho del cuerpo de agua estudiado (Universidad Complutense de Madrid, 2015).

Oxígeno disuelto (OD)

Este indicador es ampliamente empleado en ecosistemas fluviales debido a su participación en numerosos procesos químicos y biológicos que ocurren en ambientes acuáticos. Es altamente sensible a las variaciones ambientales y contribuye significativamente a través del intercambio con la atmósfera y la acción fotosintética de los productores primarios. Los microorganismos utilizan este parámetro en procesos de oxidación de materia orgánica e inorgánica, así como en la respiración (Fernández & Volpedo, 2020). Su valor está condicionado por factores como la temperatura del agua, la mezcla y aireación del mismo, la altitud del área y la duración de la exposición solar, lo que puede resultar en variaciones significativas dependiendo del cuerpo de agua estudiado.

Turbidez

La presencia de materia en el agua puede manifestarse en formas disueltas, suspendidas (particuladas) o coloidales. La turbidez, un indicador comúnmente utilizado en cuerpos de agua naturales, señala la existencia de sólidos, especialmente coloides. Este fenómeno turbio resulta de la erosión y el transporte de materia coloidal como arcilla, fragmentos de roca y material del lecho por los cursos de agua, así como de la introducción de fibras vegetales y aguas residuales domésticas o industriales que puedan contener jabones. Para cuantificar este parámetro, se mide la cantidad de luz que se refleja a un ángulo de 90° al pasar a través del agua, fenómeno conocido como efecto Tyndall característico de los sistemas coloidales (Fernández & Volpedo, 2020).

Sólidos disueltos totales (TDS)

El TDS representa el porcentaje de componentes adicionales disueltos en el agua, tales como minerales y sales (predominantemente calcio, magnesio, potasio, sodio, bicarbonatos, cloruros y sulfatos), junto con pequeñas cantidades de materia orgánica. Sin embargo, una alta concentración de estos materiales puede acelerar la temperatura del agua debido a que las partículas en suspensión absorben más calor y agotan el oxígeno, lo cual puede tener un impacto negativo en la vida acuática (Hach, 2023).

El valor del TDS se mide por unidad de volumen de agua (mg/L) o como partes por millón (ppm). El TDS o SDT en el agua provienen de aguas subterráneas, aguas superficiales, aguas residuales antropogénicas e industriales, efluentes urbanos y agrícolas. Las sales del medio que arrastra la lluvia o el deshielo pueden aportar al aumento de SDT en la columna de agua y las concentraciones del mismo procedentes de fuentes naturales varían de 30 mg/litro a 6000 mg/litro, dependiendo de la solubilidad de los minerales en la zona geológica (Carbotecnia, 2021).

Salinidad

La salinidad es una característica crucial tanto de las aguas residuales industriales como de los cuerpos de agua naturales. Inicialmente, este parámetro se definió como la cantidad total de sales disueltas en un volumen específico de agua. Sin embargo, debido a que la medición del contenido total de sales implica análisis químicos que requieren mucho tiempo, se emplean métodos indirectos para estimar la salinidad. Esta se puede determinar mediante la medición de la

conductividad, densidad, índice de refracción o velocidad del sonido en el agua (Cipagauta, 2017). Además, sus medidas (g/l), ppt en agua saladas o ppm en agua dulce ya que se puede determinar mediante sólidos totales.

Índices BMWP

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970 como un método sencillo para evaluar la calidad del agua basado en la presencia y puntuación de grupos de macroinvertebrados a nivel de familia. Este índice asigna valores del 1 al 10 según la sensibilidad de cada familia a la contaminación, donde las familias más sensibles reciben una puntuación alta (10) y las menos sensibles una puntuación baja (1) (Tercedor, J. 1996; citado por Leño & Pérez, 2020), una de las ventajas destacadas del BMWP es que solo requiere la identificación de las familias presentes en el área de estudio para calcular el valor del índice (Leño & Pérez, 2020).






El valor de tolerancia se retribuye una sola vez por cada familia, independientemente de la porción de individuos que sean recolectados. El valor del índice para cada sitio se obtiene sumando los valores de tolerancia (t_i) de cada familia ($BMWP = \sum t_i$). Este valor permite determinar la calidad de agua de acuerdo con las categorías de sensibilidad (Álvarez, 2006; citado por Hilaño Paola, 2023).

Tabla 1. Puntajes de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Col

Clase	Familia	Puntaje
I	<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae</i>	10
I	<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeraeidae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae</i>	9
I	<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelphusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.</i>	8
II	<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.</i>	7
II	<i>Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
II	<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	5
II	<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopodidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae</i>	4
III	<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae</i>	3
III	<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae</i>	2
III	<i>Tubificidae</i>	1

Fuente: (Roldán,2003; citado por Hilaño Paola, 2023).

Tabla 2. Puntajes de calidad y valores asignados al índice BMWP/Col.

Clase	Calidad	BMWP/Col	Significado	Color
I	Buena	>100	Aguas muy limpias	
II	Aceptable	61 -100	Aguas ligeramente contaminadas	
III	Dudosa	36-60	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	16-35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy Crítica	<15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: (Roldán,2003; citado por Hilaño Paola, 2023).

INDICES DE DIVERSIDAD

Índice de Shannon-Weaver

El índice de Shannon, a menudo conocido como el índice Shannon-Weaver, es ampliamente usado para evaluar la biodiversidad específica. Este índice se utiliza como una medida de la entropía que refleja la heterogeneidad en una comunidad. Su uso es común en la medición de la diversidad biológica, y se basa en dos factores principales: el número de especies presentes y su abundancia relativa en la comunidad (Lema & Jimenez, 2021).

Desde una perspectiva conceptual, el índice de Shannon se interpreta como una medida del grado de incertidumbre relacionada con la selección aleatoria de un individuo dentro de la comunidad. Esto significa que refleja cuánto desconocimiento existe acerca de la especie a la que pertenece un individuo seleccionado al azar (Pla, 2006).

Para ilustrar este concepto, consideremos dos escenarios diferentes. En el primer escenario, una comunidad está compuesta por S especies, pero es

homogénea, ya que una especie es dominante y las otras S-1 especies tienen una presencia mínima. En este caso, el grado de incertidumbre es bajo, ya que la probabilidad de que un individuo seleccionado al azar pertenezca a la especie dominante es casi segura (cercana a 1), lo que implica una menor entropía (Pla, 2006).

En contraste, en el segundo escenario, todas las S especies tienen una abundancia similar, lo que resulta en un mayor grado de incertidumbre. En este caso, la probabilidad de que un individuo pertenezca a cualquier especie en particular es la misma, lo que conduce a una mayor incertidumbre y, por lo tanto, a una mayor entropía (Pla, 2006).

El índice de Shannon se utiliza para cuantificar esta incertidumbre o entropía en una comunidad. Su valor aumenta a medida que se incrementa la diversidad de especies y, en consecuencia, la incertidumbre asociada a la elección aleatoria de un individuo. En resumen, el índice de Shannon es una herramienta fundamental para evaluar y comparar la biodiversidad en diferentes comunidades (Pla, 2006).

Ecuación del índice Shannon- Weaver

$$H' = \sum_{i=1}^S \left(\frac{n_i}{n}\right) \log n \left(\frac{n_i}{n}\right)$$

Donde:

H' = índice de diversidad

ni= número de individuos por especie

n= número total de individuos

log n = logaritmo natural

Tabla 3. Evaluación de diversidad según Shannon

Índice Shannon	de	Diversidad
3,5 – 5		Alta
1,6 – 3		Media
0 – 1,5		poca

Fuente: (Sinchiguano, 2023)

Índice de Simpson

El índice de Simpson evalúa la probabilidad de que los individuos seleccionados al azar de una población pertenezcan a la misma especie. Cuando el índice es alto, sugiere que una especie domina la población. Este índice proporciona información que se encuentra en un punto intermedio entre el índice de Shannon y el índice de uniformidad. A medida que aumenta el número de especies, el índice de Simpson también aumenta y al mismo tiempo refleja cómo se distribuyen las especies en términos de proporciones (Cedeño & Vera, 2019).

El índice de Simpson varía entre 0 y 1. Cuanto más cercano a 1 sea el valor, menor será la diversidad en la comunidad, lo que indica una mayor dominancia

de una o unas pocas especies. Por otro lado, un valor más cercano a 0 indica una mayor diversidad, ya que ninguna especie domina en exceso.

Ecuación del índice de Simpson:

$$\lambda = \sum p_i^2$$

Donde:

Pi = Abundancia proporcional de la especie i, es decir, el número de individuos de la especie i dividido entre el número total de individuos de la muestra (Moreno, 2001).

Índice de correlación de Pearson

El coeficiente de correlación de Pearson está diseñado para variables cuantitativas (escala mínima de intervalo), es decir es un índice que mide el grado de covariación entre diversas variables relacionadas linealmente (Camacho, 2007). En los datos de correlación, este coeficiente se simboliza con la letra "r". La fórmula relaciona la distancia de cada dato puntual de acuerdo con la media de la variable y usa esta comparación para determinar hasta qué punto la relación entre estos valores se ajusta a una línea imaginaria trazada entre los datos (Statistical Discovery, 2018).

El coeficiente de correlación r es un valor sin unidades entre -1 y 1. La significancia estadística se indica con un valor p. Por lo tanto, usualmente las correlaciones se escriben con dos números clave: r = y p = (Statistical Discovery,

2018) y para interpretar los valores obtenidos se tener en cuenta los siguientes puntos (tabla 4).

Tabla 4. Rangos y relación del índice de correlación de Pearson

RANGO	RELACIÓN
0.5-1.00	Correlación negativa fuerteperfecta
0-0.5	Correlación negativa débilmoderada
0	No existe correlación
0-0.5	Correlación positiva débil- moderada
0.5-1	Correlación positiva fuerte- perfecta

Fuente: (Fiallos, 2021)

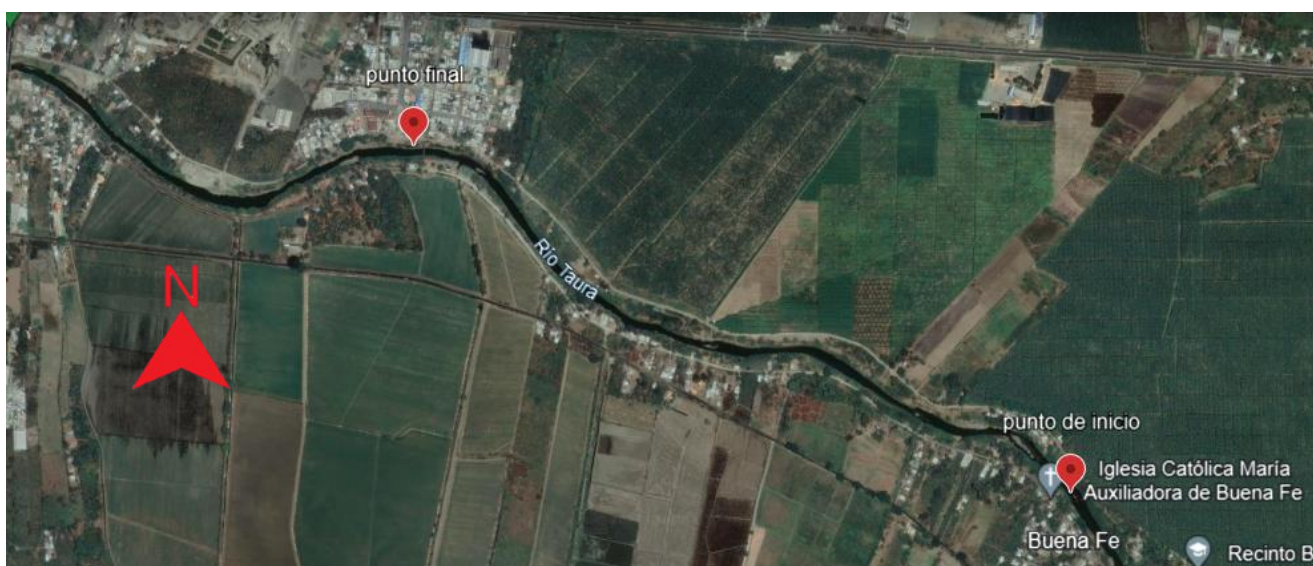
CAPITULO II

MARCO METODOLÓGICO

Área de estudio

El presente trabajo de investigación se realizará a cabo en las orillas del Río Bulu Bulu en la parroquia Gral. Pedro. J. Montero, cantón Yaguachi – Ecuador. Donde se abarcará una distancia de 2. 5 km en la cual se ubicarán 3 estaciones de muestreo, Encontrándose con las siguientes coordenadas geográficas: punto inicial ($2^{\circ}15'26.5''S$ $79^{\circ}37'35.9''W$), punto final ($2^{\circ}15'55.8''S$ $79^{\circ}36'39.9''W$) (Figura 11).

Figura 11. Ubicación geográfica del área de estudio: Río “Bulu Bulu”.



Fuente: (Google Earth, 2023).

Fase de campo

Los muestreos de los macroinvertebrados se realizaron mediante la implementación de 2 técnicas con la finalidad de obtener una data amplia y exacta las cuales son empleadas en aguas lóaticas (ríos, manantiales, riachuelos, arroyos), para lo cual se establecerán 3 estaciones muestreo que abarcaron un área de 20 a 40 m² cada una, donde se realizaron muestreos consecutivos cada 15 días durante un periodo de 2 meses (Abril-Mayo).

Red de patada

Según Machado Verónica (2018), para este tipo de técnica se emplea una red de patada con una malla de tamaño entre 0.5 y 1 mm para este propósito. La técnica implica la disposición de los extremos de la red en el fondo del río, a manera de contra corriente, con el fin de capturar macroinvertebrados del mismo. La recolección de estos organismos se lleva a cabo al remover constantemente el sustrato con los pies abarcando una distancia de 10m durante un período aproximado de 10 minutos. Posteriormente el sedimento obtenido se colocará en una bandeja blanca que con ayuda de pinzas entomológicas se escogerán para separar los organismos de intereses de las rocas, hojarasca y otros elementos prescindibles, donde se procurará realizar un conteo de los mismo evitando tomar varios organismos que posean las misma características observables para así no afectar a la población posteriormente serán ubicados en frasco plásticos de 150ml que contenga formaldehido neutralizado con bórax al 4% y luego estos serán debidamente rotulados con la fecha, estación de muestreo y número de muestra para su respectiva identificación (Figura 12).

Figura 12. ejemplificación de la técnica por patada.



Fuente: (Andrade, 2018).

