



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

LÍNEA BASE BIOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
DETALLADO (EIA-D) DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA
PEBASCENTRO DE COMERCIO-TERMINAL PORTUARIO PIJUAYAL. UBICADO
EN EL DISTRITO DE PEBAS, PROVINCIA DE MARISCAL RAMON CASTILLA,
REGIÓN LORETO

Línea de investigación:
Biodiversidad, ecología y conservación

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de
Licenciado en Biología

Autor

Echevarria Salas, Rómulo Jean Pierre

Asesor

Iannacone Oliver, José Alberto

ORCID: 0000-0003-3699-4732

Jurado

Sáez Flores, Gloria María

Cuya Briones, Miryan Rebeca

Tumi Calisaya, Milagros Liscely

Lima - Perú

2025

LÍNEA BASE BIOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL DETALLADO (EIA-D) DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA PEBAS-CENTRO DE COMERCIO-TERMINAL PORTUARIO PIJUAYAL. UBICADO EN EL DISTRITO DE P

INFORME DE ORIGINALIDAD

26%

INDICE DE SIMILITUD

20%

FUENTES DE INTERNET

17%

PUBLICACIONES

8%

TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1

cdn.www.gob.pe

Fuente de Internet

3%

2

www.minem.gob.pe

Fuente de Internet

2%

3

Submitted to Organismo de Evaluación y Fiscalización

Trabajo del estudiante

2%

4

repositorio.unfv.edu.pe

Fuente de Internet

2%

5

hdl.handle.net

Fuente de Internet

1%

6

pt.scribd.com

Fuente de Internet

1%

7

maatecalidadambiental.ambiente.gob.ec

Fuente de Internet

1%

8

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC.
"EIA-D del Proyecto Desarrollo e Instalaciones de Producción del Lote 131-IGA0001086", R.D. N° 108-2017-SENACE/DCA, 2021

Publicación

1%

9

SERV GEOGRAFICOS Y MEDIO AMBIENTE SAC.
"ITS del Proyecto de Estimulación por Inyección Cíclica de Gas en 81 Pozos del Lote

1%



FACULTAD DE CIENCIAS NATURALES Y MATEMÁTICA

LÍNEA BASE BIOLÓGICA PARA EL ESTUDIO DE IMPACTO AMBIENTAL
DETALLADO (EIA-D) DEL PROYECTO: CONSTRUCCIÓN DE LA CARRETERA PEBAS-
CENTRO DE COMERCIO-TERMINAL PORTUARIO PIJUAYAL. UBICADO EN EL
DISTRITO DE PEBAS, PROVINCIA DE MARISCAL RAMON CASTILLA, REGIÓN
LORETO”

Línea de investigación

Biodiversidad, ecología y conservación

Trabajo de Suficiencia Profesional para optar el Título Profesional de Licenciado en Biología

Autor:

Echevarria Salas, Rómulo Jean Pierre

Asesor:

Iannacone Oliver, José Alberto

ORCID: 0000-0003-3699-4732

Jurado:

Sáez Flores, Gloria María

Cuya Briones, Miryan Rebeca

Tumi Calisaya, Milagros Liscely

LIMA – PERÚ

2025

ÍNDICE

I. Introducción	9
I.1. Trayectoria del autor.....	10
I.1.1. Grado académico	10
I.1.2. Formación complementaria.....	11
I.1.3. Áreas de experiencia	13
I.1.4. Experiencia pre profesional.....	13
I.1.5. Experiencia profesional.....	14
I.2. Descripción de la empresa.....	16
I.2.1. Misión.....	17
I.2.2. Visión	17
I.2.3. Servicios de cedier sac	17
I.3. Organigrama funcional de cedier sac	20
I.4. Áreas y funciones desempeñadas	20
II. Descripción de una actividad específica	22
II.1. Objetivos.....	22
II.1.1. Objetivos generales	22
II.1.2. Objetivos específicos.....	22
II.2. Alcances	22
II.2.1. Descripción del área de estudio.....	22
II.2.2. Características ecológicas.....	23
II.2.3. Estaciones de muestreo	27
II.3. Metodologías aplicadas en el área de estudio.....	28
II.3.1. Ornitofauna.....	29
II.3.2. Hidrobiología.....	30
II.3.3. Índices	34
II.4. Resultados fauna.....	41
II.4.1. Ornitología.....	41
II.5. Resultados hidrobiología.....	54
II.5.1. Fitoplancton.....	54

II.5.2. Zooplancton.....	63
II.5.3. Perifiton.....	73
II.5.4. Macroinvertebrados bentónicos	83
III. Aportes mas destacables a la empresa	94
IV. Conclusiones	95
V. Recomendaciones.....	99
VI. Referencias	100
VII. Anexos.....	102

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación geográfica	23
Tabla 2 Coordenadas de ubicación de las estaciones de muestreo biológico (Ornitofauna).	28
Tabla 3 Esfuerzo de muestreo	33
Tabla 4 Abundancia de aves registradas en el área de influencia por estación de monitoreo	48
Tabla 5 Índices de diversidad alfa de aves por estación de monitoreo	51
Tabla 6 Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación	53
Tabla 7 Lista de especies de fitoplancton registrados en el área de influencia.....	54
Tabla 8 Índices de diversidad alfa de Fitoplancton por estación de monitoreo	60
Tabla 9 Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación	62
Tabla 10 Curva de acumulación de especies.....	63
Tabla 11 Lista de especies de zooplancton registrados en el área de influencia.....	64
Tabla 12 Índices de diversidad alfa de zooplancton por estación de monitoreo.....	69
Tabla 13 Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación	72
Tabla 14 Lista de especies de perifiton registrados en el área de influencia.....	73
Tabla 15 Índices de diversidad alfa del perifiton por estación de monitoreo	80
Tabla 16 Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación	82
Tabla 17 Lista de especies de macrobentos registrados en el área de influencia.....	83
Tabla 18 Índices de diversidad alfa del macrobentos por estación de monitoreo.....	88
Tabla 19 Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación	90
Tabla 20 Valores de los índices biológicos de la calidad del agua para las estaciones evaluadas.	92

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Composición porcentual de riqueza por orden en Avifauna.....	41
Figura 2 Composición porcentual de riqueza por familia en Avifauna	42
Figura 3 Abundancia relativa por orden en Avifauna	46
Figura 4 Abundancia relativa por familia en Avifauna.....	47
Figura 5 Riqueza y Abundancia de avifauna por estación de muestreo.....	48
Figura 6 Índices de diversidad Alfa para aves por estación de monitoreo.....	52
Figura 7 Curva de acumulación de especies	54
Figura 8 Composición porcentual de familias del fitoplancton registradas en el área de estudio .	56
Figura 9 Composición porcentual de familias del fitoplancton registradas en el área de estudio .	57
Figura 10 Composición de abundancia de especies de fitoplancton registradas en el área de estudio	58
Figura 11 Riqueza y Abundancia del fitoplancton por estación de muestreo	59
Figura 12 Índices de diversidad Alfa para fitoplancton por estación de monitoreo.....	60
Figura 13 Análisis de similitud por estación de muestreo para Fitoplancton - Índice de Bray-Curtis	61
Figura 14 Composición porcentual de familias del zooplancton registradas en el área de estudio	65
Figura 15 Composición porcentual de familias del zooplancton registradas en el área de estudio	66
Figura 16 Composición de abundancia de especies de zooplancton registradas en el área de estudio	67
Figura 17 Riqueza y Abundancia del Zooplancton por estación de muestreo	68
Figura 18 Índices de diversidad Alfa para zooplancton por estación de monitoreo	70
Figura 19 Análisis de similitud por estación de muestreo para Zooplancton - Índice de Bray-Curtis	71

