



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

“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS EN LA REPRESA VELASCO IBARRA,
PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

POZO RAMOS RICHARD ANDRÉS

DOCENTE TUTOR:

Ph.D. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA.

LA LIBERTAD-ECUADOR

2026

UNIVERSIDAD ESTATAL PENÍNSULA DE SANTA ELENA

FACULTAD CIENCIAS DEL MAR

CARRERA DE BIOLOGÍA

**“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE
MACROINVERTEBRADOS EN LA REPRESA VELASCO IBARRA.**

PROVINCIA DE SANTA ELENA”

TRABAJO DE INTEGRACIÓN CURRICULAR

Previo a la obtención del Título de:

BIÓLOGO

AUTOR:

POZO RAMOS RICHARD ANDRÉS

DOCENTE TUTOR:

Ph.D. ERIKA A. SALAVARRÍA PALMA.

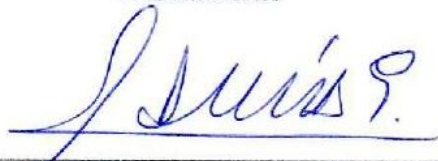
LA LIBERTAD-ECUADOR

2026

DECLARACIÓN DEL DOCENTE TUTOR

En mi calidad de Docente Tutor del Trabajo de Integración Curricular, **“Caracterización de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en la represa Velasco Ibarra, provincia de Santa Elena”**, elaborado por Richard Andrés Pozo Ramos, con cédula de ciudadanía 2400018749 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 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



Ph.D. Erika A. Salavarría Palma


DOCENTE DE TUTOR

C.I. 0912260387

DECLARACIÓN DEL DOCENTE DE ÁREA

En mi calidad de Docente Especialista, del Trabajo de Integración Curricular “**Caracterización de la calidad del agua mediante macroinvertebrados en la represa Velasco Ibarra, provincia de Santa Elena**”, elaborado por Pozo Ramos Richard Andrés, con numero de cedula 2400018749, estudiante de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Península de Santa Elena, previo a la obtención del título de Biólogo, me permito declarar que luego de haber evaluado el desarrollo y estructura final del trabajo, éste cumple y se ajusta a los estándares académicos, razón por la cual, declaro que se encuentra apto para su sustentación.

Atentamente



Ing. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.

DOCENTE DE ÁREA

C.I. 0104607320

DEDICATORIA

Este trabajo se la dedico a Dios por ser siempre mi camino, mostrarme la verdad y darme la vida.

A mis padres Edison Pozo y Janeth Ramos, por educarme en la fe y en el amor, sus consejos y apoyo son el pilar que me sostiene para seguir adelante en los momentos de tribulación. A mis hermanos y sus esposas, gracias por estar siempre a mi lado, en cada paso, en cada decisión. Gracias porque sé que siempre podré contar con mi ustedes.

A mi enamorada Fátima Suarez, por ser mi motivación y por creer en mí incluso cuando yo dudaba. Gracias por ser mi inspiración y fortaleza. También Mencionar a Ariana, Sarais, Mishalle y Melanie quienes comenzaron siendo compañeras y que con el tiempo formamos una bonita amistad. Gracias por la compañía, por el apoyo y por los momentos inolvidables.

AGRADECIMIENTO

A la Universidad Estatal Península de Santa Elena, particularmente a la Facultad de Ciencias del Mar y a cada uno de los docentes de la Carrera de Biología por dedicar su tiempo y vocación en compartir sus conocimientos que contribuyeron a mi preparación académicas y profesional.

De manera especial a mi tutora PhD. Erika Salavarría Palma por confiar en mí durante este proceso, su dedicación en la orientación y conocimiento fueron claves en el desarrollo y culminación de este trabajo.

Agradezco a Don José Días por su generosidad al permitirme instalar una de las estaciones de investigación en su propiedad. De la misma forma a los que me acompañaron en las salidas; a mi hermano Fredy Pozo, mi tío Luis Pozo y su hijo Leonardo Aquino que con su tiempo y disponibilidad se pudo concretar cada monitoreo.

A todos mis amigos de aula y a quienes aportaron de alguna manera en esta investigación, por la solidaridad y ayuda, de todo corazón, siempre gracias.

TRIBUNAL DE GRADO

Trabajo de Integración Curricular presentado por **RICHARD ANDRÉS POZO RAMOS** como requisito parcial para la obtención del grado de Biólogo de la Carrera de Biología, Facultad de Ciencias del Mar de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Trabajo de Integración Curricular **APROBADO** el: 10/12/2025



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



Ing. Raúl Moreno Farfán, M.Sc.
PROFESOR DE ÁREA
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



Blga. Erika Salavarría Palma, Ph.D.
DOCENTE TUTOR
MIEMBRO DEL TRIBUNAL



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

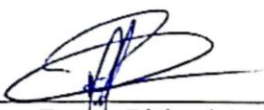


Lcdo. Pascual Roca Silvestre, Mgt.
SECRETARIO DEL TRIBUNAL

DECLARACIÓN EXPRESA

Yo, **POZO RAMOS RICHARD ANDRÉS**, estudiante de la carrera de Biología, declaro que el Trabajo de Integración Curricular, cuyo título es **“CARACTERIZACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE MACROINVERTEBRADOS EN LA REPRESA VELASCO IBARRA. PROVINCIA DE SANTA ELENA”** es de mi exclusiva autoría y responsabilidad. Las ideas, datos, investigaciones y resultados que se presentan son producto de mi trabajo académico y pertenece al patrimonio intelectual de la Universidad Estatal Península de Santa Elena.

Atentamente



Pozo Ramos Richard Andres

C. I.: 2400018749

ÍNDICE GENERAL

1.	INTRODUCCIÓN.....	1
2.	PROBLEMÁTICA.....	4
3.	JUSTIFICACIÓN	6
4.	OBJETIVOS.....	7
4.1	Objetivo general	7
4.2	Objetivos específicos.....	7
5.	HIPÓTESIS.....	8
6.	MARCO TEÓRICO	9
6.1	Caracterización de ecosistemas lénticos.....	9
6.2	Sistemas lénticos	10
6.2.1	Estuarios y lagunas costeras	10
6.2.2	Importancia ecológica, económica y social.	11
6.3	Calidad del agua.....	12
6.4	Parámetros fisicoquímicos.....	13
6.4.1	Conductividad Eléctrica.....	13
6.4.2	Oxígeno Disuelto.....	14
6.4.3	pH.....	14
6.4.4	Salinidad.....	15
6.4.5	Solidos Totales Disueltos	15
6.4.6	Temperatura	16
6.5	Ciclo hidrológico.....	17
6.6	Macroinvertebrados.....	18
6.7	Ecología de los macroinvertebrados	19
6.8	Bioindicadores y su rol en los ecosistemas	20
6.9	Principales grupos de macroinvertebrados de agua dulce	21
6.9.1	Coleóptera.....	21

6.9.2	Odonata.....	22
6.9.3	Lepidóptera.....	23
6.9.4	Hemíptera	24
6.9.5	Díptera.....	24
6.9.6	Arhynchobdellida	26
6.9.7	Hygrophila	26
6.9.8	Ephemeroptera	27
6.9.9	Plecóptera.....	28
6.9.10	Trichóptera	29
6.10	Índices bióticos	29
6.10.1	Índices bióticos para el análisis de la calidad de agua	30
6.11	Biological Monitoring Working Party (BMWP).....	31
6.11.1	Antecedentes de BMWP en Ecuador	32
6.12	Monitoreo biológico con macroinvertebrados.....	33
6.12.1	Fase de preparación	33
6.12.2	Fase de observación.....	34
6.12.3	Fase de operación	35
6.12.4	Fase de gabinete.....	36
6.13	Represa Velasco Ibarra.....	36
6.13.1	Estado Ecológico de la represa	37
6.13.2	Presión antropogénica en la represa	37
6.14	Salud Ecológica.....	38
6.15	Factores de estrés ecológico	38
6.15.1	Estrés antropogénico y ambiental	39
6.16	Amenazas de contaminación.....	39
6.16.1	Vertedero de basura	40
6.16.2	Sector agrícola	40

6.16.3	Aguas residuales	41
7.	MARCO METODOLÓGICO	42
7.1	Tipo de Investigación	42
7.2	Área de estudio	42
7.3	Descripción de la metodología	44
7.3.1	Delimitación de las Estaciones	44
7.3.2	Recolecta de muestras	45
7.3.3	Registro de parámetros fisicoquímicos	45
7.3.4	Anotación de datos	46
7.3.5	Identificación taxonómica	46
7.3.6	Observación de organismos	47
7.4	Análisis de Datos.....	48
7.4.1	Cálculo del Índice BMWP	48
7.4.2	Prueba de Normalidad	50
7.4.3	Correlación de Spearman	50
7.4.4	Interpretación de los rangos	51
7.4.5	Identificación actividades antropogénicas	52
7.4.6	Índice de perturbación humana (IPH).....	52
8.	RESULTADOS.....	54
8.1	Identificación de los macroinvertebrados presentes	54
8.2	Clasificación de los organismos mediante el Índice biológico (BMWP)	55
8.3	Normalidad de Shapiro-Wilk y Prueba de Homocedasticidad	57
8.4	Prueba de Kruskal-Wallis	57
8.5	Tendencia y Asociación: Análisis de Correlación de Spearman	58
8.6	Correlación de los parámetros fisicoquímicos.....	58
8.6.1	Oxígeno Disuelto.....	58
8.6.2	Temperatura	59

8.6.3	Conductividad eléctrica	59
8.6.4	pH	60
8.6.5	Salinidad.....	60
8.6.6	Sólidos Totales Disueltos	61
8.7	Correlación de los órdenes registrados y los parámetros fisicoquímicos ...	61
8.7.1	Estación 1	62
8.7.2	Estación 2	64
8.7.3	Estación 3	66
8.7.4	Comparación entre Correlaciones de las tres Estaciones	68
8.8	Análisis de Componente Principales (PCA)	69
8.8.1	Distribución de composición en los órdenes registrados.....	69
8.8.2	Patrones en los parámetros fisicoquímicos	71
8.9	Análisis de Correlación Canónica (ACC).....	73
8.10	Identificación de actividades antropogénicas	75
8.11	Análisis del Índice de Perturbación Humana (IPH)	78
9.	DISCUSIÓN	80
10.	CONCLUSIÓN.....	83
11.	RECOMENDACIONES	86
	BIBLIOGRAFÍA.....	87
	ANEXOS.....	105

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1. Escala de color de pH	15
Figura 2. Ciclo hidrológico del agua	18
Figura 3. Larva de la familia Dytiscidae	21
Figura 4. Ninfa de la familia Calopterygidae	22
Figura 5. Larva de la familia Pyralidae	23
Figura 6. Orden: Hemípteros, Familia: Naucoridae	24
Figura 7. Estado larval de la familia Empididae.....	25
Figura 8. Especie de la familia Cylicobdellidae	26
Figura 9. Especie de la familia Physidae.....	27
Figura 10. Ninfa de la familia Baetidae.....	28
Figura 11. Ninfa de la familia Perlidae	28
Figura 12. Ninfa de la familia Hydropsychidae.....	29
Figura 13. Ubicación del área de estudio en la Represa Velasco Ibarra.	43
Figura 14. Representación de las 3 Estaciones en la Represa Velasco Ibarra.....	44
Figura 15. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados encontrados en la Represa Velasco Ibarra	55
Figura 16. Diagrama de correlación entre las diferentes variables ambientales.	61
Figura 17. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 1.....	64
Figura 18. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 2.....	66
Figura 19. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 3.....	68
Figura 20. Distribución de los órdenes en el área de estudio, PCA.....	71
Figura 21. Patrones de los parámetros fisicoquímicos en el área de estudio, PCA.....	72
Figura 22. Variación de los órdenes frente a los parámetros fisicoquímicos, CCA.....	74

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1. Clasificación de la calidad del agua basada en los índices BMWP, ABI y ETP	30
Tabla 2. Coordenadas de las Estaciones de muestreo	43
Tabla 3. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Ecu.	49
Tabla 4. Clases de la calidad y valores asignados al BMWP/Ecu.	50
Tabla 5. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación.....	51
Tabla 6. Escala de valoración de actividades antrópicas	52
Tabla 7. Categorización y rangos de perturbación humana (IPH)	53
Tabla 8. Total de organismos identificados por Orden, Familia y Género	54
Tabla 9. Familias de macroinvertebrados con su indicador de calidad de agua	56
Tabla 10. Caracterización de las Estaciones según su calidad de agua.	56
Tabla 11. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 1	76
Tabla 12. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 2	77
Tabla 13. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 3.	78
Tabla 14. Resumen del IPH en el área de estudio en la represa.	78

ÍNDICE DE ANEXOS

Anexo 1. Hoja de registro de datos	105
Anexo 2. Base de datos de los parámetros fisicoquímicos registrados.....	106
Anexo 3. Base de datos de los organismos registrados en los monitoreos.	108
Anexo 4. Correlación de Spearman entre parámetros	110
Anexo 5. Correlación Estación 1.	110
Anexo 6. Correlación Estación 2.	110
Anexo 7. Correlación Estación 3.	110
Anexo 8. Shapiro-Willk	111
Anexo 9. Homocedasticidad de Levene	111
Anexo 10. Kruscal -Wallis.....	111
Anexo 11. PCA Orden Sumary	111
Anexo 12. PCA Orden Loadings	112
Anexo 13. PCA Parámetros Sumary	112
Anexo 14. PCA Parámetros Loadings.....	112
Anexo 15. Porcentaje de los ejes del Análisis de Correlación Canónica (CCA)	112
Anexo 16. Área de estudio. A: Estación 1. B: Estación 2. C: Estación 3.	113
Anexo 17. Materiales para toma de parámetros fisicoquímicos.	113
Anexo 18. Uso de instrumentos para medición de parámetros fisicoquímicos.....	114
Anexo 19. Aplicación del técnica de colecta de macroinvertebrados.....	115
Anexo 20. Factores antropogénicos más frecuentes.....	116
Anexo 21. Fase de gabinete.	116
Anexo 22. Ficha de identificación de especies.....	117
Anexo 23. Permiso otorgado por el MAATE.....	123
Anexo 24. Certificado de análisis Compilatio.....	124

GLOSARIO

Bentónicos: Organismos que viven en el fondo de cuerpos de agua.

Cuenca hidrológica: Territorio donde toda el agua de lluvia drena hacia un mismo punto o salida al mar.

Desarrollo paurometábolo: Metamorfosis que sufren ciertos organismos especialmente invertebrados, donde la etapa de ninfa se parece a la etapa adulta.

Equilibrio biogeoquímico: Balance natural y distribución de elementos químicos entre seres bióticos y abióticos.

Erosión: Desgaste y transporte de suelo por agua, viento u otros agentes.

Especies estenotermales: Animal u organismos que toleran intervalos pequeños de temperatura.

Especies euritérmicas: Animal u organismos que toleran amplios intervalos de temperatura.

Especies macróvoro: Organismos que se alimentan de partículas grandes o presas de mayor tamaño.

Especies micróvoros: Organismos que se alimentan de partículas microscópicas o microorganismos.

Eutrofización: Crecimiento excesivo de algas producido por el exceso de nutrientes en el agua y pérdida de oxígeno.

Factores antropogénicos: Alteraciones provocadas por actividades humanas.

Índices Bióticos: Indicadores que miden la calidad ambiental usando organismos vivos.

Lixiviados: Líquidos de materia orgánica que se filtran a través de basura domésticas y suelo llevando consigo sustancias contaminantes.

Órgano aerostático: Estructura de un organismo que contiene aire necesario para la flotación (como la vejiga natatoria).

Pateliformes: Que tiene forma de platillo aplanados, con aspecto de disco o cúpula poco profunda.

Perifiton: Microorganismos que crecen adheridos a superficies sumergidas como rocas plantas o algún otro sustrato dentro de agua.

Vermiforme: Que tiene forma de gusano, alargados y cilíndricos.

Xerofíticas: Plantas adaptadas a ambientes secos o con poca agua.

ABREVIATURA

ABI: Índice Biótico Andino.

ASPT: Average Score per Taxon.

BMPS: Biological Monitoring Patagonian Streams.

BMWP: Biological Monitoring Working Party.

CE: Conductividad Eléctrica.

COA: Código Orgánico del Ambiente

EPA: Agencia de Protección Ambiental.

EPT: Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera.

FAO: Organización de las Naciones Unidas para la Alimentación y la Agricultura.

GAD: Gobierno Autónomo Descentralizado.

IAP: Índice Patagónico Andino.

IPH: Índice de perturbación humana.

OD: Oxígeno Disuelto.

ODS: Objetivos de Desarrollo Sostenible

OMS: Organización Mundial de la Salud.

STD: Solidos Totales Disueltos.

UPAS: Unidades Productivas Agropecuarias.

RESUMEN

Debido a la tolerancia que presentan los macroinvertebrados bentónicos a la contaminación y su ciclo de vida largo lo hacen indicadores biológicos fiables para determinar la calidad de agua en los ecosistemas. En este estudio se evaluó la salud ecológica de la represa Velasco Ibarra, provincia de Santa Elena usando el índice BMWP/Ecu, Índice de Perturbación Humana y parámetros fisicoquímicos. Se registraron 1.367 individuos distribuidos en ocho familias y seis órdenes: Díptera (285), Hemíptera (34), Odonata (6), Coleóptera (2), Hygrophila (37), y Sorbeoconcha (1.003), siendo este último el orden con mayor presencia con un 73,43 %, representado por la familia Thiaridae, seguido por Díptera con la familia Chironomidae que obtuvo el 20,85 % de la comunidad. La aplicación del índice BMWP/Ecu clasificó las tres Estaciones como aguas muy contaminadas con calidad crítica, obteniendo puntuaciones de 28 para las Estaciones 1, 2 y 21 para la Estación 3. Los análisis de correlación de Spearman revelaron que la mineralización del agua expresada en Conductividad eléctrica y Sólidos Totales Disueltos son determinantes en la distribución de las comunidades. Mediante análisis multivariados se confirmó la existencia de tres ambientes distintos, con un gradiente de mineralización que separa la Estación 3 de 1 y 2, evidenciando filtros ambientales que determinan la estructura comunitaria. El Índice de Perturbación Humana mostró impactos moderados en Estaciones 1 y 3 (51,42 % y 56,66 % respectivamente), y menor impacto en Estación 2 (45 %), siendo residuos sólidos y pesca artesanal los principales en ocasionar presión ecosistémica.

Palabras Clave: Macroinvertebrados, Indicadores biológicos, Análisis multivariados, Factores antropogénicos, Presión ecosistémica.

ABSTRACT

Due to the tolerance of benthic macroinvertebrates to pollution and their long-life cycles, they are considered reliable biological indicators for determining water quality in ecosystems. In this study, the ecological health of the Velasco Ibarra Reservoir, located in the province of Santa Elena, was evaluated using the BMWP/Ecu index, the Human Disturbance Index, and environmental parameters. A total of 1,367 individuals were recorded, distributed across eight families and six orders: Diptera (285), Hemiptera (34), Odonata (6), Coleoptera (2), Hygrophila (37), and Sorbeoconcha (1,003). The latter order showed the highest abundance, accounting for 73.43 % of the total, represented by the family Thiaridae, followed by Diptera, represented by the family Chironomidae, which comprised 20.85 % of the community. The application of the BMWP/Ecu index led to the classification of the three sampling stations as heavily polluted waters with critical quality levels, obtaining scores of 28 for station 1 and 2, and 21 for station 3. Spearman correlation analyses revealed that water mineralization, expressed through electrical conductivity and total dissolved solids, was a determining factor in the distribution of the communities. Multivariate analyses confirmed the existence of three distinct environments, characterized by a mineralization gradient that separated Station 3 from Stations 1 and 2, demonstrating environmental filters that shape community structure. The Human Disturbance Index indicated moderate impacts at Stations 1 and 3 (51.42 % and 56.66 %, respectively) and a lower impact at Station 2 (45 %), with solid waste and artisanal fishing identified as the primary sources of ecosystem pressure.

Keywords: Macroinvertebrates, Biological indicators, Multivariate analysis, Anthropogenic factors, Ecosystem pressure.

1. INTRODUCCIÓN

Toda forma de vida en el planeta necesita el agua como recurso indispensable y su calidad es determinada para el equilibrio de los ecosistemas acuáticos. Los cuerpos de agua dulce como ríos, lagunas, manantiales son fuentes hídricas necesarias para el desarrollo de las comunidades humanas y actividades socioeconómicas, además cuenta con hábitats complejos donde se interrelaciona la diversidad biológica (Roldán, 2016). Los ecosistemas sufren amenazas por distintos tipos de contaminación. Grijalva et al. (2020) mencionan que los metales pesados que ingresan por lixiviados y residuos sólidos producen alteraciones fisicoquímicas que afectan a la fauna, aun a bajas dosis, los agroquímicos como los pesticidas y herbicidas, fertilizantes, entre otros que pueden ser persistentes y tóxicos hasta para la vida humana; también pueden existir la presencia de virus, bacterias, protozoos, hongos y algas provenientes de los residuos sólidos urbanos o de aguas residuales lo que se describe como contaminación biológica (Zambrano et al., 2022).

Según el Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial del Gobierno Autónomo Descentralizado, la represa Velasco Ibarra ubicada en la Parroquia José Luis Tamayo es considerada como un humedal artificial de inundación temporal que recolecta agua de los ríos Las Vegas, Salado, Tambo y Tortuga, desembocando finalmente en el Estero de Punta Carnero (GAD de Salinas, 2023). El embalse, era reconocido como un ecosistema de flora y fauna silvestre de belleza inigualable y

con gran influencia turística, que con el paso del tiempo ha ido experimentado un progresivo deterioro en las últimas décadas. Durante inviernos intensos, el escaso mantenimiento de la infraestructura ha dado paso al ingreso de agua de mar, incrementando en pequeñas proporciones los niveles de salinidad de sus aguas, mientras que las presiones antrópicas han aumentado debido al crecimiento poblacional descontrolada y la descarga de aguas residuales provenientes de laboratorios de larvas de camarón (Ministerio de Ambiente, 2020).

Actualmente no se han llevado a cabo proyectos de conservación sistemáticos y los pocos estudios locales con monitoreo biológico no permiten evaluar el estado real de los recursos ecológicos. Esta falta de seguimiento impide la generación de información actualizada que fundamente la implementación de medidas de gestión, restauración y conservación para este importante humedal artificial (GAD de Salinas, 2021).

De lo anteriormente indicado, el desarrollo constante de herramientas que usa índices biológicos ha consolidado a los macroinvertebrados como bioindicadores importantes para evaluar la calidad en ecosistemas acuáticos. La metodología es una herramienta llamada Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico (BMWP, por sus siglas en inglés) en la que se involucra a insectos, moluscos crustáceos, entre otros, facilitando la identificación del estado ambientales de los hábitats acuáticos, debido a la sensibilidad que presenten estos organismos frente a la degradación del agua (Roldán, 2016). Su ejecución no demanda equipamientos costosos ni procesos

complejos, la diversidad de especies con distintas tolerancias a la contaminación, los hace oportuno para monitorear parámetros fisicoquímicos que afectan directamente a los organismos (Liñero et al., 2015). Su estrecha relación con parámetros fisicoquímicos, hacen que al estar en desequilibrio su hábitat, modifican su comportamiento según su fisiología o adaptación (Pérez et al., 2016).

Por tanto, el presente estudio tiene como objetivo caracterizar la calidad del agua de la represa Velasco Ibarra a través del análisis de macroinvertebrados bentónicos, utilizando índices bióticos y parámetros fisicoquímicos como herramientas complementarias para evaluar la salud ecológica del sistema.

2. PROBLEMÁTICA

El sector “Velasco Ibarra” ubicada en la provincia de Santa Elena, cuenta con una represa próxima a La Libertad, Salinas y Santa Elena, este recurso hidrológico fue construido en la década de los años 50 por el Instituto Ecuatoriano de Recursos Hidráulicos (INERHI). Al ser un humedal artificial, funciona como sistema de almacenamiento temporal que regula el agua en zonas con variaciones estacionales, evitando inundaciones, promoviendo ecosistemas con biodiversidad, así como el ecoturismo creciente y su parcial ayuda a la agricultura local (GAD La Libertad, 2015). Dicho embalse se abastece todo el año por afluente de pequeños ríos, lluvias y escorrentías superficiales, principalmente en temporadas invernales, donde llega a desbordarse provocando dudas sobre la calidad del agua, afectadas por residuos sólidos aledaños o por el relleno sanitario que, al no tener los procesos técnicos para la disposición final de estos desechos, provocan lixiviados que llegan a la represa a través de sistemas de drenajes defectuosos (Dávila et al., 2021).

Si bien Ecuador cuenta con un marco normativo ambiental, como la Constitución de la República del Ecuador (2008), que reconoce los derechos de la naturaleza (Art. 71-74), el Código Orgánico del Ambiente (2017), y el Acuerdo Ministerial 097-A que mediante el TULSMA (Libro VI, Anexos 1 y 2) regula la calidad ambiental y los límites permisibles de descarga a cuerpos de agua dulce, la aplicación efectiva de estas normativas en la represa Velasco Ibarra es deficiente. La ausencia de monitoreo sistemático, fiscalización y control por parte de las autoridades competentes ha facilitado, por ejemplo, la descarga aguas residuales de

laboratorios de larvas de camarón ubicados en los sectores de Mar Bravo que se mezclan hasta llegar al estero de Punta Carnero (Ministerio de Ambiente, 2020). Otras actividades como la agricultura sin aplicación de buenas prácticas ambientales provocando eutrofización, la deforestación para la producción de carbón que origina erosión, degradando la calidad de suelo y agua (Briones et al., 2001).

Todas las acciones antropogénicas anteriormente descritas, no solo afectan el turismo con el declive en la biodiversidad de aves y mamíferos; sino que, también impactan a los macroinvertebrados acuáticos presentes en la represa. La variación en la composición y abundancia de estos organismos puede ser una señal directa de los cambios en la calidad del agua, ya que diferentes grupos de macroinvertebrados son sensibles a la contaminación y otros pueden tolerarla mejor (Jiménez et al., 2021).

Por ello, analizar la comunidad de macroinvertebrados en la represa Velasco Ibarra evidencia el grado de afectación ambiental provocado por las distintas fuentes de contaminación, al ser excelentes bioindicadores que se trasladan o adaptan al medio. De lo expuesto, la pregunta de investigación que se estableció fue: ¿Cómo varía la calidad del agua, determinada mediante BMWP y parámetros fisicoquímicos, frente a los impactos antropogénicos presentes en la represa Velasco Ibarra?