Técnica Manual

De acuerdo con Nugra Fredy (2016), el procedimiento consiste en la búsqueda de organismos adheridos al sustrato. Para lograrlo, se realizaron inspecciones levantando y examinando piedras, rocas, ramas sumergidas y hojarasca a lo largo de la ribera del río en un intervalo de 10 minutos. Los macroinvertebrados se recolectarán utilizando una pinza entomológica donde se evitará escoger varios organismos que posean las mismas características observables y a su vez se realizará con conteo de los mismo, estos se colocará cuidadosamente en viales plásticos de 150 ml que contengan formaldehido neutralizado con bórax al 4%. Estos viales se deben etiquetar previamente con información como la fecha, el lugar, estación y número de muestra, para facilitar su identificación posterior. Esta técnica se aplicó en cada uno de los puntos seleccionados.

Muestras de agua (análisis físico-químico)

Dentro de las estaciones seleccionadas se realizaron las mediciones de pH, temperatura, salinidad, TDS y oxígeno disuelto utilizando el multiparámetro de Hofun WQM-303, mientras que para el oxígeno disuelto se usó el medidor de Jiawu DO9100, ambos equipos son portátiles por tanto solo se necesita sumergir una sección específica de ellos para obtener los valores y para la turbidez se usó un disco secchi el cual se sumerge y posteriormente se observa y anota la profundidad en la cual este se pierde de vista para así poder determinar la estimación de la penetración de la luz y partir de esto conocer el valor de la variable (Tabla 5).

Tabla 5. Parámetros de análisis físico-químico.

QUÍMICOS	FÍSICOS
<ul style="list-style-type: none">• pH• Oxígeno disuelto• Salinidad• TDS	<ul style="list-style-type: none">• Temperatura• Turbidez

Fuente: (Sinchiguano, 2024)

FASE DE LABORATORIO

Muestras de macroinvertebrados

Según lo mencionado por Carrera y Fierro (2001) se inicia sacando los organismos de los frascos y posteriormente se realiza un lavado a los mismos con agua potable evitando mezclar las muestras entre sí. Según lo referenciado por Socasi Katherine (2020) posteriormente se procede ubicar estos organismos en una caja petri para separarlos en grupos según sus características visibles a simple vista, agrupando a los individuos similares entre sí, sin mezclar estos organismos con los de otras estaciones. Luego, se llevará a cabo un conteo, posteriormente se realizará la identificación de los organismos seleccionados para lo cual se llevarán al estereoscopio con el fin de obtener una visualización más detallada de los mismos con la ayuda de pinzas entomológicas, claves taxonómicas y guías de identificación. Esto permite una observación minuciosa de las características físicas de cada espécimen para identificarlo hasta nivel de familia.

Guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos (Palma, 2013).

Guía: Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos (Andino, Guevara, Espinosa, & Santander, 2017).

Guía: Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de orellana (Pérez, y otros, 2016).

Revista: Clave ilustrada y comentada para la identificación de moluscos gastrópodos fluviales de Cuba (Vazqu ez & S anchez, 2015).

CAPITULO III

RESULTADOS

Identificación de los macroinvertebrados colectados en ríos "Bulu Bulu".

En el presente estudio, se colectaron un total de 1116 macroinvertebrados en tres estaciones establecidas en el río "Bulu Bulu". Se identificaron cualitativamente 17 familias, con las mayores frecuencias de aparición correspondientes a las familias Gerridae (39%), Veliidae (25%), Psephenidae (20%), pertenecientes al orden Hemiptera y Coleoptera, mientras que las familias con menor frecuencia fueron Polycentropodidae (8%), Leptohipidae (8%) y Coenagrionidae (0,3%) pertenecientes a los órdenes Trichoptera, Ephemeroptera y Odonata respectivamente. En conjunto, se registraron 572 organismos durante los meses de abril y mayo (Figura 13).

Figura 13. Frecuencia de organismos macroinvertebrados colectados en las estaciones de muestreo del río "Bulu Bulu".

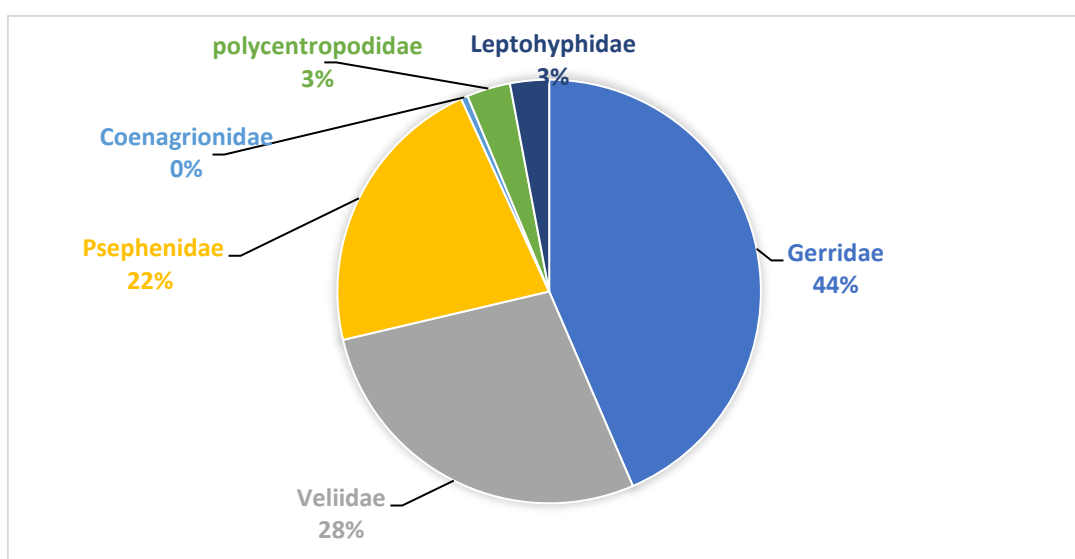


Tabla 6. Total, de organismos identificados en los 3 transectos establecidos y frecuencia relativa.

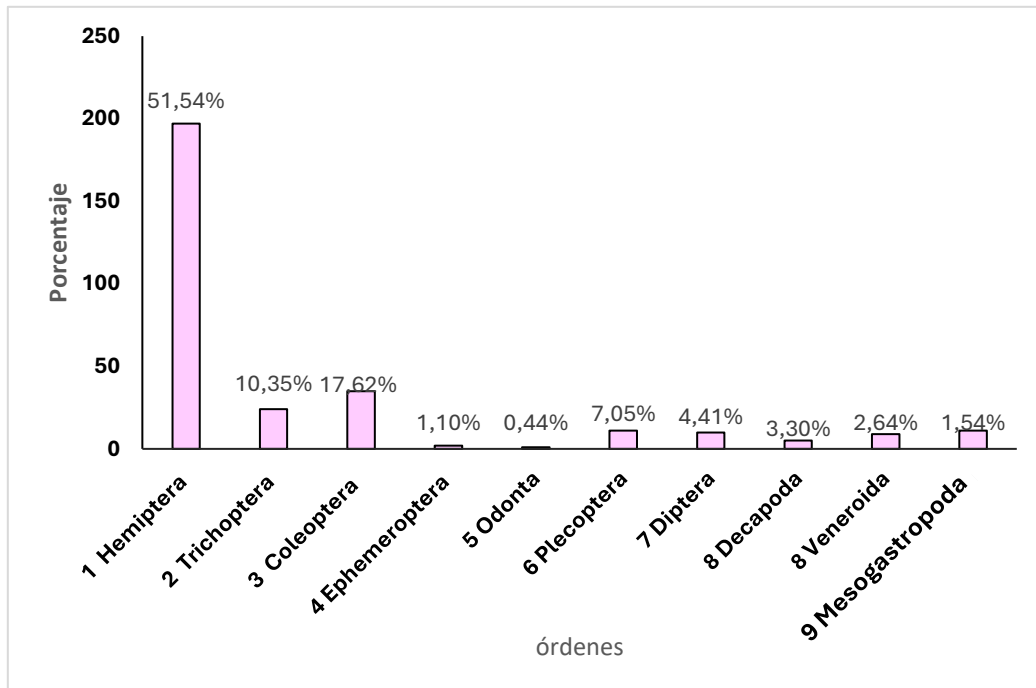
ORDEN	FAMILIA	ESTACIONES DE MUESTREO			Total	FRECUENCIA RELATIVA (%)
		A Estación 1	A Estación 2	A Estación 3		
1 Hemiptera	<i>Gerridae</i>	124	70	55	249	22.31
	<i>Miridae</i>	27	23	33	83	7.44
	<i>Corixidae</i>	16	27	14	57	5.11
	<i>Veliidae</i>	46	35	78	159	14.25
	<i>Anthocoridae</i>	21	13	17	51	4.57
2 Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	22	11	6	39	3.49
	<i>Hydrobiosidae</i>	20	14	8	42	3.76
	<i>Polycentropodidae</i>	5	4	10	19	1.70
3 Coleóptera	<i>Elmidae</i>	25	16	13	54	4.84
	<i>Psephenidae</i>	55	48	22	125	11.20
4 Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	5	10	2	17	1.52
5 Odonata	<i>Coenagrionidae</i>	2	0	1	3	0.27
6 Plecóptera	<i>Perlidae</i>	32	36	11	79	7.08
7 Díptera	<i>Chironomidae</i>	20	14	10	44	3.94
8 Decápoda	<i>Sergestidae</i>	15	11	5	31	2.78
9 Veneroidea	<i>Corbiculidae</i>	12	16	9	37	3.32
10 Mesogastropoda	<i>Thiaridae</i>	7	9	11	27	2.42
TOTAL		454	357	305	1116	100%

Fuente: (Sinchiguano, 2024)

Porcentaje de organismos macroinvertebrados de cada transecto durante el periodo de muestreo.

Durante los 2 meses de muestreo realizados en el transecto 1 se lograron identificar 454 individuos, siendo el orden Hemíptera el más destacado con un 51.54 %, del cual la familia *Gerridae* cuenta con 124 organismos, seguido por el orden Coleóptera con un 17.62% en el que se pudieron observar las familias *Elmidae* y *Psephenidae* con 25 y 55 individuos correspondientemente, mientras que los órdenes Trichoptera y Plecóptera presentan porcentajes de 10.35% y 7.05% respectivamente, y por último en los valores ínfimos entre 4 y 0 tenemos a Díptera, Decápoda, Veneroida, mesogastropoda, Ephemeroptera y Odonata (Figura 14).

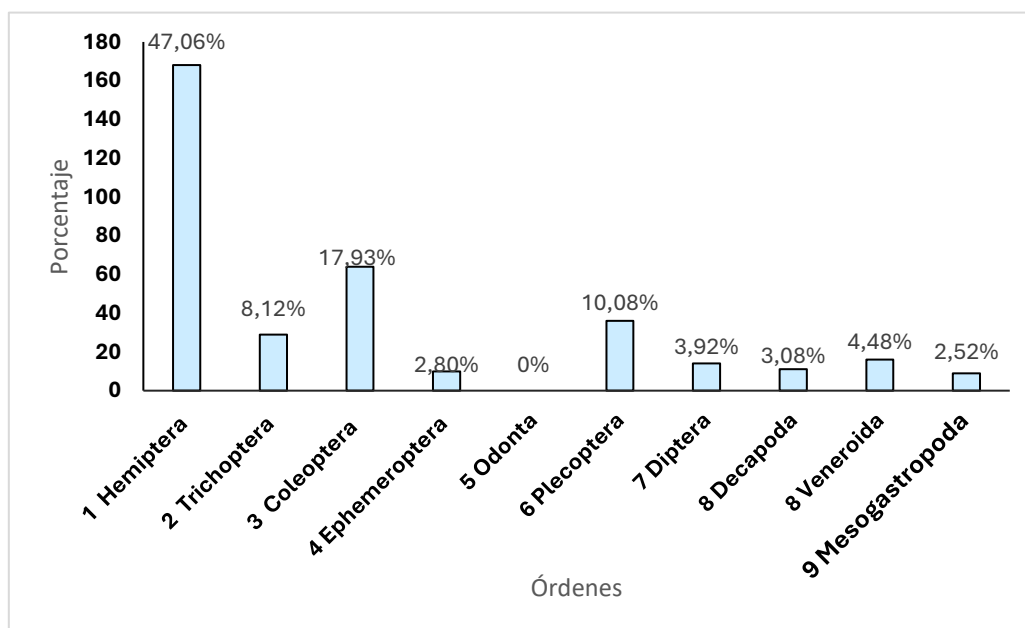
Figura 14. Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 1 durante los meses Abril-Mayo.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

En el transecto 2 (Figura 15) a lo largo de los meses de Abril y Mayo se pudieron coleccionar un total de 357 organismos, en cuales pudo destacar el orden Hemíptera representando un porcentaje del 47.06% con 168 organismos siendo la familia Gerridae la que se encontró en mayor proporción, mientras que los órdenes Coleóptera y Plecóptera con 64 y 36 ind respectivamente tienen un porcentaje del 17.93% y 10.08% en los cuales las familias con mayor presencia son Psephenidae y Perlidae como corresponde, seguidos por Trichoptera con un 8.12% y por ultimo los valores de entre 0 y 4% los cuales fueron los menos presentes donde están los órdenes Veneroida, Díptera, Decápoda, Ephemeroptera, Mesogastropoda y Odonta mencionados de mayor a menor.

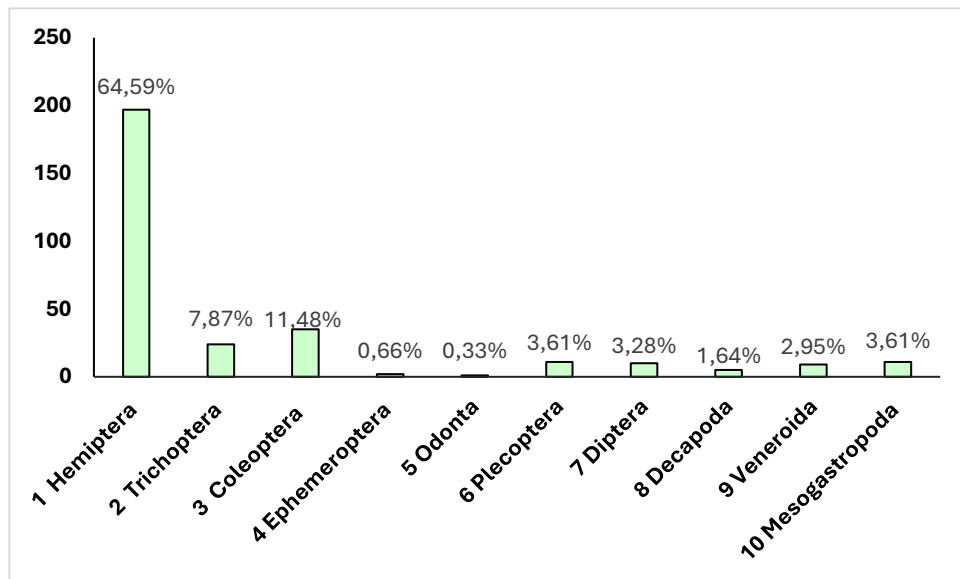
Figura 15. Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 2 durante los meses de abril y mayo.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

En la Figura 16 se puede ver representado gráficamente los porcentajes poblacionales en el transecto 3 con un total de 305 org para los cuales el orden Hemíptera cuenta con un porcentaje de 64.59% siendo la familia Veliidae la de mayor presencia con 78 ind, mientras que los órdenes Coleóptera y Trichoptera tiene un porcentaje de 11.48% y 7,87% donde las familias que más destacan son Psephenidae y Polycentropodidae con 22 y 10 individuos respectivamente, seguidos por los valores más bajos entre 0 y 3 % donde se encuentran los órdenes Plecóptera, Mesogastropoda, Díptera, Veneroidea, Decápoda, Ephemeroptera y Odonta indicados de mayor a menor.