Figura 20 Curva de acumulación de especies	72
Figura 21 Composición porcentual de familias del perifiton registradas en el área de estudio	76
Figura 22 Composición porcentual de clases del perifiton registradas en el área de estudio	77
Figura 23 Composición de abundancia de especies de perifiton registradas en el área de estudio	78
Figura 24 Riqueza y Abundancia del perifiton por estación de muestreo	79
Figura 25 Índices de diversidad Alfa para perifiton por estación de monitoreo	80
Figura 26 Análisis de similitud por estación de muestreo para perifiton - Índice de Bray-Curtis.	81
Figura 27 Curva de acumulación de especies	83
Figura 28 Composición porcentual de familias del macrobentos registradas en el área de estudio	84
Figura 29 Composición porcentual de clases del Macrobentos registradas en el área de estudio .	85
Figura 30 Composición de abundancia de especies de macrobentos registradas en el área de estudio	86
Figura 31 Riqueza y Abundancia del macrobentos por estación de muestreo	87
Figura 32 Índices de diversidad alfa del macrobentos por estación de monitoreo	88
Figura 33 Análisis de similitud por estación de muestreo para Macrobentos - Índice de Bray- Curtis	89
Figura 34 Curva de acumulación de especies	91

RESUMEN

El documento expone de manera sistemática el rol desempeñado por el autor en las distintas fases de ejecución del proyecto: “Caracterizar el estado actual de la fauna ornitológica y las especies hidrobiológicas del área de influencia ambiental del proyecto: “Construcción de la carretera Pebas-Centro de comercio-Terminal portuario Pijuayal, en Loreto, Ubicado en el distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramon Castilla, región Loreto”, siendo este gestionado por la empresa CEDIER SAC en la cual el autor tiene participación como coordinador de proyectos y especialista de campo. El objetivo principal del proyecto es caracterizar el estado actual de la fauna ornitológica y las especies hidrobiológicas en el área de influencia del proyecto. Se identificaron las especies de ornitofauna e hidrobiología, calcularon parámetros comunitarios y de diversidad, se determinó endemismos y estados de conservación, y se estimó los índices comunitarios relacionados con macroinvertebrados bentónicos. Las metodologías aplicadas comprenden puntos de conteo y redes de neblina para ornitofauna, y métodos estandarizados para bentos, fitoplancton, zooplancton y perifiton. El esfuerzo de muestreo incluye unidades específicas y tiempos establecidos para cada comunidad acuática y recurso hidrobiológico.

Palabras clave: ornitofauna, recursos hidrobiológicos, Loreto, línea base biológica, infraestructura vial, amazonía.

ABSTRACT

The present report describes the professional experience of the author in the project "Characterize the current state of ornithological fauna and hydrobiological species in the environmental influence area of the project: Construction of the Pebas-Commerce Center-Pijuayal Port Terminal road, in Loreto, located in the district of Pebas, province of Mariscal Ramon Castilla, Loreto region," managed by CEDIER SAC, where the author participates as project coordinator and field specialist. The main objective of the project is to characterize the current state of ornithological fauna and hydrobiological species in the project area. The species of ornithofauna and hydrobiology were identified, community and diversity parameters were calculated, endemisms and conservation statuses were determined, and community indices related to benthic macroinvertebrates were estimated. The methodologies applied include point counts and mist nets for ornithofauna, and standardized methods for benthos, phytoplankton, zooplankton, and periphyton. The sampling effort includes specific units and times established for each aquatic community and hydrobiological resource.

Keywords: avifauna, hydrobiological resources, Loreto, biological baseline, road infrastructure, amazon.

I. INTRODUCCIÓN

Cumpliendo con el requerimiento para obtener el título profesional por la modalidad de Suficiencia Profesional se elabora este informe, donde la estructura de este se encuentra guiada por el Anexo IV del Reglamento General de Grados y Títulos de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Reglamento que se aprobó en la Resolución R.N. N° 2900-2018-CU-UNFV el 25 de junio del 2018, el cual se contextualiza en la Ley Universitaria N° 30220. En ese sentido, el presente informe se estructura como prueba de la experiencia práctica del autor como especialista en Monitoreo Biológico y Gestión Ambiental.

El autor, como especialista en Monitoreo Biológico y Gestión Ambiental, participó en proyectos de empresas como: CAEE S.A.C (Practicante Gestión Ambiental e Hidrobiología), JRAMON S.A. (Analista de Hidrobiología y Monitoreo Biológico), CERPER S.A. (Analista de Hidrobiología), CEDIER S.A.C. (Subgerente de proyectos, Monitoreo biológico y Gestión Ambiental), SUGLE S.A.C (Consultor en Monitoreo Biológico); mostrando así a lo largo de los años laborados su amplio conocimiento y capacidad para planificar, organizar y dirigir monitoreos Biológicos así como los productos de estos, que forman parte del área de Gestión Ambiental.

Las actividades del autor como especialista en Monitoreo Biológico y Gestión Ambiental presentan la responsabilidad, capacidad y experiencia en las actividades de toma de muestra, identificación de especies, redacción de informes ambientales, generación de mapas temáticos, coordinaciones de grupos de especialistas, así como, la logística integral en los monitoreos.

1.1 Trayectoria del autor

Rómulo Jean Pierre Echevarria Salas, autor de este informe, posee el grado académico de Bachiller en Biología, título expedido por parte de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática de la Universidad Nacional Federico Villarreal. Tiene más de 9 años de experiencia en organizaciones privadas, además de sus conocimientos en Biología, el autor cuenta con cursos en Monitoreo ambiental, Sistemas de Información Geográfica, Sistemas Integrados de Gestión, Seguridad en el trabajo, Estudios Ambientales, entre otros. Con estos conocimientos a evaluado ecosistemas terrestres y acuáticos en los campos de Hidrobiología y Fauna Silvestre. Adicionalmente, Los proyectos en los que participo han cubierto todo el ámbito del territorio nacional (costa sierra y selva), obteniendo datos valiosos e informes de alta calidad

Además, cuenta con experiencia en laboratorio como analista de hidrobiología, siendo esta la base para la comprensión de los proyectos aplicados en campo. También realizó tareas relacionadas a la gestión de datos, generación de documentos, geoprocésamiento, análisis y producción de mapas utilizando en la plataforma de ArcGIS for Desktop.

A continuación, se presenta una descripción sobre sus estudios y grado académico y estudios de cualificación profesional del autor.

1.1.1 Grado académico

El 17 de setiembre del 2014 el Consejo de la Facultad de Ciencias Naturales y Matemática otorgó al autor el grado de Bachiller en Biología, este fue concedido por el Consejo Universitario el 04 de diciembre del 2014.

De igual manera, este documento en formato de diploma puede ser encontrado en el libro 140, folio 167 y en el registro 105847, de la oficina de Grados y Títulos de la Secretaría General de la Universidad Nacional Federico Villarreal.

1.1.2 Formación complementaria

2023-2023 Univesidad de Costa Rica

Pozos y Manantiales en Costa Rica

2023-2023 Univesidad de Costa Rica

Gestión Integrada del Recurso Hídrico en Costa Rica

2023-2025 CertiProf Profesional Knowledge

En proceso: Certified ISO 9001:2015 Lead Auditor - I9001LA

2021-2021 Universidad Santo Tomás de Chile

Biodiversidad y conservación de Humedales

2020-2020 Universidad Nacional Agraria La Molina

Colaborador en evento de divulgación científica “ECOTALK”

2020-2020 Instituto de Investigación y Gestión territorial – UNASAM

Investigador GIS, "Delimitación de Humedales y Lagunas", Usando ArcGIS y GEOBIA Toolbox. Ciencia de la información geográfica y cartografía.