3. JUSTIFICACIÓN

Una buena calidad del agua es vital para todo ser vivo, por ello evaluar constantemente los cuerpos de agua, en especial a la represa Velasco Ibarra que se ve afectada por lixiviaciones, lodos orgánicos, agricultura, y el turismo; es clave para preservar un ambiente sano para las especies que dependen de ella (Custodio & Pantoja, 2012). Si bien existen investigaciones para hacer de este sector un lugar productivo en temas de turismo, así como en el uso y gestión del suelo, no se menciona un control para el cuidado de la calidad del agua, dado que los agricultores son los más afectados por la acumulación de metales pesados y patógenos causando una muerte prematura a los cultivos (GAD de José Luis Tamayo, 2023). Este desperdicio de recursos va en contra del ODS 2 “Hambre cero” de la Agenda 2030, que promueve una agricultura sostenible, y que ayudaría a reducir la desnutrición en América Latina (Naciones Unidas, 2016).

No obstante, esta investigación se alinea aún más con la gestión sostenible del agua y el saneamiento (ODS 6), debido a que se busca concientizar a las autoridades para que puedan garantizar agua segura para las comunidades aledañas, ya que la contaminación afecta negativamente la calidad de este recurso. De acuerdo con Carrera (2021), es importante ejecutar estrategias para evaluar la calidad, como el empleo de macroinvertebrados a manera de bioindicadores y el monitoreo constante de las condiciones fisicoquímicas permite realizar un diagnóstico su estado ecológico, para comprender cómo las actividades humanas han influido a lo largo del tiempo.

4. OBJETIVOS

4.1 Objetivo general

Caracterizar la calidad del agua mediante el índice biótico BMWP y su relación con los parámetros fisicoquímicos, en la represa Velasco Ibarra de la provincia de Santa Elena.

4.2 Objetivos específicos

- Determinar la calidad de agua mediante el índice BMWP (*Monitoring Working Party*) en el área de estudio.
- Analizar la relación entre macroinvertebrados y parámetros fisicoquímicos mediante análisis estadísticos.
- Identificar fuentes de impacto antropogénico que influyan en la calidad del agua de la represa Velasco Ibarra.

5. HIPÓTESIS

Hi: La caracterización de la calidad del agua se relaciona con el índice biótico BMWP y parámetros fisicoquímicos en la represa Velasco Ibarra de la provincia de Santa Elena.

6. MARCO TEÓRICO

6.1 Caracterización de ecosistemas lénticos

Entender un ecosistema a través de la caracterización ecológica implica observar los componentes y cambios de las comunidades en un determinado tiempo y espacio. Estos sucesos son el resultado natural de sus componentes que cambian y evolucionan con el tiempo debido a la interacción de factores bióticos y abióticos (Sánchez & Álvarez, 2024). Es decir que al caracterizar un ecosistema incluye el estudio de la biodiversidad, las interacciones ecológicas y la influencia de factores ambientales e influencia de la intervención humana (Hernández et al., 2025).

La biodiversidad abarca todos los niveles de diversidad que existe en el planeta, las interacciones de estos individuos y su hábitat, así como la relación entre diferentes poblaciones en diversos ecosistemas con gradientes climáticos y geográficos (Cruz et al., 2021). Esta riqueza biológica se divide en diversidad genética, de especies y de ecosistemas; estas formas son necesarias para tener en funcionamiento la naturaleza. Ecuador, es uno de los países más megadiversos del mundo, siendo el primero en diversidad por unidad de superficie, destacando la gran variedad de organismos vivos que alberga (López & Cunalata, 2020).

Los cuerpos acuáticos tales como lagos, ríos, lagunas, pantanos, esteros y arroyos que pueden ser permanentes o intermitentes. Estos cuerpos se encuentran integrados

en una matriz terrestres llamada cuenca hidrográfica, que influyen en su dinámica ecológica. A pesar de su baja proporción en la superficie terrestre con menos del 1 % estos ecosistemas albergan una cantidad de especies en comparación con otros ecosistemas, debido a las variadas condiciones climáticas y habitat disponibles (Habit et al., 2019).

6.2 Sistemas lénticos

Se los conoce como sistemas abiertos de agua dulce que se caracterizan por ser quietas o estancadas. Esto incluyen lagos, estanques, represas y pozas presentes en corredores de agua. La importancia de su estudio son los organismos que en ellas habitan, ya que, debido a la adaptación de las condiciones climáticas cambiantes, incluyendo luz solar, temperatura o densidad de agua, se determina la capacidad de producción primaria, así como la calidad del recurso hídrico (Cáceres, 2019).

6.2.1 Estuarios y lagunas costeras

Como ecosistemas semicerrados conectados al mar, los estuarios y lagunas costeras se caracterizan por mezclar aguas saladas y dulce, en un equilibrio dinámico influenciado por factores como mareas, oleaje, corrientes y la morfología del canal que pueden determinar el grado de estratificación a lo largo del tiempo y espacio. No obstante son áreas de gran biodiversidad y productividad por su riqueza naturales, lo que ha provocado desde la antigüedad asentamientos humanos cerca

de ellos, poniendo en riesgo la sustentabilidad de sus recursos (Sanay & Perales, 2022).

6.2.2 Importancia ecológica, económica y social.

Cada uno de los sistemas acuáticos cumple sus funciones sobre todo en el ámbito ecológicos, debido a que participan en la regulación del ciclo hidrológico mientras protege los acuíferos, reteniendo sedimentos y reduciendo la erosión, lo que favorece a la estabilidad del microclima. Además, ayudan a regular los nutrientes en el Ciclo del nitrógeno y el Ciclo del fósforo, así como, en la descomposición de biomasa terrestre. Aunque almacenan dióxido de carbono, emiten metano que agrava el cambio climático (Roldán & Ramírez, 2022)

Económicamente, estos sistemas son una fuente de recursos hidrológicos que apoyan actividades como la acuicultura, la pesca, la agricultura y pastoreo. Además de impulsar actividades comerciales vinculadas a la exportación forestal y la recolección de productos. Su construcción y conservación mejora la calidad de las aguas al eliminar contaminantes en territorios de zonas agrícolas y urbanas, favoreciendo al sector productivo y facilitando la limpieza natural de los cuerpos de agua (Pascual et al., 2022).

Por último, si bien las comunidades aledañas toman como sustento económico en la extracción tradicional de sus recursos naturales, no se debe discriminar los

espacios en actividades de recreación como el turismo y deporte, la investigación científica y la educación ambiental encontrando en la sociedad la necesidad de conservación, no solo para la biodiversidad; sino también, para preservar estos servicios ecosistémicos asegurando el bienestar humano y su sostenibilidad a lo largo del tiempo (Roldán & Ramírez, 2022)

6.3 Calidad del agua

Si bien el agua pura consta solo de hidrógeno y oxígeno, el agua que circula en la tierra posee una serie de propiedades físicas, químicas y biológicas que se agrupan bajo el concepto de calidad del agua, la cual determina si el agua es apta o no, para diferentes usos. Esto nos debe poner a pensar ya que la cantidad de agua en nuestro planeta no cambia, pero la calidad sí puede variar y empeorar debido a las actividades humanas, por lo que manejar bien el agua implica cuidar tanto su cantidad como su calidad (Cárdenas, 2022).

De esta manera, la disponibilidad segura del agua, el equilibrio de los ecosistemas, y la continuidad de la vida en la tierra, incluidos los humanos, dependen del cuidado que demos al agua en ríos, lagos, acuíferos, mares y océanos. El ciclo hidrológico sostiene la vida en los ecosistemas, por lo que cualquier perturbación como la infiltración de lixiviados de vertederos o rellenos sanitarios, afecta directamente a la naturaleza. En este contexto, nos es necesario actuar, para proteger y recuperar nuestras fuentes de agua, el control de lixiviados mediante liners impermeables y

sistemas de captación, y monitorear a las industrias para evitar contaminaciones (Prince & Espinosa, 2021).

6.4 Parámetros fisicoquímicos

Para evaluar la calidad del agua, la toma de datos de los indicadores fisicoquímicos resulta muy importante debido a la confiabilidad y la compatibilidad de las metodologías, facilitando un control objetivo de la calidad del agua en diversas regiones (Gultemirian et al., 2023). Entre los parámetros más importantes están:

6.4.1 Conductividad Eléctrica

El paso de corriente eléctrica a través de un medio como el agua, generado por el movimiento de iones cargados, tanto cationes y aniones, entre dos polos eléctricos se denomina Conductividad Eléctrica (CE). Este parámetro está relacionado proporcionalmente con la concentración total de sales disueltas en la muestra, siendo mayor a medida que aumenta la salinidad, lo que lo hace útil para estimar la cantidad de sales en soluciones acuosas. Sus resultados se expresan en Siemens por unidad de distancia y como los valores en agua son muy pequeños es necesario expresarlos en unidades de [$\mu\text{S}/\text{cm}$], la cual es inversa a la resistencia, esto muestra la facilidad de la corriente eléctrica para atravesar un medio (Iturri et al., 2022).

6.4.2 Oxígeno Disuelto

El parámetro de Oxígeno Disuelto (OD) sirve para evaluar la calidad del agua, ya que es un gas indispensable para mantener vivos a los organismos aerobios que habitan en ambientes acuáticos. Su ausencia puede estar relacionada con diferentes factores como el aumento de la temperatura, la presencia de materia orgánica, el crecimiento descontrolado de plantas acuáticas y la descomposición rápida de organismos en entornos tóxicos. Estos factores promueven condiciones tóxicas, que originan ambientes con bajo oxígeno, el cual debe ser monitoreado constantemente para no poner en riesgo el equilibrio ecológico (Blanco et al., 2022).

6.4.3 pH

La cantidad de iones de hidrógeno en el agua, que determina si esta es ácida o alcalina, se mide mediante el pH, cuyo término se refiere al potencial de hidrógeno (Carrera et al., 2020). Según la Organización Mundial de la Salud (OMS), su valor debe estar entre 6,5 a 8,5 se calcula con la fórmula $\text{pH} = -\log [\text{H}^+]$, además de comprobar experimentalmente que las concentraciones de iones H^+ y OH^- se mantiene iguales, con un producto constante «K» entre 10 y 14 (Abdal & Mahmoud, 2021). La escala de colores pH se refiere al valor donde 7 es neutro, valores menores indican acidez y mayores alcalinidades como se muestra en la Figura 1.

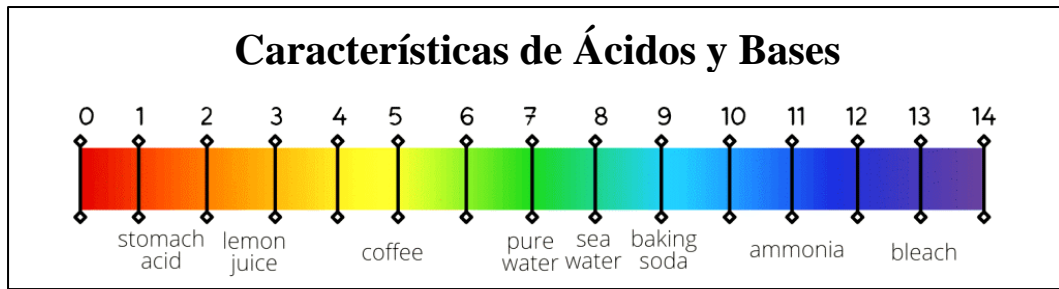


Figura 1. Escala de colores de pH

Fuente: Helmenstine, 2025

6.4.4 Salinidad

Es una variable fisicoquímica del agua, especialmente en el océano y se entiende como la concentración total de sales disueltas en el agua, expresada generalmente en gramos de sal por cada 1.000 gramos de agua (Barrientos et al., 2024). Este parámetro nos permite entender la dinámica oceánica y la salud de los ecosistemas, ya que influye directamente en la densidad y en la salud de numerosos organismos acuáticos. Además, el monitoreo constante permite comprender mejor los procesos naturales y antropogénicos que afectan los ambientes marinos (Blaine et al., 2023).

6.4.5 Sólidos Totales Disueltos

Los Sólidos Totales Disueltos (STD) funcionan como un indicador importante de la calidad del agua, ya que representan la suma de todas las sustancias como sales, minerales y materia orgánica disueltos en ella. Estos sólidos afectan características como el sabor, la conductividad eléctrica y la capacidad del agua para sustentar vida acuática (Jiménez et al., 2024). Aunque no son contaminantes principales, la +Agencia de Protección Ambiental (EPA) define un límite secundario de 500 mg/L

para garantizar que el agua sea potable y tenga aceptación por el consumidor (Chavarría et al., 2024).

6.4.6 Temperatura

La temperatura del agua influye directamente en los macroinvertebrados acuáticos, ya que estos organismos responden a las variaciones térmicas claves para entender el impacto del cambio climático de los ecosistemas acuáticos continentales. Este factor puede cambiar la solubilidad de gases como el oxígeno y contaminantes varios, la toxicidad, pH, densidad y conductividad eléctrica del agua. Además de controlar los ciclos biogeoquímicos, la descomposición y la producción primaria (Bonacina et al., 2023). En otras palabras, el aumento de la temperatura potencia la actividad metabólica microbiana y la fotosíntesis, afectando en el desarrollo y funcionamiento de estas comunidades (Mora et al., 2020).

La amplitud de rendimiento térmico es un rango de temperaturas corporales en el que el rendimiento es igual o mayor que un nivel específico, lo que nos indica un nicho térmico individual. Las especies estenotermales tienen un rango térmico estrecho, mientras que las euritérmicas toleran un rango más amplio (Bonacina et al., 2023). La temperatura puede activar fases del ciclo de vida, como migración, desarrollo larvario y eclosión en muchos organismos. Al llegar a los límites térmicos, puede generar estrés que cambia el comportamiento en la locomoción; fisiología y metabolismo (respiración, crecimiento) y reproducción, aumentando la vulnerabilidad a depredadores y parásitos (Quesada et al., 2020). También modifica

la distribución de especies y su estructura comunitaria, permitiendo invasiones de otras especies y la pérdida de especies sensibles, demostrando que esos efectos varían y se acumulan según la etapa del desarrollo (Caiza & Guerrero, 2025).

6.5 Ciclo hidrológico

El Ciclo hidrológico es un proceso continuo, que permite la circulación del agua de un lugar a otro dentro de un sistema cerrado, cambiando sus estados: líquido, sólido y gaseoso; en sus fases, precipitación, evaporación, escorrentía e infiltración al suelo, donde se desplaza y transita por distintos caminos siempre regresa al punto de inicio, completando así un ciclo infinito. Este proceso es vital para el planeta, ya que garantiza el suministro de agua a todos los seres vivos, manteniendo el equilibrio ambiental (Alvarado & Oyarzo, 2024).

En la Figura 2, la precipitación se manifiesta regularmente como lluvia o nieve sobre el océano; es decir, el agua que cae se evapora nuevamente sin mayores cambios. Sin embargo, la mayor parte del agua que cae sobre la tierra pasa por varios procesos hasta volver a la atmósfera, parte de esa agua es absorbida por las plantas, que la usan en su mantenimiento y la liberan poco a poco mediante la evapotranspiración, además, los animales también usan esta agua y la expulsan a través de la orina, transpiración y respiración. Una fracción del agua fluye por la gravedad hacia los ríos y llega al mar, pero durante este trayecto una parte vuelve a la atmósfera por evaporación y finalmente, cierta cantidad se infiltra en el subsuelo,

donde puede almacenar por largos períodos como agua subterránea (Roldán & Ramírez, 2022).

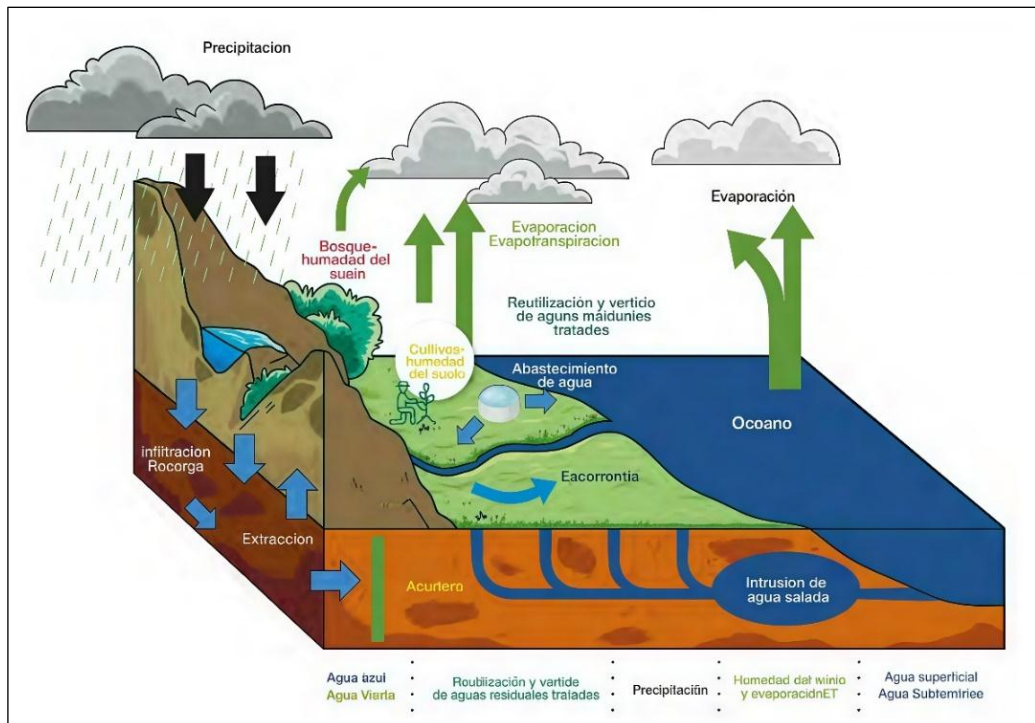


Figura 2. Ciclo hidrológico del agua

Fuente: Departamento Nacional de Planeación. Colombia, 2023.

6.6 Macroinvertebrados

En términos taxonómicos no existe la palabra macroinvertebrados, se trata de una clasificación artificial para invertebrados lo suficientemente grande para ser atrapados por redes con malla de 250-500 μm . Estos organismos tienen medidas mayores a 0.5 mm y más superiores a 3 mm, por lo que son fácilmente reconocidos (Villar & López, 2022).

Los macroinvertebrados se encuentran presentes en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, permitiendo realizar estudios comparativos. Su alta diversidad y distintos grados de tolerancia a las actividades humanas, hace que la ausencia de especies sensibles indique algún tipo de perturbación, ya que prefieren ocupar microambientes específicos como microhábitats rocosos, fangosos, de hojarasca, arena, limo o arcillas. Además, prefieren ciertos aspectos físicos e hidrodinámicos, como la dinámica del agua, corrientes fuertes, medias o débiles y la presencia de elementos químicos (Rodríguez et al., 2021).

6.7 Ecología de los macroinvertebrados

Las mayorías de las especies involucradas tiene una limitada capacidad de movimiento, esto permite observar cualquier alteración en el lugar, como la contaminación por vertidos industriales. Por lo cual, se diferencian claramente de otros indicadores que tiene mayor movilidad y que pueden facilitar su huida a otras zonas menos contaminadas. Su permanencia durante todo el año hace que cualquier alteración temporal o permanente se manifieste en esa composición específica. (Mora et al., 2020).

Cerca del 80% de estos organismos corresponden a artrópodos, principalmente insectos en forma larvaria; además, también se pueden encontrar oligoquetos, moluscos, con menor frecuencia celentéreos, briozoos y platelmintos (Osejo et al., 2020). Aunque los macroinvertebrados se encuentran principalmente en ríos, su presencia también es dominante, lagos y humedales. Su comunidad se caracteriza

por la diversidad taxonómica y las adaptaciones morfológicas, así como en el comportamiento en la que se aprovechan los diferentes recursos tróficos del ecosistema (García et al., 2023). Al considerar su ciclo de vida, y los mecanismos de alimentación, estos pueden clasificarse en varias categorías como herbívoros, carnívoros, omnívoros, además también pueden agruparse como detritívoros, micróvoros y macróvoro (Ramos et al., 2023).

Hay organismos filtradores, como ciertos Trichóptera, Díptera y Ephemeroptera, que prefieren materia orgánica fina, microbiota y perifiton. Hay familias raspadoras dentro de efemerópteros, tricópteros, dípteros, lepidópteros y coleópteros, que consumen perifiton y diatomeas. Por último, los depredadores, como odonatos, megalópteros, algunos plecópteros, tricópteros y coleópteros, se alimentan perforando tallos y hojas, además de cazar (Osejo et al., 2020).

6.8 Bioindicadores y su rol en los ecosistemas

En la actualidad, los macroinvertebrados son los bioindicadores más extendidos por diversas causas: tienen amplia distribución geográfica y en diversos tipos de ambientes, con riqueza de especies que reaccionan a diferentes gradientes ambientales. Su mayoría es sedentaria, lo que permite analizar la contaminación espacialmente y algunas especies con ciclos de vida extensos integran el deterioro a lo largo del tiempo. Su seguimiento es práctico, sencillo y económicamente viable, poseen taxonomía bien conocida y sensibilidad reconocida, y se usan en experimentación (Roldán, 2012).

6.9 Principales grupos de macroinvertebrados de agua dulce

Se describe a continuación los principales grupos de macroinvertebrados encontrados regularmente en agua dulce:

6.9.1 Coleóptera

La característica más evidente de los coleópteros es la presencia de élitros, que son el primer par de alas endurecidas y es lo que le da su nombre a este orden (Coleóptera). Estos insectos presentan una metamorfosis completa a lo largo de su desarrollo, comenzando desde huevo, luego en larva, llegando a ser pupa y terminado en la etapa adulta, como se muestra en la Figura 3 (Ghosh et al., 2020). Los huevos son usualmente depositados de forma aislada, pero en las familias de Coccinellidae y Chrysomelidae pueden colocarse en racimos, encima de hojas, que con un tiempo eclosionan en un intervalo tres y treinta y dos días. Durante su desarrollo, las larvas sufren varias mudas que les permiten crecer adecuadamente hasta alcanzar la etapa adulta (Zaragoza et al., 2020).



Figura 3. Larva de la familia Dytiscidae

Fuente: Wong, 2024.

6.9.2 Odonata

Agrupación de insectos como libélulas, aguaciles y caballitos del diablo, con cerca de 6.390 especies en el mundo. Su desarrollo se basa en un ciclo de vida hemimetábolo y anfíbio, con las etapas de huevo, larva y adulto. Cuando está en estado larval son principalmente acuáticas, aunque algunas son terrestres, y tanto estas como los adultos son depredadores activos que se alimentan de otros insectos, anfibios y peces, por lo que son importantes en cada eslabón de la cadena trófica (Sentis et al., 2023).

Estos organismos son destacados por sus colores y vuelo ágil en distintas direcciones, los adultos se encuentran cerca de aguas en primavera y verano para reproducirse. Algunas especies migran, formando enjambres y es normal encontrar adultos lejos de cuerpos de agua. Las larvas habitan diversos humedales, incluso manglares, escondiéndose entre la vegetación y obtienen oxígeno directamente del agua a través de estructuras especiales en el sistema digestivo, por lo que sólo salen de la humedad para la metamorfosis, observándose en la Figura 4 (Lozano et al., 2024).



Figura 4. Ninfa de la familia Calopterygidae

Fuente: Pérez et al, 2016.

6.9.3 Lepidóptera

Los lepidópteros adultos se reconocen por tener dos pares de alas membranosas cubiertas de escamas aplanadas, característica que da nombre a este orden. La espiritrompa puede estar presente o ausente, y se ha visto reducida en algunas familias. En su forma de larvas de tipo oruga, presentan una cabeza relativamente dura. Poseen cinco pares de patas falsas en los segmentos abdominales específicos del tercero a sexto y décimo, tal como en la Figura 5 (Gómez et al., 2024). Entre las características que respaldan a la monofilia de este orden están la ausencia del ocelo medio en la cabeza palpos labiales con órganos quimiorreceptores, estructuras especiales en el mesotórax y formas particulares en las tibias delanteras con una epífisis móvil y un solo espolón. También se puede reconocer la falta de cercos ambos sexos palpos maxilares larvales con menos de cinco segmentos y, la presencia de las alas cubiertas de escamas (Kumar, 2020).



Figura 5. Larva de la familia Pyralidae

Fuente: Wong, 2024

6.9.4 Hemíptera

Dentro del orden hemípteros, los heterópteros forman un amplio grupo que comprenden más de 40.000 especies en todo el mundo, siendo el grupo más grande de insectos con metamorfosis sencilla “desarrollo paurometábolo” (Jahamalar et al., 2020). Además, estudios recientes confirman un clado monofilético que está definido por tres rasgos evolutivos, que se presentan en la Figura 6 con características morfológicas como piezas bucales alargadas en forma de estilete para perforar y succionar, glándulas odoríferas pares ubicadas en abdomen o metatórax, y las antenas con cuatro artejos que pueden incluir escleritos. Sus alas anteriores, conocidas como hemiélitros se consideran un rasgo derivado exclusivo de este grupo (Micieli et al., 2023).



Figura 6. Familia: Naucoridae

Fuente: Sibaja, 2024

6.9.5 Díptera

Las moscas domésticas, como miembro representante del orden Díptera, se distinguen por poseer un par de alas funcionales, a diferencia de otros insectos voladores como abejas y mariposas, que poseen dos pares. El nombre, deriva del

griego, que significa “dos alas”, y a pesar de esta diferencia, las moscas son insectos muy activos que tiene un vuelo rápidos y complejos, lo que los hace dependientes de la alimentación de néctar para obtener la energía (Chandra et al., 2020). Por esta razón, frecuentan flores y son importante como polinizadoras potenciales. Su cuerpo está adaptado para el vuelo: poseen un tórax robusto que sostiene la musculatura y un par de halterios, vestigios del segundo par de alas, que funcionan como órganos sensoriales que les otorgan control y maniobrabilidad durante el vuelo (Barahona et al., 2022).

La reproducción en estas moscas es sexual con metamorfosis holometábola, los adultos efectúan vuelos nupciales, en los que los machos regalan presas envueltas en seda a las hembras y tras la cópula, deposita los huevos en sustratos húmedos como vegetación ribereña, suelo o materia orgánica. Las larvas emergentes, vermiformes y blancas, presentan una cápsula cefálica esclerotizada y cuerpo segmentado sin patas, como se muestra en la Figura 7. Son depredadoras se desarrollan en ambientes húmedos alimentándose de pequeños invertebrados hasta completar su desarrollo, alimentándose de pequeños invertebrados hasta llegar a su etapa adultos (Los Huertos, 2020).