Figura 16, Gráfico de porcentajes poblacionales en el transecto 3 durante los meses de Abril y Mayo.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

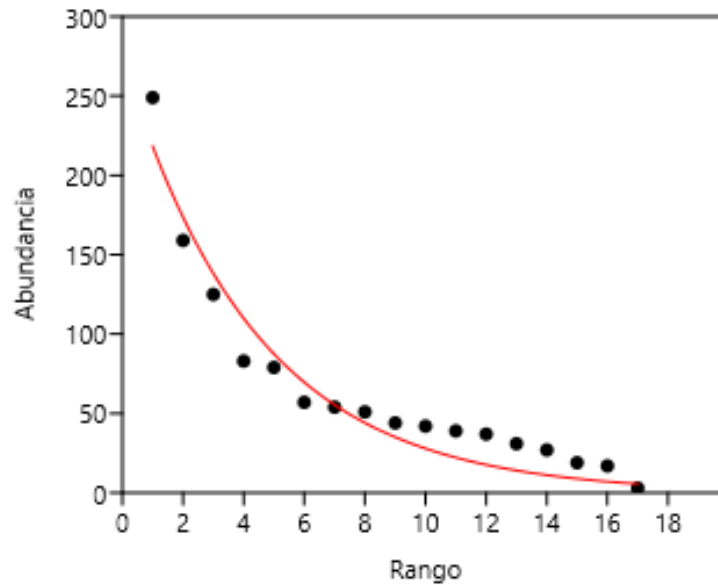
Finalmente, durante el periodo de muestreo se lograron identificar un total de 1116 organismos distribuidos en 10 órdenes y 17 familias, casi todos los órdenes y familias estuvieron presentes a lo largo del periodo en todos los sitios de muestreo seleccionados en el río Bulu-Bulu a excepción de Odonta el cual no estuvo presente en el transecto 2 y de manera ínfima en el transecto 3.

Abundancia relativa de los organismos bioindicadores observados

De acuerdo con la Figura 17 con respecto a la abundancia de macroinvertebrados identificados en el Río Bulu-Bulu, se puede observar que la familia más significativa fue la Gerridae con un total de 249 organismos, seguida por la familia Veliidae la cual tuvo mayor presencia en el transecto 3 durante el segundo mes con 159 individuos en total, por otro lado en la gráfica también se ven reflejadas las familias con los valores más bajos donde se encuentran: Thiaridae, Polycentropodidae y Leptohyphidae, sin embargo es la familia Coenagrionidae la más ínfima contando con un total de 3 individuos y así convirtiéndose en la menos abundante. Los resultados expresados en la figura 17 muestra que la familia más abundante es la Gerridae y cabe recalcar que estos organismos pueden habitar tanto aguas lenticas como lólicas a diferentes temperaturas, es decir son considerados organismos generalistas, esto explicaría su predominancia durante el periodo de muestreo ya que las condiciones climatológicas eran poco favorables debido a intensas lluvias, ocasionando que el nivel del río aumentara y la temperatura disminuyera, sin embargo este no es el caso de la familia Coenagrionidae perteneciente al orden

Odonta ya que algunos autores mencionan estos organismos son sensibles a la contaminación por ejemplo el autor Carvalho (2013) quien menciona que algunas especies de este orden disminuye en cuanto existe una perturbación o modificación en su entorno.

Figura 17. Abundancia relativa de organismos macroinvertebrados bioindicadores.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

Análisis mediante índices ecológicos.

En la (Tabla 7) se pueden ver establecidos los valores para los índices ecológicos Shannon-Weaver y Simpson los cuales fueron calculados mediante los valores totales de cada familia (17) para cada uno de los transectos que fueron establecidos en el río Búlu-Búlu – Yaguachi.

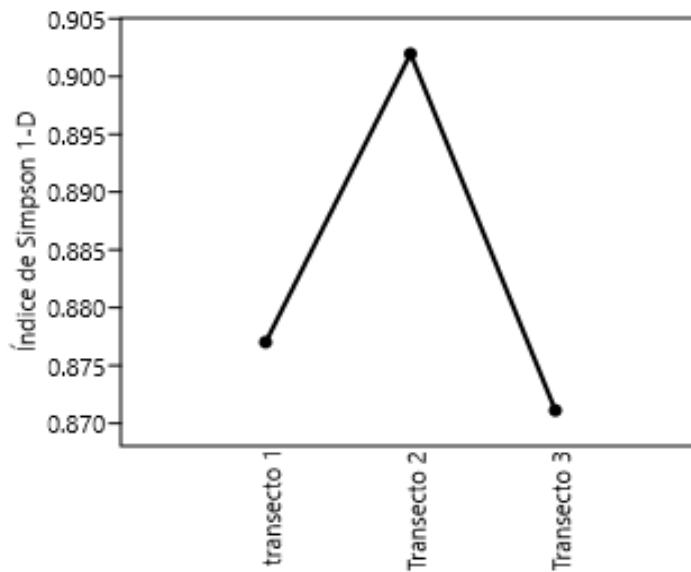
Tabla 7. Valores obtenidos de los índices ecológicos Shannon-Weaver y Simpson en los 3 transectos establecidos.

	Transecto 1	Transecto 2	Transecto 3
Taxa_S	17	16	17
Individuals	454	357	305
Simpson_1-D	0.877	0.902	0.8711
Shannon_H	2.435	2.531	2.384

Fuente: (Sinchiguano, 2024)

Por medio de los cálculos realizados en cuanto al índice de dominancia de Simpson (Figura 18) muestra como de acuerdo a los valores obtenidos de los distintos grupos taxonómicos, en este caso se tomó en consideración las familias en cada uno de los transectos y por ello los resultados obtenidos durante la investigación sobrepasaron el 0.5 en todas las estaciones seleccionadas, por lo que indica que existe dominancia, la cifra más alta se encontró en el transecto 2 con un valor de 0.902 bits/ind mientras que en el transecto 1 y transecto 3 se obtuvieron valores de 0.877 y 0,8711 bits respectivamente en los cuales se puede concluir que tuvieron una disminución algo significativa en comparativa con la segunda estación, puesto que los resultados obtenidos en cuanto a este índice son de 0 a 1 siendo que entre más se acerquen estos a 0 habrá una menor dominancia y mayor diversidad entre las especies elegidas al azar. Mediante este índice en comparación con el de Shannon-Weaver muestra que en el transecto 3 existe una baja diversidad, pero a su vez existe una alta dominancia.

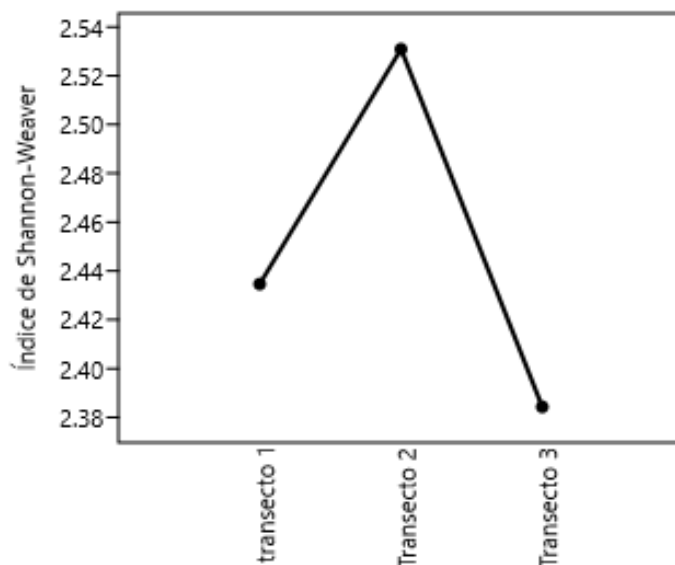
Figura 18.Valores obtenidos del índice de dominancia de Simpson.



Fuente:(Sinchiguano, 2024).

Mediante los cálculos realizados para la obtención de los valores del índice de Shannon-Weaver se consiguieron resultados de 2.4 bits/ind, 2.5 bits/ind, y 2.38 bits/ind correspondientemente evidenciando así que existe una diversidad media en todos los transectos, sin embargo, el transecto 2 con un valor de 2.531 bits/ind fue el más alto de todos, siendo que en cuanto mayor sea el índice de Shannon mayor es su diversidad. Por otro lado, se puede observar en la (Figura 19) que la estación 1 posee un valor cercano al transecto 2, siendo estos 2.435 bits/ind pero el transecto 3 posee el rango más bajo entre 0 y 5.

Figura 19. valores obtenidos del índice de Shannon- Weaver en los 3 transectos seleccionados.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

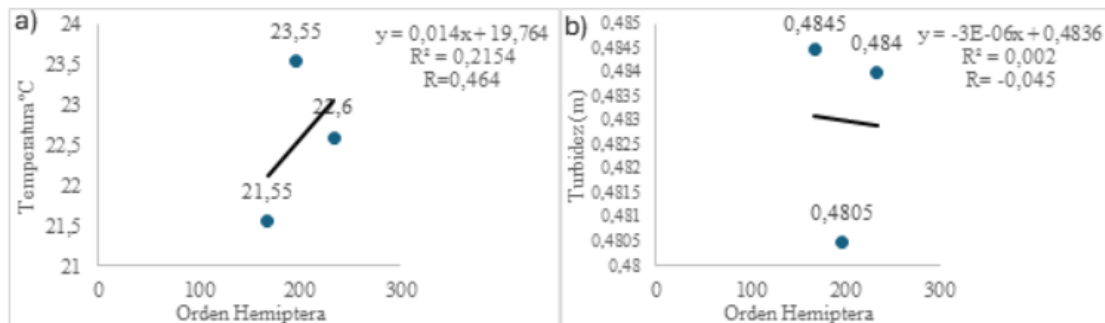
Análisis de variables físico-químicas mediante índice de correlación de Pearson.

Por medio este índice podremos evaluar si existe o no relación entre las variables seleccionadas y la presencias, ausencia o disminución de los distintos grupos taxonómicos encontrados en el área de estudio y así poder ayudar a determinar la calidad ambiental en este caso del río Bulu-Bulu. Es por ellos en el presente proyecto de investigación de se evaluaron parámetros como (pH, temperatura, Salinidad, TDS, Turbidez y OD) y se escogieron los 6 órdenes, siendo 3 más abundantes y 3 menos abundantes.

En donde se ubicó en el eje (X) a los diferentes órdenes correspondientes y en el eje (Y) cada uno de los parámetros fisicoquímicos.

Orden Hemiptera

Figura 20. Correlación de Pearson entre los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Hemiptera.

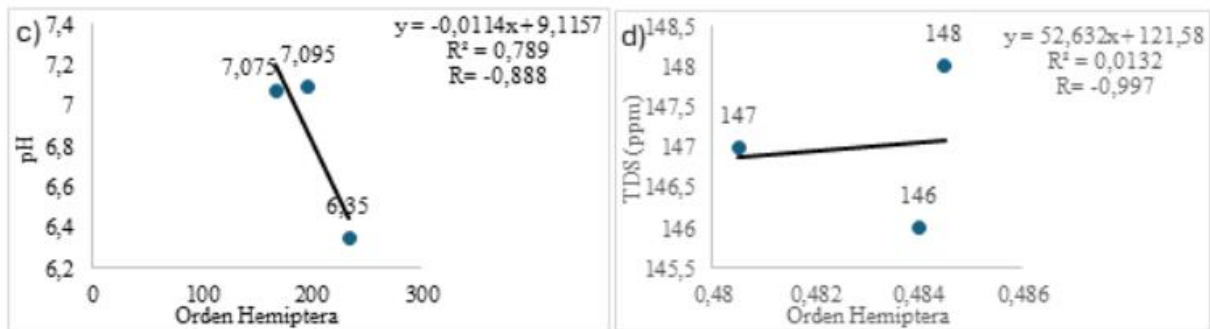


Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- De acuerdo con la Figura 20 (a) la relación entre los datos obtenidos de Hemiptera y la temperatura es moderadamente positiva, con un coeficiente de determinación de 0.21, lo que indica que el 21% de la variabilidad en la abundancia del orden Hemiptera puede ser explicado por la temperatura. La ecuación de regresión lineal derivada es $y=0.014x+19.764$, lo que sugiere que, aunque hay una tendencia al aumento en la presencia de Hemiptera con el incremento de la temperatura, esta relación no es fuerte. Solo el 21.54% de la variación en la abundancia de Hemiptera se puede atribuir a cambios en la temperatura.
- Según la gráfica en la Figura 20 (b) la correlación entre la presencia de Hemiptera y la turbidez es muy débil y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.045 y una ecuación de regresión lineal $y=-3 \times 10^{-6}x+0.4836$. Esto indica que, aunque a medida que la turbidez aumenta, la presencia de Hemiptera tiende a disminuir ligeramente, la relación es extremadamente débil y casi inexistente. Solo el 0.2% de la

variación en la abundancia de Hemiptera puede explicarse por la temperatura, según el coeficiente de determinación $R^2=0.002$.

Figura 21. Correlación de Pearson con los parámetros pH y TDS con el orden Hemiptera.