2018-2019 Marine Institute

Biological Effects Quality Assurance in Monitoring Programmes / National Marine Biological Analytical Quality Control Scheme. Certificado internacional en taxonomía de plancton.

2016-2016 Haku Consultores.

Seminario “Estándares de Calidad Ambiental – Monitoreo Ambiental”

Corporación de seguridad y actividad empresarial COSAE.

Curso de Especialización Monitoreo Ambiental

Curso Teórico-Práctico Monitoreo de la calidad del Agua.

Curso Teórico-Práctico Monitoreo de la calidad del Aire y Niveles de Ruido.

Curso Teórico-Práctico Monitoreo de la calidad del Suelo.

Curso Teórico-Práctico Monitoreo Ambiental Participativo.

Curso Teórico-Práctico Fiscalización Ambiental en el Sector minero.

Instituto de Genética Barbara McClintock.

Curso de estadística aplicada a la Biología.

2015-2016 Centro de actualización profesional y desarrollo empresarial CAPDEM –
Universidad Nacional Mayor de San Marcos.

Diploma y especialización profesional en Estudio y Evaluación del Impacto Ambiental.

2015-2015 Universidad Nacional Agraria La Molina

Sistemas Integrados de Gestión de Calidad, Medio Ambiente, Seguridad y Salud.

Auditor Interno en Sistemas Integrados de Gestión.

2015-2020 CERPER

Primeros Auxilios Básicos.

Manejo inicial de emergencias HAZMAT.

Materiales Peligrosos.

Normativa ISO 17025

2015-2015 Universidad Nacional Agraria La Molina

Curso de Formación de auditores internos.

Curso de Implementación del Sistema integrado de gestión.

Curso de Sistemas Integrados de gestión ISO 9001, ISO 14001, OHSAS 18001.

2013-2014 CAEE S.AC.

Taller de Implementación de ISO/IEC 17025.

Curso de Macroinvertebrados bentónicos como como indicadores de calidad.

Curso de Aspectos básicos de Ecotoxicología Ambiental.

2003-2005 Técnico en Computación e Informática y Diseño Gráfico.

1.1.3 Áreas de experiencia

El Autor se ha desempeñado a lo largo de su carrera como biólogo en las áreas de:

- Análisis de comunidades Hidrobiológicas.
- Monitoreo de comunidades Hidrobiológicas.
- Monitoreo de fauna silvestre.
- Gestión Ambiental.
- Estudios ambientales.
- Sistemas de información geográfica.
- Sistemas Integrados de Gestión.
- Implementación de laboratorios.

1.1.4 Experiencia pre profesional

2013-2014 CAEE S.A.C.

Analista de procesos.

Gestión ambiental e implementación de ISO/IEC 17025.

1.1.5 Experiencia profesional

2017-2025 CEDIER SAC.

Investigador principal en el área de hidrobiología y coordinador de proyectos. Encargado del área cartográfica. Especialista en monitoreo biológico. Ponente principal en cursos y talleres en taxonomía de organismos hidrobiológicos.

Participación en los siguientes proyectos:

Monitoreo de Ornitofauna e Hidrobiología en el PAMA Proyecto especial Chavimochic.

Monitoreo de Ornitología e Hidrobiología en la LBB Puente Pebas-Loreto.

Monitoreo de Ornitología e Hidrobiología en la LBB Puente Carlos-Madre de Díos.

Monitoreo de Ornitofauna en la Línea de Transmisión La Virgen.

Monitoreo de Ornitofauna en la Línea de Transmisión L-6085 Chanchamayo.

Monitoreo de Ornitofauna en el EIA de la Línea de Transmisión 60 KV y SET 60/10 KV 25 MVA Señor de Luren” – Ica.

Monitoreo de Ornitofauna en la LBB del EIA-sd del Relleno de Seguridad Cumbre – Chicama.

Monitoreo de Ornitofauna en el Fundo Santiago Apostol - EXPORTADORA FRUTICOLA DEL SUR S. A.

Monitoreo de Ornitofauna para “Entrega del Drenaje Pluvial Integral de la Ciudad De Paita - Piura”.

Monitoreo de Ornitofauna para Planta Industrial de Destilación de Solventes Usados –
RESOLV SAC.

Monitoreo de Ornitofauna para Programa Sectorial de Alcantarillado y Tratamiento de
Aguas Residuales en Ciudades de Provincias del Perú, Componente Tacna.

Monitoreo de Ornitofauna para la UM Veta Dorada – Arequipa.

2021-2024 SUGLE SAC.

Especialista de campo en monitoreo de Fauna Silvestre e Hidrobiología en los proyectos:

Monitoreo de Ornitología e Hidrobiología en la UM Contonga.

Monitoreo de Hidrobiología en mejoramiento y construcción de la carretera Saramiriza,
Loreto.

Monitoreo de Hidrobiología en PAD UM Lincuna.

Monitoreo de Hidrobiología y Ornitofauna en LBB UM Lincuna Uno.

Monitoreo de Hidrobiología en PAD UM Mercedes 84.

2021-2022 UJIT Consultores y Contratistas SAC.

Especialista de campo en monitoreo de Fauna Silvestre e Hidrobiología.

2021-2021 Consulting Biogroup SRL.

Especialista de campo en monitoreo de Hidrobiología.

2021-2021 Exportadora Fruticola del sur SA

Especialista de campo en monitoreo de Fauna Silvestre.

2015-2021 Certificaciones del Perú S.A. CERPER.

Analista en el laboratorio de Toxinas e Hidrobiología, especializado en fitoplancton de ambientes continentales y marinos. Perifiton, Macrófitas acuáticas, Organismos de vida libre, Clorofila “a”. Zooplancton continental

2014-2015 J. Ramón del Perú S.A.C.

Analista de Operaciones en Laboratorio de Hidrobiología (Fitoplancton y Zooplancton) en proceso de acreditación ISO 17025.

2014-2015 J. Ramón del Perú S.A.C.

Monitor ambiental de campo en las principales minas del país, como: Grupo Buenaventura, Hochschild Mining, Minera Horizonte, Votorantim Metais, entre otros.

2014-2015 J. Ramón del Perú S.A.C.

Coordinador de Implementación del Laboratorio de Ecotoxicología.

2014-2014 CAEE S.A.C.

Expositor del curso “Ecotoxicología como herramienta de diagnóstico ambiental”.

1.2 Descripción de la Empresa

Cedier S.A.C., también conocido como Center for Diversity and Ecology Research, se trata de una compañía reconocida por su labor en estudios ecológicos y en el análisis de la biodiversidad. Reconocida por la SUNAT como un Buen Contribuyente, Cedier S.A.C. como organización realiza investigaciones y monitoreos sobre diversidad biológica y procesos ecológicos, orientando sus esfuerzos hacia la preservación y gestión sostenible del entorno natural.

Ha participado en diversas ponencias y congresos dedicados al ámbito de conservación y biodiversidad como son el Congreso Peruano de Humedales, Global Big Day, entre otros.