Figura 7. Estado larval de la familia Empididae

Fuente: Wong, 2024.

6.9.6 Arhynchobdellida

Este orden se caracteriza por tener mandíbulas fuertes y no poseer probóscide, como en otro tipo de sanguijuelas, tiene un cuerpo aplanado con varios segmentos y dos ventosas, anterior y posterior, la mayoría es hermafrodita y poseen una diversidad ecológica que abarca toda clase de ambientes, desde acuáticos hasta terrestres. Existen especies conocidas por su cualidad medicinal, las que se alimentan de sangre (hematófaga) comúnmente en aguas dulces y las depredadoras (carnívoras) que se encuentran en selvas tropicales, como las que se observa en la Figura 8. También se destacan por carecer de quetas, tener una cavidad celómica reducida y por reproducirse mediante huevos depositados en capullos (Romero, 2023).



Figura 8. Especie de la familia Cylicobdellidae

Fuente: Ocegüera & Pacheco, 2012.

6.9.7 Hygrophila

Entre las características del orden, están las conchas pateliformes o espirales, ojos fijos en la base de un solo par de tentáculos y un riñón alargado con uréter corto y recto orientado hacia atrás. Son ditremado (dos aberturas genitales) excepto la familia Siphonariidae, y hermafroditas con diferentes grados de diaulia que indican la individualización progresiva del sistema reproductor. Las familias Lymnaeidae, Physidae, Ancyliidae y Planorbidae citadas se consideran las más evolucionadas y

se agrupan como basomatóforos superiores, ya que separación completa del oviducto y del espermiducto, tal como la Figura 9 (Núñez, 2009).



Figura 9. Especie de la familia Physidae

Fuente: Sibaja, 2024.

6.9.8 Ephemeroptera

Considerado entre los insectos alados más primitivos (Pterygota), el orden Ephemeroptera ha sido históricamente clasificado con el orden Odonata en la infraclase Palaeoptera. Actualmente se reconocen 41 familias, de las cuales cerca del 40% son monogénicas, y aproximadamente el 75% de las especies pertenecen a solo cinco familias, es un grupo reducido, en promedio 90 por familia, esta tendencia se ha reportado desde el Carbonífero y el Triásico Temprano (Dominguez et al., 2023). Los adultos presentan un aparato bucal vestigial para masticar ya que parte del aparato digestivo está modificado en un órgano aerostático lleno de aire, que le ayuda a la flotabilidad durante el vuelo, además cuenta con cuatro alas membranosas, que durante el reposo se mantienen unidas y sobre el tórax, mientras que como en la Figura 10, las ninfas acuáticas, poseen filamentos caudales y branquias traqueales (Alba, 2015).



Figura 10. Ninfa de la familia Baetidae

Fuente: Sibaja, 2024.

6.9.9 Plecóptera

El ciclo de vida de los plec6pteros abarca huevo, ninfa y adulto. Los huevos y ninfas en ecosistemas de agua dulce, generalmente bajo piedras y entre la grava de r6os y arroyos, mientras que los adultos prefieren los h6bitats terrestres ribere6os cercanos a cuerpos de agua (Tierno & L6pez, 2015). Tienen cuerpos alargados y aplanados, con tama6os que var6an entre 3 mm y 3,3 cm siendo las hembras m6s grandes que los machos, presentan coloraci6n que van desde tonos oscuros hasta amarillos o verdosos. y su cabeza, prognata, en los que tienen ojos compuestos, tres ocelos, largas antenas, aparato bucal masticador (al igual que las ninfas) y sus alas membranosas se pliegan sobre el abdomen al descansar. A diferencia de las ninfas observadas en la Figura 11, poseen branquias abdominales, con colores variables y pilosidad, atributos que permiten diferenciarlos dentro del grupo (Tierno et al., 2024).



Figura 11. Ninfa de la familia Perlidae

Fuente: P6rez et al, 2016.

6.9.10 Trichóptera

Adaptados al agua desde hace millones de años, los tricópteros deben su nombre a las sedas que recubren sus alas y cuerpo. Su nombre, derivado del griego "trichos" (pelo) y "pteron" (ala). Estos insectos tienen el cuerpo dividido en tres partes, cabeza, tórax y abdomen y presentan dos pares de alas y tres pares de patas, con un exoesqueleto resistente compuesto por proteínas, al igual que múltiples sedas y espinas, con tamaños pequeños en milímetros hasta centímetros. A diferencia de los lepidópteros no tiene escamas y utilizan principalmente en su etapa larvaria identificada en la Figura 12, para fabricar refugios con materiales como hojas, piedras y arena (Ramírez, 2023).



Figura 12. Ninfa de la familia Hydropsychidae

Fuente: Sibaj Sibaja, 2024

6.10 Índices bióticos

Según Hawkins et al. (2022), los índices bióticos miden la capacidad de tolerancia de las comunidades biológicas frente a la contaminación orgánica. Inicialmente, se fundamentaban en la sensibilidad de las especies a la reducción de oxígeno causada por dicha contaminación y son esos valores los que representan el promedio simple de los valores de tolerancia en las especies.

6.10.1 Índices bióticos para el análisis de la calidad de agua

Durante varios años las metodologías para el análisis de calidad del agua con macroinvertebrados se basan principalmente en tres índices bióticos principales:

- El Índice BMWP (Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico), que se ha aplica en estudios en América del Sur, incluido Ecuador, debido a la similitud geográfica de los territorios (Roldán, 2016).
- El índice ABI (*Andean Biotic Index* o Índice Biótico Andino) que es destinado a ríos altoandinos a más de 2.000 m.s.n.m, tomando en cuenta los cambios en los parámetros fisicoquímicos, como la temperatura y altitud, utilizando una menor cantidad de familias.
- El índice EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), adaptado en diversos estudios, su aplicación valora la salud de los ecosistemas acuáticos y es consistente para estudio limnológico y ecológico (Lapo et al., 2025).

Tabla 1. Clasificación de la calidad del agua basada en los índices BMWP, ABI y ETP

BMWP		ABI		EPT	
Rango	Calidad	Rango	Calidad	Rango	Calidad
Mayor a 100	Buena	Mayor a 96	Muy Buena	De 75 a 100 %	Muy Buena
De 61 a 100	Aceptable	De 59 a 96	Buena	De 51 a 74 %	Buena
De 36 a 60	Dudosa	de 36 a 58	Moderada	De 25 a 50 %	Regula
De 16 a 35	Crítica	Menor a 35	Mala	Menor a 24 %	Mala
Menor a 15	Muy Crítica	-	-	-	-

Fuente: Lapo et al., 2025.

6.11 Biological Monitoring Working Party (BMWP)

La calidad del agua ha sido tradicionalmente evaluada mediante análisis fisicoquímicos y bacteriológicos; sin embargo, en años recientes, países de diversas regiones han incorporado el uso de macroinvertebrados para evaluar los ecosistemas acuáticos (Roldán, 2016). Este grupo se ha convertido uno de los principales componentes dentro de las normativas internacionales, por su presencia constante como grupo funcional y por la capacidad de ciertos taxones para resistir condiciones hipóxicas (Rodríguez et al., 2021). Gracias a ello, se puede identificar áreas donde la calidad del agua se encuentra alterada.

El índice *Biological Monitoring Working Party* (BMWP) se desarrolló en Inglaterra en 1970, como un método práctico y rápido para evaluar la calidad del agua por medio de macroinvertebrados como bioindicadores. Esta técnica fue diseñada principalmente por motivos económicos y para agilizar el tiempo de análisis, ya que la identificación de los especímenes se realiza hasta el nivel de familia y los datos se registran cualitativamente, considerando la presencia o ausencia de esas comunidades (Armitage, 1983). El índice asigna puntajes entre 1 y 10 según la tolerancia de cada familia a la contaminación; por ejemplo, las familias Perlidae y Oligoneuriidae, familias sensibles, obtienen 10 puntos, mientras que Tubificidae, reciben un valor de 1. De esta forma la puntuación total del BMWP se obtiene sumando los valores de todas las familias presentes (Roldán, 20216).

De acuerdo con el conocimiento sobre fauna acuática de cada país, la evaluación ambiental puede realizarse con detalles específicos, este índice es un método numérico que brindan información y criterios para medir la contaminación desde la perspectiva de la integridad ecológica. En países como Alemania que tiene una amplia experiencia en fauna acuática, usan métodos alternativos como el saprobio que requiere una identificación más puntual llegando incluso hasta el nivel de especie. De igual manera, países de Europa y Asia, optan por métodos basados en órdenes, familias y a veces géneros, ya que se ha demostrado alta efectividad, y con ello ahorro de tiempo y recursos (Leaño & Pérez, 2020).

6.11.1 Antecedentes de BMWP en Ecuador

En Ecuador, existen varias investigaciones realizadas mediante el índice BMWP para determinar la calidad del agua, tanto en la parte sierra como en el sector costa. En el Río Pachanlica en la provincia de Tungurahua, por ejemplo, se tomaron muestras de macroinvertebrados bentónicos en dos periodos, abril-diciembre 2010 y enero-junio 2011 (Caiza & Guerrero, 2025). Los valores del BMWP variaron de 2 a 34 en el primer período y de 0 a 36 en el segundo, indicando aguas con calidad crítica a muy crítica, demostrando la sensibilidad del índice para detectar deterioros, en ríos altoandinos, además de utilizar el índice EPT para corroborar la información. La conclusión de este trabajo fue que el agua se ve afectada por impactos antrópicos o condiciones propias de la cuenca, lo que lo hace prioridad para gestionar de mejor manera sus servicios ecosistémicos (Bueñaño et al., 2018).

De la misma manera en la costa específicamente en el río Paján, durante noviembre de 2016 a enero 2017, se determinó la calidad del agua en sustentos puntos incluyendo la salida de una planta de tratamiento de aguas residuales. Se recolectaron 3.349 insectos pertenecientes a 35 familias y diez órdenes, destacando las familias Chironomidae (Diptera) y Baetidae (Ephemeroptera) como las más dominantes con pequeñas diferencias entre los puntos de muestreo (Yumbo et al, 2018). Los índices IBF y BMWP presentaron valores promedio de 6,7 y 55,3, respectivamente, señalando una calidad de agua de regular a mala. Estos resultados, junto con el análisis de algunos parámetros como concentraciones bajas de Oxígeno Disuelto (3,5 – 3,75 mg/L) y altos niveles de sólidos totales disueltos (1.500 – 1.594 mg/L), indican que el río enfrenta fuertes presiones ambientales que deterioran su calidad, afectando su potencial como fuente de agua dulce (Damanik et al., 2016).

6.12 Monitoreo biológico con macroinvertebrados

A continuación, se describe el monitoreo biológico que se realizan con macroinvertebrados:

6.12.1 Fase de preparación

Para seleccionar una buena técnica de monitoreo con macroinvertebrados, se considera las condiciones del lugar, los recursos disponibles y la obtención de los materiales a utilizar. La técnica debe aplicarse uniformemente en todas las zonas elegidas, asegurando la misma longitud y duración en tiempo para validar la

comparación de los datos (Jiménez, 2021). A través del monitoreo biológico, que registra información de macroinvertebrados presentes, podemos evaluar la calidad hídrica, ya que estas especies varían según la contaminación presente.

Para realizar este tipo de monitoreo es necesario definir las zonas de estudio, priorizando lugares que reflejen problemas como descarga de aguas servidas o lixiviado de residuos sólidos (Pérez et al., 2016). También el conocer las características del área puede facilitar la manipulación de técnicas y equipos desde calzados hasta medidores de parámetros fisicoquímicos y de redes a utilizar. No obstante la ayuda de personas capacitadas puede favorecer a un trabajo conjunto y la distribución de responsabilidades (Sibaja, 2024).

6.12.2 Fase de observación

Para la recolección de datos en el sitio elegido se debe hacer un recorrido para identificar al menos dos estaciones de monitoreo: una saludable, que esté en un aparente buen estado, y otra con señales de alteración, como contaminación. Durante esta etapa es esencial registrar datos básicos como la fecha, hora, ubicación y condiciones de la zona, tales como el tipo de corriente, color y olor del agua, así como las condiciones meteorológicas (soleado, nublado o lluvioso) y parámetros ambientales. Es decir, una descripción completa del área a investigar, ya que estos factores influyen en la diversidad y abundancia de los organismos (Caiza & Guerrero, 2025).

Se debe contar con un mapa que detalle el área de estudio, incluyendo no solo el río o estero sino también las actividades humanas adyacentes que puedan afectar la calidad del agua, tales como ganadería e industrias en sus alrededores. Coordinar los días de salida, hacer un cronograma de trabajo, teniendo en cuenta el comportamiento de algunos organismos por la mañana, tarde o noche, ya que se debe realizar la recolectar, su identificación y el registro de datos (Pérez et al., 2016).

6.12.3 Fase de operación

Una vez llegado a esta fase se ejecuta la colecta de organismos en las áreas seleccionadas, delimitadas en tramos de aproximadamente 30 a 50 metros, marcados con estacas para establecer los límites de muestreo (Jiménez et al., 2021). Para capturar los macroinvertebrados, la red debe estar en dirección opuesta a la corriente del río, desde la primera estaca ubicada a un extremo hasta el otro extremo, mientras se remueve el sustrato con los pies o bien haciendo un raspado en el terreno, para desalojar los organismos y sedimentos que serán atrapados en la red. Este proceso se lleva cabo hasta que se logre completar la totalidad de la extensión o si ya se dificulta la manipulación de la red (Roldán et al, 2016).

Según el tipo de red empleada, la técnica de recolección cambia y se adapta a diferentes organismos, por ejemplo, con la red tipo D se realiza un barrido en las orillas para capturar insectos que nadan y aquellos que viven en la vegetación sumergida; a diferencia de la red patada que se fija en dirección contrario a la

corriente removiendo el sustrato para atrapar organismos en la red (Pérez et al., 2016). Para completar la colecta, también se remueven de forma manual troncos, hojas y piedras que pueden servir de refugio a algunos individuos. El material colectado se deposita en recipientes con agua, para luego transferirlo a bandejas limpias, donde se realiza la separación manual de los macroinvertebrados, que posteriormente se preservan en frascos con alcohol al 70% debidamente rotulados para su identificación (Caiza & Guerrero, 2025).

6.12.4 Fase de gabinete

Esta etapa permite analizar y organizar la información obtenida en campo, detallando los organismos encontrados, así como la cuantificación de las familias presentes, para posteriormente calcular los índices como el BMWP mediante la suma de sus valores de sensibilidad y determinando la calidad del agua. Por último, se elabora un informe que describe los hallazgos a la comunidad científica y a instituciones públicas, para socializar esta información y promover toma de decisiones en el manejo adecuado de los recursos hídricos (Pant et al., 2020).

6.13 Represa Velasco Ibarra

El sector Velasco Ibarra, del cantón La Libertad en la provincia de Santa Elena, alberga una gran extensión de represa construida en la década de 1950 y funciona como un humedal artificial que previene inundación temporal con un caudal

controlado. Este cuerpo hídrico se alimenta principalmente de vertientes que se activan durante el tiempo de lluvias intensas (Briones et al., 2001).

6.13.1 Estado Ecológico de la represa

La falta de mantenimiento adecuado ha causado la mezcla del agua con agua marina, así la salinidad va en aumento cada año. El área presenta un clima árido con vegetación costera alterada, predominando especies xerofíticas como Muyuyo (*Cordial lútea*), Barbasco (*Jacquinia pubescens*) y *Lantana sprucei*, siendo esta la especie dominante, esta vegetación ribereña se encuentra en grave deterioro, motivo por el cual el área está destinada a la conservación por su vulnerabilidad (GAD de Salinas, 2021).

6.13.2 Presión antropogénica en la represa

La zona presenta asentamientos urbanos con invasiones sin servicios básicos, y fincas con viviendas sencillas conectadas mediante mangueras al suministro de agua. El crecimiento poblacional va cada año en aumento, mientras que las actividades agropecuarias se ven limitadas por la baja calidad del agua, a esto se suma la carencia de tratamiento adecuado de aguas residuales. La superficie de influencia, es cercana a 18.500 hectáreas, de las cuales 11% son de fincas, el 60% se destina para uso agropecuario, espacios urbanos (24%) y zonas agroindustriales costeras (5%). La biodiversidad registrada en el humedal incluye tres especies de

mamíferos, 24 especies de aves, cinco especies de reptiles y tres especies de peces (GAD José Luis Tamayo, 2019).

6.14 Salud Ecológica

El estado en el que un ecosistema funciona correctamente manteniendo su integridad física, química y biológica sin presencia de alteraciones graves que comprometan su fertilidad y estabilidad, se lo conoce como Salud Ecológica. Un ecosistema sano carece de patógenos que dañen la dinámica poblacional, manteniendo la diversidad funciones esenciales, estructura y procesos naturales con capacidad de recuperación (Mendoza et al., 2023).

6.15 Factores de estrés ecológico

Las respuestas fisiológicas y comportamientos que los organismos desarrollan frente a estímulos de estrés ecológicos, pueden incluir factores ambientales como fluctuaciones en el cambio de temperatura o poca disponibilidad de alimento, factores naturales que incluyen la competencia por la reproducción e inanición, factores antropogénicos que van desde la cacería hasta el turismo. Por ellos la selección natural modela los rasgos fenotípicos que facilitan la adaptación del organismo a su hábitat, modificando sus estrategias ecológicas de comportamiento y supervivencia (Ovejero, 2016).

6.15.1 Estrés antropogénico y ambiental

El impacto del ser humano sobre el medio ambiente se manifiesta en una importante contaminación del aire y suelo, que a su vez afecta la salud de ecosistemas acuáticos. La quema masiva de combustibles fósiles en industrias, vehículos y centrales eléctricas libera grandes cantidades de gases contaminantes y partículas tóxicas, como dióxido de carbono, óxidos de nitrógeno, dióxido de azufre, metales pesados y compuestos orgánicos volátiles (Mora et al., 2021).

La contaminación del suelo, al infiltrarse hacia cuerpos de agua, genera eutrofización y pérdida de oxígeno, disminuyendo la calidad y equilibrio de ríos, lagos y humedales, lo que compromete tanto la salud ambiental como la humana (Anwar et al., 2025). La alteración de las condiciones normales del entorno, resultado del aumento de gases contaminantes y el cambio climático, afectan la dinámica natural de los ciclos de vida de los sistemas biológicos. Estos cambios se originan debido a las variaciones en la temperatura, alteraciones en los patrones de radiación solar, humedad y disponibilidad de recursos básicos como el alimento y el agua, cambios que afectan a toda la cadena trófica (Domínguez, 2021).

6.16 Amenazas de contaminación

A continuación, se describe los factores antropogénicos que dan lugar a las amenazas más comunes en la contaminación de los ambientes:

6.16.1 Vertedero de basura

Latinoamérica enfrenta un crecimiento urbano acelerado y desorganizado que afecta su población e infraestructura, especialmente en las áreas urbanas, este proceso ha sido impulsado por políticas complejas con programas y proyectos que afectan la estabilidad y sostenibilidad del territorio (Soliz et al., 2020). La planificación territorial promueve que los Gobiernos Autónomos integren aspectos ambientales y sociales para minimizar los impactos negativos ecosociales. Sin embargo, la contaminación causada por la actividad productiva y la ruptura de ciclos naturales transforma los espacios urbanos, afectando flora, fauna y humanos. Los Residuos Sólidos Urbanos (RSU) han ganado relevancia en las políticas públicas urbanas, promoviendo sistemas en constante evolución, este tema ha representado siempre un reto para las ciudades del mundo, tanto en el manejo, los costos y demás factores (Rodríguez & Baca, 2021).

6.16.2 Sector agrícola

Más del 64% de la producción agrícola en Ecuador está gestionada por pequeños productores, y la agricultura familiar campesina aporta cerca del 60% de los alimentos que se consumen en el Ecuador, contribuyendo a la oferta de productos de exportación, representando cerca del 80% de las Unidades Productivas Agropecuarias (UPAS) de cacao y el 93% de las UPAS de café (FAO Ecuador, 2017). Sin embargo, el desarrollo agrícola trae consigo impactos, si bien los fertilizantes químicos y los pesticidas, herbicidas plaguicidas, son esenciales para

aumentar el rendimiento agrícola y proteger los cultivos de las plagas, deben utilizarse de forma responsable, ya que pueden afectar negativamente las aguas superficiales. Estos promueven la acumulación excesiva de nutrientes, que causan eutrofización y deteriorando el agua (Zahoor & Mushtaq, 2023).

Esta actividad, la producción agrícola, reduce los niveles de oxígeno, modifica los canales y márgenes de los ríos, cambia la vegetación ribereña, y eleva la erosión y sedimentación, provocando mayor turbidez. Por ejemplo, la del río Guayas, el crecimiento de asentamientos humanos e industrias ha provocado incrementos en variables físicas y químicas del agua, tanto en pH, temperatura, conductividad, nitratos y fósforo, planteando un desafío ambiental para mantener la sostenibilidad del sector (Ferrer et al., 2024).

6.16.3 Aguas residuales

Una mezcla de residuos líquidos de diferentes orígenes, como viviendas, industrias e instituciones, conforman un flujo que puede impactar negativamente el medio ambiente por su carga contaminante. Su composición varía según factores socioeconómicos, lo que hace necesario conocer su composición química para elegir el tratamiento más apropiado, puesto que normalmente, estos líquidos acaban en ríos, lagos o en el terreno, provocando contaminación si no son debidamente tratados (Jerves et al, 2025).

7. MARCO METODOLÓGICO

7.1 Tipo de Investigación

El trabajo de investigación que se realizó es de tipo cualitativo y cuantitativo, ya que se permitió describir de forma objetiva las características de la represa Velasco Ibarra como un ecosistema funcional con sus factores bióticos y abióticos, recolectando de manera *in situ*, parámetros fisicoquímicos con los que se ejecutó un análisis correlacional con el objetivo de determinar la influencia en el comportamientos de los organismos e identificando además la frecuencia de la intervención humana y como esta puede incidir en el estado de salud ecológico. Es decir, la combinación de estos dos tipos de investigación nos ayudó a que el método sea descriptivo y correlacional, agregando más de una variable.

7.2 Área de estudio

La represa Velasco Ibarra es un humedal, ubicado en la Provincia de Santa Elena, tiene alrededor de 424 ha de superficie siempre inundada, la cual presenta un clima tropical seco y árido influenciado por la corriente fría de Humboldt, con temperaturas promedio de alrededor de 25 °C, una temporada seca predominante y precipitaciones concentradas en febrero y marzo. La inspección del área de estudio dio a conocer la vegetación, sendero, perturbaciones y riesgos que se presentan en los alrededores del sector. Como resultados se encontraron varias entradas, y se consideran en la Figura 13 las tres con mayor accesibilidad.

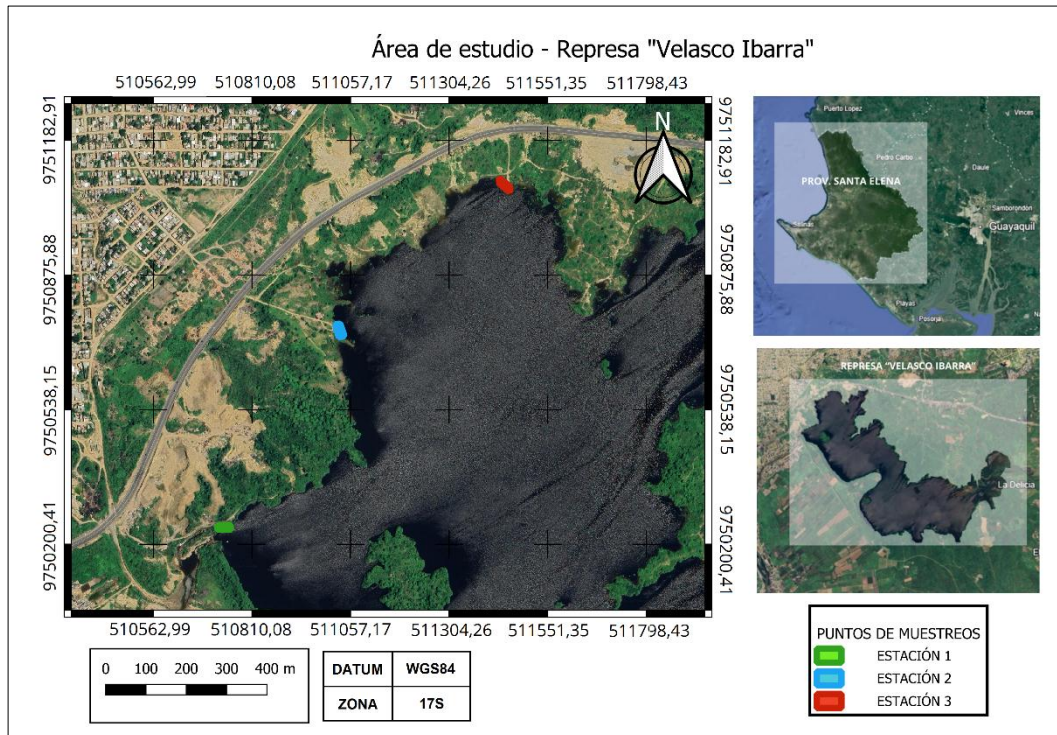


Figura 13. Ubicación del área de estudio en la represa Velasco Ibarra.

Para el estudio se contó con un área de 1 Km aproximadamente en la parte noroeste, divididas en tres zonas de muestreos con accesibilidad inmediata a sus aguas. A continuación, se presentan en las coordenadas en la Tabla 2.

Tabla 2. Coordenadas de las Estaciones de muestreo

Estaciones	Coordenada	
	Latitud	Longitud
Estación 1	02° 15' 35" S	80° 54' 12" O
Estación 2	02° 15' 18" S	80° 54' 03" O
Estación 3	02° 15' 06" S	80° 53' 49" O

7.3 Descripción de la metodología

A continuación, se describe la metodología aplicada:

7.3.1 Delimitación de las Estaciones

Se tomó en cuenta siguiendo los criterios establecidos por Roldán & Ramírez (2022) para ecosistemas lénticos, considerando: accesibilidad al cuerpo de agua; representatividad de diferentes condiciones ambientales; presencia de diferentes tipos de sustrato; variación en las actividades antropogénicas circundantes.