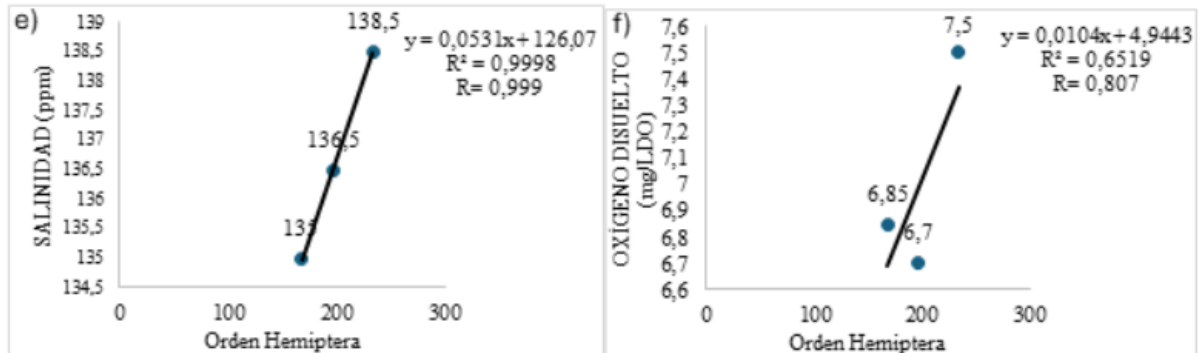


Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- c) En la Figura 21. (c) se observa una fuerte correlación negativa entre Hemiptera y el pH, con un coeficiente de determinación de -0.888 y una ecuación de regresión lineal de $y = -0.0114x + 9.1157$. Esto sugiere que a medida que el pH aumenta la abundancia de Hemiptera tiende a disminuir significativamente. La relación es bastante sólida y el 78.9% de la variación en la presencia de Hemiptera puede ser atribuida al pH, según el coeficiente de determinación $R^2=0.789$.
- d) La gráfica en la Figura 21 (d) muestra una correlación extremadamente fuerte y negativa entre Hemiptera y los sólidos disueltos totales (TDS), con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.997 y una ecuación de regresión lineal de $y = 52.632x + 121.58$. Esto sugiere que a medida que los TDS aumentan, la abundancia de Hemiptera disminuye de manera muy significativa. No obstante, el coeficiente de determinación $R^2=0.0132$ indica que solo el 1.32% de la variación en la abundancia de Hemiptera

puede ser explicada por los TDS, lo cual es inusualmente bajo considerando el alto valor de R.

Figura 22. Correlación de Pearson con parámetros salinidad y OD con el orden Hemiptera.



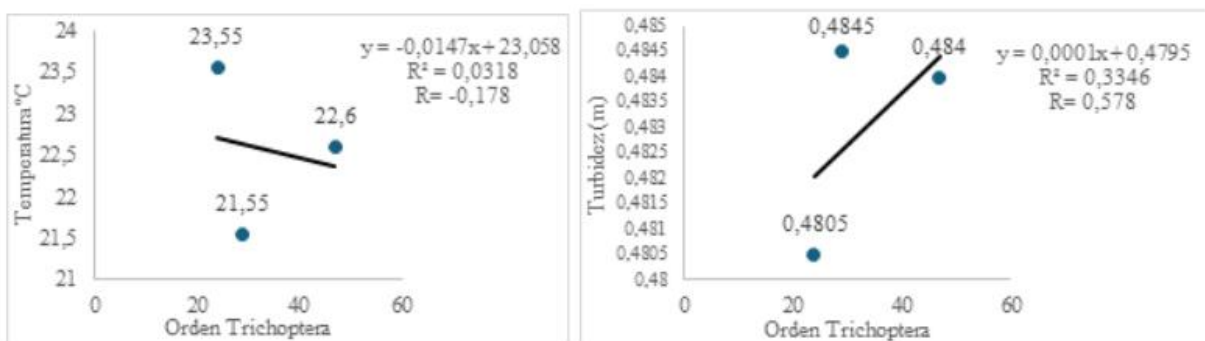
Fuente: (Sinchiguano, 2024)

e) La Figura 22 (e) revela una correlación extremadamente fuerte y positiva entre Hemiptera y la salinidad, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.999 y una ecuación de regresión lineal de $y=0.0531x+126.07$. Esto implica que, a medida que aumenta la salinidad, la abundancia de Hemiptera también incrementa de manera muy significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.9998$ sugiere que casi el 99.98% de la variación en la abundancia de Hemiptera puede ser explicada por la salinidad, indicando una relación extraordinariamente fuerte entre estos dos factores. Dado que R es casi 1, podemos confiar en la robustez de esta relación, subrayando la importancia de la salinidad en la abundancia de Hemiptera en este contexto. Sin embargo, es prudente considerar que otros factores podrían estar interactuando y contribuyendo a la dinámica observada, a pesar de la alta correlación detectada.

f) De acuerdo con la Figura 22 (f) la correlación entre la presencia de Hemiptera y el oxígeno disuelto es moderadamente fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.807 y una ecuación de regresión lineal de $y=0.0104x+4.9443$. Esto sugiere que a medida que aumenta el oxígeno disuelto, la abundancia de Hemiptera tiende a incrementarse, aunque la relación no es tan robusta como en otros casos analizados. El coeficiente de determinación $R^2=0.6519$ indica que aproximadamente el 65.19% de la variación en la abundancia de Hemiptera puede ser explicada por el oxígeno disuelto, lo cual es significativo, pero también sugiere que otros factores influyen considerablemente. Dado que R es positivo y cercano a 1, podemos afirmar que existe una tendencia clara de aumento en la abundancia de Hemiptera con niveles más altos de oxígeno disuelto.

Orden Trichoptera

Figura 23. Correlación de Pearson con parámetros de temperatura y turbidez con el orden Trichoptera.



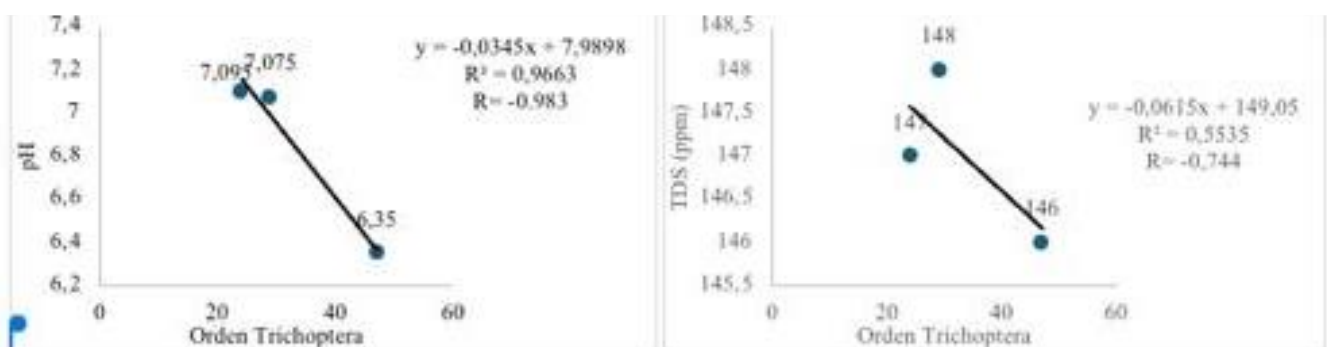
Fuente: (Sinchiguano, 2024).

a) Según la Figura 23 (a) la correlación entre la presencia de Trichoptera y la temperatura es muy débil y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.178 y una ecuación de regresión lineal

$y = -0.0147x + 23.058$. Esto indica que a medida que la temperatura aumenta, la abundancia de Trichoptera tiende a disminuir ligeramente, pero la relación es muy débil. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.0318$ sugiere que solo el 3.18% de la variación en la presencia de Trichoptera puede explicarse por la temperatura, lo cual es muy bajo e indica que la temperatura no es un buen predictor de la abundancia de Trichoptera en este caso.

b) En la Figura 23 (b) la correlación entre la presencia de Trichoptera y la turbidez es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.578 y una ecuación de regresión lineal $y = 0.0001x + 0.4795$. Esto indica que a medida que la turbidez aumenta, la abundancia de Trichoptera tiende a aumentar ligeramente. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.3346$ sugiere que aproximadamente el 33.46% de la variación en la presencia de Trichoptera puede explicarse por la turbidez, lo cual es considerable pero no dominante. Esto indica que, aunque la turbidez tiene un impacto en la cantidad de organismos de Trichoptera, otros factores también juegan un papel significativo.

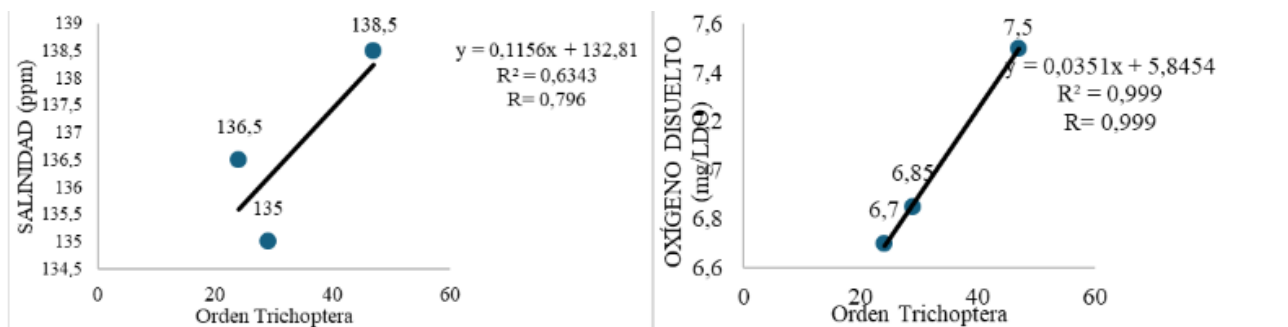
Figura 24. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Trichoptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- c) De acuerdo con la figura 24 (c) se puede observar que la correlación entre Trichoptera y el pH es muy fuerte y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.983 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0345x + 7.9898$. Esto indica que a medida que el pH aumenta (es decir, se vuelve más alcalino), la presencia de Trichoptera tiende a disminuir significativamente. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.9663$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 96.63% de la variación en la presencia Trichoptera puede explicarse por el pH. Esta alta correlación sugiere que el pH es un factor ambiental crucial que influye de manera muy importante en la abundancia de Trichoptera en este contexto.
- d) Mediante la figura 24 (d) en cuanto a la correlación entre Trichoptera y los sólidos disueltos totales (TDS) es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.744 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0615x + 149.05$. Esto indica que a medida que aumentan los TDS, la presencia de Trichoptera tiende a disminuir, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.5535$ indica que aproximadamente el 55.35% de la variación en la abundancia de Trichoptera puede explicarse por los TDS, lo cual sugiere que los sólidos disueltos totales tienen una influencia significativa pero no exclusiva sobre la abundancia de Trichoptera en este contexto. Dado que R es negativo y considerable (cerca de -0.75), indica que hay una tendencia clara de disminución en la abundancia de Trichoptera con niveles más altos de TDS.

Figura 25. Correlación de Pearson para los parámetros salinidad y OD con el orden Trichoptera.



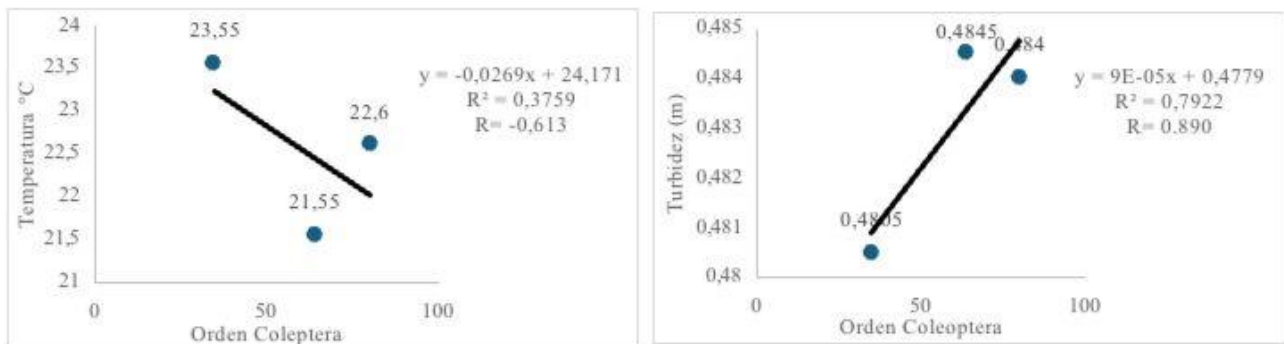
Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- e) En la figura 25 (e) la correlación entre Trichoptera y la salinidad es moderadamente fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.796 y una ecuación de regresión lineal $y=0.1156x+132.81$. Esto indica que a medida que aumenta la salinidad, la presencia de Trichoptera tiende a aumentar también, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.6343$ indica que aproximadamente el 63.43% de la variación en la abundancia de Trichoptera puede explicarse por la salinidad, lo cual es significativo, pero sugiere que otros factores también juegan un papel importante en la determinación de la abundancia de Trichoptera en este contexto. Dado que R es positivo y cercano a 1, podemos concluir que hay una tendencia clara de aumento en la abundancia de Trichoptera con niveles más altos de salinidad.
- f) De acuerdo con la figura 25 (f) la correlación entre la abundancia de Trichoptera y el oxígeno disuelto (OD) es extremadamente fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.999 y una ecuación de regresión lineal $y=0.0351x+5.8454$. Esto indica que a medida

que aumenta el oxígeno disuelto, la abundancia de Trichoptera también aumenta de manera muy significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.999$ es extraordinariamente alto, lo que sugiere que prácticamente el 99.9% de la variación en la abundancia de Trichoptera puede explicarse por el oxígeno disuelto. Esta alta correlación indica que el oxígeno disuelto es un factor ambiental extremadamente importante que influye de manera predominante en la presencia de Trichoptera. Dado el alto valor de R , podemos tener confianza en la robustez de esta relación

Orden Coleóptera

Figura 26. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Coleóptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- a) Mediante la figura 26 (a) la correlación entre Coleóptera y la temperatura es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.613 y una ecuación de regresión lineal $y=-0.0269x+24.171$. Esto indica que a medida que aumenta la temperatura, la presencia de Coleóptera tiende a disminuir, aunque la relación no es muy fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.3759$ indica que aproximadamente el 37.59% de la

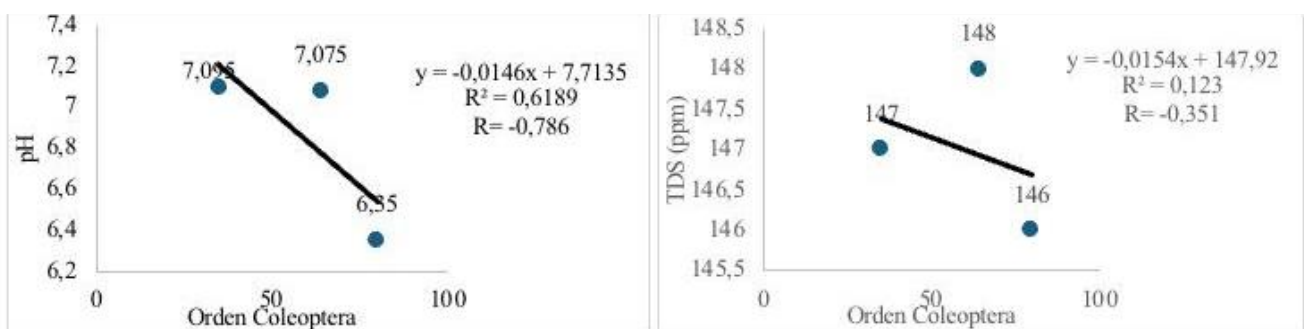
variación en la abundancia de Coleóptera puede explicarse por la temperatura, lo cual sugiere que la temperatura es un factor importante pero no el único determinante de la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es negativo y moderado, indica que hay una tendencia clara de disminución en la abundancia de Coleóptera con el aumento de la temperatura

b) En la figura 26 (b) la correlación entre Coleóptera y la turbidez es fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.890 y una ecuación de regresión lineal $y=9 \times 10^{-5}x+0.4779$. Esto indica que a medida que aumenta la turbidez, la presencia de Coleóptera tiende a aumentar de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.7922$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 79.22% de la variación en la abundancia de Coleóptera puede explicarse por la turbidez. Esta alta correlación sugiere que la turbidez es un factor ambiental importante que influye de manera significativa en la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es positivo y cercano a 1, podemos tener confianza en la robustez de esta relación.