1.2.1 Misión

Fomentar estrategias orientadas a la preservación de la diversidad biológica dentro de los sistemas ecológicos a través de la educación y las investigaciones científicas, trabajando en conjunto con organizaciones públicas y privadas fomentando la participación ciudadana

1.2.2 Visión

Mejora continua de nuestro equipo, aplicando los conocimientos, habilidades, valores y criterios para enfrentarnos a nuevos retos y poner en práctica las nuevas tecnologías

1.2.3 Servicios de CEDIER SAC

Los servicios que CEDIER SAC presta a las empresas y al público en general son las siguientes:

1.2.3.1. Evaluación y monitoreo de componentes biológicos

- A. **Ornitofauna.** Aves y su diversidad en los diferentes ecosistemas.
- B. **Artropofauna.** Insectos, arácnidos, ácaros, entre otros organismos de importancia.
- C. **Mastofauna.** Mamíferos y su importancia ecológica.
- D. **Herpetofauna.** Reptiles y anfibios y su distribución y estado de conservación.
- E. **Caracterización de ecosistemas acuáticos marinos y continentales.** Estudio de cuerpos de agua, incluyendo su flora, fauna y calidad del agua.
- F. **Flora Silvestre y Evaluación de ecosistemas frágiles.** Análisis y monitoreo de ecosistemas vulnerables para entender su estado y dinámica.
- G. **Caracterización de Bofedales.** Estudio de estos humedales altoandinos, incluyendo su flora, fauna y funciones ecológicas.

1.2.3.2. Instrumentos de Gestión Ambiental

- A. **DIA (Declaración de Impacto Ambiental).** Documento que analiza las potenciales afectaciones al medio ambiente derivadas de un proyecto específico.*
- B. **MEIA (Modificación de Estudio de Impacto Ambiental).** Evaluación de los cambios en un proyecto y sus nuevos impactos ambientales.*
- C. **PAD (Plan Ambiental Detallado).** Plan detallado diseñado para la implementación de procesos integrales de gestión ambiental orientados a identificar, evaluar y reducir los efectos adversos derivados de la ejecución de proyectos, mediante el diseño de medidas correctivas, preventivas y de seguimiento que garanticen la sostenibilidad del entorno.*
- D. **LBB (Línea Base Biológica).** Documentación de la biodiversidad antes de iniciar un proyecto.*

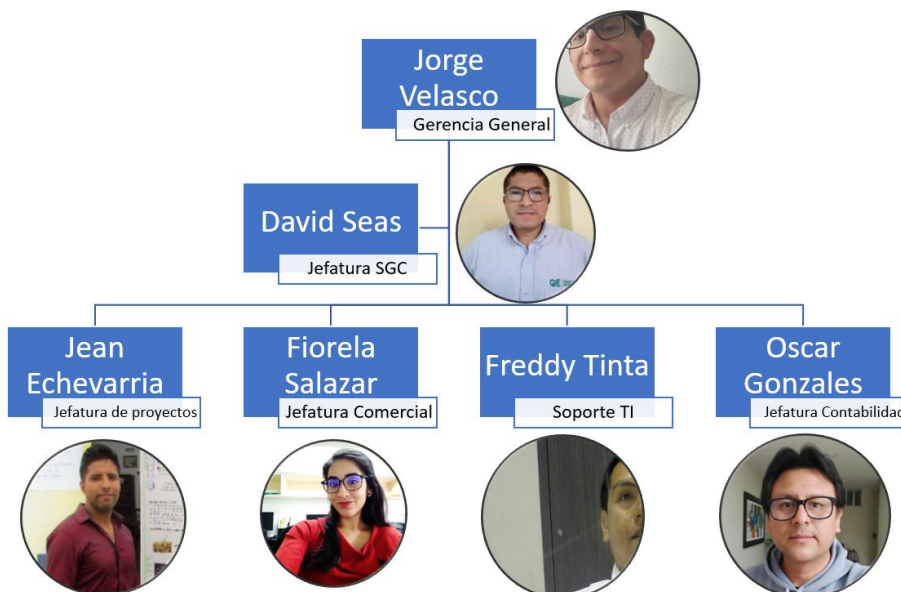
1.2.3.3. Otros servicios

- A. Autorización de Colecta Produce, SERFOR, Sernanp.*
- B. Procedimiento de Ingreso de muestras biológicas Museos Autorizados.*
- C. Inventario Biológico para Investigación científica.*
- D. Determinación taxonómica de organismos pertenecientes a la flora y fauna.*
- E. Análisis sistemático de especies botánicas y zoológicas.*
- F. Estudio de identificación biológica de especies de plantas y animales.*
- G. Capacitaciones en taxonomía biológica, Colecta de muestras, técnicas de identificación de muestras, análisis de datos.*
- H. Asesoría de investigación.*

I. *Prácticas profesionales.*

J. *Cotización de equipos y materiales para monitoreo biológico.*

1.3 Organigrama funcional de CEDIER SAC



1.4 Áreas y funciones desempeñadas

El profesional ejerce funciones en CEDIER SAC como responsable principal de investigaciones en el campo de la Hidrobiología, liderando la coordinación de proyectos interdisciplinarios y gestionando el área de sistemas de información geográfica para el análisis espacial y la toma de decisiones ambientales. También se especializa en el monitoreo biológico y soy ponente principal en cursos y talleres sobre taxonomía de organismos hidrobiológicos.

También ha participado en varios proyectos de monitoreo, incluyendo el monitoreo de ornitofauna e hidrobiología en el Proyecto Especial Chavimochic y en los puentes de Pebas-Loreto y Puerto Carlos-Madre de Dios. Además, ha llevado a cabo el monitoreo de ornitofauna en las líneas de transmisión La Virgen, L-6085 Chanchamayo y en el Análisis técnico del Estudio de

Impacto Ambiental correspondiente al proyecto de infraestructura eléctrica: Línea de Transmisión 60 kV y Subestación Transformadora 60/10 kV.

Asimismo, ejecuta los informes correspondientes a los análisis técnicos resultado de los proyectos referidos con anterioridad.

II. DESCRIPCION DE UNA ACTIVIDAD ESPECÍFICA

2.1 Objetivos

2.1.1 *Objetivos generales*

Caracterizar el estado actual de la fauna ornitológica y las especies biológicas que habitan medios hídricos presentes en la zona de intervención ambiental del proyecto: “Construcción de la carretera Pebas-Centro de comercio-Terminal portuario Pijuayal, en Loreto, Ubicado en el distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramon Castilla, región Loreto”

2.1.2 *Objetivos específicos*

- Identificación de los organismos de Ornitofauna y evaluación de las comunidades Hidrobiológicas en el área vinculada al proyecto.
- Calcular los parámetros comunitarios, poblaciones, métricas de diversidad alfa, como el índice de Shannon, el índice de Simpson y la equidad de Pielou, junto con indicadores de diversidad beta como la similitud de Bray-Curtis; además, se analizaron modelos de acumulación de especies.
- Establecer los niveles de endemismo y las categorías de conservación de la fauna y flora silvestre asociadas al proyecto.
- Estimar los índices comunitarios relacionados a los macroinvertebrados bentónicos.

2.2 Alcances

2.2.1 *Descripción del área de estudio*

El proyecto actual corresponde al levantamiento de la Línea Base Biológica como insumo técnico fundamental para la elaboración del Estudio de Impacto Ambiental Semidetallado (EIA-

sd) vinculado al desarrollo del proyecto “Construcción de la carretera Pebas – Centro de comercio - terminal portuario Pijuayal, en Loreto, ubicado en el distrito de Pebas, provincia de Mariscal Ramón Castilla, región Loreto” Se localiza en la jurisdicción del distrito de Pebas, perteneciente a la provincia de Mariscal Ramón Castilla, en el departamento de Loreto.