Las tres Estaciones se ubicaron aproximadamente a 500 m entre sí, siguiendo las recomendaciones de Carrera & Fierro (2001) para estudios de macroinvertebrados en sistemas acuáticos continentales. En cada estación se delimitaron 40 metros lineales, distribuidos en tres réplicas espaciales de 10 m separadas por 5 m, el muestreo se realizó con una frecuencia de cada 15 días, en zonas con una profundidad menor de 50 cm en la orilla de la represa y considerando la vegetación marginal presente (Pérez et al., 2016).

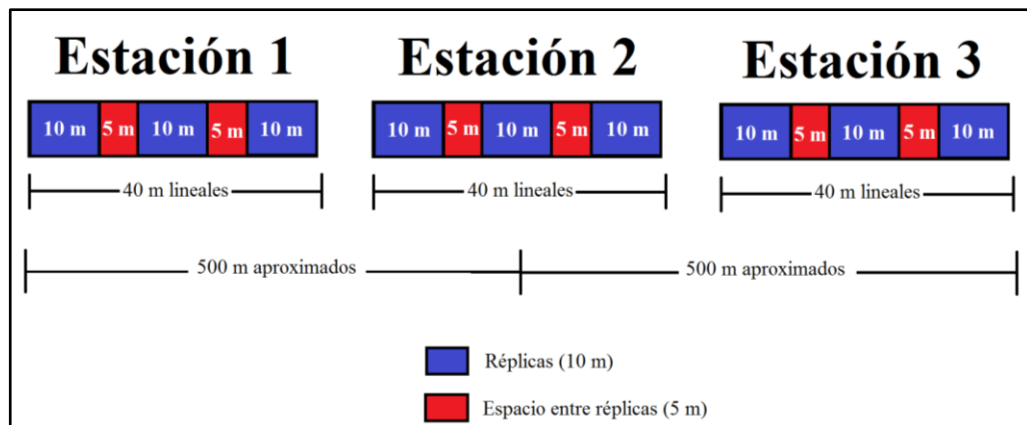


Figura 14. Representación de las 3 Estaciones en la represa Velasco Ibarra.

7.3.2 Recolecta de muestras

Para la recolección de las muestras se utilizó la red tipo D con diámetro de 30 cm y malla de 500 micras; se realizó un barrido mediante el método de arrastre manual “*Kick sampling*” en las orillas con tres repeticiones por cada punto de muestreo y el sedimento se colocó en un tamiz de 2 mm, para poder observar los macroinvertebrados bentónicos. Además, la recolección manual, que consiste en la observación debajo de las hojarascas, piedra, troncos, y demás materiales que sirva de refugio a los macroinvertebrados (Carrera & Fierro, 2001).

Se consideró la posibilidad de extraer organismos para su identificación, en caso de que hubiera sido necesario; para ello, se almacenan en recipientes plásticos de 0,5 litros, para la preservación en alcohol al 70%, y trasladado al laboratorio de la Facultad Ciencias del Mar con el fin de llevar a cabo la observación con la ayuda de estereoscopio y claves taxonómicas llegando hasta el nivel más bajo posible. Sin embargo, cabe recalcar que, reconocidas las características morfológicas de los individuos en el área de estudio, no fue necesario trasladarlos; debido a que la metodología indica la observación *in situ* para no dañar la diversidad presente (Roldán, 2012).

7.3.3 Registro de parámetros fisicoquímicos

Se tomaron en cuenta las condiciones climáticas que se tenía en cada monitoreo, antes de registrar los parámetros fisicoquímicos se verificó la profundidad de la zona, ya que debió ser menos a 50 cm, para asegurar la presencia del bento (Roldán

& Ramírez, 2022). Parámetros como temperatura, Conductividad eléctrica, pH, sólidos totales disueltos, fueron medidos con el multiparámetro marca ®ECLAB; los datos de salinidad se tomaron con ayuda de un refractómetro marca ®Biomed y el Oxígeno Disuelto se registró con el medidor portátil de DO marca ®Apera. Estos datos fueron almacenados en la base de datos hasta culminar todos los monitoreos para su posterior análisis.

7.3.4 Anotación de datos

Se utilizó una bitácora de campo con la que se tomó apuntes de los datos de la zona, incluyendo coordenadas, el lugar, estaciones y replicas, los organismos encontrados, su orden, familia, asimismo de género y especie si fuera posible, además de los parámetros ya mencionados cada día de muestreo.

7.3.5 Identificación taxonómica

La identificación taxonómica de los macroinvertebrados se realizó mediante guías de identificación que permitieron reconocer los organismos según sus características visibles, tomando en cuenta sus rasgos corporales (presencia de conchas, número de segmento, su comportamiento en el ambiente, entre otros (Andino et al., 2017). Estas guías fueron tomadas por la semejanza que tiene los países donde se elaboraron los estudios con ecosistemas ecuatorianos.

- ✓ Guía de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca hidrográfica del Paraná 3 por Wong Fernando en 2024.
- ✓ Identificación de macroinvertebrados acuáticos indicadores de calidad del agua en quebradas y ríos de Costa Rica por Sibaja en 2024.
- ✓ Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo por Andino et al., 2017.
- ✓ Guía de macroinvertebrados bentónicos de la provincia de Orellana por Pérez et al, en el 2016.
- ✓ Id-Tax. Catálogo y claves de identificación de organismos invertebrados utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico por Garrido et al., 2012.
- ✓ Identification guide of freshwater macroinvertebrates of Spain, Oscoz et al., 2011.
- ✓ Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia por Roldán Gabriel (1996).

7.3.6 Observación de organismos

Los organismos que no fueron reconocidos en campo, una vez trasladados a las instalaciones de los laboratorios de Facultad de Ciencias del Mar se los extrajo del recipiente con mucho cuidado, se los coloco en una caja petri con tapa para mayor seguridad y se los observó en el estereoscopio, verificando así cada una de las características con el que podemos identificar su escala taxonómica.

7.4 Análisis de Datos

A continuación, se detalla el análisis de datos registrados para este estudio:

7.4.1 Cálculo del Índice BMWP

Para calcular el índice BMWP se utilizó la tabla de puntajes de familias de macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua en los sitios de muestreo seleccionados. Para ello se tomó en consideración el trabajo de Roldán (2012) con modificaciones de García y Endara (2020), que selecciona familias específicas de Ecuador. Este asigna los valores correspondientes a cada organismo presente en la Tabla 3, se suma el puntaje y se determina el grado de calidad de agua según los rangos asignados en los valores del BMWP/Ecu.

Tabla 3.A. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Ecu.

Orden	Familia	Ptos	Orden	Familia	Ptos
Diptera	Culicidae	3	Trichoptera	Leptoceridae	8
	Dixidae	7		Limnephilidae	9
	Dolichopodidae	4		Odontoceridae	10
	Empididae	5		Philopotamidae	8
	Ephydriidae	2		Polycentropodidae	7
	Limoniidae	4		Xiphocentronidae	8
	Muscidae	3		Hydroida	Hydriidae
	Psychodidae	2	Veneroidea	Sphaeriidae	4
	Sciomyzidae	3	Hygrophila	Lymnaeidae	4
	Simuliidae	7		Physidae	3
	Stratiomyidae	4		Planorbidae	3
	Syrphidae	1	Gordioidea	Gordiidae	9
	Tabanidae	4	Tricladida	Dugesiidae	5
	Tipulidae	4		Planariidae	7

Fuente: García & Endara, 2020.







Tabla 3.B. Puntaje de familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/Ecu.

Orden	Familia	Ptos	Orden	Familia	Ptos	
Arhynchobdellida	Cylicobdellidae	9	Ephemeroptera	Baetidae	7	
Rhynchobdellida	Glossiphoniidae	3		Euthyplociidae	9	
Haplotaaxida	Tubificidae	1		Leptohyphidae	7	
Trombidiformes	Lymnesiidae	10		Leptophlebiidae	9	
Hydracarina	Arrenuridae	6		Oligoneuriidae	10	
	Hydrachnidae	5	Hemiptera	Corixidae	5	
	Limnocharidae	6		Gelastocoridae	6	
Amphipoda	Hyaellidae	6		Gerridae	7	
Decapoda	Pseudothelphusidae	8		Naucoridae	6	
				Notonectidae	6	
Coleoptera	Curculionidae	5		Lepidoptera	Veliidae	7
	Dryopidae	6			Crambidae	8
	Dytiscidae	4			Pyralidae	8
	Elmidae	7		Sorbeoconcha	Thiaridae	5
	Gyrinidae	9		Megaloptera	Corydalidae	6
	Haliplidae	4	Aeshnidae		7	
	Heteroceridae	4	Odonata	Calopterygidae	7	
	Hydraenidae	9		Coenagrionidae	7	
	Hydrophilidae	4		Gomphidae	8	
	Lampyridae	9		Libellulidae	7	
	Limmichidae	6		Polythoridae	8	
	Lutrochidae	6		Plecoptera	Gripopterygidae	10
	Noteridae	4			Perlidae	9
	Psephenidae	8	Trichoptera	Anomalopsychidae	10	
	Ptilodactylidae	7		Atriplectididae	10	
	Scirtidae	9		Calamoceratidae	10	
	Sphaeriidae	5		Glossosomatidae	8	
	Staphylinidae	5		Helicopsychidae	7	
	Diptera	Athericidae		8	Hydrobiosidae	8
		Blephariceridae		10	Hydropsychidae	7
Ceratopogonidae		4		Hydroptilidae	7	
Chironomidae		2				

Fuente: García & Endara, 2020.

Gracias a este índice, se puede determinar el estado ecológico, debido a que los organismos con mayor puntaje tienen más sensibilidad, y aquellos con valores bajos suelen ser más tolerantes a contaminantes (García & Endara, 2020).

Tabla 4. Clases de la calidad y valores asignados al BMWP/Ecu.

CLASE	CALIDAD	Rango 376		COLOR
		Mínimo	Máximo	
I	Muy Buena		>116	
II	Buena	96	115	
III	Aceptable	76	95	
IV	Dudosa	41	75	
V	Crítica	11	40	
VI	Muy Crítica		<10	

Fuente: García & Endara, 2020

7.4.2 Prueba de Normalidad

Se determinó la Normalidad a través de la prueba de Shapiro-Wilk, la cual define una hipótesis alternativa en la que la muestra proviene de una distribución no normal. De esta forma si el valor p calculado es menor al nivel de significancia establecido, se rechaza la hipótesis nula y se plantea seguir el análisis con pruebas no paramétricas. (Sánchez et al., 2024).

7.4.3 Correlación de Spearman

La correlación de Spearman ayuda a evaluar la relación que existe entre los organismos encontrados agrupados en la escala de orden y los parámetros fisicoquímicos (temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, sólidos totales disueltos, pH, salinidad), esto porque los datos no cumplieron con la normalidad. Esta prueba no paramétrica se basa en los rangos de las variables en lugar de sus valores absolutos, lo que la hace adecuada para datos ordinales o no

distribuidos normalmente (Roy et al., 2020). Se utilizó la siguiente fórmula (Spearman, 1904) para poder correlacionar:

$$r_s = 1 - \frac{6 \cdot \sum d_i^2}{n \cdot (n^2 - 1)}$$

Donde:

r_s : Es el coeficiente de correlación de Spearman.

d : Es la diferencia de rangos entre parámetros fisicoquímicos y valor del índice BMWP.

n : Es el número de casos.

7.4.4 Interpretación de los rangos

Mediante este análisis se pudo determinar qué parámetros favorecen o perjudican a los macroinvertebrados, ayudando a evaluar la calidad del agua y su estado ecológico, tomando en cuenta la interpretación de la siguiente Tabla 5.

Tabla 5. Interpretación de la magnitud del coeficiente de correlación

Rango de valor r	Interpretación
$0.00 \leq r < 0.10$	Correlación nula
$0.10 \leq r < 0.30$	Correlación débil
$0.30 \leq r < 0.50$	Correlación moderada
$0.50 \leq r < 1.00$	Correlación fuerte

Fuente: Hernández et al., 2018

7.4.5 Identificación actividades antropogénicas

Las actividades antrópicas que intervienen en la calidad del agua de la represa y sobre la abundancia de los macroinvertebrados, fueron enlistadas y analizadas a través de métodos de observación directa, por cada Estación de monitoreo. Posteriormente, se procedió a analizar dichos datos a través del índice de perturbación humana (IPH) como lo señala Gómez & Méndez (2018).

7.4.6 Índice de Perturbación Humana (IPH)

El Índice de Perturbación Humana (Kepfer, 2008) emplea información cualitativa para evaluar áreas específicas afectadas por las acciones humanas. Esto quiere decir que, se otorgan valores cuantitativos basados en el criterio y juicio personal del investigador. Según Palma & Rogel, 2021 para emplear el índice, se necesita enlistar las actividades humanas que lleguen a ser consideradas como agente de perturbación o de contaminación de un medio natural, los cuales, se les asigna o pondera un número como se muestra en la Tabla 6.

Tabla 6. Escala de valoración de actividades antrópicas

Rangos	Impacto
0 – 3	Leve
4 – 7	Moderado
8 – 10	Severo

Fuente: Chingal & Saldaña, 2017

Los valores que se acercaron al 10 representan a los sitios donde las actividades humanas han ocasionado las transformaciones más graves al ecosistema y los valores cercanos a 0 son los sitios en donde las condiciones fueron más parecidas a las naturales. De acuerdo con el índice de perturbación humana (IPH) descrito en el trabajo de Kepfer, 2008, se tomó en cuenta un modelo de cálculo que permite encontrar los valores porcentuales.

$$IPH = \frac{\sum \text{Valores de cada criterio de Impacto}}{N^{\circ} \text{ Criterios de Impacto} \times 10} \times 100$$

Según el valor de las actividades antropogénicas en cada Estación de muestreo se les asignaban las categorías de impacto con las letras (A, B, C o D). En la tabla 7, se describe las categorías.

Tabla 7. Categorización y rangos de perturbación humana (IPH)

Categoría de impacto	Rango	Descripción
Mínimo A	0 – 25 %	La modificación tiene un impacto insignificante en la calidad del hábitat, la diversidad, tamaño o variabilidad.
Pequeño B	26 – 50 %	La modificación se limita a escasas localidades y el impacto en la calidad del hábitat, la diversidad, tamaño o variabilidad es muy pequeño
Moderado C	51 – 75 %	Las modificaciones están presentes en un número pequeño de localidades y el impacto en la calidad de hábitat, la diversidad, etc., y está muy limitado.
Extenso D	76 – 100 %	La modificación generalmente se presenta con un claro efecto perjudicial para la calidad de hábitat, sin embargo, permanecen sin ser influenciadas

Fuente: (Kepfer, 2008)

8. RESULTADOS

8.1 Identificación de los macroinvertebrados presentes

La comunidad de macroinvertebrados bentónicos registrada en el monitoreo fue de 1.367 individuos, donde se identificó dos grupos de Phylum Arthropoda, Mollusca repartidos en 285 Dípteros, 34 Hemípteros, 6 Odonatos, 2 Coleópteros, Hygrophila con 37 y Sorbeoconcha con 1.003 organismos siendo el orden con más presencia en las tres Estaciones. Tabla 8.

Tabla 8. Total de organismos identificados por Orden, Familia y Género

Orden	Familia	Genero	Individuos
Díptera	Chironomidae	<i>Chironomus</i>	285
Hemíptera	Gerridae	<i>Rheumatobates</i>	31
Hemíptera	Vellidae	<i>Microvelia</i>	3
Odonata	Libellulidae	<i>Erythrodiplax</i>	5
Odonata	Coenagrionidae	<i>Acanthagrion</i>	1
Coleóptera	Dytiscidae	<i>Rhantus</i>	2
Hygrophila	Planorbidae	<i>Gyraulus</i>	37
Sorbeoconcha	Thiaridae	<i>Melanoides</i>	1.003

En la Figura 15 se representan los datos obtenidos: el orden Sorbeoconcha mostró la mayor abundancia con la familia Thiaridae, el cual tuvo un total de 73,43%, encontrándose un mismo género *Melanoides*; por el contrario, en el orden Odonata presentó la menor abundancia con la familia Coenagrionidae con 0,07%, con un solo individuo recocido como *Acanthagrion*,

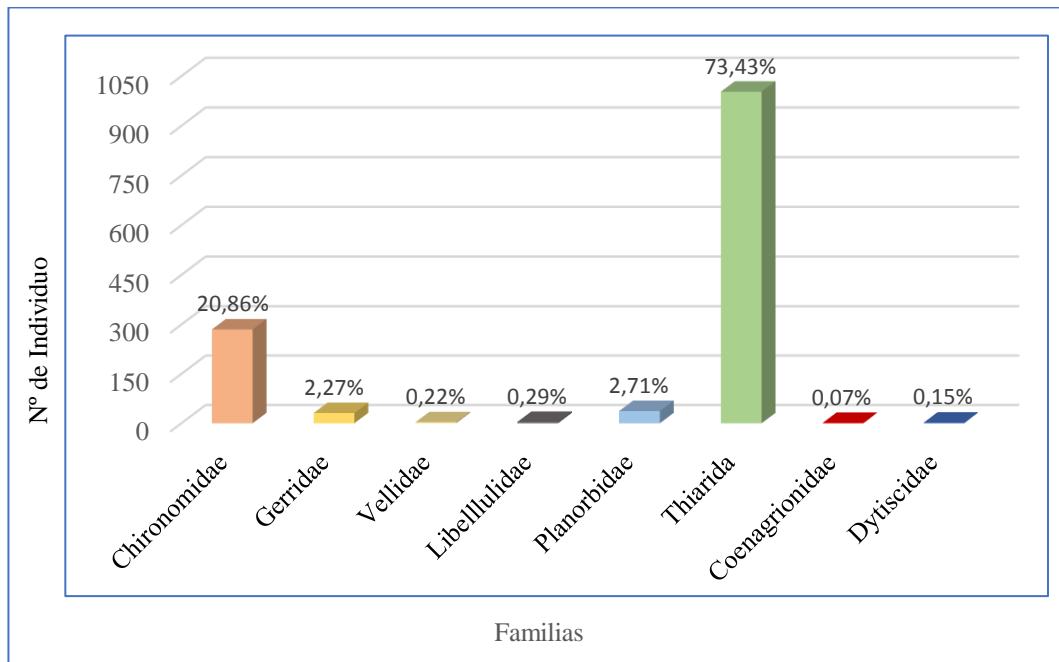


Figura 15. Porcentaje poblacional de macroinvertebrados encontrados en la represa Velasco Ibarra

8.2 Clasificación de los organismos mediante el Índice biológico (BMWP)

Se presentan también los valores de sensibilidad/tolerancia establecidos para el BMWP/Ecu, teniendo en cuenta la base de datos registrada en la represa Velasco Ibarra, además la ponderación de los valores asignados está respaldada por estudios realizados a nivel continental y nacional, como artículos científicos e informes técnicos con objetivos de determinar el estado ecológico de los ríos y humedales, pero también sobre impactos ambientales producido por factores antropogénicos.




La caracterización se realizó a nivel taxonómico de familia, para agruparlas por un valor numérico, según su grado de tolerancia a contaminantes. Tabla 9.

Tabla 9. Familias de macroinvertebrados con su respectivo indicador de calidad de agua

Clase/Orden	Familia	BMWP/Ecu
Insecta/Díptera	Chironomidae	2
Insecta/Hemíptera	Gerridae	7
	Vellidae	7
	Libellulidae	7
Insecta/Odonata	Coenagrionidae	7
	Dytiscidae	4
Insecta/Coleóptera	Dytiscidae	4
Gastropoda/Hygrophila	Planorbidae	3
Gastropoda/Sorbeoconcha	Thiaridae	5

Se determinó la calidad del agua con el índice BMWP el cual se calcula sumando las puntuaciones asignadas a cada familia presente en cada Estación, tomando en cuenta el grado de tolerancia a la materia orgánica. Estas puntuaciones tienen una escala de 1 a 10, donde 1 corresponde a las familias más resistentes a la contaminación y 10 a las más sensibles. De esta manera, se estableció el nivel de contaminación que presenta la represa, ya que en cada Estación se ponderó su calidad y se clasificaron en una misma categoría, identificándose con su color referencial, según se muestra en la Tabla 10.

Tabla 10. Caracterización de las Estaciones según su calidad de agua.

Estación	Rango	Significado	Calidad	Color referencial
E1	28	Aguas muy contaminadas	Crítica	
E2	28	Aguas muy contaminadas	Crítica	
E3	21	Aguas muy contaminadas	Crítica	

8.3 Normalidad de Shapiro-Wilk y Prueba de Homocedasticidad

La Normalidad de los datos registrados fue evaluada con la prueba de Shapiro-Wilk, observándose que ninguna de las diferentes familias identificadas cumple el supuesto de normalidad, repercutiendo en la toma de decisión para la elección de análisis estadístico. En este contexto se añadió la Prueba de Homocedasticidad de Levene, que expresó así mismo un resultado por debajo al nivel de significancia. Debido a que los datos no cumplen con la Normalidad ni Homocedasticidad requeridos para las pruebas paramétricas como ANOVA, se ejecutó la prueba Kruskal-Wallis para poder comparar las distribuciones (medianas) entre los organismos. Además de aplicar el Análisis de Correlación de Spearman, Análisis explicativos y relacional como Análisis de Componentes Principales (PCA) y Análisis de Correspondencia Canónica (CCA), respectivamente. Se realizaron estos supuestos estadísticos con ayuda del programa libre PAleontological STatistics PAST (Hammer et al., 2001) que es un software gratuito y de código abierto.

8.4 Prueba de Kruskal-Wallis

El análisis de Kruskal-Wallis aplicado a los seis órdenes de macroinvertebrados registrados dio un valor $p = 1,31 \times 10^{-15}$, esto significa que existen diferencias significativas entre los grupos evaluados ($p < 0,05$). Estos resultados evidenciaron que la distribución de los macroinvertebrados difiere entre las familias, sugiriendo que cada grupo responde de manera distinta a las condiciones ambientales presentes en la represa.

8.5 Tendencia y Asociación: Análisis de Correlación de Spearman

Se ejecutaron los análisis estadísticos con herramientas de correlación con el objetivo de relacionar cada uno de los parámetros ambientales, así como su influencia frente a los órdenes registrados. Además, los análisis multidimensionales que explican la variabilidad de la matriz abiótica y biótica, pero también la distribución de los órdenes de macroinvertebrados acuáticos.

8.6 Correlación de los parámetros fisicoquímicos

En la Figura 16 se describen las correlaciones según el método de Spearman.

8.6.1 Oxígeno Disuelto

Existe una correlación positiva débil entre el oxígeno disuelto y la temperatura de aproximadamente de 0,18 esto significa que existe una ligera tendencia donde el aumento de temperatura está asociado con la oxigenación del agua, pero es poco probable. La conductividad eléctrica y los sólidos totales disueltos por otro lado tiene una correlación positivamente moderada con unos 0,32 y 0,36 respectivamente, lo que indica que aguas con mayor contenido de iones y sólidos totales disueltos presentan condiciones que favorecen la oxigenación. El pH con 0,75 de correlación demostró que a una mayor alcalinidad mayor será su concentración de oxígeno disuelto. No obstante, no todas las variables tienen esta tendencia, sino que existe un -0,02 de correlación frente a la salinidad, mostrando una leve independencia con el oxígeno y finalmente la transparencia con -0,70

presentó una correlación negativa fuerte, lo cual es ecológicamente significativo ya que aguas más turbias limitan la fotosíntesis y por ende la producción de oxígeno.

8.6.2 Temperatura

El rango de temperatura con respecto a la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos tiene una correlación de 0,38 y 0,37 para cada parámetro, reportando que la movilidad iónica en el agua y el aumento de sustancias solubles favorecen al incremento térmico. Por otra parte, el pH influyó en poca medida al obtener un valor de 0,26 demostrando que las aguas más cálidas tienden a ser levemente más alcalinas en este sistema. La salinidad y la transparencia tuvieron una correlación negativa para la temperatura, las concentraciones de sal son prácticamente nulas con -0,06 a diferencia del -0,31 de transparencia que sugiere que aguas más cálidas tienden a ser más turbias, posiblemente por una mayor actividad biológica y proliferación de microorganismos.

8.6.3 Conductividad eléctrica

La salinidad obtuvo una correlación moderada positiva de 0,38, coherente con el hecho de que las sales disueltas contribuyen al aumento de la conductividad. Un 0,51 de correlación frente al pH indica que el aumento de iones disueltos estuvo moderadamente relacionado con la alcalinidad del agua, debido a la presencia de bicarbonatos que elevan tanto la conductividad como el pH. Los sólidos totales disueltos, demostraron una correlación fuerte positiva de 0,99 debido a que son los

principales responsables de la conductividad eléctrica del agua. Por otro lado, se reveló una correlación negativa moderada con la transparencia porque muestra -0,40 indicando que, un mayor contenido de minerales disueltos reduce la claridad del agua.

8.6.4 pH

El pH con 0,14 de correlación frente a la salinidad presentó una ligera tendencia que aguas alcalinas contengan mayores concentraciones de sales. Frente a los sólidos totales disueltos reveló una correlación moderada positiva de 0,52 que indica que aguas con sustancias disueltos llegan a ser alcalinas. La transparencia tiene una correlación fuerte negativa -0,54 frente al pH, es decir, a mayor alcalinidad, las aguas muestran mayor turbiedad.

8.6.5 Salinidad

La salinidad presenta una correlación moderada positiva de 0,38 con los Sólidos Totales Disueltos, indicando la existencia de otros compuestos no salinos que también contribuyen significativamente a los STD del sistema. Con la transparencia muestra una correlación nula de -0,03, demostrando que la salinidad por sí sola no tiene ningún efecto evidente sobre la claridad en este cuerpo acuático.

8.6.6 Sólidos Totales Disueltos STD

Se presenta correlación moderada negativa frente a la transparencia con -0,38, indicando que mayores concentraciones de sólidos totales disueltos STD se reducen la claridad del agua de manera apreciable.