Figura 27. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y temperatura con el orden Coleóptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

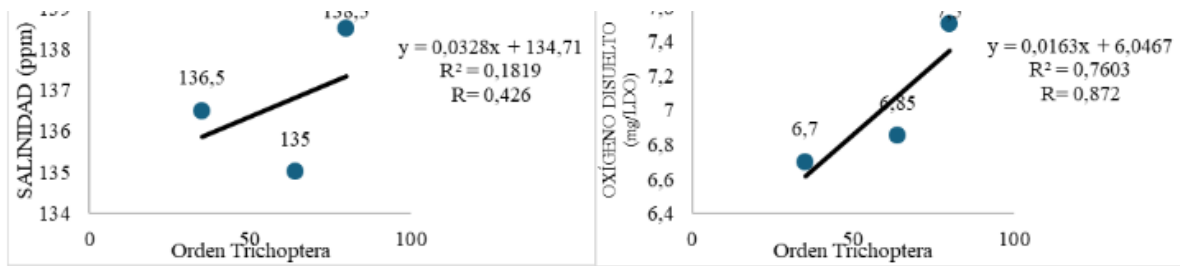
c) De acuerdo con la figura 27 (c) la correlación entre Coleóptera y el pH es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.786 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0146x + 7.7135$. Esto indica que a medida que aumenta el pH (haciéndose más alcalino), la presencia de Coleóptera tiende a disminuir, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.6189$ indica que aproximadamente el 61.89% de la variación en la presencia de Coleóptera puede explicarse por el pH. Esto sugiere que el pH es un factor ambiental importante pero no el único que influye en la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es negativo y moderado, indica que hay una tendencia clara de disminución en Coleóptera con el aumento del pH.

d) En la figura 27 (d) la correlación entre Coleóptera y los sólidos disueltos totales (TDS) es débil y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.351 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0154x + 147.92$. Esto indica que a medida que aumentan los TDS, la presencia de Coleóptera tiende a disminuir ligeramente, pero la relación es débil. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.123$ indica que solo aproximadamente el 12.3% de la variación en la abundancia de Coleóptera puede explicarse por los TDS, lo cual es bajo y sugiere que los sólidos disueltos totales no son un predictor fuerte de la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es negativo y débil, indica que la relación entre los TDS y la cantidad de Coleóptera es poco significativa

Figura 28. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Coleóptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

e) Según la figura 28 (e) la correlación entre Coleóptera y la salinidad es débil y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.426 y una ecuación de regresión lineal $y=0.0328x+134.71$. Esto indica que a medida que aumenta la salinidad, la presencia de Coleóptera tiende a aumentar ligeramente, aunque la relación es débil. El coeficiente de determinación $R^2=0.1819$ indica que aproximadamente el 18.19% de la variación en la abundancia de Coleóptera puede explicarse por la salinidad, lo cual es bajo y sugiere que la salinidad no es un predictor fuerte de la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es positivo y débil, indica que la relación entre la salinidad y la cantidad de organismos de Coleóptera es poco significativa

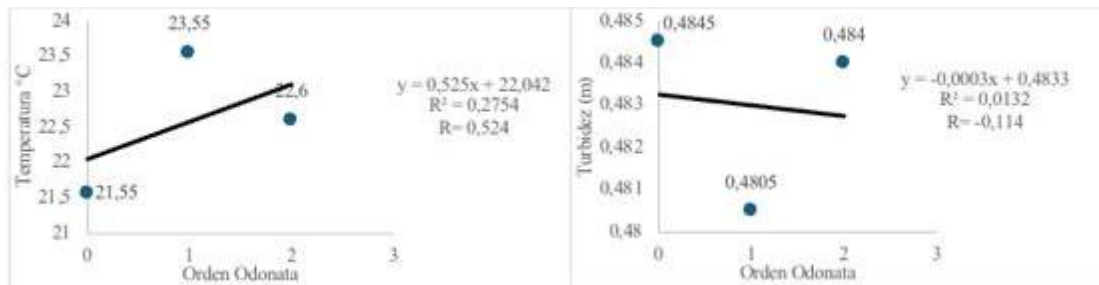
f) Mediante la figura 28 (f) la correlación entre Coleóptera y el oxígeno disuelto (OD) es fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.872 y una ecuación de regresión lineal $y=0.0163x+6.0467$. Esto indica que a medida que aumenta el oxígeno disuelto, la abundancia de Coleóptera tiende a aumentar de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.7603$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 76.03% de la variación en la presencia de Coleóptera puede explicarse

por el oxígeno disuelto. Esta alta correlación sugiere que el oxígeno disuelto es un factor ambiental crucial que influye de manera predominante en la presencia de Coleóptera en este contexto.

Dado que R es positivo y cercano a 1, podemos tener confianza en la robustez de esta relación

Orden Odonata

Figura 29. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Odonata.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

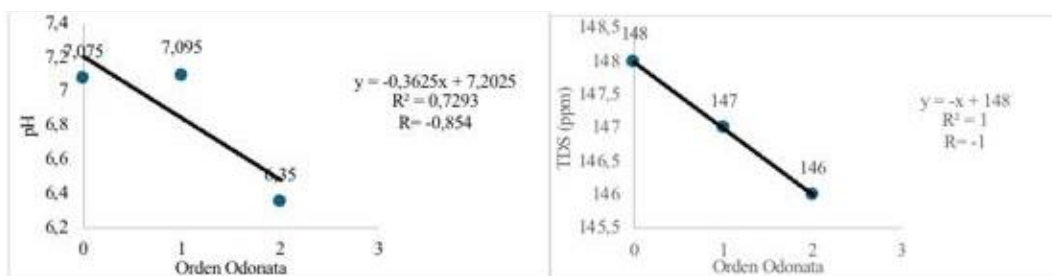
- a) En la figura 29 (a) la correlación entre Odonata y la temperatura es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.524 y una ecuación de regresión lineal $y=0.525x+22.042$. Esto indica que a medida que aumenta la temperatura, la presencia de Odonata tiende a aumentar, aunque la relación no es muy fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.2754$ indica que aproximadamente el 27.54% de la variación en la abundancia de Odonata puede explicarse por la temperatura, lo cual sugiere que la temperatura es un factor ambiental significativo, pero no el único que influye en la presencia de Odonata en este contexto.

Dado que R es positivo y moderado, indica que hay una tendencia clara de aumento en la presencia de Odonata con el aumento de la temperatura.

b) La correlación entre Odonata y la turbidez (Figura 29) es muy débil y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.114 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0003x + 0.4833$. Esto indica que no hay una relación significativa entre la turbidez y la presencia de Odonata en este contexto. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.0132$ es extremadamente bajo, lo que significa que solo aproximadamente el 1.32% de la variación en la presencia de Odonata puede explicarse por la turbidez. Esto sugiere que la turbidez no es un factor determinante en la presencia de Odonata en este caso específico.

Dado que R es cercano a cero y negativo, indica que no hay una tendencia clara o significativa entre la turbidez y la cantidad de Odonata.

Figura 30. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Odonata.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

c) En la figura 30 (c) la correlación entre Odonata y el pH es fuerte y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.854 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.3625x + 7.2025$. Esto indica que a medida que aumenta el pH (haciéndose más alcalino), la presencia de Odonata tiende

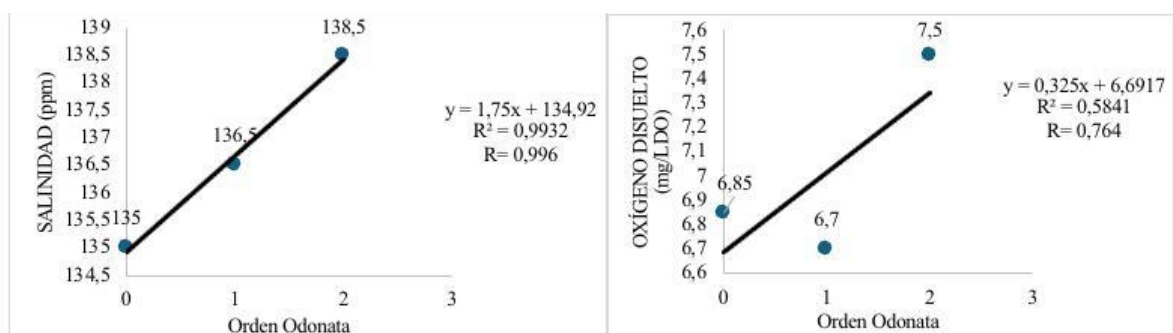
a disminuir de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.7293$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 72.93% de la variación en la cantidad de Odonata puede explicarse por el pH. Esta alta correlación sugiere que el pH es un factor ambiental crucial que influye de manera predominante en la presencia de Odonata en este contexto.

Dado que R es negativo y cercano a -1, podemos afirmar que hay una relación clara de disminución en la presencia de Odonata con el aumento del pH.

d) Mediante la figura 30 (d) se puede observar que la correlación entre Odonata y TDS es perfectamente negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -1 y una ecuación de regresión lineal $y=-x+148$. Esto indica una relación lineal perfectamente inversa: a medida que aumenta EL TDS, la presencia de Odonata disminuye en una proporción directa. El coeficiente de determinación $R^2=1$ es también perfecto, lo que significa que el 100% de la variación en la presencia de Odonata puede explicarse por TDS en este contexto específico.

Dado que R es -1, esta relación es extremadamente robusta y sugiere que TDS es el factor dominante que determina la cantidad de Odonata en este entorno.

Figura 31. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Odonata.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

e) En la figura 31 (e) la correlación entre Odonata y la salinidad es muy fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.996 y una ecuación de regresión lineal $y=1.75x+134.92$. Esto indica que a medida que aumenta la salinidad, la presencia de Odonata también tiende a aumentar de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.9932$ es extremadamente alto, lo que indica que aproximadamente el 99.32% de la variación en la presencia de Odonata puede explicarse por la salinidad. Esta alta correlación sugiere que la salinidad es un factor ambiental crucial que influye de manera predominante en la cantidad de Odonata en este contexto.

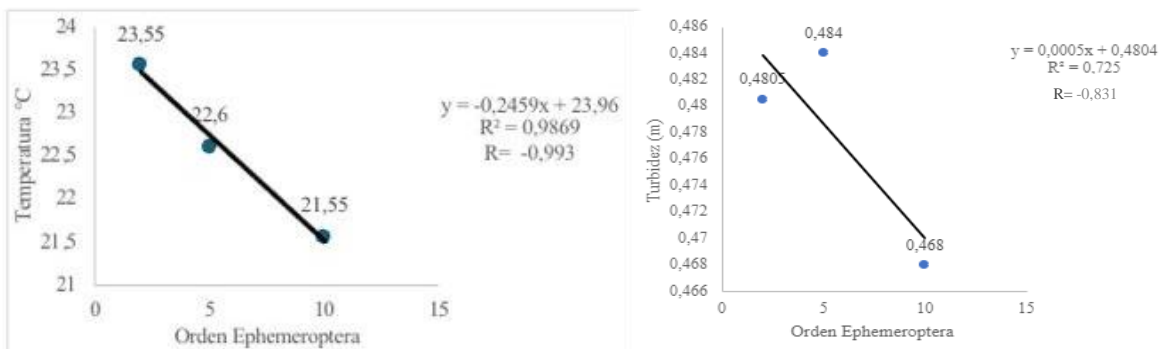
Dado que R es positivo y muy cercano a 1, podemos tener una gran confianza en la robustez de esta relación. Esto indica que niveles más altos de salinidad están asociados con una mayor presencia de Odonata en el hábitat estudiado.

f) Según la figura 31 (f), la correlación entre Odonata y el oxígeno disuelto (OD) es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.764 y una ecuación de regresión lineal $y=0.325x+6.6917$. Esto indica que a medida que aumenta el oxígeno disuelto, la presencia de Odonata tiende a aumentar, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.5841$ indica que aproximadamente el 58.41% de la variación en la cantidad de Odonata puede explicarse por el oxígeno disuelto. Esta correlación moderada sugiere que el oxígeno disuelto es un factor importante pero no el único que influye en la presencia de Odonata en este contexto.

Dado que R es positivo y moderado, indica que hay una tendencia clara de aumento en la presencia de Odonata con el aumento del oxígeno disuelto.

Orden Ephemeroptera

Figura 32. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Ephemeroptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

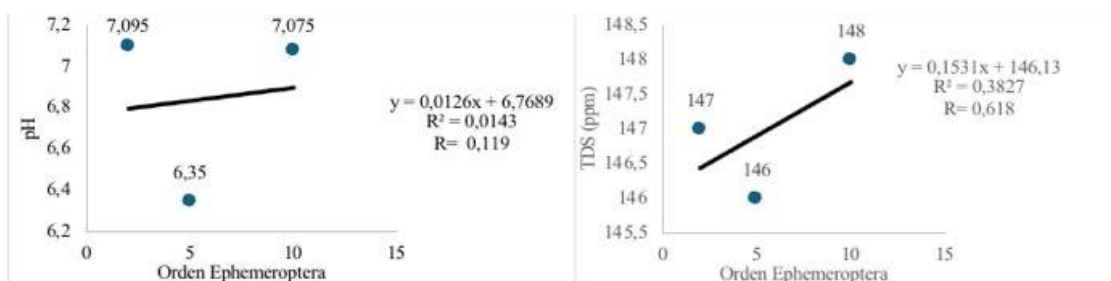
- a) En la figura 32 (a) la correlación entre Ephemeroptera y la temperatura es muy fuerte y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.993 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.2459x + 23.96$. Esto indica que a medida que aumenta la temperatura, la presencia de Ephemeroptera tiende a disminuir drásticamente. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.9869$ es extremadamente alto, lo que indica que aproximadamente el 98.69% de la variación en la presencia de Ephemeroptera puede explicarse por la temperatura. Esta alta correlación

sugiere que la temperatura es un factor ambiental dominante que influye de manera predominante en Ephemeroptera en este contexto.