Región : Loreto
 Provincia : Mariscal Ramón Castilla
 Distrito : Pebas
 Localidades : Pebas, Pijuayal

Tabla 1

Ubicación geográfica

Proyecto	Coordenadas UTM WGS 84/19-S		
	Este	Norte	Cota (m.s.n.m.)
Pebas	181994.6	9632498.5	98
Pijuayal	188248.0	9630018.8	90

2.2.2 Características ecológicas

2.2.2.1. Cobertura vegetal

Con base en el Mapa de Cobertura Vegetal (Anexo 1), se identifican en la zona del proyecto las siguientes categorías de cobertura vegetal:

*A. **Áreas de no bosque amazónico.** Esta categoría se localiza dentro de la región Amazónica e incluye zonas previamente deforestadas que han sido transformadas en espacios destinados a actividades agropecuarias, como cultivos agrícolas y pastizales establecidos. También abarca terrenos cubiertos por vegetación secundaria (“purma”), los cuales permanecen en reposo durante varios años con el fin de recuperar la capacidad intrínseca del suelo para suministrar nutrientes esenciales antes de ser reincorporados al uso agrícola o pecuario.*

*B. **Bosque de colina baja.** Esta formación vegetal comprende formaciones boscosas asentadas sobre dos unidades geomorfológicas: colinas bajas y lomadas. El bosque que se extiende sobre las colinas bajas —más extenso que el de las lomadas— se desarrolla sobre suelos formados por antiguos depósitos fluviales, los cuales presentan distintos niveles de erosión o disección. Estas colinas tienen una altitud inferior a los 80 metros respecto a su base topográfica.*

*C. **Bosque de llanura meándrica.** La formación vegetal presente en el área se establece sobre las planicies de inundación de los ríos amazónicos, caracterizadas por su escasa pendiente y trazado sinuoso. Durante las avenidas fluviales estacionales, el agua se extiende por el interior de la llanura, transportando sedimentos que forman barras deposicionales alineadas (restingas) y generan zonas deprimidas entre ellas, conocidas como bajiales, con características pantanosas. Esta unidad ocupa aproximadamente 2 117 010 hectáreas, lo que equivale al 1,65 % del territorio nacional. El ciclo anual de inundación favorece el establecimiento de especies vegetales pioneras que colonizan los suelos recién formados, dando lugar a una sucesión ecológica en la que las comunidades más antiguas se ubican en las zonas interiores de la llanura.*

*D. **Vegetación de isla.** Comprende 186,475 ha, cifra que constituye el 0.15 % de la extensión geográfica del país.*

Ver Anexo N° 2. Mapa de cobertura vegetal .

2.2.2.2. Ecosistemas

Según la cartografía presentada de clasificación de ecosistemas (Anexo 1), se caracteriza los siguientes ecosistemas:

*A. **Bosque de colina baja.** Ecosistema amazónico ubicado sobre terrenos disectados no inundables, con colinas de alturas relativas de 20 a 80 metros, con pendientes moderadas (25 - 30%) a empinadas (hasta 50%), que las hace susceptibles a la erosión hídrica. El sotobosque es denso; el bosque puede presentar 3 o 4 estratos con un dosel o cúpula de árboles que alcanzan 25 a 30 metros de alto e individuos emergentes de 35 o más metros de altura.*

*B. **Vegetación secundaria.** Estas zonas comprenden áreas de pastizales, áreas que fueron desboscadas y convertidas a pastos cultivados, así como las áreas cubiertas con vegetación secundaria (“purma”) en la Amazonía, que se encuentran en descanso por un determinado número de años hasta que retorne la fertilidad natural del suelo, para ser nuevamente integradas a la actividad agropecuaria.*

*C. **Isla.** Son suelos inundables que son aislados por la crecida de los ríos, en estas áreas se alberga una vegetación ribereña.*

2.2.2.3. Ecosistemas Frágiles

Los ecosistemas considerados frágiles poseen un elevado valor para la conservación y presentan una alta susceptibilidad frente a las actividades antrópicas que se manifiestan tanto en el núcleo del ecosistema como en sus zonas de influencia inmediata, lo que compromete la integridad de los servicios ecosistémicos que proveen (Minagri, 2020). Conforme al artículo 99 presente de la Ley General del Ambiente en el numeral N.º 28611, esta categoría incluye diversos entornos

naturales como desiertos, zonas semiáridas, áreas montañosas, humedales altoandinos, bofedales, pantanos, bahías, pequeñas islas, lagunas de altura y otros ecosistemas costeros y boscosos.

En consecuencia, no se han registrado ecosistemas considerados como frágiles dentro del ámbito de influencia ambiental del proyecto.

Ver Anexo N° 3. Mapa de ecosistema y ecosistema frágil

2.2.2.4. Áreas Naturales Protegidas

Son espacios geográficos declarados oficialmente por el Estado con el propósito de preservar ecosistemas representativos, especies endémicas y procesos ecológicos esenciales, en virtud de criterios como su riqueza biológica, relevancia cultural, valor de paisaje y potencial científico. El SERNANP ha reconocido oficialmente un total de 76 ANP en el país.

El trazado del proyecto no intersecta ni afecta ANPs reconocidas por el Estado. Para corroborar dicha información, se hizo uso del Geo ANP - Visor de Áreas Naturales Protegidas.

2.2.3 Estaciones de Evaluación

Las unidades de evaluación establecidas se distribuyeron a lo largo que atraviesa el proyecto vial de modo que su ubicación sea representativa de la longitud de la vía, componentes auxiliares y abarque las coberturas vegetales. La Tabla 2 muestra la localización geográfica de cada estación de muestreo, incluyendo su geolocalización y las particularidades biológicas asociadas a cada sitio evaluado.

Tabla 2

Coordenadas de ubicación de las estaciones de muestreo biológico (Ornitofauna).

Código punto de evaluación	Coordenadas UTM (WGS 84 19 M)		Cobertura Vegetal MINAM (2015)	Ecosistemas MINAM (2018)
	Este	Norte		
E-1	188552	9630319	Áreas de no bosque amazónico	Vegetación secundaria
E-2	188145	9630929	Bosque de colina baja	Bosque de colina baja
E-3	187214	9631807	Bosque de colina baja	Bosque de colina baja
E-4	185324	9632614	Bosque de colina baja	Bosque de colina baja
E-5	183030	9632984	Áreas de no bosque amazónico	Vegetación secundaria
E-6	183931	9632981	Áreas de no bosque amazónico	Vegetación secundaria
E-7	182214	9631936	Áreas de no bosque amazónico	Bosque de colina baja
E-8	18228	9625805	Bosque de llanura meándrica	Bosque de colina baja

Ver Anexo 1. Mapa de estaciones de muestreo biológico.

2.3 Metodologías aplicadas en la zona de evaluación

Los métodos utilizados durante la evaluación de campo de la fauna silvestre fueron seleccionados conforme a los protocolos especializados para cada grupo taxonómico, en este caso la Ornitofauna, siguiendo las recomendaciones establecidas en la “Guía de Inventario de Fauna Silvestre” publicada por el Ministerio del ambiente en 2015. Para la colecta hidrobiológica, los enfoques metodológicos adoptados para cada especialidad biológica están fundamentados en los

estándares establecidos por la guía “Métodos de Colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú”, del Museo de Historia Natural de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos, en coordinación con el Ministerio del Ambiente, conforme a la documentación técnica publicada en 2014 (UNMSM–MHN, 2014).