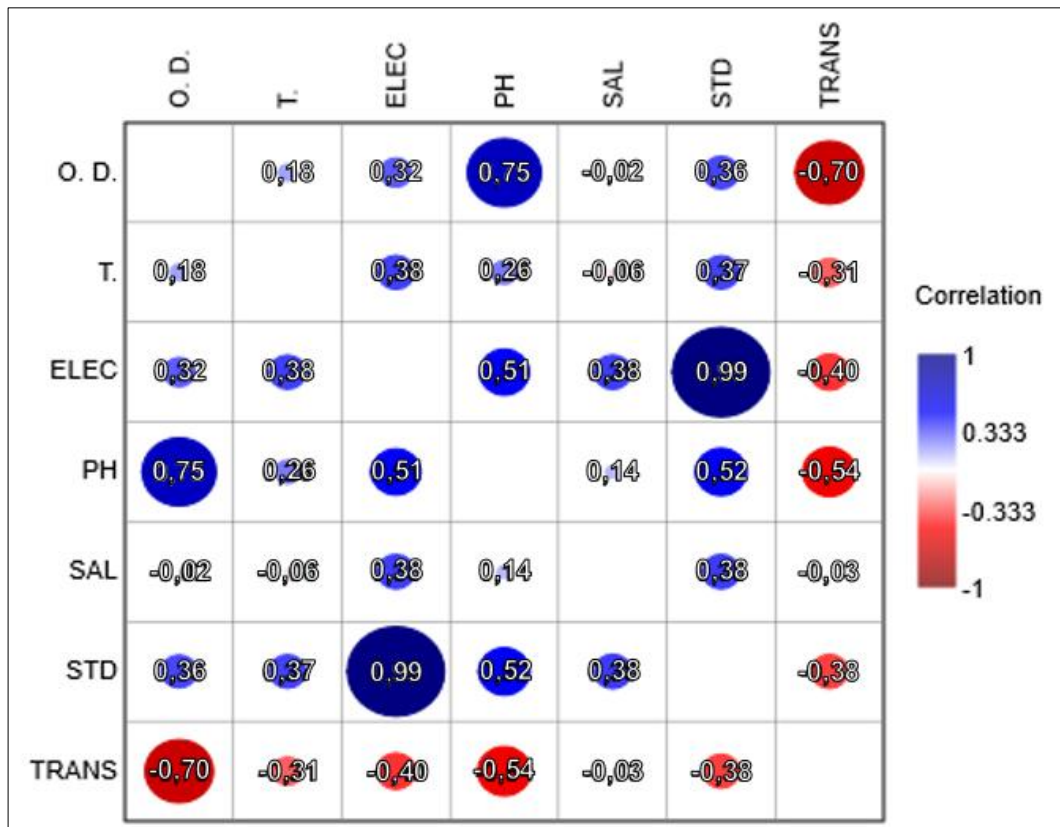


Figura 16. Diagrama de correlación entre las diferentes variables ambientales.

8.7 Correlación de los órdenes registrados y los parámetros fisicoquímicos

Los parámetros fisicoquímicos han sido relacionados con macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua a nivel mundial, debido a que existen acciones antrópicas que influyen sobre estos organismos. A continuación, se observa el análisis de correlación de Spearman entre las variables ambientales y el material biológico

identificado a nivel de orden para entender su relación con la calidad de agua en cada una de las estaciones analizadas en la represa. El uso del nivel taxonómico de orden (en contraste con el nivel de familia empleado en el BMWP) se justifica debido a que este nivel evita problemas de datos escasos en categorías más específicas y representa unidades ecológicas funcionales con respuestas ambientales coherentes (Tampo et al., 2021).

8.7.1 Estación 1

El orden Díptera presentó una correlación negativa fuerte con la salinidad (-0.91), indicando que estos organismos prefieren ambientes dulceacuícolas por sus limitaciones fisiológicas en sus mecanismos de osmorregulación; y con una negativa débil de conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos. También se hallaron correlaciones positivas moderadas con temperatura y pH (0.41), evidenciando preferencia por aguas más cálidas y alcalinas, características de ambientes con alta productividad primaria.

Los hemípteros carecieron de correlaciones positivas con los parámetros, mostrando a la salinidad con una relación negativa fuerte (-0.55), lo que valida su preferencia por hábitats dulceacuícolas. Además, las correlaciones negativas moderadas frente al oxígeno disuelto (-0.46) y pH (-0.32), explicando una breve adaptación a microambientes con contenido de materia orgánica en descomposición y condiciones ácidas.

Los Odonatos frente a la salinidad y transparencia exhibieron una correlación de 0,85, es decir en este sector los organismos están adaptados a aguas claras con cierto grado de mineralización. Caso contrario la temperatura, pH y oxígeno disueltos con correlaciones moderadas negativas, es decir, ellos prefieren aguas más frías, ligeramente ácidas y con menor saturación de oxígeno.

En el grupo de los Sorbeoconcha no presentaron correlaciones positivas. La relación negativa con oxígeno (-0.68) sugiere que estos organismos prosperan en ambientes bentónicos con sedimentos orgánicos donde el oxígeno es limitado. Su rechazo a la salinidad (-0,60) confirma su naturaleza dulceacuícola estricta. Su correlación nula con temperatura (0.09) indica amplia adaptación térmica esto los convierte en buenos colonizadores de fondos blandos en sistemas dulceacuícolas con carga orgánica moderada.

Durante el muestreo no se registraron organismos de los órdenes Hygrophila y Coleóptera, esta ausencia impide establecer relaciones ecológicas y comprender su comportamiento ambiental en esta Estación. Figura 17.

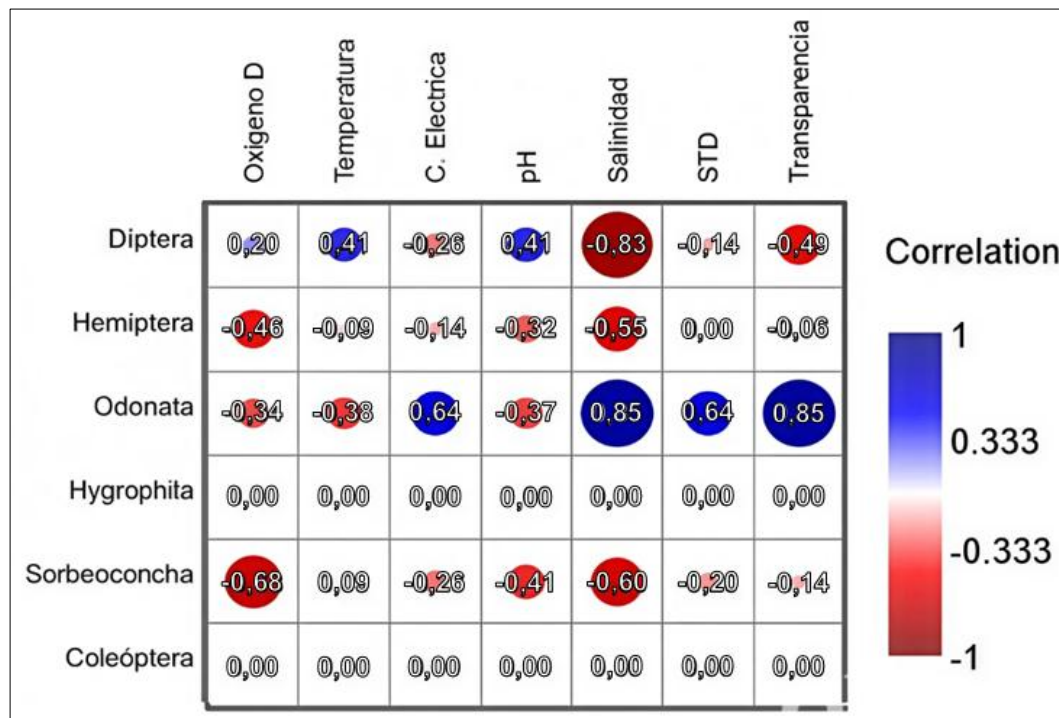


Figura 17. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 1.

8.7.2 Estación 2

En la Estación 2 los dípteros mostrarán correlaciones negativas muy fuertes con conductividad eléctrica y salinidad (-0.94), así como con sólidos totales disueltos (-0.93), lo que evidenció una sensibilidad extrema a la mineralización del agua. La correlación positiva moderada frente a transparencia (0.54) indicó aguas claras, relacionada con mayor disponibilidad de luz para el crecimiento de perifiton. La correlación casi nula con oxígeno disuelto (0.03) revela independencia respecto a este parámetro, es decir que existe adaptaciones respiratorias que les permiten sobrevivir en rango de saturación de oxígeno.

Los hemípteros en la Estación 2 describieron correlaciones positivas moderadas mayores a 0,50 con pH, transparencia y oxígeno disuelto, es decir que en este sector existen aguas más alcalinas, oxigenadas y claras, características de sistemas oligotróficos o mesotróficos. Además, la correlación negativa moderada con conductividad eléctrica (-0.51) confirma su rechazo a aguas mineralizadas.

En lo odonatos presentó una correlación positiva fuertes con conductividad eléctrica, pH, salinidad y solidos totales (todas >0.60), fortaleciendo su tolerancia por aguas mineralizadas. Sin embargo, la transparencia presenta correlación negativa moderada (-0.41), esto es que habitan preferentemente en zonas con mayor productividad primaria

Respecto al orden Sobreconcha demostró una preferencia por ambientes turbios y con baja oxigenación, por su correlación negativa frente al oxígeno disuelto y transparencia menor a -70. Caso contrario a la temperatura, ya que en esta zona prosperan en condiciones más cálidas, según lo demostrado con su relación de 0,58. Además su nula correlación con la conductividad eléctrica de -0,03 no afecta a estos organismos en su abundancia.

La ausencia de organismos de los Hygrophila y Coleóptera refuerza la hipótesis de que existen condiciones ambientales limitantes que impiden el establecimiento de estos grupos. Figura 18.

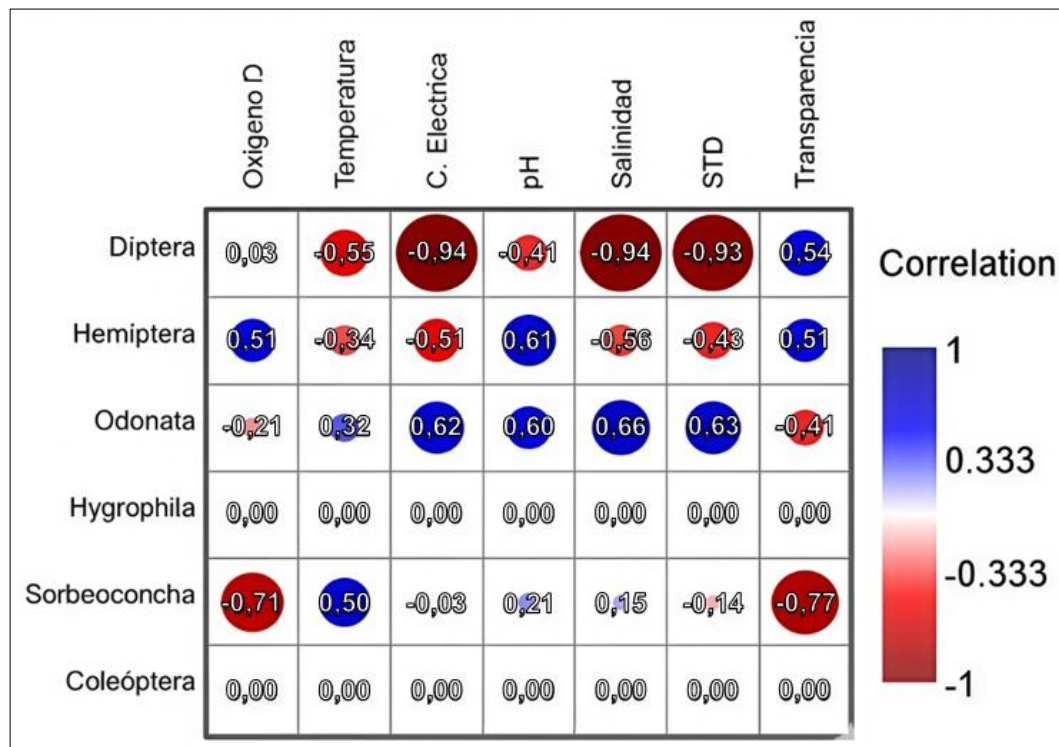


Figura 18. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 2.

8.7.3 Estación 3

En la Estación 3 los dípteros presentaron una correlación positiva moderada frente a la conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (0,56) lo que nos demuestra la tolerancia y preferencia a este tipo de ecosistema que contiene sustancias diluidas. No obstante posee una correlación casi nula con temperatura (0,06) con la que manifiesta que la temperatura no influye en ellos.

Es destacable que Odonata y Coleóptera exhibieron correlaciones iguales para todos los parámetros, lo que sugiere que ambos grupos responden de la misma manera a gradientes ambientales, ambos muestran correlaciones positivas fuertes con oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos (0,65)

optando por aguas cálidas, bien oxigenadas y mineralizadas. Las correlaciones negativas débiles con pH, salinidad y transparencia menores a -0,10 sugieren ligera tendencia a evitar condiciones extremas de alcalinidad, salinidad o claridad excesiva.

El orden Hygrophilas, aparece en este sector con correlaciones positivas moderadas con temperatura, conductividad eléctrica, sólidos totales disueltos (0.51) y negativa moderada con la transparencia (-0,51), revelando que son organismos que toleran medios mineralizados, y que a su vez prosperar en aguas turbias alimentándose de detritos que abundan en condiciones de baja claridad. Además de una correlación positiva débil con oxígeno (0.34) y negativa débil con pH (-0.37) sugiriendo que, aunque prefieren cierta oxigenación, necesitan aguas con menor alcalinidad.

Por su parte el orden Sorbeoconcha tiene una correlación negativa fuerte frente al pH (-0.75), la más intensa de todos los grupos descubriendo que prefieren aguas ácidas o neutras, pero también tiene correlaciones nulas con el oxígeno, temperatura, conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos que son menores a 0,09 demostrando que estos parámetros no tienen influencia en esta zona de estudio.

Figura 19.

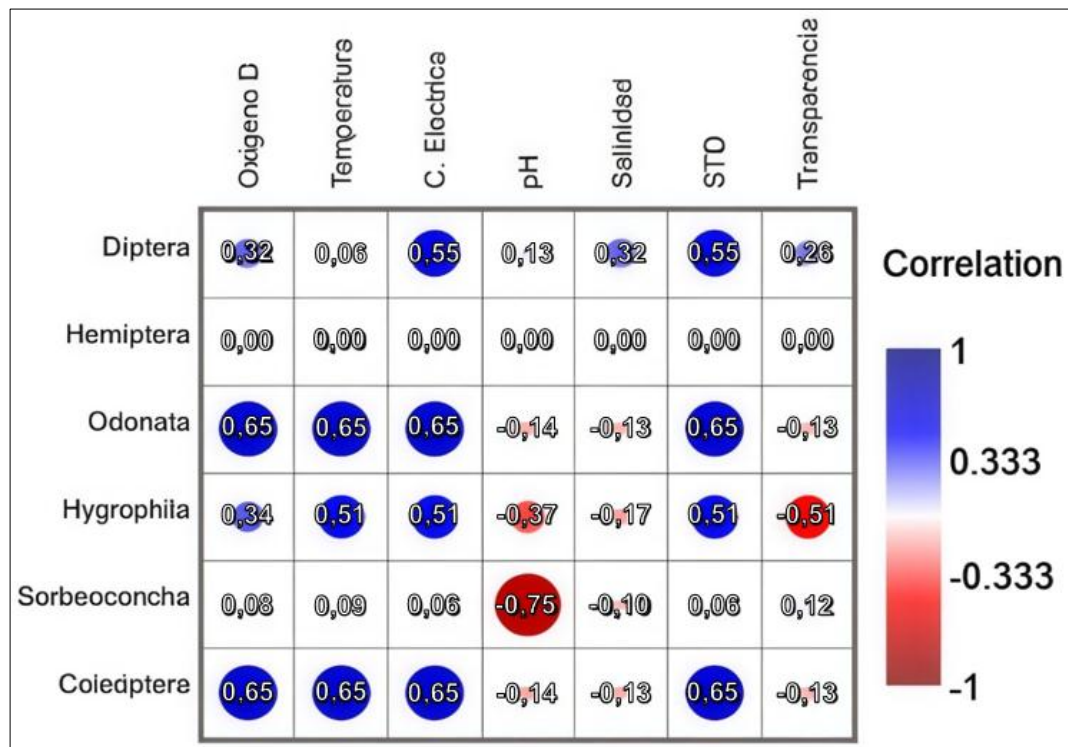


Figura 19. Diagrama de correlación Ordenes frente a los parámetros. Estación 3.

8.7.4 Comparación de la Correlación de Spearman entre las tres Estaciones

Los factores determinantes para la estructura de las comunidades son los sólidos totales disueltos junto con la salinidad, aunque con respuestas opuestas en cada Estación. En las Estaciones 1 y 2, los Dípteros muestran un rechazo extremo a este parámetro, pero en la Estación 3 muestran tolerancia y preferencia por aguas mineralizadas. La detección de nuevos taxones en la Estación 3, como Hygrophila y Coleóptera, representa el hallazgo más significativo y evidencia una mayor diversidad. Ambos grupos comparten preferencias por aguas cálidas y mineralizadas, condiciones sin evidenciar en las Estaciones 1 y 2.

La sincronía entre Odonata y Coleóptera en todas sus correlaciones en la Estación 3 sugiere competencia por recursos similares. Los Hemíptera, presentes en las Estaciones 1 y 2, muestran cambios en sus preferencias de oxigenación evidenciando diferente composición taxonómica dependiendo de los sitios. El pH se manifiesta como factor crítico solo en la Estación 3 para Sorbeoconcha, mientras que en los sectores previos el oxígeno y la transparencia controlaban su distribución mostrando que cada zona está regulada por procesos biogeoquímicos diferentes que modelan la comunidad.

8.8 Análisis de Componente Principales (PCA)

Se realizó el Análisis de Componentes Principales PCA con el fin de comprender patrones de composición comunitaria e identificar qué variables ambientales estuvieron correlacionadas y cuáles fueron independientes, los datos fueron previamente estandarizado tanto para organismos como para parámetros, con el fin que la información contribuya equitativamente según el PCA.

8.8.1 Distribución de composición en los órdenes registrados

La variabilidad de las comunidades de macroinvertebrados se explica en un 80,42% mediante el análisis de componentes principales, siendo el PC1 el componente con mayor representatividad con un 64,55% asociado con una clara diferencia espacial. La Estación 3 se representó en el II y III cuadrantes que está caracterizado por los vectores de los órdenes Hygrophila (organismo con mayor magnitud) y Coleoptera,

mientras que en las Estaciones 1 y 2, se encontraron en el I y IV cuadrantes, relacionados con los vectores con magnitudes similar de Diptera, Hemiptera y Sorbeoconcha. El PC2 con representatividad de 15,86% se asocia con gradientes de diversidad más que abundancia dado que los coleópteros y odonatos presentan baja presencia y sus cargas indicarían más su rareza en la diferenciación ecológica que su dominancia real como si lo tiene dípteros y hemípteros.

Por otro lado, se muestra un gradiente ambiental claro extendiéndose de izquierda a derecha desde la Estación 3, con breves solapamientos de la Estación 1 y Estación 2. La separación a lo largo de PC1 confirma que este componente captura el gradiente ambiental principal que diferencia los tres sitios de estudio, siendo más importante que PC2, ya que se indica una mayor separación horizontal que vertical entre grupos de muestras. El mayor agrupamiento en la Estación 2 sugiere que es una zona con alta variación temporal revela que actúa como zona de transición entre condiciones oligotróficas (Estación 1) y mineralizadas extremas (Estación 3).

Figura 20.

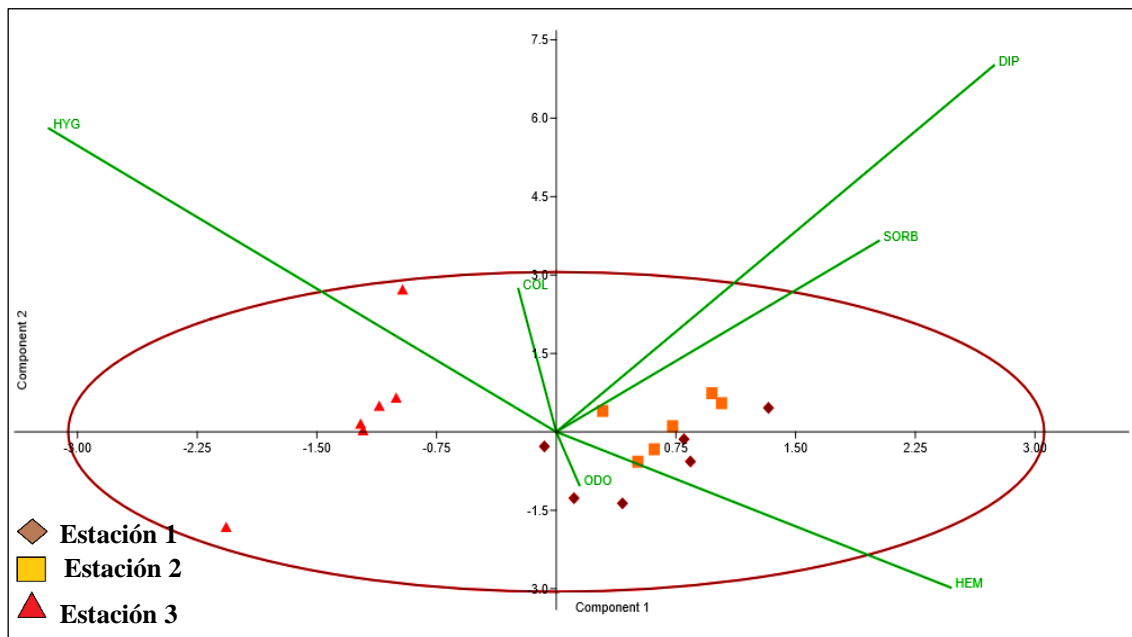


Figura 20. Distribución de los órdenes en el área de estudio, PCA.

8.8.2 Patrones en los parámetros fisicoquímicos

Para los parámetros fisicoquímicos en análisis de componentes principales explica un 72,11% de la variabilidad total, siendo el PC1 el más representativo con 51,96%, reflejando un gradiente de mineralización en el sistema acuático. La separación espacial es bastante evidente: en la Estación 3, se localiza en los cuadrantes I y IV caracterizada por los vectores conductividad eléctrica, elevados sólidos totales disueltos, mayor temperatura y pH alcalino, mientras que las Estaciones 1 y 2 se encuentran en los cuadrantes II y III, definidas por baja mineralización y alta transparencia. No obstante el segundo componente que tiene un 20,15% de variabilidad captura un gradiente relacionado con la claridad del agua especialmente en la Estación 3.

La coherencia entre los gradientes ambientales y la estructura de las comunidades de macroinvertebrados reveló un gradiente de mineralización en el PC1 abiótico al cual corresponde inversamente al PC1 biológico. La Estación 3 que está caracterizada por conductividad eléctrica y sólidos totales disueltos, alberga organismos tolerantes a estas condiciones como *Hygrophila* cuyo vector en PC1 biótico apunta en dirección opuesta a la mineralización del PC1 abiótico. De igual forma las Estaciones 1 y 2 que están definidas por baja mineralización y alta transparencia contienen comunidades como Diptera, Hemiptera y Sorbeoconcha que muestran rechazo a la conductividad eléctrica. Esta correspondencia inversa entre ambos PCA no es una contradicción metodológica, sino que refleja que la presencia de organismos tolerantes que se asocia en condiciones de alta mineralización, mientras que la presencia de organismos sensibles coincide con ambientes de baja carga iónica. Figura 21.

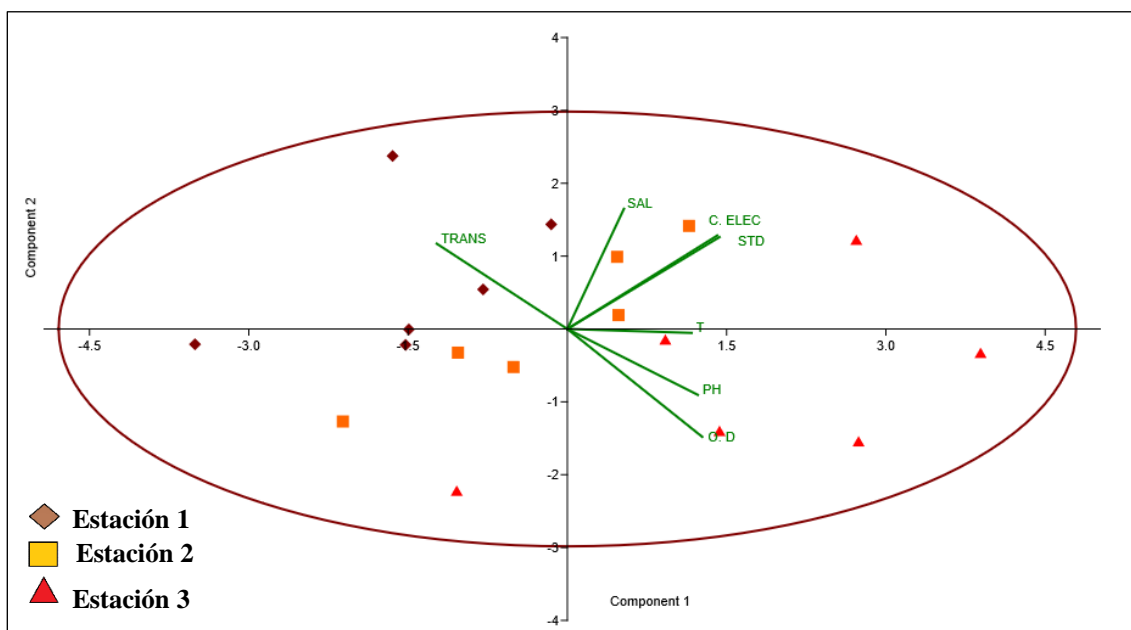


Figura 21. Patrones de los parámetros fisicoquímicos en el área de estudio, PCA.

El análisis de la dispersión de las muestras en el PCA biótico y abiótico revela diferencias en la diversidad y estabilidad comunitaria. En la Estación 2 la dispersión indica una alta homogeneidad en las condiciones ambientales y una composición de organismos, lo que se sugiere ecosistemas oligotróficos. En la Estación 1 su dispersión es moderada lo que nos indica una mayor variabilidad relacionada característica microambientales del sustrato. Pero la Estación 3 comprender una mayor dispersión lo que hace una evidente diversidad ambiental con variaciones de temperatura, oxígeno disuelto y transparencia que les permite coexistir a las especies con diferentes requerimientos dentro de su capacidad de tolerancia.