Dado que R es negativo y muy cercano a -1, podemos tener una gran confianza en la robustez de esta relación. Esto indica que temperaturas más altas están asociadas con una disminución significativa en la presencia de Ephemeroptera en el hábitat estudiado.

b) Según la figura 32 (b) la correlación entre Ephemeroptera y la turbidez es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0,831 y una ecuación de regresión lineal $y=0.0005x+0.4804$. Esto indica que a medida que aumenta la turbidez, la presencia de Ephemeroptera tiende a disminuir, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.725$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 72.5% de la variación en la presencia de Ephemeroptera puede explicarse por la turbidez. Esta correlación sugiere que la turbidez es un factor ambiental importante que influye en Ephemeroptera en este contexto. Dado que R es negativo y alto, indica que hay una relación clara de disminución en la presencia de Ephemeroptera con el aumento de la turbidez.

Figura 33. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Ephemeroptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

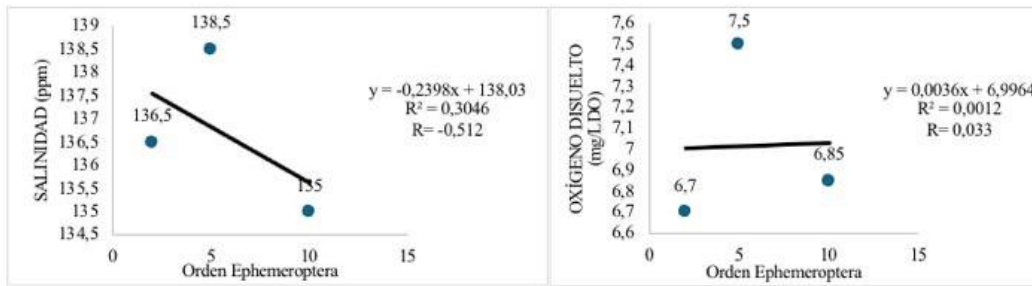
c) En la figura 33 (c) la correlación entre Ephemeroptera y el pH es muy débil y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.119 y una ecuación de regresión lineal $y=0.0126x+6.7689$. Esto indica que no hay una relación significativa entre el pH y la presencia de Ephemeroptera en este contexto. El coeficiente de determinación $R^2=0.0143$ es extremadamente bajo, lo que significa que solo aproximadamente el 1.43% de la variación en la presencia de Ephemeroptera puede explicarse por el pH. Esto sugiere que el pH no es un factor determinante en Ephemeroptera en este caso específico.

Dado que R es cercano a cero y positivo, indica que la relación entre el pH y la presencia de Ephemeroptera es muy débil.

d) De acuerdo con la figura 33 (d) la correlación entre Ephemeroptera y los sólidos disueltos totales (TDS) es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.618 y una ecuación de regresión lineal $y=0.1531x+146.13$. Esto indica que a medida que aumentan los TDS, la presencia de Ephemeroptera tiende a aumentar, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.3827$ es moderado, lo que indica que aproximadamente el 38.27% de la variación en la cantidad de Ephemeroptera puede explicarse por los TDS. Esta correlación sugiere que los sólidos disueltos totales son un factor ambiental que puede influir en la presencia de Ephemeroptera en este contexto.

Dado que R es positivo y moderado, indica que hay una relación clara de aumento en la abundancia de Ephemeroptera con el aumento de los sólidos disueltos totales.

Figura 34. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Ephemeroptera.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

e) Como lo graficado en la figura 34 (e) se observada la correlación entre Ephemeroptera y la salinidad es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.512 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.2398x + 138.03$. Esto indica que a medida que aumenta la salinidad, la presencia de Ephemeroptera tiende a disminuir, aunque la relación no es muy fuerte. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.3046$ indica que aproximadamente el 30.46% de la variación en la abundancia de Ephemeroptera puede explicarse por la salinidad. Esto sugiere que la salinidad es un factor ambiental que puede influir en la cantidad de Ephemeroptera.

Dado que R es negativo y moderado, indica que hay una tendencia de disminución en la abundancia de Ephemeroptera con el aumento de la salinidad.

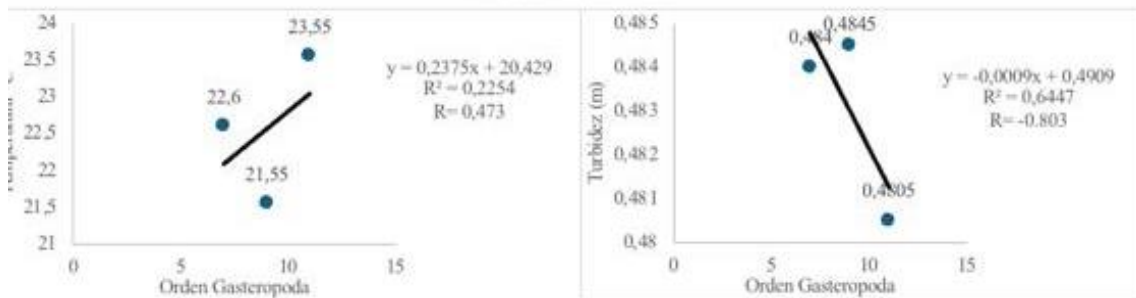
f) En la figura 34 (f) la correlación entre Ephemeroptera y el oxígeno disuelto (OD) es muy débil y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.033 y una ecuación de regresión lineal $y = 0.0036x + 6.9964$. Esto indica que no hay una relación significativa entre el oxígeno disuelto y la

presencia de Ephemeroptera en este contexto. El coeficiente de determinación $R^2=0.0012$ es extremadamente bajo, lo que significa que solo aproximadamente el 0.12% de la variación en la presencia de Ephemeroptera puede explicarse por el oxígeno disuelto. Esto sugiere que el oxígeno disuelto no es un factor determinante en la cantidad de Ephemeroptera

Dado que R es cercano a cero, indica que la relación entre el oxígeno disuelto y la abundancia de Ephemeroptera es muy débil.

Orden Mesogastropoda

Figura 35. Correlación de Pearson para los parámetros de temperatura y turbidez con el orden Mesogastropoda.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

- a) En la figura 35 (a) la correlación entre Mesogastropoda y la temperatura es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.473 y una ecuación de regresión lineal $y=0.2375x+20.429$. Esto indica que a medida que aumenta la temperatura, la presencia de Mesogastropoda tiende a aumentar, aunque la relación no es muy fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.2254$ indica que aproximadamente el 22.54% de la variación en la abundancia de Mesogastropoda puede explicarse por la temperatura. Esta correlación sugiere que la temperatura es un factor ambiental que puede influir en la presencia de

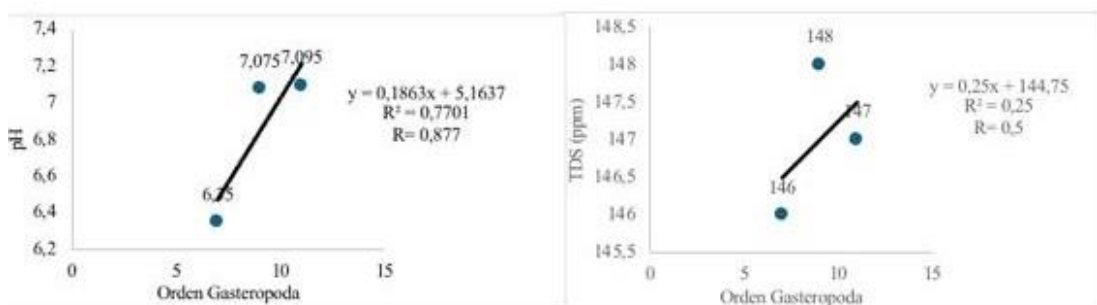
Mesogastropoda, aunque otros factores también juegan un papel importante.

Dado que R es positivo y moderado, indica que hay una tendencia de aumento en la abundancia de Mesogastropoda con el incremento de la temperatura

b) Según la figura 35 (b) la correlación entre Mesogastropoda y la turbidez es fuerte y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.803 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.0009x + 0.4909$. Esto indica que a medida que aumenta la turbidez, la presencia de Mesogastropoda tiende a disminuir de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.6447$ es relativamente alto, lo que indica que aproximadamente el 64.47% de la variación en la abundancia de Mesogastropoda puede explicarse por la turbidez. Esta alta correlación sugiere que la turbidez es un factor ambiental importante que influye en la presencia de Mesogastropoda en este contexto.

Dado que R es negativo y relativamente alto, indica que hay una relación clara de disminución en la cantidad de Mesogastropoda con el aumento de la turbidez.

Figura 36. Correlación de Pearson para los parámetros de pH y TDS con el orden Mesogastropoda.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

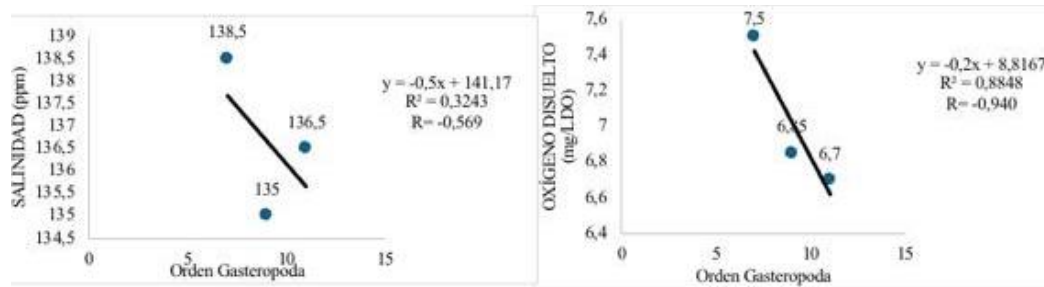
c) De acuerdo con la figura 36 (c) la correlación entre la abundancia de Mesogastropoda y el pH es fuerte y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.877 y una ecuación de regresión lineal $y=0.1863x+5.1637$. Esto indica que a medida que el pH aumenta (haciéndose más alcalino), la presencia de Megastropoda tiende a aumentar de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2=0.7701$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 77.01% de la variación en la abundancia de Mesogastropoda puede explicarse por el pH. Esta alta correlación sugiere que el pH es un factor ambiental importante que influye en la presencia de Mesogastropoda.

Dado que R es positivo y cercano a 1, indica que hay una relación fuerte de aumento en la abundancia de Mesogastropoda con el incremento del pH.

d) En la figura 36 (d) correlación entre la abundancia de Mesogastropoda y los sólidos disueltos totales (TDS) es moderada y positiva, con un coeficiente de correlación de Pearson de 0.5 y una ecuación de regresión lineal $y=0.25x+144.75$. Esto indica que a medida que aumentan los TDS, la abundancia de Mesogastropoda tiende a aumentar, aunque la relación no es muy fuerte. El coeficiente de determinación $R^2=0.25$ indica que aproximadamente el 25% de la variación en la abundancia de Mesogastropoda puede explicarse por los TDS. Esta correlación sugiere que los sólidos disueltos totales son un factor ambiental que puede influir en la presencia de Mesogastropoda, aunque otros factores también juegan un papel importante.

Dado que R es positivo y moderado, indica que hay una tendencia de aumento en la presencia de Mesogastropoda con el incremento de los sólidos disueltos totales

Figura 37. Correlación de Pearson para los parámetros de salinidad y OD con el orden Mesogastropoda.



Fuente: (Sinchiguano, 2024).

e) En la figura 37 (e) la correlación entre Mesogastropoda y la salinidad es moderada y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.569 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.5x + 141.17$. Esto indica que a medida que aumenta la salinidad, la presencia de Mesogastropoda tiende a disminuir, aunque la relación no es extremadamente fuerte. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.3243$ indica que aproximadamente el 32.43% de la variación en la presencia de Mesogastropoda puede explicarse por la salinidad. Esta correlación sugiere que la salinidad es un factor ambiental que puede influir en la cantidad de Mesogastropoda, aunque otros factores también juegan un papel importante.

Dado que R es negativo y moderado, indica que hay una tendencia de disminución en la presencia de Mesogastropoda con el aumento de la salinidad.

f) Según la figura 37 (f) la correlación entre Mesogastropoda y el oxígeno disuelto (OD) es fuerte y negativa, con un coeficiente de correlación de Pearson de -0.940 y una ecuación de regresión lineal $y = -0.2x + 8.8167$. Esto indica que a medida que aumenta el oxígeno disuelto, la abundancia de Mesogastropoda tiende a disminuir de manera significativa. El coeficiente de determinación $R^2 = 0.8848$ es alto, lo que indica que aproximadamente el 88.48% de la variación en la abundancia de Mesogastropoda puede explicarse por el oxígeno disuelto. Esta alta correlación sugiere que el oxígeno disuelto es un factor ambiental importante que influye en la presencia de Mesogastropoda en este contexto. Dado que R es negativo y cercano a -1, indica que hay una relación fuerte de disminución en la cantidad de Mesogastropoda con el aumento del oxígeno disuelto.

Valoración de la calidad de agua del río Bulu- Bulu mediante el uso del índice BMWP.

El índice BMWP se basa en la evaluación y cuantificación de diferentes familias de macroinvertebrados, asignándoles un valor según su nivel de tolerancia a la contaminación. Por este motivo, es una herramienta valiosa para evaluar la calidad del agua. En la siguiente tabla (Tabla 8) se presentan los distintos órdenes y sus familias junto con su respectivo número indicador de calidad. La familia Perlidae y Psephenidae tienen un grado de 10, indicando una alta sensibilidad a la contaminación. Por otro lado, las familias Corixidae, Hydropsychidae, Leptohyphidae y Coenagrionidae presentan un índice

intermedio de 7. En contraste, la familia Chironomidae tiene un grado de 2, reflejando una baja sensibilidad a la contaminación. es decir que su sensibilidad a la contaminación es baja, hasta cierto puede resistir a niveles altos de contaminación.

Tabla 8. Valores de tolerancia a la contaminación de las distintas familias.

ORDEN	FAMILIA	VALOR
1 Hemiptera	<i>Gerridae</i>	8
	<i>Corixidae</i>	7
	<i>Veliidae</i>	8
	<i>Anthocoridae</i>	6
2 Trichoptera	<i>Hydropsychidae</i>	7
	<i>Hydrobiosidae</i>	9
	<i>polycentropodidae</i>	9
3 Coleóptera	<i>Elmidae</i>	4
	<i>Psephenidae</i>	10
4 Ephemeroptera	<i>Leptohyphidae</i>	7
5 Odonta	<i>Coenagrionidae</i>	7
6 Plecóptera	<i>Perlidae</i>	10
7 Díptera	<i>Chironomidae</i>	2
8 Decápoda	<i>sergestidae</i>	6
8 Veneroidea	<i>Corbiculidae</i>	8
9 Mesogastropoda	<i>Thiaridae</i>	5
TOTAL		113

Fuente: (Sinchiguano, 2014).