2.3.1 Ornitofauna

Se utilizó la metodología de puntos de conteo (PC) para el monitoreo de ornitofauna, por ser el más adecuado para evaluar la estructura comunitaria, incluyendo diversidad, abundancia y composición específica en el área evaluada.

2.3.1.1. Censo por puntos de conteo (PC)

Constituye la metodología más eficiente para estimar la composición de especies, abundancia y diversidad en cada estación de evaluación, particularmente cuando se incluyen distintos tipos de hábitat y los individuos presentan variaciones en patrones conductuales, estructura social intraespecífica y dimensiones corporales observadas en las especies evaluadas (Bibby et al., 2000).

El diseño de muestreo incluyó 20 puntos de conteo distribuidos aleatoriamente, con separación aproximada de 50 metros. Las evaluaciones se llevaron a cabo en los intervalos de mayor actividad aviar (6:00–11:00 a.m. y 3:00–6:00 p.m.). En cada punto, se aplicó un esfuerzo de muestreo de diez minutos, registrando las especies detectadas visual o auditivamente dentro de un radio mínimo de 50 metros.

2.3.1.2. Redes de Neblina (RN)

Como complemento al registro visual y auditivo de especies, se empleó una serie de cinco redes de neblina de dimensiones estándar (6×2.5 m) por cada estación de evaluación. En terrenos

planos, las redes fueron dispuestas en forma circular o rectangular, con separaciones de 75 a 100 metros entre ellas, cubriendo superficies de entre 5 y 10 hectáreas. En áreas con pendiente o relieve irregular, se optó por una disposición más concentrada, lo que permitió cubrir áreas menores. Las redes permanecieron activas durante tres horas en horario vespertino, y fueron revisadas cada 30 minutos como máximo, conforme a lo establecido por MINAM (2015).

La nomenclatura científica y común de las especies aviares fue determinada siguiendo la versión 2024 de la *Lista de las Aves del Perú* (Plenge), basada en los criterios taxonómicos del *South American Classification Committee* (SACC), entidad reconocida por su rigurosidad en la clasificación sistemática de la avifauna neotropical

La determinación taxonómica y nomenclatural de las especies aviares se fundamentó en la obra de referencia *Birds of Peru* (Schulenberg et al., 2010), y en la versión 2024 de la *Lista de las Aves del Perú* (Plenge), la cual se encuentra alineada con los criterios sistemáticos del *South American Classification Committee* (SACC), órgano oficial de la *American Ornithological Society* para la región neotropical

2.3.2 Hidrobiología

2.3.2.1. Bentos (macroinvertebrados)

La metodología empleada se basó en lo establecido en los “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas” (UNMSM-MHN, 2014). En cada cuerpo de agua se evaluaron visualmente sus características, se sumergió la red Surber en el sustrato y en dirección contraria al flujo del agua. El tiempo de exposición de la red fue de entre 30 y 60 segundos. Se procedió a remover manualmente el sustrato (piedras, lodo, hojas, entre otros) en el área delimitada por de la red (30 × 30 cm). Este método se repitió tres veces por estación evaluada.

El material colectado fue colocado en frascos plásticos de 1L de capacidad, junto con etanol al 70% como preservante, debidamente rotulados y codificados para su posterior identificación en laboratorio.

Las muestras colectadas serán separadas, identificadas y clasificadas en un laboratorio acreditado para este tipo de análisis.

2.3.2.2. Plancton

A. Fitoplancton

El muestreo de fitoplancton se realizó mediante el filtrado de entre 10 y 20 litros de agua utilizando una red de fitoplancton con luz de malla de 20 μm , la recolección se efectuó prioritariamente en sectores de mayor profundidad y distantes del margen ribereño, hasta alcanzar un volumen concentrado de entre 250 y 500 mL. (MINAM – UNMSM, 2014). La evaluación tuvo un enfoque cualitativo, y el procedimiento fue repetido en tres ocasiones por estación de muestreo.

Las muestras de fitoplancton obtenidas mediante filtrado fueron colocadas en frascos plásticos de 250 mL, correctamente rotulados con información correspondiente a la fecha, hora, ubicación, referencia de la evaluación, datos del especialista, condiciones climáticas, condiciones del sitio y código de muestra. Posteriormente, se empleó solución de Lugol como agente conservante, aplicando una concentración estándar de 3 mL por litro de muestra, y trasladadas al laboratorio para su identificación taxonómica. El análisis fue realizado en un laboratorio acreditado para este tipo de estudios.

B. Zooplancton

El procedimiento aplicado para el análisis del zooplancton siguió los mismos criterios metodológicos establecidos para el fitoplancton, considerando tanto aspectos cualitativos como cuantitativos. La unidad de medida utilizada fue Org.L^{-1} . Se utilizó una red de plancton de tipo

estándar, con abertura de malla de 60 micrómetros y diámetro de 15 centímetros, según la metodología propuesta por Wetzel y Likens (2000). El contenido recolectado fue depositado en frascos plásticos herméticos de 250 mL para su preservación y posterior identificación.

Cada muestra obtenida mediante proceso de filtración fue debidamente identificada con información correspondiente al momento de recolección, localización geográfica, referencia del punto de muestreo y nombre del evaluador. Tras la recolección, se aplicó solución de Lugol en una concentración de 3 mL/L como agente preservante (Valdivia & Zambrano, 1989), y las muestras fueron enviadas a un laboratorio acreditado para su procesamiento.

2.3.2.3. Perifiton

Para este estudio se siguió los métodos recomendados en “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú” (UNMSM – MHN, 2014). Se coleccionarán muestras compuestas multi-hábitat mediante el raspado en sustratos disponibles, incluyendo todos los sustratos y hábitats en el punto de muestreo, se realizaron colectas mediante el frotis de áreas de 25 cm, seleccionando hasta tres zonas representativas por estación de muestreo, correspondientes a sustratos sólidos. Estas áreas fueron cepilladas cuidadosamente, y el material obtenido fue colocado en 250 mL de agua. Las muestras fueron preservadas con Lugol ácido en una concentración de 3 mL/L de muestra

Las técnicas de colecta fueron definidas en función del tipo de sustrato presente en cada estación de muestreo, siguiendo las siguientes consideraciones:

- Para los elementos líticos móviles presentes en el hábitat (rocas, gravas gruesas), se realizó un raspado sistemático de sus superficies expuestas.

- En el caso de sustratos duros no removibles (troncos, raíces, arbustos), se raspó o succionó una porción accesible del material. Para tallos anchos o raíces extensas, se retiró la capa superficial, asegurando su exposición a condiciones de humedad.
- El muestreo en sustratos blandos (incluyendo vegetación acuática, raíces sumergidas, macroalgas y musgos) se cortó una porción con cuchilla o se extrajo con pincel, colocándola en un frasco.

Posteriormente, el procesamiento de las muestras se realizó en un laboratorio acreditado ante INACAL, garantizando la trazabilidad y calidad de los resultados obtenidos.