8.9 Análisis de Correlación Canónica (CCA)

El Análisis de Correlación Canónica CCA evidenció la diferenciación de nichos ambientales entre taxones. En la parte superior, se encuentran el orden Odonatos que aparece en el cuadrante II y que está fuertemente vinculado a la transparencia del agua, aunque este se encuentra fuera del rango confiable. En el mismo cuadrante se encuentra el orden Hemíptera indicando una relación negativa con combinaciones de temperatura, STD y oxígeno disuelto, alejado completamente de la Estación 3, lo que demuestra su preferencia por aguas claras y de baja mineralización. Cerca del centro del gráfico se encuentran los órdenes Diptera y Sorbeoconcha, esto demuestra que son organismos generalistas ya que poseen una amplia tolerancia ecológica, sin embargo, existe un leve rechazo hacia el oxígeno y pH. En contraste Hygrophila ubicado en el extremo derecho del cuadrante IV,

relacionó a altos niveles de mineralización, conductividad y temperatura, exclusivamente en la Estación 3, semejante a los coleópteros que por su baja abundancia se asociaría a este sector.

En cuanto a la distribución espacial se observa la clara diferencia ambiental de las tres Estaciones: La Estación 1 asociada a altas transparencia, baja mineralización y un ambiente que favorece a Hemípteros; la Estación 2 relacionada con una superposición y dispersión respecto a la Estación 1, además de actuar como una zona de transición entre las otras Estaciones; por último, la Estación 3 está separada y vinculada con temperatura, salinidad, oxígeno disuelto y pH, definiendo un ambiente cálido, turbio donde predominan el orden Hygrophila.

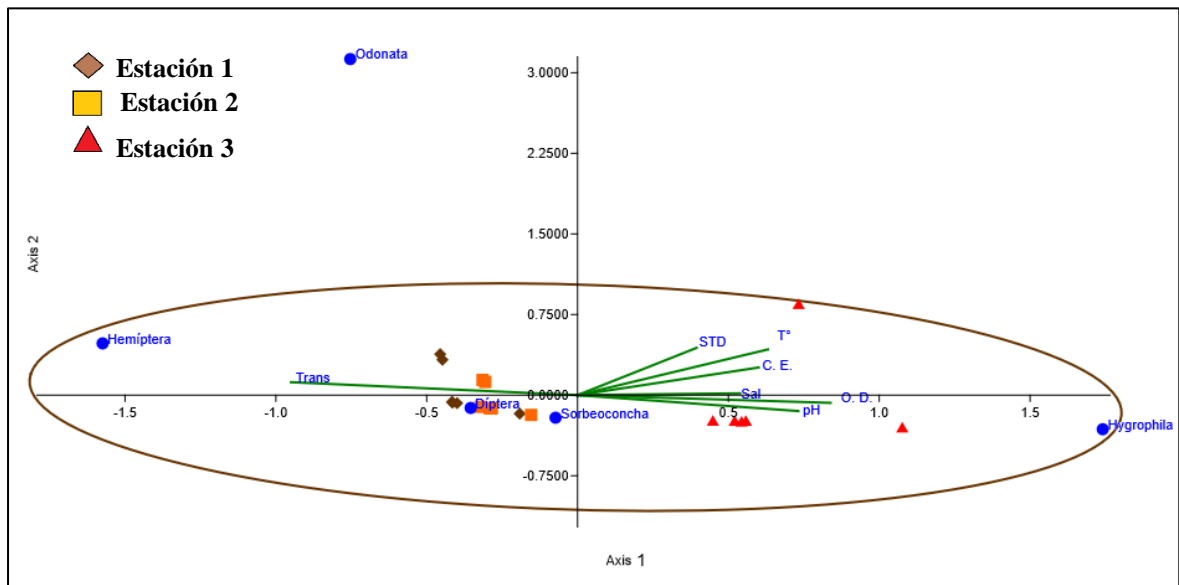


Figura 22. Variación de los órdenes frente a los parámetros fisicoquímicos, CCA.

8.10 Identificación de actividades antropogénicas

Durante el periodo de monitoreo se identificaron diversos factores antrópicos que ejercen presión sobre el ecosistema acuático, Estos se llevaron de forma *in situ*, fueron enlistadas y previamente analizadas por cada estación de monitoreo. Se procesaron los datos a través del índice de perturbación humana (IPH) tal como se menciona en Chingal & Saldaña (2017). Se describió la relevancia en cada criterio de impacto, así la Estacion 1 presentó un total de siete actividades, la Estación 2 registró cuatro actividades, y por último la Estación 3 registró un total de tres actividades antropogénicas.

En la Estación 1, se registró la presencia de residuos sólidos, por ejemplo, el botadero de basura que existe a la entrada del lugar, este transforma el entorno natural dándole un mal aspecto, con malos olores por la materia orgánica en descomposición y escurrimiento de lixiviados. La presencia de senderos, se debe a asentamientos humanos que se encuentran en la parte oeste de la represa; la actividad de carbonización afecta tanto los moradores como a la represa por la producción de gases de efecto invernadero como el CO₂ y el turismo por su parte aporta a la perturbación directa de la fauna; actividades que se observaron con frecuencia y que sumaron un puntaje de 36 en el total. Tabla 11.

Tabla 11. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 1

Criterio de Impacto	Relevancia	Puntaje
Presencia de residuos sólidos	Impacto activo por hedores y desecho desagradables.	9
Presencia de senderos	Fragmentación de hábitat, en zonas ecoturísticas.	3
Uso de agua	Adición de productos químicos y lavado de ropa.	6
Actividad de carbonización	Combustión y quema vegetal, Producción de CO ₂ .	9
Actividad Turística	Actividades de recreación y deporte.	2
Descarga de Pesca Artesanal	Remoción de especies y uso de combustibles fósiles.	5
Presencia de maquinaria	Mantenimiento en estructura del humedal.	2

La Estación 2 es una zona privada, los criterios de impacto fueron menores que en la Estación 1. En esta Estación 2, se observaron varios asentamientos humanos con limitados servicios básicos, por ejemplo, se identificó restos de residuos sólidos por actividades domésticas, agrícolas y acuícola. El uso del agua es importante para el riego en los cultivos de plátano, camote, naranja, limón, maíz. El embarque y desembarque de pesca artesanal de tilapia y camarón se realizaba de forma rutinaria durante el periodo de muestreo y que sumaron un puntaje de 18 en el total. Tabla 12.

Tabla 12. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 2

Criterio de Impacto	Relevancia	Puntaje
Presencia de residuos sólidos	Impacto pasivo, por actividades domésticas, agrícolas, etc..	6
Uso del agua	Impacto pasivo en ecosistemas, para riego de cultivos.	4
Descarga de Pesca Artesanal	Remoción de especies y uso de combustibles fósiles.	5
Asentamientos humanos	Expansión y urbana y pérdida de hábitat nativa	3

En la Estación 3 se registró actividad antropogénica, no procedente de la actividad turística; sino por los pescadores artesanales debido a la actividad que desarrollan, se observó restos de diferentes materiales como desechos plásticos, telas, metales cortopunzantes, vidrios, materia orgánica en descomposición en la orilla de la represa. Adicionalmente, la presencia de senderos que se expanden por todo el perímetro de la Estación 3, hacia la parte este de la represa, conecta con otros sitios de embarque y descarga propiciando que se extienda la actividad pesquera artesanal en la represa. Cabe recalcar que, aunque son pocos los criterios registrados en esta Estación, su impacto es considerable por la continua y constante actividad pesquera y que sumaron un puntaje de 17 en el total. Tabla 13.

Tabla 13. Actividades antrópicas evaluadas en la Estación 3.

Criterio de Impacto	Relevancia	Puntaje
Presencia de residuos sólidos	Impacto activo por hedores y desecho desagradables	9
Presencia de senderos	Fragmentación de hábitat, en zonas ecoturísticas	3
Descarga de Pesca Artesanal	Remoción de especies y uso de combustibles fósiles	5

8.11 Análisis del Índice de Perturbación Humana (IPH)

Una vez aplicada la fórmula de índice de perturbación humana, los resultados son los siguientes. Tabla 14.

Tabla 14. Resumen del IPH en la represa Velazco Ibarra.

IPH	Estación 1	Estación 2	Estación 3
Valoración en porcentaje (IPH)	51,42 %	45 %	56,66 %
Categorización/ Rango de Impacto	C	B	C

Los porcentajes de IPH demuestran fluctuaciones evidentes en las Estaciones consideradas, según la metodología propuesta por Kepfer, 2008 en la Estación 1 y en la Estación 3 que se encuentra en un intervalo de 51% - 75%, se clasifican como “Moderado C”, esto nos indican que “las modificaciones antrópicas están presentes en un número pequeño de localidades y que el impacto en la calidad del hábitat, la diversidad biológica y otros componentes ecosistémicos está muy limitado”. Sin

embargo, en la Estación 2 registra el porcentaje más bajo con 45%, categorizando como “Pequeño B” lo que significa que “La modificación se limita a escasas localidades y el impacto en la calidad del hábitat, la diversidad, tamaño o variabilidad es muy pequeño”.

Este resultado sugiere que, aunque existen presiones antropogénicas sobre la represa, especialmente por la acumulación de residuos sólidos, el sistema aún mantiene una capacidad de resiliencia moderada, lo que representa una oportunidad para implementar medidas de gestión ambiental que permitan prevenir el deterioro progresivo del ecosistema y garantizar la sostenibilidad del recurso hídrico a largo plazo.

9. DISCUSIÓN

Al evaluar la calidad de un cuerpo de agua, una de las metodologías con mayor confiabilidad es mediante el uso de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores debido a la sensibilidad de perturbaciones ambientales y su diversidad ecológica (Rodríguez, 2021). En la provincia de Santa Elena herramientas como el índice BMWP son de las más utilizadas ríos y arroyos; sin embargo, también puede ser aplicada en sistemas lénticos como en lagunas (Quigla et al., 2023) y represas (Lucas, 2014) que tiene funciones ecológicas y que permiten al mismo tiempo una composición bentónica. En ese contexto la represa Velasco Ibarra al ser un recurso estratégico regional, requiere estudios biológicos y de condiciones ambientales actualizados para comprender su estado ecológico y analizar los procesos de degradación, base de esta investigación.

Durante el periodo de monitoreo en la represa se contabilizaron 1.367 individuos en 8 familias y 6 órdenes, cifra que supera los 93 individuos registrados en 5 familias de Odonata en el río Jipijapa (Osejo et al., 2020). Ambos sistemas presentaron dominancia monoespecífica: Thiaridae (*Melanoides*, 73.43%) en la represa y Libellulidae (*Dythemis*, 57%) en el río, reflejando estrés ambiental. En contraste, los ríos del cantón Valencia exhibieron alta riqueza (16 órdenes, 70 familias, 9843 individuos) y presencia de grupos EPT (Trichoptera, Ephemeroptera, Plecoptera), fueron ausentes en la represa (Saltos et al., 2025). Esto demuestra que las condiciones lénticas, con sedimentación y bajos niveles de oxígeno, pueden

alojar moluscos como Sorbeoconcha, limitando a organismos de aguas corrientes, que dependen del flujo y sustrato.

Los valores BMWP en la represa oscilaron entre 21 y 28 puntos, indicando una clasificación de “muy contaminada”. Esta ponderación es semejante a estudios realizados en el río “El atravesado” alcanzó una clasificación de “altamente contaminada”. Sin embargo esto difiere con el estudio publicado del río San Vicente donde se obtuvo una clasificación de “Buena”, lo que demuestra que los ecosistemas costeros presentan variabilidad en su calidad ecológica, reflejando la influencia en el tipo de sistema y el grado de presión antrópica local (De La Cruz, 2024; Gonzabay & Reyes, 2023). En Ecosistemas andinos como en la Subcuenca Zamora-Loja se aplicó ABI-BMWP y se hallaron resultados que fluctuaron entre 54 y 91 puntos, mientras en ríos de Lago Agrio-Sucumbíos emplearon BMWP/Bol donde sus valores llegaron de 55 a 84, ambos superiores a la represa (Martínez et al., 2023; Vásquez et al., 2023). Estas diferencias reportaron que, pese a las adaptaciones metodológicas regionales, todos los índices registraron que la represa presentó un estado ecológico fuertemente degradado con baja diversidad y predominio de especies altamente tolerantes.

Además, en el Análisis de Correspondencia Canónica (CCA) se evidenció la separación de nichos: Hemípteros en zonas transparentes, temperatura baja al igual que Dípteros y Sorbeoconcha con presencia generalista, frente a Hygrophila en Estaciones con alta mineralización, temperatura elevada, estancándose en una sola

estación. Este patrón se relaciona con lo señalado en río Blanco donde algunos géneros se adaptan a distintas condiciones asociados pH alto y buena oxigenación “*Atanatica, Huleechius, Simulium*” y otros a pH bajo y menor oxigenación “*Limnocois, Macrelmis, Cryphocricos*” (Caiza & Guerrero, 2025). En conjunto, ambos ecosistemas evidencian que la distribución de los individuos responde al pH, oxígeno y temperatura, determinando nichos específicos según la tolerancia ambiental de cada grupo.

Las presiones antrópicas en el embalse, reflejadas por un IPH entre “Moderado C” y “Pequeño B” revelando acumulación de residuos, carbonización, pesca artesanal y uso doméstico, vinculadas a asentamientos con servicios limitados. Así mismos en otros ecosistemas, como la represa San Vicente-Colonche, el río El Atravesado, afectados por residuos y agricultura (Lucas, 2014; De La Cruz, 2024), y el río Jipijapa, donde la contaminación severa reflejó la dominancia de Chironomidae (Osejos et al., 2020), familia que también abundante en la represa Velasco Ibarra.

10. CONCLUSIÓN

Este trabajo caracterizó el estado ecológico en la represa Velasco Ibarra, mediante el cual se determinó la calidad del agua a través de macroinvertebrados bentónicos y el Índice BMWP/Ecu, categorizando a las Estaciones como en estado “Crítico”. El CCA demostró que el orden Hygrophila se asoció con conductividad, sólidos disueltos, temperatura, oxígeno disuelto, pH y que únicamente estuvo ubicada en la Estación 3. Hemiptera estuvo vinculada con la transparencia del agua y ambientes con menor mineralización en las Estaciones 1 y 2. Las evaluaciones del IPH señalaron perturbación moderada en las Estaciones 1 y 3, y perturbación pequeña en la Estación 2.

Respecto a la hipótesis planteada, se inició evaluando los supuestos estadísticos con la prueba de Shapiro-Wilk, este indicó que ninguna familia de macroinvertebrados cumplía con el supuesto de Normalidad presentando valores inferiores al nivel de significancia. Posteriormente, se verificó la Homocedasticidad con la prueba de Levene, confirmando que los datos tampoco satisfacían este supuesto paramétrico. Por ello, se optó por la prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis, cuyos resultados mostraron un $p = 1,31 \times 10^{-15}$, menor que 0,05 permitiendo aceptar la hipótesis alternativa, confirmando que la caracterización de la calidad del agua se relaciona con el índice biótico BMWP y los parámetros fisicoquímicos en la represa.

Al evaluar la calidad de agua mediante la metodología BMWP/Ecu en cada una de las tres Estaciones, dio como resultado puntuaciones de 28 para las Estaciones 1, 2

y 21 para la Estación 3, categorizando a las Estaciones como de “crítica” lo que significa que son agua muy contaminadas. La dominancia del orden Sorbeoconcha (73,43%) representado por la familia Thiaridae tolerante a condiciones ambientales adversas y la presencia de Chironomidae (organismo igual de adaptable), junto a la ausencia de familias sensibles demuestra un ecosistema degradado y pérdida ecológica en el humedal.

El análisis entre los macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos, según la Correlación de Spearman, la mineralización del agua se determinó como el factor principal en la estructura comunitaria de macroinvertebrados. En las Estaciones 1 y 2, el orden Díptera presentó correlaciones negativas fuertes (>-0.80) con la salinidad por lo que estas prefieren por aguas dulces; pero también con conductividad y los sólidos disueltos. La fuerte asociación positiva entre Hemíptera, oxígeno disuelto, pH y la transparencia del agua en la Estación 2 confirma una dependencia de aguas claras oligotróficas. Por el contrario, en la Estación 3 este orden mostró correlaciones positivas (0,56), lo que indicó la presencia de especies con capacidad osmorregulación, así el orden Hygrophila, presente solo en esta estación, mostró correlaciones positivas moderadas (0,51) con temperatura, conductividad eléctrica y sólidos disueltos, lo que refleja su capacidad para desarrollarse en aguas con alta turbidez y cálidas.

Mediante los análisis multivariados se identificaron tres ambientes ecológicamente diferenciados, caracterizando un gradiente de mineralización que separa la Estación

3, con alta conductividad, salinidad, sólidos disueltos, mayor temperatura y pH alcalino de las Estaciones 1 y 2 identificados por baja mineralización y alta transparencia. Estos patrones evidencian filtros ambientales que determinan la estructura comunitaria, así la Estación 3 presentó organismos tolerantes como Hygrophila y Coleoptera, mientras que las Estaciones 1 y 2 concentraron Diptera, Hemiptera y Sorbeoconcha, sensibles a la mineralización. El CCA refuerza los hallazgos demostrando la diferenciación entre los taxones situando a hemípteros con aguas transparentes e hygrophilos en condiciones mineralizadas, mientras que se representa a los dípteros y sobeoconchos como organismos generalistas.

La identificación de fuentes de impacto antropogénico que influyeron en la calidad de agua de la represa Velasco Ibarra, la aplicación del Índice de Perturbación Humana (IPH) afirmó que las actividades antrópicas ejercen una presión considerable sobre el ecosistema, con perturbación moderada en las Estaciones 1 y 3 (51,42% y 56,66% Categoría C) y menor impacto en la Estación 2 (45% Categoría B). Los residuos sólidos y la carbonización fueron los factores más críticos, generando contaminación orgánica, lixiviados y cenizas. Las actividades de pesca artesanal y el uso del agua doméstico y agrícola contribuyen con hidrocarburos, detergentes y agroquímicos. La relación entre los altos valores del IPH y la mala calidad del agua conforme al BMWP/Ecu, sumado a la dominancia de taxones tolerantes, evidenció que el deterioro ecológico fue consecuencia directa de los múltiples factores antropogénicos, que superaron la capacidad de resiliencia del humedal.

11. RECOMENDACIONES

Ampliar el período de monitoreo para que se incluya las dos épocas (lluviosa y seca) anuales, con el propósito de evaluar la variabilidad temporal de las comunidades de macroinvertebrados y los parámetros fisicoquímicos, permitiendo una caracterización más completa del estado ecológico de la represa y patrones estacionales en la calidad del agua.

Implementar la medición de parámetros continuos, adicionando nitratos, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno (DBO) y demanda química de oxígeno (DQO), así se podría analizar con mayor complejidad el deterioro de los servicios ecosistémicos de este humedal.

Continuar utilizando y adaptando las herramientas metodológicas aplicadas en este trabajo, replicando el protocolo en todo el perímetro del embalse para realizar un seguimiento detallado visual de la biodiversidad y las condiciones del agua, facilitando la identificación de áreas críticas y la implementación de medidas de conservación

BIBLIOGRAFÍA

- Abdal, H., & Mahmoud, S. (2021). Drinking Water Treatment: pH Adjustment Using Natural Physical Field. *Journal of Biosciences and Medicine*, 9, 55-66. doi:<https://doi.org/10.4236/jbm.2021.96005>
- Alvarado, C., & Oyarzo, B. (2024). El ciclo del agua en un diseño experimental. *Nothofagus*. Obtenido de <https://revistaevidenciaeducativa.ulagos.cl/index.php/nothofagus/article/view/86>
- Andino, P., Espinosa, R., Guevara, E., & Santander, T. (2017). *Cartilla de identificación de macroinvertebrados acuáticos: Guía para el monitoreo participativo*. Quito: Ministerio del Ambiente, Aves y Conservación y OCP Ecuador.
- Anwar, A., Uddin, M., & Hasan, S. (2025). *Assessment of anthropogenic activities impact based on metals in soil and tree leaves along roadside in Bangladesh*. Scientific Reports. doi:<https://doi.org/10.1038/s41598-025-91683-9>
- Armitage, P., Moss, D., Wright, J., & Furse, M. (1983). The performance of a new biological water quality score system based on macroinvertebrates over a wide range of unpolluted running-water sites. *Elsevier, Water Research*, 17(3), 333-347. doi:[https://doi.org/10.1016/0043-1354\(83\)90188-4](https://doi.org/10.1016/0043-1354(83)90188-4)
- Barahona, R., Domingos, A., Moré, M., & Mulieri, P. (2022). Moscas (Diptera) y su rol en la polinización. En N. Ghilardi, & E. Zattara, *Ciencia ciudadana*

y polinizadores de América del Sur (págs. 81-86). Cubo.

doi:<https://doi.org/10.4322/978-65-86819-21-2.s02c09.es>

Barrientos, N., Vaquer, R., Gomis, D., Marcos, M., Jordà, B., Barceló, B., . . .

Ruiz, I. (2024). Salinidad. *Informe Mar Balear*, 43-49. Obtenido de

<https://estaticos->

[cdn.prensaiberica.es/epi/public/content/file/original/2025/0812/16/informe](https://estaticos-cdn.prensaiberica.es/epi/public/content/file/original/2025/0812/16/informe)

[-mar-balear-es-2024-pdf.pdf](https://estaticos-cdn.prensaiberica.es/epi/public/content/file/original/2025/0812/16/informe-mar-balear-es-2024-pdf.pdf)

Blaine, R., Cravotta, C., Miller, M., Tillman, F., Stackelberg, P., Knierim, K., &

Wise, D. (2023). Salinity and total dissolved solids measurements for

natural waters: An overview and a new salinity method based on specific

conductance and water type. En *Applied Geochemistry* (Vol. 154).

doi:<https://doi.org/10.1016/j.apgeochem.2023.105684>

Blanco, C., Useche, D., & Rojas, N. (2022). Efecto de la potencia y número de

aspas de un aireador rotativo sobre la transferencia de oxígeno disuelto en

agua. *Revista Ingeniería*, 27(1), 1-14.

Bonacina, L., Fasano, F., Mezzanotte, V., & Fornaroli, R. (2023). Effects of water

temperature on freshwater macroinvertebrates: a systematic review. En

Biological Reviews (págs. 191-221). Cambridge Philosophical Societ.

doi:<https://doi.org/10.1111/brv.12903>

Briones E, Gómez, J., Hidalgo, A., Tirira, D., & Flachier, A. (2001). *Inventario de*

Humedales del Ecuador. Segunda Parte: Humedales Interiores de la

Provincia del Guayas- Tomo II. Quito: Convención de

Ramsar/INEFAN/EcoCiencia. Obtenido de

<https://biblio.flacsoandes.edu.ec/libros/107057-opac>

Bueñaño, M., Vásquez, C., Zurita, H., Parra, J., & Pérez, R. (2018).

Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua en la cuenca del Pachanlica, provincia de Tungurahua, Ecuador. *Intropica*,

13(1), 41 - 49. Obtenido de

<https://umapp002.unimagdalena.edu.co/index.php/intropica/article/view/2405/1838>

Cáceres, A. (2019). *Estudio de los cuerpos lénticos en el escenario de cambio climático, una mirada a colombia*. Zenodo.

doi:<https://doi.org/10.5281/zenodo.3516301>

Caiza, R., & Guerrero, J. (2025). Evaluación de la calidad de agua a través de macroinvertebrados bentónicos e índices biológicos en ríos tropicales de la subcuenca del río Blanco, Ecuador. *Revista Científica Multidisciplinaria InvestiGo*, 6(14), 56-71. doi:<https://doi.org/10.56519/gcyae671>

Cárdenas, J. (2022). *Calidad del agua para estudiantes de ciencias ambientales*. Bogotá: Ecoe Ediciones.

Carrera, C., & Fierro, K. (2001). *Manual de monitoreo: los macroinvertebrados acuáticos como*. Quito: EcoCiencia.

Carrera, S., Santiana, C., González, M., & Valdiviezo, T. (2020). Diseño de experimentos en el análisis de concentración de nitratos y niveles de pH en muestras de agua de la Microcuenca del Río Chibunga – Ecuador. *Polo del Conocimiento*, 439-452.

- Chandra, K., Parui, P., Halder, S., & Banerjee, D. (2020). Insecta : Diptera. En *Fauna of Haryana*. State Fauna Serie, Published by the Director, Zool. Surv. India, Kolkata.
- Chavarría, E., Cusiche, M., Angeles, J., Huamani, L., Sáez, W., & Basurto, C. (2024). Sólidos totales disueltos en agua superficial para consumo humano en San Juan de Pillo, Perú. *Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias*, 870 - 881.
doi:<https://doi.org/10.33996/revistaalfa.v8i24.310>
- Chingal, S., & Saldaña, J. (2017). *Estado de conservación de la avifauna diurna del valle interandino del Chota y diseño de estrategias de conservación*. Ibarra-Ecuador: Universidad Técnica del Norte. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/7234/1/03%20RNR%20253%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>
- Cruz, P., Carrasco, B., & Bustos, G. (2021). Análisis de los Efectos de la Ordenación Forestal en 30 Años. Caso del Bosque Mediterráneo de la Región de Valparaíso Chile. *Ciencia & Investigación Forestal*, 27(1).
doi:<https://doi.org/10.52904/0718-4646.2017.469>
- Custodio, M., & Pantoja, R. (2012). *Impactos antropogénicos en la calidad del agua del río Cunas*. Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Damanik, M., Lock, K., Boets, P., Everaert, G., Tien, T., Eurie, M., & Sasha, P. (2016). Ecological water quality analysis of the Guayas river basin (Ecuador) based on macroinvertebrates indices. *Limnologica*, 57, 27-59.
doi:<https://doi.org/10.1016/j.limno.2016.01.001>

- Dávila, A., Castillo, L., Linares, I., & Martínez, V. (2021). *Gestión de los residuos sólidos urbanos y su efecto en el aire, agua y suelo*. ALFA. Revista de Investigación en Ciencias Agronómicas y Veterinarias. Obtenido de <http://www.scielo.org.bo/pdf/arca/v5n15/2664-0902-arca-5-15-45.pdf>
- De La Cruz, K. (2024). *Análisis temporal de las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en el río Atravezado. Comuna Libertador Bolívar - Provincia de Santa Elena*. La Libertad: UPSE. Obtenido de <https://repositorio.upse.edu.ec/items/c6737908-12db-4418-b00b-a200cf2a6062>
- Departamento Nacional de Planeación. (2023). *El agua, eje central para hacer de Colombia “una potencia mundial de la vida”*. Colombia.
- Domínguez, A. (2021). *Respuesta ecofisiológica de árboles tropicales ante el cambio climático: sequía y temperatura*. Revista Cubana de Ciencias Forestales CFORES. Obtenido de <http://scielo.sld.cu/pdf/cfp/v9n1/2310-3469-cfp-9-01-140.pdf>
- Dominguez, E., Emmerich, E., Molineri, C., & Nieto, C. (2023). Ephemeroptera. En *Biodiversidad de Artrópodos Argentinos* (Vol. 5, págs. 62-73). Instituto de Biodiversidad Neotropical (IBN), CONICET-U.N.T.
- FAO en Ecuador. (2017). *Ecuador en una mirada*. Obtenido de <https://www.fao.org/ecuador/fao-en-ecuador/ecuador-en-una-mirada/es/>
- Ferrer, Y., Ramírez, A., Plasencia, A., & Abasolo, F. (2024). *Impacto del uso de suelo y la fragmentación del paisaje sobre la calidad del agua del río*

Teaone en Ecuador. Universidad Técnica Estatal de Quevedo.

doi:<https://doi.org/10.20937/rica.54900>

GAD de José Luis Tamayo. (2023). *Plan de desarrollo y ordenamiento*. Obtenido de

https://gadrobertoastudillo.gob.ec/media/gadjltmuey/pdot_archivos/PDOT_2023-2027.pdf

GAD de Salinas. (2021). *Plan de uso y gestión del suelo*. Salinas. Obtenido de

<https://www.salinas.gob.ec/images/descargas/PLAN%20DE%20DESARROLLO%20LOCAL/PUGS%20Salinas.pdf>

GAD de Salinas. (2023). *Plan de Desarrollo y Ordenamiento Territorial*. Salinas.