Tabla 9. Valores totales de BMWP obtenidos en cada transecto

	Indicador de calidad de agua BMWP	Calidad de agua	Significado	Color
Transecto 1	113	Buena	aguas limpias	
transecto 2	106	Buena	aguas limpias	
transecto 3	113	Buena	aguas limpias	

Fuente: (Sinchiguano,2024).

En la (tabla 9) se muestran los valores obtenidos de acuerdo a la sumatoria de la tolerancia de cada familia donde se puede notar que en el transecto 2 aunque presente una calidad de agua buena existe una disminución poco significativa en comparación con el transecto 1 y 3 los cuales obtuvieron valores de 113 debido a que en estos se encontraros todas las familias mencionadas en la tabla 8.

CAPITULO V

DISCUSIONES

El presente proyecto de investigación se llevó a cabo con el objetivo de analizar la calidad del agua del río Bulu-Bulu a través de la identificación de macroinvertebrados y el análisis físico-químico. En total, se obtuvieron 1116 individuos pertenecientes a 10 órdenes y 17 familias, destacándose los órdenes Hemiptera, Trichoptera y Coleoptera como los más abundantes en términos de diversidad familiar. Al comparar estos hallazgos con el estudio realizado por Mejillón (2020), que analizó datos recogidos entre 2012 y 2018, se observa una similitud notable. En el estudio de Mejillón, los órdenes con mayor número de familias fueron Trichoptera, Coleoptera, Diptera y Hemiptera. Esta coincidencia en tres órdenes clave puede atribuirse a la proximidad geográfica de las provincias donde se llevaron a cabo ambos estudios, lo que podría explicar las similitudes en la composición de macroinvertebrados. Esta concordancia refuerza la validez de los resultados y sugiere que las condiciones ambientales y ecológicas de estas áreas son comparables, permitiendo una extrapolación más amplia de los datos obtenidos.

Por otro lado, en los resultados obtenidos por Hilaño (2023) demostraron que la mayor dominancia de organismos en cuanto familias fueron Veliidae, Leptohyphidae y Chironomidae mientras que las menos dominantes fueron Coenagrionidae y Chironomidae, que en comparación con los resultados del presente trabajo existe una relación en cuanto a veliidae, Coenagrionidae y Chironomidae, sin embargo para la familia Leptohyphidae se encuentran con valores significativamente diferentes y estos puede deberse a que este taxon es

bastante sensible a la perturbación o modificación de su entorno y ya que durante el periodo de muestreo hubo gran incidencia de lluvias debido al Fenómeno del niño el río tuvo un gran aumento en su cauce, este factor puede explicar la razón de su baja presencia.

Sin embargo, en el estudio realizado por (Osejos & Merino, 2020), existió una dominancia de organismos perteneciente al orden Odonata, contrario a los datos obtenidos de ese mismo taxon en el presente estudio, es por ello que existen una gran diferencia en cuanto a la calidad del agua siendo la del río Jipijapa considerada como mala y la del río Bulu- Bulu de manera inversa.

Así mismo, un trabajo de investigación realizado por (Navarrete, 2009) donde se análisis de manera poco profunda la calidad de agua del río Bulu-Bulu mediante índice EPT se pudo verificar que los órdenes Ephemeroptera y Trichoptera (Hydrosychidae) era las larvas más abundantes, diferente a los resultados de abundancia obtenidos en este estudio, en el cual se realizó un análisis por medio del índice de BMWP, si bien existe una diferencia en cuanto a los órdenes más abundantes en ambos casos se pudo concluir que existe una buena calidad del agua.

CONCLUSIONES

- Según los resultados obtenidos durante el trabajo de investigación, se identificaron en total 10 órdenes y 17 familias distribuidos en el área de estudio en las distintas estaciones. Hemiptera fue el orden más abundante, representando en promedio un 45 % de porcentaje total de las poblaciones en cada transecto, mientras que Odonata fue el menos abundante, sin presencia en el segundo transecto.
- En relación con el índice BMWP y la evaluación de la calidad del agua, se encontró que en el río Búlu-Búlu ubicado en la Parroquia Pedro. J. Montero, Yaguachi, se obtuvo un valor total de 113, clasificándolo en la clase I, lo cual indica una calidad buena según el valor BMWP, lo cual fue informe en los 3 transectos. No obstante, el transecto 2 se presentó una disminución poco significativa donde se mostró un valor total de 106 esto debido a la ausencia de la familia Coenagrionidae perteneciente al orden Odonata. Con base en lo expuesto, se acepta la hipótesis planteada en el trabajo de investigación, ya que los datos obtenidos demuestran resultados positivos respecto a la calidad del agua en el área de estudio.
- En cuanto a los valores resultantes de los índices ecológicos de diversidad y dominancia realizado para los distintos transectos se pudo corroborar que el transecto 2 es el que presenta mayor diversidad según lo expuesto mediante Shannon-Weaver con un valor de 2,531 bits/ind mientras que el transecto con mayor dominancia fue T3 con un valor de 0,871 bits/ind según lo resultante por medio de Simpson.
- Mediante los análisis realizados en cuanto a la relación de parámetros fisicoquímicos con distintos órdenes de macroinvertebrados se logró

determinar que las variables de salinidad y pH son la que mayor correlación tienen con los organismos seleccionados, siendo la primera la que mayor influencia tiene en cuanto a el aumento de la población y pH la afecta a la gran parte de los órdenes.

RECOMENDACIONES

se sugiere implementar programas de monitoreo continuo y establecer un sistema de gestión de la calidad del agua basado en los indicadores biológicos obtenidos, la inclusión de la comunidad local en estas actividades podría fomentar la conciencia ambiental y la participación activa en la protección y conservación de los recursos hídricos de la región para disminuir la contaminación antropogénica.

es recomendable realizar estudios adicionales que incluyan análisis físico-químicos complementarios como por ejemplo (nitrato, nitrito, alcalinidad o nitrógeno amoniacal) Esto ayudaría a corroborar los resultados obtenidos y a identificar posibles fuentes de contaminación localizadas, especialmente en áreas donde la calidad del agua es menor.

Se sugiere realizar estudios y análisis químicos del agua del río Bulu Bulu para determinar la presencia de posibles pesticidas, esto es especialmente relevante debido a la proximidad de cultivos y las aguas residuales provenientes de plantaciones de banano esto permitirá evaluar la concentración y el tipo de pesticidas en el río lo cual es fundamental para comprender el impacto de las prácticas agrícolas en la calidad del agua y la salud del ecosistema acuático.

BIBLIOGRAFÍA:

- Acosta, C., & Ide, S. (2006). *Megaloptera*. Recuperado el 2024, de <http://www.bio-nica.info/biblioteca/CostaMegalopteraClaveFamilias.pdf>
- agroambient. (2007). *Los parámetros fisicoquímicos*. Recuperado el 2024, de https://agroambient.gva.es/estatico/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_del_agua/cicag/2/2_5_1/index.html
- Ajodra. (2009). *Contaminación de los ríos*. AGE. Recuperado el 2024, de https://www.ign.es/espmap/mapas_conta_bach/pdf/Contam%20mapa_02_texto.pdf
- Alonso-Zarazaga, M. Á. (2015). *Orden Coleoptera*. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_55.pdf
- Andino, P., Guevara, E., Espinosa, R., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación*. Ministerio del ambiente Ecuador. Obtenido de https://avesconservacion.org/wp-content/uploads/2021/11/4-Cartilla_Identificacion_Macroinvertebrados_2017.pdf
- Andrade, L. (2018). *Uso de red Surber - Red de Patada Macroinvertebrados*. Obtenido de <https://www.youtube.com/watch?app=desktop&v=YZYAPyIRj2o>
- Bar, M. (2009). *clase insecta; Orden Lepidoptera*. UNNE. Obtenido de <https://exa.unne.edu.ar/biologia/artropodos/Teorico%20Lepidoptera.pdf>

- Bar, M. (2010). *ORDEN COLEOPTERA*. Recuperado el 2024, de <http://alerta.exa.unne.edu.ar/biologia/artropodos/Orden%20Coleoptera.pdf>
- Bautista, D., & Achig, 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*. Latacunga- Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7076/1/PC-001017.pdf>
- Bernhardt, L. M. (2022). *Cuatro razones para proteger los ríos*. UNEP. Recuperado el 2024, de <https://www.unep.org/es/noticias-y-reportajes/reportajes/cuatro-razones-para-proteger-los-rios#:~:text=Los%20nutrientes%20transportados%20por%20los,agua%20dulce%2C%20seg%C3%BAAn%20el%20WWF>.
- Bunje, P. (2022). *Los gasterópodos: Caracoles y babosas, lapas y liebres marinas*. Obtenido de <https://ucmp.berkeley.edu/taxa/inverts/mollusca/gastropoda.php>
- Caizaguano, M., & Brian, S. (2023). *EVALUACIÓN DE LA CALIDAD DE AGUA EN LA MICROCUENCA DEL RÍO SICALPA CANTÓN COLTA, MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES*. Chimborazo. Obtenido de <http://dspace.unach.edu.ec/bitstream/51000/10684/1/EVALUACI%c3%93N%20DE%20LA%20CALIDAD%20DE%20AGUA%20EN%20LA%20MICROCUENCA%20DEL%20R%c3%8dO%20SICALPA%20CANT%c3%93>

3N%20COLTA%2c%20MEDIANTE%20MACROINVERTEBRADOS%20
ACU%c3%81TICOS%20COMO%20BIOINDICADORES_Tesis_S

Calahorrano, S. (2021). *MACROINVERTEBRADOS DEL RÍO ATACAMES COMO BIOINDICADOR DE LA CALIDAD AMBIENTAL A LO LARGO DE SU GRADIENTE ALTITUDINAL*. Esmeraldas. Obtenido de [https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2771/1/Calahorra no%20Gonz%c3%a1lez%20%20Stalin%20Timothy.pdf](https://repositorio.pucese.edu.ec/bitstream/123456789/2771/1/Calahorra%20Gonz%c3%a1lez%20%20Stalin%20Timothy.pdf)

Camacho, C. (2007). *Coefficiente de correlación lineal de pearson*. Obtenido de <https://personal.us.es/vararey/adatos2/correlacion.pdf>

Carbotecnia. (2021). *Significado de los sólidos disueltos totales en agua (TDS)*. Recuperado el 2024, de [https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/#:~:text=Los%20s%C3%B3lidos%20disueltos%20totales%20\(SDT%2C%20o%20TDS%20por%20sus%20siglas,se%20reporta%20en%20mg%20FL.](https://www.carbotecnia.info/aprendizaje/quimica-del-agua/solidos-disueltos-totales-tds/#:~:text=Los%20s%C3%B3lidos%20disueltos%20totales%20(SDT%2C%20o%20TDS%20por%20sus%20siglas,se%20reporta%20en%20mg%20FL.)

Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos*. Obtenido de <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/144719-opac>

Carvalho, F. G. (2013). Effects of marginal vegetation removal on Odonata communities. *Acta Limnologica Brasiliensia* , 25(1), 1-10 pp. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/259655339_Effects_of_marginal_vegetation_removal_on_Odonata_communities

Cedeño, I., & Vera, c. (2019). *CALIDAD DE AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN EL RÍO CHONE*. Manabí.

Obtenido de

<https://repositorio.espam.edu.ec/bitstream/42000/998/1/TTMA44.pdf>

Cipagauta, J. (2017). *PARAMETROS FISICOQUIMICOS SALINIDAD*. Academia

edu. Obtenido de

https://www.academia.edu/18093570/PARAMETROS_FISICOQUIMICOS_SALINIDAD

Collazos, P., & Rojas, G. (2021). *Determinación de la Calidad del Agua de la*

Quebrada Majo mediante el uso de Macroinvertebrados Acuáticos en el

Municipio de Garzón Huila. Huila. Obtenido de

https://repository.unad.edu.co/bitstream/handle/10596/43213/pacollazos_d.pdf?sequence=1&isAllowed=y

DBpedia. (2018). *Veneroida*. Obtenido de [http://es-](http://es-la.dbpedia.org/resource/Veneroida)

[la.dbpedia.org/resource/Veneroida](http://es-la.dbpedia.org/resource/Veneroida)

Departamento de ecología. (2023). *El valor de los ríos*. Universidad de Granada.

Obtenido de <https://ecologia.ugr.es/informacion/noticias/valor-rios>

Díaz, H. C., & Torres, J. G. (2000). Importancia de los ríos en el entorno

ambiental. *Revista del instituto de investigación de la facultad de geología,*

minas, metalurgia y ciencias geográficas, Vol. 3 (5), 1-5. Recuperado el

2024, de

https://sisbib.unmsm.edu.pe/bibvirtual/publicaciones/geologia/v03_n5/imp_rios.htm

- Encalada, A. (2012). *Funciones ecosistémicas y diversidad de los ríos: Reflexiones sobre el concepto de caudal ecológico y su aplicación en el Ecuador*. Universidad San Francisco de Quito, Quito. Recuperado el 2024, de <https://revistas.usfq.edu.ec/index.php/polemika/article/view/370/489>
- Fernández, A., & Volpedo, A. (2020). *Indicadores físico químicos*. CONICET. Obtenido de https://ri.conicet.gov.ar/bitstream/handle/11336/142626/CONICET_Digital_Nro.5bc763c6-6de6-4e8b-b35e-6c6692f7cca1_A.pdf?sequence=2&isAllowed=y
- Fiallos, G. (2021). *La Correlación de Pearson y el proceso de regresión por el Método de Mínimos Cuadrados*. Ciencia Latina. Obtenido de <https://ciencialatina.org/index.php/cienciala/article/view/466/573>
- Firmiano, K. (2014). *Macroinvertebrados bentónicos en ríos de cabeza: múltiples abordajes de estudios ecológicos en aguas hidrográficas*. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/282643062_Macroinvertebrados_bentonicos_em_riachos_de_cabeceira_multiplas_abordagens_de_estudos_ecologicos_em_bacias_hidrograficas
- García, J., & Ramírez, Á. (2015). Orden Decapoda. *Revista IDE@ - SEA(80)*, 1–17. Recuperado el 2024, de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_80.pdf
- Google Earth. (2023). *Laboratorio de larvas "Rosario del Mar"*. Obtenido de Google Earth: <https://earth.google.com/web/@-2.0640043,->

80.73544102,7.08999996a,999.25111297d,35y,359.99824618h,0t,0r/dat
a=OgMKATA

Goula, M., & Mata, L. (2015). Orden Hemiptera. *Revista IDE@ - SEA*, 53(º 53),
1–30. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_53.pdf

Gutiérrez, P. (2010). *Plecoptera*. Obtenido de
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-
77442010000800006](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006)

Gutiérrez, P. (2010). Plecópteros. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 139-148.
Obtenido de
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-
77442010000800006](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800006)

Hach. (2023). *Sólidos (totales y disueltos)*. Recuperado el 2024, de
<https://es.hach.com/parameters/solids>

Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de
macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 3-37.
Obtenido de
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-
77442010000800001](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001)

Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de
macroinvertebrados acuáticos. *Revista de Biología Tropical*, 58(4), 3-37.
Obtenido de
[https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-
77442010000800001](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800001)

Hilaño, P. (2023). *Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río Kushapukos en el cantón Tiwintza, provincia de Morona Santiago 2022*. Tesina, Universidad estatal península de Santa Elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10122/1/UPSE-TBI-2023-0056.pdf>

Hilaño, P. (2023). *Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca del río kushapukos en el cantón tiwintza, provincia de moronasantiago 2022*. Universidad estatal península de Santa de Elena, Santa Elena. Recuperado el 2024, de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/10122/1/UPSE-TBI-2023-0056.pdf>

INEN. (2013). AGUA. CALIDAD DEL AGUA. MUESTREO. MANEJO Y CONSERVACIÓN DE MUESTRAS. En *Norma Técnica Ecuatoriana* (Primera edición ed.). Obtenido de <https://www.insistec.ec/images/insistec/02-cliente/07-descargas/NTE%20INEN%202169%20-%20AGUA.%20%20CALIDAD%20DEL%20AGUA.%20%20MUESTREO.%20%20MANEJO%20Y%20CONSERVACI%C3%93N%20DE%20MUESTRAS.pdf>

Izquierdo, M. (2023). *Phylum Mollusca*. Obtenido de <https://www.geologia-global.com/apuntes-practicas/phylum-mollusca/ordenes-mesogastropoda#molluscgastrosomesogast>

Izurieta, J. (2012). ¿Que es la contaminación de los ríos? *Agua simple*(3).