2.3.2.4. Esfuerzo de Muestro

Se precisa el esfuerzo de muestreo en la siguiente tabla:

Tabla 3

Esfuerzo de muestreo

Comunidades acuáticas/Recursos Hidrobiológicos	Unidad de evaluación	Número de estaciones de evaluación	Tiempo de evaluación por estación	Esfuerzo de Muestreo (Número de Replicas)
Plancton	Fitoplancton	4	15 minutos	2 réplicas
	Zooplancton	4	15 minutos	2 réplicas
Bentos	Red de Surber 500 μm de luz	4	30 minutos	3 réplicas
Perifiton	Raspado de sustrato de 25 cm^2	4	15 minutos	3 réplicas

2.3.3 Índices

2.3.3.1. Análisis de diversidad alfa y beta

El análisis ecológico se fundamentó en la correlación entre datos biológicos y ambientales. La estimación de la diversidad se realizó considerando la estructura taxonómica, el número de especies y su distribución relativa. Los aspectos ambientales fueron documentados mediante la evaluación de la vegetación ribereña y la clasificación de los hábitats detectados en cada punto de muestreo.

Riqueza. Una de las formas utilizadas para medir la diversidad del área fue la determinación de la riqueza específica, según el enfoque propuesto por Moreno (2001). La evaluación de la riqueza (S) consideró el número consolidado de categorías taxonómicas identificadas.

La forma más eficiente que se empleó para calcular la riqueza de especies consistió en contabilizar el número total de especies en cada unidad de muestreo, sin considerar la abundancia relativa ni la distribución espacial de los organismos:

$$S = N$$

Dónde:

$S =$ Riqueza específica.

$N =$ Número total de especies encontradas.

A. Abundancia y Abundancia Relativa. Se obtuvo mediante el número de individuos registrados en cada punto de evaluación, lo que permitió identificar las estaciones con mayor abundancia. Asimismo, se evaluó la cantidad de organismos por taxa, con el fin de clasificar las especies como abundantes, comunes o raras, según su frecuencia de aparición. En determinados casos, se calcularon las abundancias relativas, lo que permitió expresar el porcentaje de presencia de cada especie respecto al total de individuos registrados, facilitando así la interpretación ecológica de la composición comunitaria.

B. Índice de diversidad de Shannon Wiener. Se aplicó el índice de Shannon-Wiener para calcular la diversidad ecológica, considerando tanto la riqueza específica como la distribución proporcional de los individuos entre las especies, en concordancia con Magurran (2004). El modelo asume una muestra aleatoria y la presencia de todas las especies en el conjunto evaluado, conforme a los principios metodológicos descritos por Moreno (2001):

$$H' = - \sum P_i \log_n P_i$$

Dónde:

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener en bits.

Σ = Sumatoria.

P_i = Proporción de la muestra (n_i/n), que representa el número total de individuos de una especie (n_i) dividido entre el número total de individuos de todas las especies (n).

\log_n = Logaritmo en base e .

C. Índice de equidad de Pielou's. Para estimar la equitatividad en la comunidad, se aplicó el índice de Pielou, que relaciona la diversidad observada con la diversidad máxima esperada. Este indicador oscila entre 0 (mínima equidad) y 1 (equidad absoluta), siendo este último el caso en que todas las especies presentan igual número de individuos (Magurran, 2004):

$$J = H' / H'_{\max}$$

Dónde:

J = Índice de equidad de Pielou

H' = Índice de diversidad de Shannon-Wiener

$H'_{\max} = \ln(S)$ donde S es el número de especies.

D. Índice Simpson. Fue aplicado como medida complementaria de diversidad, considerando la probabilidad de que dos organismos elegidos al azar pertenezcan a la misma especie. Debido a su sensibilidad a la dominancia, se transformó mediante $1 - D$ para obtener una representación directa de la diversidad efectiva, tal como sugieren Magurran (1988) y Peet (1974):

$$1 - D = 1 - \sum_{i=1}^S p_i^2$$

Donde:

S : Número de especies (la riqueza de especies)

p_i : Proporción de individuos de la especie i respecto al total de individuos (es decir la abundancia relativa de la especie i): n_i / N .

E. Índice Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). En concordancia con Mandaville (2002), se utilizaron los porcentajes de abundancia de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT), así como de Chironomidae, como indicadores del nivel de oxigenación del ecosistema acuático. La mayor proporción de organismos EPT se asocia a ambientes oxigenados, mientras que la dominancia de Chironomidae refleja condiciones de menor oxigenación. El índice fue calculado mediante la siguiente ecuación:

$$\%EPT = [(Ephemeroptera + Plecóptera + Trichoptera) \times 100] / N$$

Dónde:

N = número de individuos de la muestra

Valores mayores >50%, indican buena calidad de agua.

Como herramienta bioindicadora, se empleó el índice EPT, sustentado en la sensibilidad ecológica de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera ante cambios en la calidad del agua (Pimentel, 2014). La evaluación se realizó sobre el componente de macroinvertebrados bentónicos registrados en ambas estaciones, permitiendo estimar el nivel de perturbación: valores altos del índice reflejaron ambientes menos alterados, mientras que valores bajos indicaron mayor impacto.

F. Índice Biótico BMWP/Col. Fue aplicado como medio para la evaluación de la calidad del agua, en su versión modificada por Zamora (1999) para ríos de Colombia. Esta adaptación se basó en el índice original BMWP, desarrollado en Inglaterra en la década de 1970, el cual utiliza la población de macroinvertebrados como indicadores biológicos de calidad hídrica (Roldán, 2003). El índice BMWP/Col se caracterizó por requerir únicamente la identificación taxonómica de familia, utilizando datos cualitativos basados en presencia o ausencia. Esta metodología evitó el sesgo asociado a la abundancia de taxa dominantes, permitiendo una evaluación más equilibrada de los cuerpos de agua (Roldán, 2003).

G. Índice Biótico de Familias (IBF). Para estimar la calidad del agua, se aplicó el IBF, desarrollado por Hilsenhoff (1988) para ríos norteamericanos. Este índice, similar en estructura al BMWP, clasifica los grupos taxonómicos según su sensibilidad ecológica, pero con una lógica inversa: los organismos más sensibles reciben valores bajos y los más tolerantes, valores altos. La fórmula integra la abundancia de cada grupo y su valor de tolerancia, normalizado por el total de individuos muestreados, utilizando la siguiente fórmula: $IBF = \sum (n_i * t_i) / N$, donde n_i es el número de individuos en un grupo taxonómico; t_i el valor de tolerancia de cada grupo taxonómico y N el número total de individuos en la muestra.

La interpretación del valor del IBF se realizó conforme a una escala de siete niveles de calidad hídrica, desarrollada por Hilsenhoff (1988), la cual permite discriminar entre ambientes con mínima influencia de contaminación orgánica y aquellos con afectación severa. Esta gradación fue clave para establecer el estado ecológico de los cuerpos de agua evaluados.

H. Curva de acumulación de especies. Fue utilizada como herramienta para evaluar el número de especies registradas y el esfuerzo de muestreo aplicado. Esta metodología permitió otorgar mayor fiabilidad al estudio, facilitando su comparación con otras investigaciones similares y posibilitando la estimación del esfuerzo de muestreo requerido para futuras evaluaciones. Además, se calculó el porcentaje de especies registradas en relación con el número esperado, según lo propuesto por Jiménez-Valverde (2003). El análisis de la curva de acumulación se realizó inicialmente mediante el programa EstimateS versión 9.1.0, y posteriormente se complementó con el software STATISTICA versión 10.0, lo que permitió validar los resultados y explorar patrones de saturación en la riqueza específica.