Obtenido de

<https://www.salinas.gob.ec/images/descargas/PDOT/PDOT%20PARTE%202.pdf>

GAD La Libertad. (2015). *Plan de desarrollo y Ordenamiento territorial*.

Obtenido de

<https://www.lalibertad.gob.ec/municipio/clases/download/ley/descarga/3690.pdf>

García, A., Lozano, S., Pérez, R., Molina, I., Castañeda, E., & Díaz, G. (2023).

Macroinvertebrados acuáticos en manantiales de la subcuenca río Copalita, Oaxaca, México. *Revista Chilena de Entomología*, 49(4), 681-692. doi:<http://dx.doi.org/10.35249/rche.49.4.23.02>

García, C., & Endara, A. (2020). *Evaluación de la calidad del agua en el río*

Alambrado utilizando macroinvertebrados bentónicos como

bioindicadores en la zona del embalse de la Laguna de la Mica. Obtenido de <https://revistabionatura.com/files/2020.05.04.17.pdf>

Garrido, J., Benetti, C., & Pérez, A. (2012). *ID-TAX. Catálogo y claves de identificación de organismos utilizados como elementos de calidad en las redes de control del estado ecológico*. Madrid: Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente.

Ghosh, J., Das, P., Kumar, S., Bhunia, D., Kumar, R., Gupta, D., & Chandra, K. (2020). Insecta: Coleoptera. En *Fauna of Haryana* (págs. 221-275). State Fauna Series, Published by the Director, Zool. Surv. India, Kolkata.

Gomez, I., & Méndez, H. (2018). *Anuros como bioindicadores de calidad ambiental de la zona de influencia de la parte alta de la microcuenca Sagala Huagala-parroquia San Roque provincia de Imbabura*. Imbabura, Ecuador: Universidad. Obtenido de <https://repositorio.utn.edu.ec/bitstream/123456789/8578/1/03%20RNR%20288%20TRABAJO%20DE%20GRADO.pdf>

Gómez, J. c., Ordoñez, M., Guevara, G., & Murillo, S. (2024). Riqueza y abundancia de mariposas diurnas (Insecta: Lepidoptera) en áreas perturbadas de los Andes Centrales de Colombia. *Acta Biol Colomb*,, 29(2), 85 - 96. doi:<https://doi.org/10.15446/abc.v29n2.105200>

Gonzabay, A., & Reyes, A. (2023). *Macroinvertebrados como bioindicadores del estado biológico de las aguas del río de San Vicente de Loja, Olón*. La Libertad: UPSE. Obtenido de

<https://repositorio.upse.edu.ec/items/60288680-617e-4dac-be7f-660106c37bc0>

Gultemirian, M., Alberti, P., Gonzalez, J., & Hankel, G. (2023). *Capítulo 1- El agua y sus caminos en el planeta*. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/250459>

Habit, E., Górski, K., Alò, D., Ascencio, E., Astorga, A., Colin, N., . . . De los Ríos, P. (2019). *Biodiversidad de Ecosistemas de Agua*. Chile: Mesa Biodiversidad-Comité Científico COP25; Ministerio de Ciencia, Tecnología, Conocimiento e Innovación.

Hammer, Ø., Harper, D. A. T. & Ryan, P. D. (2001). *PAST: Paleontological Statistics Software Package for Education and Data Analysis*. *Palaeontologia Electronica*, 4(1), 1-9

Hawkins, C., & Carlisle, D. (2022). Biological Assessments of Aquatic Ecosystems. *Encyclopedia of Inland Waters* , 2, 525-536.
doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-819166-8.00100-6>

Hernández, J., Espinosa, J., Peñaloza, M., Rodriguez, J., Chacón, J., Toloza, C., . . . Bermúdez, V. (2018). *Sobre el uso adecuado del coeficiente de correlación de Pearson: definición, propiedades y suposiciones*. Archivos Venezolanos de Farmacología y Terapéutica. Obtenido de <https://www.redalyc.org/journal/559/55963207025/55963207025.pdf>

Iturri, A., Kloster, N., Beroisa, C., Álvarez, C., Isast, J., & Díaz, M. (2022). *¿Qué medimos cuando analizamos la conductividad eléctrica de aguas y suelos?*

Fac. Agronomía UNLPam, INCITAP (CONICET-UNLPam), EEA INTA
Anguil, Chacra América (AAPRESID).

Jahamalar, E., Basu, S., Chandra, K., & M, H. (2020). Insecta: Hemiptera
(Aquatic and Semi-aquatic). En *Fauna of Haryana* (págs. 149-161). State
Fauna Series, Published by the Director, Zool. Surv. India, Kolkata.

Jerves, R., Maldonado, E., Hidalgo, J., García, H., & Mora, D. (2025).
*Comparative Assessment of Wastewater Treatment Technologies for
Pollutant Removal in High-Altitude Andean Sites*. *Water*.
doi:<https://doi.org/10.3390/w17121800>

Jiménez, R., Barnuevo, E., Timbe, B., & Astudillo, P. (2021). El uso de gremios
tróficos en macroinvertebrados acuáticos como herramienta de monitoreo
en los Altos Andes del Sur de Ecuador. *Neotropical Biodiversity*, 7(1),
310–317. doi:<https://doi.org/10.1080/23766808.2021.1953891>

Kepfer, S. (2008). *Aves como bioindicadores de la Integridad Ecológica de la*
Universidad de San Carlos de Guatemala. Obtenido de
http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/06/06_2700.pdf

Kumar, P. (2020). Insecta: Lepidoptera (Butterflies). En *Fauna of Haryana* (págs.
307-330). State Fauna Series, Published by the Director, Zool. Surv. India,
Kolkata.

Lapo, C., Vaca, E., Cóndor, C., Silva, L., Bayancela, S., & Rivera, M. (2025).
Evaluación de la calidad del agua en ecosistemas altoandinos: un análisis
comparativo de índices basados en macroinvertebrados. *Novasinerгия*,
8(2), 56–71. doi:<https://doi.org/10.37135/ns.01.16.03>

Leaño, J., & Pérez, D. (2020). Determinación de la Calidad del Agua mediante el índice BMWP/BOL (bioindicadores ecológicos) del Río Trancas, Municipio de Entre Ríos-Tarija. *Acta Nova*, 9(4), 567-591. Obtenido de http://www.scielo.org.bo/scielo.php?pid=S1683-07892020000100007&script=sci_arttext

Liñero, I., Balarezzo, V., & Eraso, H. (2015). *Calidad del agua de un río andino ecuatoriano a través del uso de macroinvertebrados*. UNED research journal.

López, J., & Cunalata, A. (2020). *Reserva Biológica Limoncocha: Historia*. Green World Journal. Camera. doi: <https://www.greenworldjournal.com/doi-020-jl-2020>

Los Huertos, M. (2020). The Players: Evolving Aquatic Species. En *Ecology and Management of Inland Waters* (págs. 67-130). Elsevier. doi:<https://doi.org/10.1016/B978-0-12-814266-0.00016-7>

Lozano, F., Ramos, L., Del Palacio, A., & Muzon, J. (2024). Odonata. En *Guía de biodiversidad: Corredor biológico Avellaneda-Quilmes* (págs. 157-172). Coordinación Ecológica Área Metropolitana Sociedad del Estado. Obtenido de <http://hdl.handle.net/11336/247876>

Lucas, D. (2014). *Estudio de la calidad de agua de la represa San Vicente – Colonche, mediante el uso de Índices de Calidad de Agua (ICA) y Macroinvertebrados Acuáticos indicadores (MAIA) de enero a septiembre del 2013*". Santa Elena: UPSE. Obtenido de

<https://repositorio.upse.edu.ec/items/4bdd77ff-87e3-45f0-8e50-2efe5868681f>

Martínez, F., Prieto, C., Martínez, P., & Ochoa, P. (2023). Calidad Ecológica de las Cuencas Abastecedoras de Agua en la Ciudad de Loja – Ecuador.

Revista Politécnica, 52(2), 77–86.

doi:<https://doi.org/10.33333/rp.vol52n2.08>

Mendoza, M., Cruz, G., & Mendoza, D. (2023). *Salud de los bosques de galería y de los ecosistemas ribereños*. Madera Y Bosques.

doi:<https://doi.org/10.21829/myb.2023.2912387>

Mieli, M., Maciá, A., & Martí, G. (2023). Orden Hemiptera, Suborden Heteroptera. En *Entomología médica y veterinaria: biología y sistemática de artrópodos de interés médico y veterinario en Argentina* (págs. 33-44). Editorial de la Universidad Nacional de La Plata (EDULP).

Ministerio de Ambiente. (2020). *Plan de manejo Reserva de Producción de Fauna Marino Costera Puntilla de Santa Elena*. Salinas. Obtenido de

<https://www.ambiente.gob.ec/wp-content/uploads/downloads/2020/07/Acuerdo-Ministerial-Nro.-MAE-2020-006.pdf>

Mora, G., Medina, C., Polo, J., & Hora, M. (2020). Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río huacamarcanga (la libertad, Perú). *Revista de Investigación Científica REBIOL*, 40(1), 85 –98. Obtenido de

<https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/faccbiol/article/view/2999>

- Mora, J., Sibaja, J., & Borbón, H. (2021). *Fuentes antropogénicas y naturales de contaminación atmosférica: estado del arte de su impacto en la calidad fisicoquímica del agua de lluvia y de niebla*. Tecnología en Marcha. doi:<https://doi.org/10.18845/tm.v34i1.4806>
- Naciones Unidas. (2016). *Agenda 2030 y los Objetivo de Desarrollo Sostenible Una oportunidad para América Latina y el Caribe*. CEPAL. Obtenido de <https://www.cedhnl.org.mx/bs/vih/secciones/planes-y-programas/Agenda-2030-y-los-ODS.pdf>
- Núñez, M. (2009). *Ecología de poblaciones y distribución de*. División Zoología Invertebrados Museo de La Plata, FCNyM-UNLP.
- Oscos, J., Galicia, D., & Miranda, R. (2011). *Identification Guide of Freshwater Macroinvertebrates of Spain*. Springer Nature. Obtenido de <https://link.springer.com/book/10.1007/978-94-007-1554-7>
- Osejo, M., Merino, M. C., Merino, M. V., & Solis, J. (2020). Macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua de la parte céntrica del río Jipijapa - Ecuador. *RECIMUNDO*, 4(4), 454-467. doi:10.26820/recimundo/4.(4).octubre.2020.454-467
- Ovejero, R. (2016). *Ecología del estrés: Integrando patrones y procesos fisiológicos, comportamentales y ecológicos en guanacos ¿Qué sabemos? ¿Qué nos falta?* Laboratorio de Interacciones Ecológicas (LIE).
- Pant, G., Maraseni, M., Apan, A., & Allen, B. (2020). Climate change vulnerability of Asia's most iconic megaherbivore: greater one-horned

rhinoceros (*Rhinoceros unicornis*). *Ecología global y conservación*, 23.

doi:<https://doi.org/10.1016/j.gecco.2020.e01180>

Pascual, M., Barral, M., Poca, M., Pessacg, N., García L, Albariño, R., & Romero,

M. (2022). *Ecosistemas acuáticos continentales y sus servicios: Enfoques*

y escenarios de aplicación en el mundo real. Asociación Argentina de

Ecología. doi:<https://doi.org/10.25260/EA.22.32.1.1.1290>

Pérez, A., Salazar, N., Aguirre, F., Font, M., Zamora, E., Córdova, A., & Acosta,

K. (2016). *Guía de macroinvertebrados bentónicos de la Provincia de*

Orellana. Associació Catalana d'Enginyeria Sense Fronteres. Obtenido de

[https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-](https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf)

[Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-](https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf)

[Calidad.pdf.pdf](https://esf-cat.org/wp-content/uploads/2017/02/Guia-de-Macroinvertebrados-Bentonicos-de-la-provincia-de-Orellana-ESF-Baja-Calidad.pdf.pdf)

Pérez, N., Marañón, A., González, A., Rodríguez, Y., & Naranjo, C. (2016).

Estudio de la correlación entre el índice biótico bmwp-cub y parámetros

físicoquímicos en el río gascón de santiago de cuba. Revista Cubana de

Química. Obtenido de

<https://www.redalyc.org/pdf/4435/443543727005.pdf>

Prince, J., & Espinosa, M. (2021). *Una mirada a la calidad del agua*. Perspectivas

IMTA. doi:doi.org/10.24850/b-imta-perspectivas-2021-03

Quesada, F., Umaña, G., Springer, M., & Picado, J. (2020). *Seasonal variation,*

physicochemical and hydrological characteristics that influence aquatic

macroinvertebrates, in a tropical river (Vol. 68). Revista de Biología

Tropical. doi:<https://doi.org/10.15517/rbt.v68iS2.44332>

- Quigla, M. (2023). Evaluación de la calidad de agua por medio de macroinvertebrados en tres sitios de visita de la laguna Magtayan-Parque Nacional Sangay. *ASCE Magazine*, 2(2), 12-32.
doi:<https://doi.org/10.70577/ASCE/12.32/2023>
- Ramírez, M. (2023). Tricópteros, los arquitectos de los ríos. En *Del monte baja la vida: historia biocultural de la cuenca presa de Guadalupe* (págs. 74-78). Instituto de Ciencias Agropecuarias y Rurales.
- Ramos, D., Martins, A., & Marques, S. (2023). Trophic structure of aquatic invertebrates in amazon forest streams using stable isotopes. *Acta Biologica Brasiliensia*, 8(1), 139–161.
doi:<https://doi.org/10.18554/f5ghh844>
- Rodríguez, A., & Baca, A. (2021). Generación de Residuos Sólidos Urbanos (RSU): análisis de una década de gestión en países de Europa y América. *Revista Ecuatoriana de Medicina y Ciencias Biológicas*, 42(1), 49-61.
- Rodríguez, A., Roldán, J., & Bopp, G. (2021). Macroinvertebrados bentónicos indicadores de calidad biológica del agua de lagunas altoandinas, La Libertad-Perú. *REBIOL*, 4(1), 91-101.
doi:<http://dx.doi.org/10.17268/rebiol.2021.41.01.09>
- Roldán, G. (1996). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Bogotá,: Universidad de Antioquia Facultad de Ciencias Exactas y Naturales Centro de Investigaciones, CIEN.
- Roldán, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua*. Bogotá D.C: Corporación Autónoma Regional de

Cundinamarca. Obtenido de <https://sie.car.gov.co/items/e5dad702-935f-4075-b327-cb8d474386bf>

Roldán, G. (2016). Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 40(155), 254-274. doi:<https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>

Roldán, G., & Ramírez, J. (2022). *Fundamentos de limnología neotropical*. Bogotá: Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales.

Romero, F. (2023). Catálogo de Hirudíneos de la Colección de Invertebrados de la Fundación Miguel Lillo (Tucumán, Argentina). En *Acta Zoológica Lilloana* (Vol. 75, págs. 493-517). doi:<https://doi.org/10.30550/j.azl/1833>

Roy, I., Rivas, R., Pérez, M., & Palacios, L. (2020). *Correlación: no toda correlación implica causalidad*. CMICA y raM. Obtenido de <https://www.scielo.org.mx/pdf/ram/v66n3/2448-9190-ram-66-03-354.pdf>

Saltos, J., Moreno, A., & Rosillo, J. (2025). Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en siete ríos del Cantón Valencia (Los Ríos-Ecuador) como bioindicadores de la calidad de agua. *Ciencia Latina Revista Científica Multidisciplinar*, 7055-7086. doi:https://doi.org/10.37811/cl_rcm.v9i5.20094

Sanay, R., & Perales, H. (2022). *Monitoreo de parámetros hidrográficos en estuarios y lagunas costeras de Veracruz, México*. Mexico: Revista Electrónica sobre Cuerpos Académicos y Grupos de Investigación. Obtenido de <https://orcid.org/0000-0003-2830-4500>

- Sánchez, W., & Álvarez, M. (2024). Ecological evaluation of terrestrial flora and fauna in the canton of Lomas de Sargentillo - Guayas for conservation purposes. *Acta Oceanográfica del Pacífico*, 57-64.
- Sánchez, Y., Raqui, C., Huaroc, E., & Huaroc, N. (2024). *Importancia de conocer la normalidad de los datos utilizados en los trabajos de investigación por tesis: Supuestos de normalidad*. RTED. Obtenido de <https://ve.scielo.org/pdf/rted/v17n2/2665-0266-rted-17-02-404.pdf>
- Sentis, A., Kaunisto, K., Chari, L., Morrill, A., Popova, O., & Pomeranz, J. (2023). Odonata trophic ecology: from hunting behavior to cross-ecosystem impact. En *Dragonflies and Damselflies* (págs. 219-232). Model Organisms for Ecological and Evolutionary Research. doi:<https://doi.org/10.1093/oso/9780192898623.003.0016>
- Sibaja, F. (2024). *Identificación de macroinvertebrados acuáticos; indicadores de calidad del agua en quebradas y ríos de Costa Rica*. PNUD-Costa Rica. Obtenido de <https://www.tevucr.org/sites/default/files/content/documents/guia-ilustrada-de-macroinvertebrados-acuaticos-pantallas.pdf>
- Solis, B. (2021). *Macroinvertebrados del Río Súa como bioindicadores de calidad ambiental a lo largo de su pendiente altitudinal*. Esmeraldas: Pontificia Universidad Católica.
- Soliz, M., Durango, J., Solano, J., & Yépez, M. (2020). *Cartografía de los residuos sólidos en Ecuador*. Quito: EC: Universidad Andina Simón

Bolívar, Sede Ecuador / INEC / VLIR-UOS / GAIA / Alianza Basura Cero Ecuador / Acción Ecológica. Obtenido de <http://hdl.handle.net/10644/7773>

Spearman, C. (1904). The proof and measurement of association between two *things*. *The American Journal of Psychology*, 15(1), 72–101.
<https://doi.org/10.2307/1412159>

Tampo, L., Kaboré, I., Alhassan, E. H., Ouéda, A., Bawa, L. M., & Djaneye-Boundjou, G. (2021). Benthic Macroinvertebrates as Ecological Indicators: Their Sensitivity to the Water Quality and Human Disturbances in a Tropical River. *Frontiers in Water*, 3, 662765.
<https://doi.org/10.3389/frwa.2021.662765>

Tierno, J., & López, M. (2015). CLASE INSECTA Orden Plecoptera. *Revista IDE@ - SEA*.

Tierno, J., Lopez, M., & Fochetti, R. (2024). Order Plecoptera. *Identification and Ecology of Freshwater Arthropods in the Mediterranean Basin*, 311-326.
Obtenido de <https://doi.org/10.1016/B978-0-12-821844-0.00004-1>

Vásquez, N., Soria, L., & Chacha, A. (2023). Evaluación de calidad del agua en dos puntos de muestreo del Río Blanco a través de. *Polo del Conocimiento*, 8(3), 705-722. Obtenido de <https://polodelconocimiento.com/ojs/index.php/es/article/view/5331>

Villar, M., & López, M. (2022). Efecto de las perturbaciones antrópicas sobre el ecosistema fluvial. En E. Ramos (Ed.), *Manual de prácticas de ecología de comunidades y sistemas grado en ciencias ambientales* (págs. 39-60).

- Wong, F. (2024). *Guia de identificación de macroinvertebrados acuáticos de la cuenca hidrográfica del Paraná 3*. Foz do Iguazu: Universidade Federal da Integração Latino-Americana. Obtenido de <https://dspace.unila.edu.br/handle/123456789/8215>
- Yumbo, K., Iler, V., Espinoza, W., Campos, D., Castro, R., & Chirinos, D. (2018). Determinación de la Calidad de Aguas Mediante Indicadores Biológicos y Físico-químicos en el Río Pajan, Manabí, Ecuador. *INVESTIGATIO*, 10, 32–40. Obtenido de <https://revistas.uees.edu.ec/index.php/IRR/issue/view/26>
- Zahoor, I., & Mushtaq, A. (2023). *Water Pollution from Agricultural Activities: A Critical Global Review*. International Journal of Chemical and Biochemical Sciences. Obtenido de <https://iscientific.org/wp-content/uploads/2023/05/19-IJCBS-23-23-24.pdf>
- Zambrano, J., Delgado, A., Zambrano, E., & Peñaherrera, S. (2022). *Contaminantes biológicos presentes en fuentes de agua del centro-sur de la provincia de Manabí, Ecuador*. Siembra. Obtenido de <http://scielo.senescyt.gob.ec/pdf/siembra/v9n2/2477-8850-siembra-09-02-04011.pdf>
- Zaragoza, S., Zurita, M., Gonzále, M., Domínguez, D., Gutiérrez, I., & Pérez, C. (2020). Escarabajos (Coleoptera). En *La biodiversidad en Morelos. Estudio de Estado 2* (Vol. 2, págs. 163-175). CONABIO.

ANEXOS

Anexo 1. Hoja de registro de datos

REGISTRO DE DATOS DE CAMPO

Coordenadas:	Latitud		Longitud
Estación:		Fecha:	
Réplica:		Hora:	
Descripción del lugar:			
Parámetros Físico- químicos	O. Disuelto:		pH:
	Temperatura:		Salinidad:
	C. Eléctrica:		STD:
	Profundidad:		Transparencia:

N	Orden	Familia	Genero	Tolerancia BMWP	Cantidad de organismos
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					
13					
14					
15					

Pozo Ramos Richard-UPSE

Monitoreo N.º:

Anexo 2. Base de datos de los parámetros fisicoquímicos registrados en los monitoreos.

Monitoreo	1			Fecha			13-15/08/2025		
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Temperatura (°C)	22,9	22,8	22,8	23,7	23,5	23,6	23,4	23,2	23
C. Eléctrica (mS/cm)	5,95	5,92	6	5,95	5,97	5,92	5,91	6,02	5,95
pH	8,2	8,2	8,2	8,5	8,4	8,4	8,5	8,5	8,5
Salinidad (ppt)	3	3	3	3	3	3	3	3	3
STD (ppt)	2,97	2,96	2,96	2,97	2,98	2,96	2,93	3	3,05
Transparencia (cm)	40	27	41	41	33	43	21	12	25

Monitoreo	2			Fecha			26/08/2025		
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Oxígeno D. (mg/L)	6,57	6,62	6,69	8,85	8,81	8,44	8,98	7,83	9,1
Temperatura (°C)	27	24,6	24,6	25,3	24,1	24,6	26,9	27	27,1
C. Eléctrica (mS/cm)	5,94	6,04	6,05	6,03	6,09	6,05	6,21	6,27	6,1
pH	8,4	8,5	8,5	8,6	8,6	8,6	8,6	8,5	8,6
Salinidad (ppt)	3	4	4	3	4	4	4	4	4
STD (ppt)	3,02	3,02	3,02	3,01	3,04	3,03	3,12	3,12	3,05

Monitoreo	3			Fecha			09/09/2025		
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Temperatura (°C)	26	27	24,4	26,1	25,1	24,8	26,8	26	24,6
C. Eléctrica (mS/cm)	5,96	6,06	6,1	6	6,11	6,11	6,15	6,33	6,19
pH	8,5	8,5	8,4	8,6	8,6	8,5	8,7	8,7	8,7
Salinidad (ppt)	3	3	4	3	4	4	3	3	4
STD (ppt)	3	2,98	3,04	3,02	3,02	3,05	3,07	3,13	3,17
Transparencia (cm)	38	32	43	34	33	36	17	11,5	22

Monitoreo	4			Fecha	22-25/09/2025					
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Oxígeno D. (mg/L)	4,71	4,7	4,88	8,05	8,26	8,54	13,1	11,1	10,1	
Temperatura (°C)	24,5	26,7	24,8	26,3	25,1	24,6	27,6	28,9	27,3	
C. Eléctrica (mS/cm)	6,31	6,15	6,3	6,23	6,31	6,31	6,52	6,34	6,29	
pH	8,1	8,3	8,3	8,5	8,6	8,6	8,7	8,7	8,7	
Salinidad (ppt)	4	4	4	4	3	4	3	3	3	
STD (ppt)	3,14	3,06	3,15	3,07	3,15	3,15	3,24	3,17	3,14	
Transparencia (cm)	36	37,6	46,5	27	33,4	30	12,7	11,5	18,2	

Monitoreo	5			Fecha	03/10/2025					
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Oxígeno D. (mg/L)	6,32	6,31	6,77	8,49	8,76	8,44	11,1	9,35	9,47	
Temperatura (°C)	25,6	25,1	24,5	25,4	24,8	24,7	24,5	24,3	24,1	
C. Eléctrica (mS/cm)	6,32	6,36	6,35	6,37	6,36	6,4	6,53	6,51	6,39	
pH	8,4	8,4	8,6	8,5	8,6	8,5	8,7	8,6	8,7	
Salinidad (ppt)	3	4	4	4	4	3	5	5	5	
STD (ppt)	3,15	3,18	3,18	3,18	3,17	3,18	3,22	3,23	3,23	
Transparencia (cm)	37,5	38,5	39,5	35,7	35,9	36,1	16,8	17	17,2	

Monitoreo	6			Fecha	13-15/10/2025					
Parámetros	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Oxígeno D. (mg/L)	5,17	5	5,22	8,85	8,43	8,57	13,9	10,8	10,2	
Temperatura (°C)	25,5	26,2	25,7	25,1	24,5	24,8	31,7	30	28,8	
C. Eléctrica (mS/cm)	6,13	6,34	6,4	6,47	6,48	5,43	6,76	6,54	6,44	
pH	8,5	8,4	8,5	8,6	8,6	8,5	8,7	8,6	8,6	
Salinidad (ppt)	2,5	2,5	3	3,5	4	4,5	2,5	3	4	
STD (ppt)	3,08	3,16	3,19	3,22	3,24	3,21	3,35	3,23	3,22	

Anexo 3. Base de datos de los organismos registrados en los monitoreos.