Obtenido de
http://atl.org.mx/RevistasAguaSimple/revistav3/index.php?option=com_content&view=article&id=25&Itemid=10

Jiménez, M. L. (2020). *Bioindicadores de la contaminación atmosférica*.

Recuperado el 2024, de
<https://www.upo.es/cms1/export/sites/upo/moleqla/documentos/Numero39/Destacado-2.pdf>

Lainez, J., Mayorga, P., Orrala, D., Espinoza, T., Quimi, D., & Villón, G. (2023).

Contaminación de los ríos. Universidad estatal península de Santa Elena, Comunicación, Santa Elena. Recuperado el 2024, de
<https://www.studocu.com/ec/document/escuela-superior-politecnica-del-litoral/analisis-financiero-y-flujo-de-caja/contaminacion-de-los-rios/71356090>

Leaño, J., & Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el

índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Rio Trancas, Municipio de Entre Ríos - Tarija. *Revista Acta Nova*, 9(4), 567-591. Obtenido de
http://www.scielo.org.bo/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1683-07892020000100007#:~:text=El%20Biological%20Monitoring%20Working%20Party,tolerancia%20a%20la%20contaminaci%C3%B3n%20org%C3%A1nica.

Lema, A., & Jimenez, R. (2021). "DETERMINACIÓN DE CALIDAD DE AGUA POR BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN EL RÍO MACHÁNGARA, DEL DISTRITO METROPOLITANO DE QUITO (DMQ),

2021". Iatacunga Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/7872/1/PC-002010.pdf>

Machado, V. (2018). Análisis de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos para evaluar la calidad del agua del Río Sardinas, Chocó Andino Ecuatoriano. *Enfoque UTE*, 9(4), 154-167. Obtenido de [http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v9n4/art015.html#:~:text=T%C3%A9cnica%20de%20patada&text=Consiste%20en%20colocar%20los%20dos,al.%2C%202001\)](http://ingenieria.ute.edu.ec/enfoqueute/public/journals/1/html_v9n4/art015.html#:~:text=T%C3%A9cnica%20de%20patada&text=Consiste%20en%20colocar%20los%20dos,al.%2C%202001)).

Macías, N. (2021). *MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTERO EL TACO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO*". Quevedo. Obtenido de <https://repositorio.uteq.edu.ec/server/api/core/bitstreams/49d0bc15-e94f-4cab-84e5-b4b9b3a15d9d/content>

Magistris, A. A. (2021). *Lista preliminar de Heteroptera (Hemiptera) de la Reserva Santa Catalina (Lomas de Zamora, Buenos Aires)*. Obtenido de <http://servicios.ingenieria.unlz.edu.ar:8080/ojs/index.php/agrarias/rt/meta-data/83/0>

Mejillón, A. E. (2020). *Análisis de la calidad de agua en el río Quevedo durante los años 2012 - 2018*. Tesis, Universidad estatal península de santa elena. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/6636/1/UPSE-TBI-2021-0007.pdf>

- Melic, D. (2016). *Orden Coleoptera*. Revista Ide@- SEA. Recuperado el 2024, de <http://sea-entomologia.org/IDE@/web/Hexapoda/Coleoptera/index.html>
- Morales, N. (2012). *¿Qué es un bioindicador? Aprendiendo a partir del ciclo de indagación guiada con macroinvertebrados bentónicos*. Universidad Nacional de Colombia , Leticia-Colombia. Recuperado el 2024, de <https://repositorio.unal.edu.co/bitstream/handle/unal/19984/naferedivarmoralessalinas.2011.pdf?sequence=1>
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. *M&T–Manuales y Tesis SEA, Vol.1, 84 pp.* Obtenido de <http://entomologia.rediris.es/sea/manytes/metodos.pdf>
- Navarrete, R. (2009). *Biomonitoreo de la calidad del agua para determinar la naturaleza y grado de contaminación por la agricultura y actividades afines en los principales ríos de la cuenca del río Guayas*. Universidad Agraria del Ecuador, Guayaquil. Obtenido de https://www.uagraria.edu.ec/documentos/investigacion/UAE_Biomonitoreo_informe_2_dic_2009.pdf
- Nugra, F., & Segovia, E. (2016). *GUÍA METODOLÓGICA PARA EL MUESTREO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS Y PECES DE LA CUENCA DEL RÍO NAPO*. Cuenca. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/309033442_GUIA_METODOLÓGICA_PARA_EL_MUESTREO_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUÁTICOS_Y_PECES_DE_LA_CUENCA_DEL_RIO_NAPO

ONU. (2006). Recursos Hídricos. Obtenido de <http://www.greenfacts.org/es/recursos-hidricos/recursos-hidricos-foldout>

Osejos, M., & Merino, M. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *RECIMUNDO*, 4(4), : RECIMUNDO. Obtenido de <file:///C:/Users/Usuario/Downloads/Dialnet-MacroinvertebradosComoBioindicadoresDeLaCalidadDel-8000689.pdf>

Osejos, M., Merino, M., Merino, M., & Solis, J. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *Recimundo-Revista científica mundo de la investigación y el conocimiento*, 4(4), 454-467. Obtenido de <https://www.recimundo.com/index.php/es/article/download/962/1646?inline=1>

Palma, A. (2013). *Guía para la identificación de invertebrados acuáticos*. Obtenido de https://www.researchgate.net/profile/Alejandro-Palma-6/publication/318970118_GUIA_PARA_LA_IDENTIFICACION_DE_MACROINVERTEBRADOS_ACUATICOS_DE_CHILE/links/5988e63aaca27266ada4db7b/GUIA-PARA-LA-IDENTIFICACION-DE-MACROINVERTEBRADOS-ACUATICOS-DE-CHILE.pdf

Pavon, R. (2022). *Ríos*. Sevilla, España. Recuperado el 2024, de https://www.ambientum.com/enciclopedia_medioambiental/aguas/rios.asp

Peña, Bohórquez, Barrera, Salamanca, & Botello, J. y. (2019). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del. *Entre Ciencia*

e *Ingeniería*, 13(25), 14-22. Recuperado el 2024, de <http://www.scielo.org.co/pdf/ecei/v13n25/1909-8367-ecei-13-25-00014.pdf>

Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., & Acosta, K. (2016). *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana*. Gobierno Autónomo Descentralizado de la Provincia de Orellana (GADPO). Obtenido de <https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf>

Pilaguano, K. (2020). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA*. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6792/1/PC-000928.pdf>

Pla, L. (2006). Biodiversidad: Inferencia basada en el índice de Shannon y la riqueza. *Interciencia*, 31(8), 583-590. Obtenido de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0378-18442006000800008

Polo, J. (2022). *CALIDAD DE AGUA USANDO MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO TEMPORAL LLANTÉN, SIMBAL, LA LIBERTAD-PERÚ*. Obtenido de <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/facccbiol/article/download/4614/5028?inline=1>

Ramírez, J. E. (2015). *Orden Decapoda*. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_80.pdf

- Roldán, P. (1999). Los Macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Químicas*. Obtenido de https://accefyn.com/revista/Vol_23/88/375-387.pdf
- Socasi, K. (2020). *DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO JAMBELÍ, CON BIOINDICADORES (MACROINVERTEBRADOS) EN LA PARROQUIA EL CHAUPÍ CANTÓN MEJÍA PERIODO 2019-2020*. Latacunga-Ecuador. Obtenido de <http://repositorio.utc.edu.ec/bitstream/27000/6792/1/PC-000928.pdf>
- Springer, M. (2010). *Capítulo 7: Trichoptera*. Obtenido de https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800007
- Statistical Discovery. (2018). *Coeficiente de correlación*. Obtenido de https://www.jmp.com/es_es/statistics-knowledge-portal/what-is-correlation/correlation-coefficient.html
- Taxateca. (2019). *Orden: Veneroidea*. Obtenido de <https://taxateca.com/ordenveneroidea.html>
- Taxateca. (2020). *Orden: Diptera*. Obtenido de <https://taxateca.com/ordendiptera.html>
- Tolrá, M., & Andersen, H. (2015). *Orden Diptera*. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_63.pdf
- Torralba, A. (2015). Orden Odonata. *Revista IDE@ - SEA(41)*, : 1–22. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_41.pdf

Torralba-Burrial. (2013). *Orden Odonata*. Obtenido de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_41.pdf

Universidad complutense de madrid . (2015). *DESCRIPCIÓN DE INDICADORES*. madrid. Recuperado el 2024, de <https://www.ucm.es/data/cont/docs/952-2015-02-14-pH%20f.pdf>

Valdez, C. (2018). Estructura y diversidad de la vegetación en un matorral espinoso prístino de Tamaulipas, México. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1674-1682. Obtenido de [https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20Equidad%20de%20Pielou,\(Magurran%2C%201988\)](https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442018000401674#:~:text=%C3%8Dndice%20de%20Equidad%20de%20Pielou,(Magurran%2C%201988)).

Valencia, G. (2023). *Orden Mesogastropoda*. Obtenido de <https://parquesnaturales.gva.es/es/web/acuarium-virtual-ifac/orden-mesogastropoda>

Vazqu ez, A., & S anchez, J. (2015). Clave ilustrada y comentada para la identificaci n de moluscos gastr podos fluviales de Cuba. *Revista Cubana de Medicina Tropical*, 1-243. Obtenido de https://www.researchgate.net/publication/289248451_Clave_ilustrada_y_comentada_para_la_identificacion_de_moluscos_gastropodos_fluviales_de_Cuba

Webmaster. (2019). * De qu  hablamos cuando hablamos de los r os?* Bergarakuudala. Recuperado el 2024, de <https://www.bergara.eus/es/node/13667>

Zamora, C., Sáinz, M., & Bonada, N. (2015). Orden Trichoptera. *Revista IDE@ - SEA(64)*, 1–21. Recuperado el 2024, de http://sea-entomologia.org/IDE@/revista_64.pdf

ANEXOS



Figura 38. Familia Anthocoridae.



Figura 39. Familia Veliidae.



Figura 41. Familia Leptohipidae.

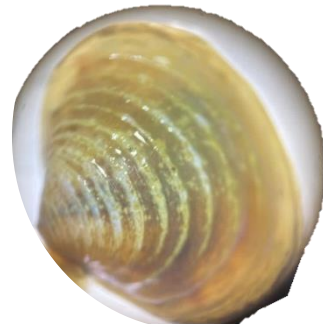


Figura 40. Familia Corbiculidae.



Figura 43. Familia Gerridae.



Figura 42. Familia Thiuridae.



Figura 44. Familia Hydrobiosidae.



Figura 45. Familia Coenagrionidae.



Figura 46. Familia Perlidae.



Figura 47. Familia Hydropsychidae.



Figura 48. Familia Sergestidae.



Figura 49. Familia Elmidae.



Figura 50. Familia Miridae.



Figura 51. Estación 1 ubicada en el río Bulu- Bulu.



Figura 52. Estación 2 ubicada en Río Bulu- Bulu.



Figura 53. Estación 3 Ubicada en río Bulu Bulu.



Figura 54. Recolección de macroinvertebrados bentónicos por medio de la técnica de patada.



Figura 55. Toma del parámetro de turbidez por medio de disco Secchi.



Figura 56. Toma de Parámetros (pH, salinidad, TDS y temperatura).



Figura 57. Toma de parámetro OD.



Figura 58. Procesamiento de muestras de macroinvertebrados.



Figura 59. visualización de muestras por medio de estereoscopio.

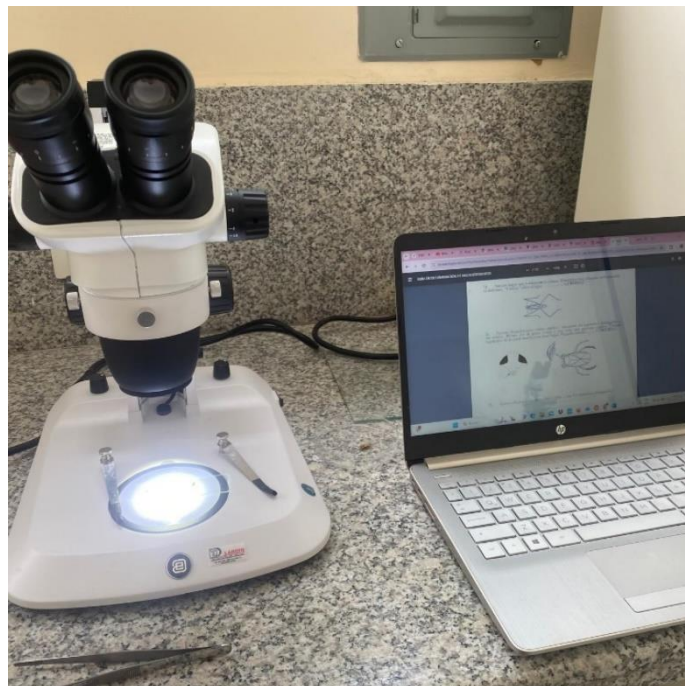


Figura 60. Identificación de organismos mediante claves taxonómicas.