Monitoreo	1		Fecha	13-15/08/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Chironomidae	6	5	5	10	19	5	0	4	2
Gerridae	3	0	2	0	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	3	2
Thiarida	20	16	21	33	28	38	11	19	13
Vellidae	1	0	0	2	0	0	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Monitoreo	2		Fecha	26/08/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Chironomidae	13	6	10	10	9	14	0	3	1
Gerridae	3	1	0	3	0	0	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	1	2	2
Thiarida	12	9	13	30	35	25	10	14	6
Vellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Monitoreo	3		Fecha	09/09/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3		
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3
Chironomidae	0	6	8	7	0	10	2	5	0
Gerridae	0	0	0	0	1	1	0	0	0
Libellulidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	2	2	0
Thiarida	0	10	16	35	37	28	5	7	0
Vellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Monitoreo	4			Fecha	22-25/09/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Chironomidae	3	0	5	5	2	4	0	0	0	
Gerridae	3	0	1	2	0	0	0	0	0	
Libellulidae	1	0	1	1	0	0	0	0	0	
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	3	0	2	
Thiarida	27	0	13	33	42	34	4	0	8	
Vellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Monitoreo	5			Fecha	03/10/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Chironomidae	4	6	0	7	5	3	0	4	3	
Gerridae	2	0	0	0	0	0	0	0	0	
Libellulidae	1	0	0	0	0	0	0	0	0	
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	0	3	2	
Thiarida	9	10	0	26	30	36	0	14	10	
Vellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	

Monitoreo	6			Fecha	13-15/10/2025					
Organismos	Estación 1			Estación 2			Estación 3			
	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Chironomidae	5	15	25	3	3	3	10	6	4	
Gerridae	5	0	2	0	2	0	0	0	0	
Libellulidae	0	0	0	0	1	0	0	0	0	
Planorbidae	0	0	0	0	0	0	4	6	3	
Thiarida	5	34	35	35	25	36	17	21	8	
Vellidae	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
Coenagrionidae	0	0	0	0	0	0	0	1	0	
Dytiscidae	0	0	0	0	0	0	0	2	0	

Anexo 4. Correlación de Spearman entre parámetros

	O. D.	T.	C. E.	pH	SAL	STD	TRANS
O. D.		0,18135	0,32112	0,75366	-0,020922	0,36232	-0,69659
T.	0,18135		0,37533	0,2596	-0,060927	0,37006	-0,31192
C. E.	0,32112	0,37533		0,50855	0,37994	0,9912	-0,40062
pH	0,75366	0,2596	0,50855		0,13603	0,5236	-0,54334
SAL	-0,020922	-0,060927	0,37994	0,13603		0,38092	-0,03243
STD	0,36232	0,37006	0,9912	0,5236	0,38092		-0,37578
TRANS	-0,69659	-0,31192	-0,40062	-0,54334	-0,03243	-0,37578	

Anexo 5. Correlación Estación 1.

	O. D.	T.	C. E.	pH	SAL	STD	TRANS
DIP	0,2	0,40584	-0,25714	0,41404	-0,82857	-0,14286	-0,48571
HEM	-0,46382	-0,088235	-0,14494	-0,31506	-0,55078	0	-0,057977
ODO	-0,33806	-0,3773	0,5409	-0,36742	0,84515	0,5409	0,84515
HYG	0	0	0	0	0	0	0
SORB	-0,65714	0,086966	-0,25714	-0,41404	-0,6	-0,2	-0,14286
COL	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 6. Correlación Estación 2.

	O. D.	T.	C. E.	pH	SAL	STD	TRANS
DIP	0,028571	-0,55078	-0,94286	-0,41404	-0,94112	-0,92763	0,54286
HEM	0,50709	-0,343	-0,50709	0,61237	-0,35921	-0,42875	0,50709
ODO	-0,20702	0,31506	0,62106	0,5	0,65991	0,63013	-0,41404
HYG	0	0	0	0	0	0	0
SORB	-0,71429	0,57977	-0,028571	0,20702	0,15179	-0,14494	-0,77143
COL	0	0	0	0	0	0	0

Anexo 7. Correlación Estación 3.

	O. D.	T.	C. E.	pH	SAL	STD	TRANS
DIP	0,31887	0,057977	0,55078	0,12524	0,32353	0,55078	0,2609
HEM	0	0	0	0	0	0	0
ODO	0,65465	0,65465	0,65465	-0,14142	-0,13284	0,65465	-0,13093
HYG	0,33806	0,50709	0,50709	-0,36515	-0,1715	0,50709	-0,50709
SORB	0,057977	0,086966	0,057977	-0,75147	-0,10294	0,057977	0,11595
COL	0,65465	0,65465	0,65465	-0,14142	-0,13284	0,65465	-0,13093

Anexo 8. Shapiro-Willk

	DIP	HEM	ODO	HYG	SORB	COL
N	18	18	18	18	18	18
Shapiro-Wilk	0,8949	0,8195	0,6136	0,6373	0,8916	0,2527
p(normal)	0,04689	0,002902	9,27E-06	1,62E-05	0,04104	1,06E-08

Anexo 9. Homocedasticidad de Levene

	p (valor)
Levene's test for homogeneity of variance, from means	2,41E-27
Levene's test, from medians	1,12E-17

Anexo 10. Kruskal -Wallis

H (chi2):	70,71
Hc (tie corrected):	79,07
p (same):	1,31E-15
There is a significant difference between sample medians	

Anexo 11. PCA Orden Sumary

PC	Eigenvalue	% variance
1	0,362243	64,547
2	0,0890396	15,866
3	0,0464562	8,2778
4	0,0390964	6,9664
5	0,0217551	3,8764
6	0,00262163	0,46714

Anexo 12. PCA Orden Loadings

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6
DIP	0.51926	0.65787	0.37022	-0.29538	0.19819	-0.18433
HEM	0.468	-0.27956	0.50365	0.53537	-0.40083	0.043308
ODO	0.027411	-0.095487	-0.015814	0.54004	0.76329	-0.34003
HYG	-0.60182	0.54465	0.23377	0.39575	-0.28417	-0.22169
SORB	0.3826	0.34277	-0.73964	0.35633	-0.24819	-0.022222
COL	-0.044914	0.25651	0.085524	0.22561	0.27402	0.8938

Anexo 13. PCA Parámetros Sumary

PC	Eigenvalue	% variance
1	3.637	51.957
2	141.058	20.151
3	0.984278	14.061
4	0.497847	71.121
5	0.329205	47.029
6	0.137063	1.958
7	0.00402281	0.057469

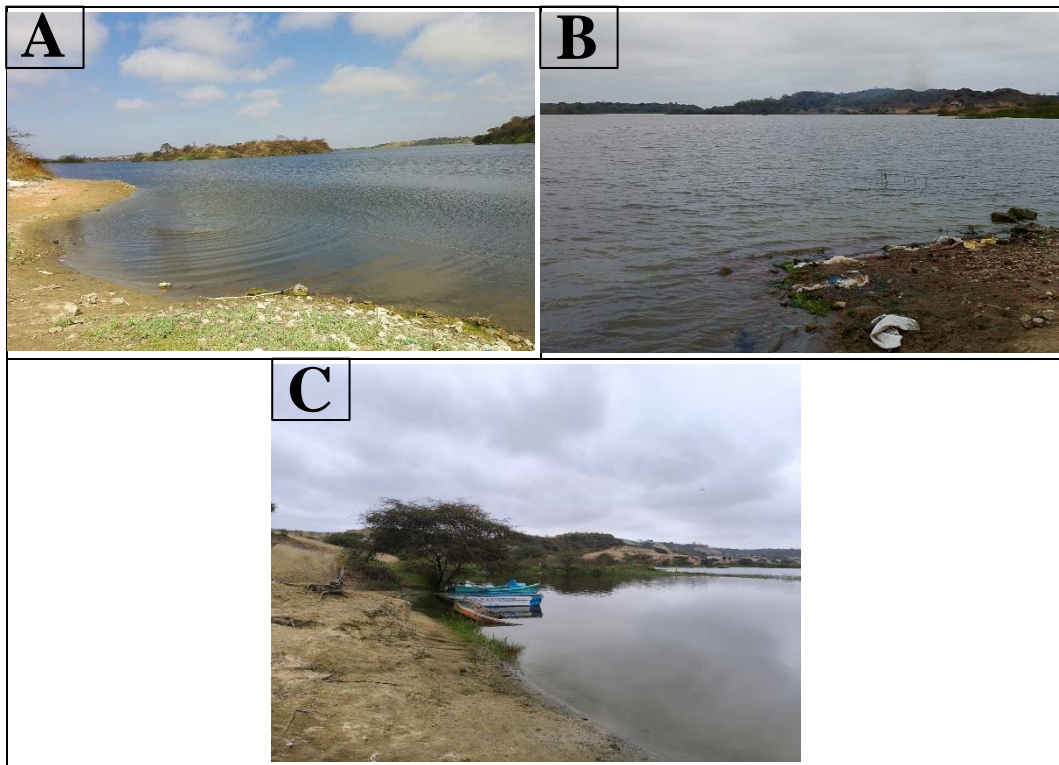
Anexo 14. PCA Parámetros Loadings

	PC 1	PC 2	PC 3	PC 4	PC 5	PC 6	PC 7
O. D.	0.39522	-0.46059	0.22636	-0.006653	-0.12107	0.75133	0.035012
T.	0.36401	-0.016784	-0.59708	-0.042593	0.70739	0.091997	-0.0055549
C. E.	0.43909	0.39885	-0.16634	0.052479	-0.36411	0.037849	-0.69548
pH	0.38228	-0.28137	0.29565	0.69206	0.14367	-0.43164	-0.0372
SAL	0.16578	0.51292	0.66592	-0.20202	0.46365	0.10013	-0.012987
STD	0.44567	0.39211	-0.14604	0.060058	-0.32937	-0.035976	0.71618
TRAN	-0.38244	0.36399	-0.11135	0.68704	0.090903	0.47747	0.024165

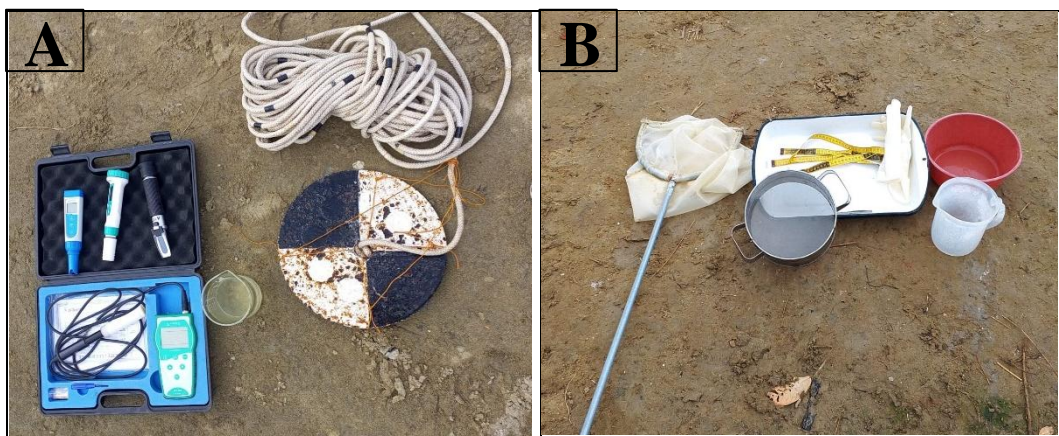
Anexo 15. porcentaje de los ejes del Análisis de Correlación canónica (CCA)

Axis	Eigenvalue	% of constr. in.	% of total inertia
1	0,25195	72,34	56,02
2	0,068957	19,8	15,33
3	0,01966	5,645	4,371
4	0,0061644	1,77	1,371
5	0,0015705	0,4509	0,3492

Anexo 16. Área de estudio. A: Estación 1. B: Estación 2. C: Estación 3.



Anexo 17. A: Materiales para toma de parámetros fisicoquímicos. B: Materiales para muestreo de macroinvertebrados.



Anexo 18. Uso de instrumentos para medición de parámetros fisicoquímicos. A: Medidor de oxígeno, B: pH-metro, C: Disco Secchi, D: Salino-metro



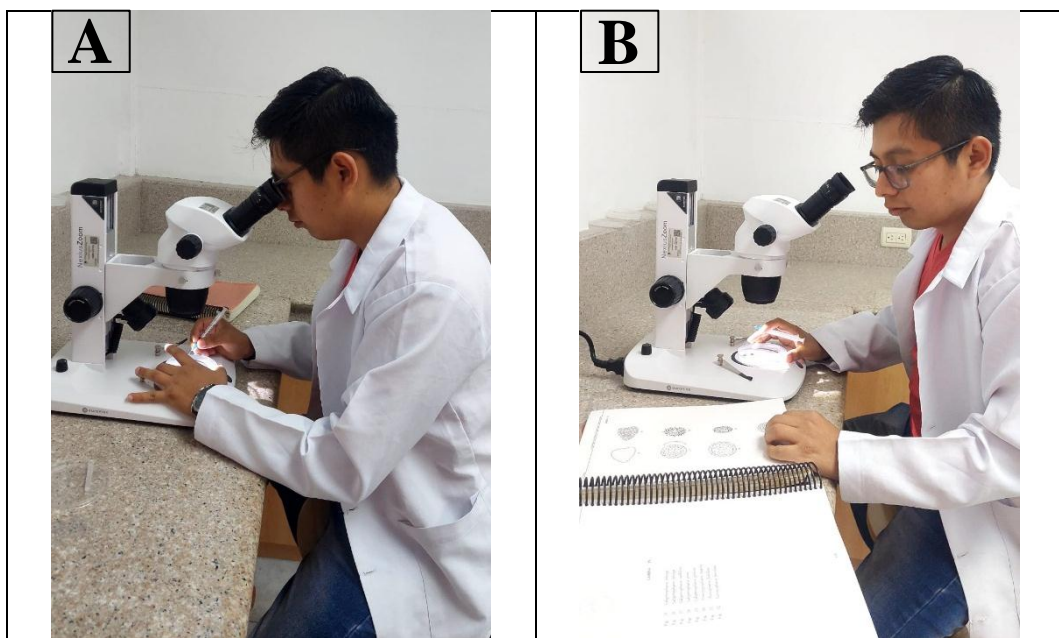
Anexo 19. Aplicación del monitoreo de Macroinvertebrados. A: Raspado en el bento. con la red tipo D. B: Tamizado de sustrato recolectado. C: Observación de Macroinvertebrados. D: Obtención de organismos. E. Reconocimiento y conteo de individuos.



Anexo 20. Factores antropogénicos más frecuentes. A: Restos de basura, B: Agricultura de periodo corto, C: Asentamiento humanos.




Anexo 21. Fase de gabinete. A: Manipulación de las muestras. B: Identificación de los organismos.




Anexo 22. Ficha de identificación de especies

FICHA DE ESPECIES IDENTIFICADAS

Díptera

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Subclase: Pterygota Orden: Diptera Suborden: Nematocera Familia: Chironomidae Género: <i>Chironomus</i> Especie: <i>Chironomus sp.</i></p>
<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS</p> <p>Las larvas de <i>Chironomus sp.</i> presenta característica como cuerpo; vermiforme alargado y cilíndrico con segmentación corporal bien marcada coloración rojiza-anaranjada intensa debido a la presencia de hemoglobina; cápsula cefálica esclerotizada de color pardo-oscuro visible en el extremo anterior, pseudopatas presentes en el segmento protorácico anterior y en el último segmento abdominal posterior que les permiten anclarse al sustrato, y una forma cilíndrica uniforme a lo largo del cuerpo sin apéndices laterales.</p>	


Odonata

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Subclase: Pterygota Orden: Odonata Suborden: Zygoptera Familia: Coenagrionidae Género: <i>Acanthagrion</i> Especie: <i>Acanthagrion sp.</i></p>
---	---


Continua

CARACTERÍSTICAS


La ninfa de *Acanthagrion sp.* presenta: cuerpo alargado y delgado típico de Zygoptera, cabeza transversal amplia con ojos compuestos prominentes bien separados lateralmente, tres láminas caudales foliáceas al final del abdomen que funcionan como branquias traqueales, abdomen cilíndrico elongado con segmentación visible, patas largas y delgadas con articulaciones bien definidas, coloración general verde-translúcida con pigmentación parduzca distribuida por el cuerpo.

	<h3>TAXONOMÍA</h3> <p>Phylum: Arthropoda Clase: Insecta Subclase: Pterygota Orden: Odonata Suborden: Anisoptera Familia: Libellulidae Género: <i>Erythrodiplax</i> Especie: <i>Erythrodiplax sp.</i></p>
<h3>CARACTERÍSTICAS</h3> <p>La una ninfa de <i>Erythrodiplax sp.</i> se identifica por su cuerpo robusto y compacto, de color verde oliva a pardo, con cabeza ancha y ojos bien desarrollados que ocupan gran parte de la región dorsal. Presentaba patas fuertes y una máscara labial bien desarrollada, adaptada para capturar presas de manera rápida y precisa. Estas características, junto con su tamaño de 20 mm y la ausencia de espinas laterales prominentes en el abdomen, concuerdan con el de este tipo de ninfas.</p>	

Coleóptera

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Subclase: Pterygota Orden: Coleóptera Suborden: Adephaga Familia: Dytiscidae Género: <i>Rhantus</i> Especie: <i>Rhantus sp.</i></p>
<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS</p> <p>Para <i>Rhantus sp.</i> se pudo identificar las siguientes características: cuerpo ovalado-alargado esclerotizado con forma hidrodinámica convexa, coloración negra brillante con lustre bronceo distintivo en los élitros, tamaño aproximado de 10 mm de longitud, patas posteriores modificadas para natación con desarrollo de setas nadadoras visibles especialmente en tibias y tarsos, élitros lisos que cubren completamente el abdomen, y extremidades robustas con articulaciones bien definidas y uñas terminales para el agarre.</p>	

Hemiptera

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phyllum: Arthropoda Clase: Insecta Subclase: Pterygota Orden: Hemiptera Suborden: Heteroptera Familia: Gerridae Género: <i>Rheumatobates</i> Especie: <i>Rheumatobates sp.</i></p>
---	---

Continua

CARACTERÍSTICAS

Presenta un cuerpo muy pequeño (2–3 mm), alargado y delgado, de color castaño oscuro, con cabeza estrecha, ojos grandes y antenas largas. Las patas medias son notablemente más largas que las demás, un rasgo distintivo del género, y estaban cubiertas por microvellosidades hidrofóbicas que le permiten desplazarse sobre la superficie del agua sin hundirse. Su hallazgo en la Represa Velasco Ibarra, un ambiente de agua ligeramente salobre (~3 ppt), coincide con el hábitat característico de la especie *Rheumatobates sp.*



TAXONOMÍA

Phyllum: Arthropoda

Clase: Insecta

Subclase: Pterygota

Orden: Hemiptera

Suborden: Heteroptera

Familia: Veliidae

Género: *Microvelia*

Especie: *Microvelia sp.*


CARACTERÍSTICAS

El ejemplar presenta un cuerpo pequeño, de entre 3 y 6 milímetros de longitud, de forma alargada y ligeramente ovalada, con coloración pardo oscura y superficie brillante. Las antenas delgadas, formadas por cuatro segmentos, rasgo típico de los hemípteros acuáticos. Se observaron hemélitros parcialmente endurecidos, y unas patas largas y finas, especialmente las medias y posteriores, adaptadas para desplazarse sobre la superficie del agua mediante la tensión superficial.

Thiaridae

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phylum: Mollusca Clase: Gastropoda Subclase: Caenogastropoda Orden: Sorbeoconcha Superfamilia: Cerithioidea Familia: Thiaridae Género: <i>Melanoides</i> Especie: <i>Melanoides sp.</i></p>
<p style="text-align: center;">CARACTERÍSTICAS</p> <p>Este organismos tiene características morfológicas como: concha cónica-turriforme muy alargada en forma de aguja, múltiples vueltas de la espira apiladas verticalmente, patrón de coloración característico con bandas espirales oscuras (pardo-rojizas) y manchas en zigzag dependiendo del morfo, enrollamiento dextrógiro (gira hacia la derecha), sutura bien marcada entre cada vuelta de la espira, ápice puntiagudo bien preservado, superficie lisa con estrías de crecimiento finas, y en especímenes vivos frecuentemente cubierta de perifiton o algas que le dan tonalidad verdosa.</p>	

Planorbidae

	<p style="text-align: center;">TAXONOMÍA</p> <p>Phyllum: Mollusca Clase: Gastropoda Subclase: Heterobranchia Orden: Hygrophila Superfamilia: Lymnaeoidea Familia: Planorbidae Género: <i>Gyraulus</i> Especie: <i>Gyraulus sp.</i></p>
<p>El espécimen de la familia Planorbidae cuenta con una concha discoidal muy aplanada, con vueltas visibles en un mismo plano horizontal, forma circular, tamaño muy pequeño (aproximadamente 2-5 mm de diámetro), coloración blanquecina-cremosa translúcida del cuerpo blando visible, umbílico presente en ambas caras de la concha (superior e inferior) dando apariencia simétrica, vueltas de la espira muy compactas y enrolladas en espiral plana, ausencia de opérculo (característica de gasterópodos pulmonados)</p>	

Anexo 23. Permiso de investigación otorgado por el MAATE



Ministerio del Ambiente, Agua
y Transición Ecológica

AUTORIZACIÓN DE RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES DE LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA No. 705

ESTUDIANTES E INVESTIGADORES (SIN FINES COMERCIALES)

1.- AUTORIZACIÓN DE RECOLECTA DE ESPECÍMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA

2.- CÓDIGO

MAATE-ARSFC-2025-0705

3.- DURACIÓN DEL PROYECTO

FECHA INICIO	FECHA FIN
2025-10-20	2026-04-20

4.- COMPONENTE A RECOLECTAR

Animal

El Ministerio del Ambiente y Agua, en uso de las atribuciones que le confiere la Codificación a la Ley Forestal y de Conservación de Áreas Naturales y Vida Silvestre autoriza a:


5.- INVESTIGADORES /TÉCNICOS QUE INTERVENDRÁN EN LAS ACTIVIDADES DE RECOLECCION

Nº de C./Pasaporte	Nombres y Apellidos	Nacionalidad	Nº REGISTRO SENESCYT	EXPERIENCIA	GRUPO BIOLÓGICO
0912260387	SALAVARRIA PALMA ERIKA ALEXANDRA	Ecuatoriana	6041127275	Docente Investigadora	Citellata;Gastropoda;Insecta;Malacostraca

6.- PARA QUE LLEVEN A CABO LA RECOLECCION DE ESPECIMENES DE ESPECIES LA DIVERSIDAD BIOLÓGICA:

Nombre del Proyecto: Caracterización de la calidad de agua mediante macroinvertebrados en la represa Velasco Ibarra - Santa Elena

Anexo 24. Certificado de análisis Compilation




CERTIFICADO DE ANÁLISIS
magister

Pozo Ramos Richard_REV EASP-15-102

8%

Textos sospechosos



1% Similitudes
0 % similitudes entre comillas
0 % entre las fuentes mencionadas

3% Idiomas no reconocidos

4% Textos potencialmente generados por la IA

Nombre del documento: Pozo Ramos Richard_REV EASP-15-102.pdf

ID del documento: 05c167ffb2dbf3cbaef49dfc8fa800c0d39179e6

Tamaño del documento original: 1,66 MB

Depositante: ERIKA ALEXANDRA SALAVARRÍA PALMA

Fecha de depósito: 5/11/2025


Tipo de carga: interface

fecha de fin de análisis: 5/11/2025







Número de palabras: 16.131

Número de caracteres: 108.825




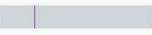


Ubicación de las similitudes en el documento:







Fuentes principales detectadas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 scielo.senescyt.gob.ec Evaluación de la calidad del agua en ecosistemas altoan... http://scielo.senescyt.gob.ec/scielo.php?script=sci_arttext&pid=52631-26542025000200056 7 fuentes similares	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (140 palabras)
2	 Pozo_Richard_8-2_Objetoos_Metodoogia.pdf Pozo_Richard_8-2_Obj... #0a3b48 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (88 palabras)
3	 repositorio.upse.edu.ec https://repositorio.upse.edu.ec/bitstream/46000/9646/1/UPSE-TBI-2023-0031.pdf	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (51 palabras)

Fuentes con similitudes fortuitas

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 hdl.handle.net lbai-ekologia eta biodibertsitatearen inguruko praktika esperime... https://hdl.handle.net/2454/45913	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (31 palabras)
2	 11. Hilaño Carrillo Paola - agosto 2023 FINAL-5 compiliato.pdf 11. Hil... #12f8c2 Viene de de mi grupo	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (16 palabras)
3	 doi.org Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad... https://doi.org/10.5377/uycv6i9.1956	< 1%		Palabras idénticas: < 1% (11 palabras)

Fuentes ignoradas Estas fuentes han sido retiradas del cálculo del porcentaje de similitud por el propietario del documento.

Nº	Descripciones	Similitudes	Ubicaciones	Datos adicionales
1	 PROPUESTA_DE_TITULACION_RICHARD_POZO_8-2_2025.docx PROPUE... #89b51 Viene de de mi grupo	4%		Palabras idénticas: 4% (582 palabras)
2	 Pozo_Richard_8-2_Tema_Problema_Justificacion.pdf Pozo_Richard_8-... #c0aa16 Viene de de mi grupo	2%		Palabras idénticas: 2% (249 palabras)