I. Determinación de los Estatus de las Especies Amenazadas.

- La normativa peruana, a través del Decreto Supremo N.º 004-2014-MINAGRI, reconoce la categorización de especies amenazadas de fauna silvestre utilizando como referencia los estándares internacionales de la UICN. Las especies evaluadas pueden ser clasificadas como En Peligro Crítico (CR), En Peligro (EN), Vulnerable (VU) o Casi Amenazadas (NT), según su grado de amenaza y estado poblacional
- La IUCN, mediante su Lista Roja (versión 2021-3), proporciona el sistema más completo y científicamente validado para determinar el estado de amenaza de especies a nivel mundial. Este inventario utiliza criterios cuantitativos y comparables que permiten evaluar el riesgo de extinción en diversos contextos ecológicos y geográficos. Se consideró pertinente señalar que, a pesar de emplear categorías similares, la lista nacional y la lista de la UICN no siempre coincidieron

en la asignación de estado de conservación para una misma especie. Esta discrepancia se debió a las diferencias en la información disponible, particularmente aquella proporcionada por expertos locales, lo cual influyó en la categorización final (UICN, 2021-3)

- En el marco de la Convención CITES (2021), se establecen tres apéndices que clasifican las especies silvestres según su nivel de amenaza y la necesidad de regulación comercial. El Apéndice I protege especies globalmente amenazadas mediante restricciones severas al comercio internacional. Los Apéndices II y III incluyen especies sujetas a extracción o comercio, reguladas conforme al riesgo ecológico y a las disposiciones legales de los países involucrados.

2.4 Resultados Fauna

2.4.1 Ornitología

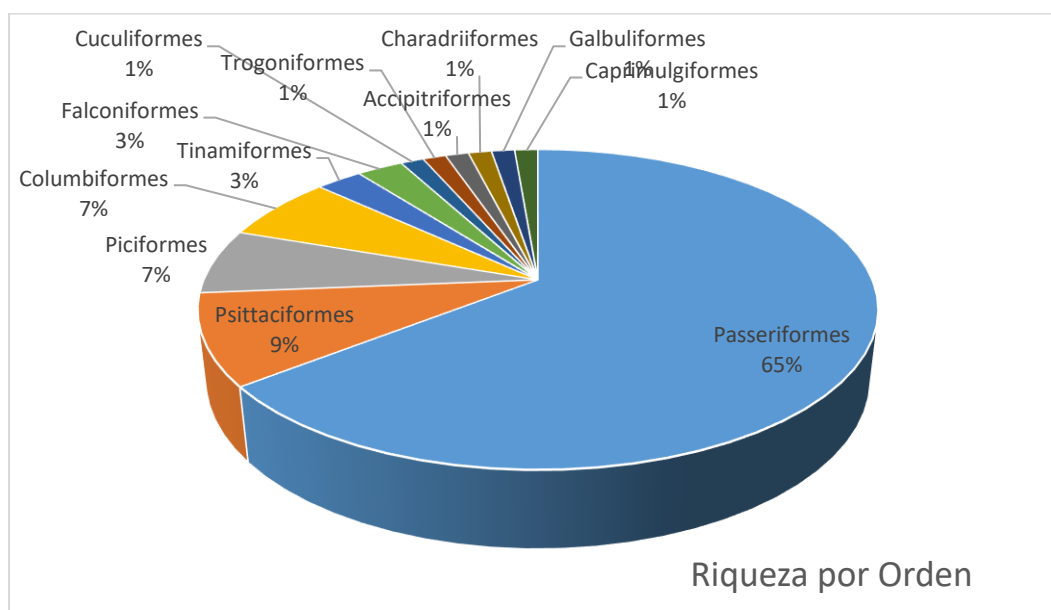
2.4.1.1. Riqueza y composición de especies

En el estudio de la avifauna se reconocieron 76 especies propias de ambientes boscosos, agrupadas en 12 órdenes taxonómicos y 30 familias.

Se observó una mayor diversidad específica en el orden Passeriformes, el cual concentró el mayor número de especies entre los taxones registrados, que concentró el 65 % del total registrado. A este le siguieron Psittaciformes con un 9 %, Piciformes y Columbiformes con un 7 % cada uno, mientras que Tinamiformes y Falconiformes alcanzaron un 3 %. los demás órdenes identificados en el muestreo presentaron una representación específica limitada, con solo una especie registrada por orden, equivalente al 1 % del total. Esta distribución se aprecia en la figura siguiente.

Figura 1

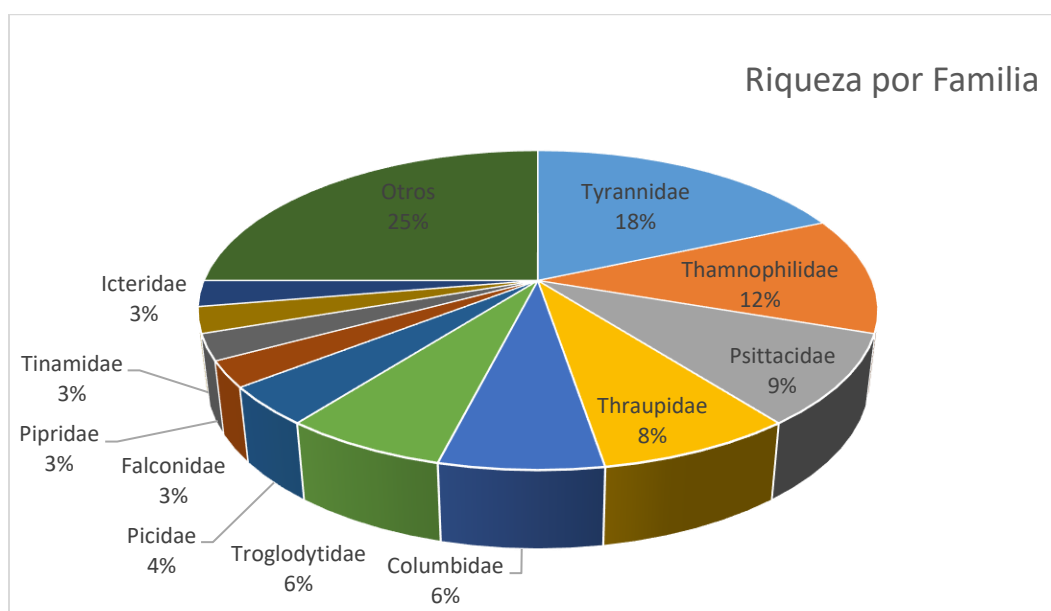
Composición porcentual de riqueza por orden en Avifauna



A nivel de familia, la mayor riqueza lo registró el orden Tyrannidae, representando el 18% de las especies, a continuación, la familia Thamnophilidae con un 12%, Psittacidae con 9%, Thraupidae con 8%, Columbidae y Troglodytidae, Picidae con 4%, con 6; mientras que las familias Falconidae, Pipridae, Tinamidae e Icteridae representan un 3% cada una respectivamente. Las demás familias presentaron 1 sola especie en la evaluación.

Figura 2

Composición porcentual de riqueza por familia en Avifauna



Se presenta a continuación el inventario de especies aviarias identificadas durante los días en campo para el presente periodo.

Tabla 4

Composición de especies de aves observadas en el ámbito del estudio

Número	Clase	Orden	Familia	Nombre científico
1		Accipitriformes	Accipitridae	<i>Rupornis magnirostris</i>
2	Aves	Caprimulgiformes	Caprimulgidae	<i>Nyctidromus albicollis</i>
3		Charadriiformes	Scolopacidae	<i>Tringa solitaria</i>

4	Columbiformes	Columbidae	<i>Claravis pretiosa</i>
5	Columbiformes	Columbidae	<i>Columbina talpacoti</i>
6	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila rufaxilla</i>
7	Columbiformes	Columbidae	<i>Leptotila verreauxi</i>
8	Columbiformes	Columbidae	<i>Patagioenas plumbea</i>
9	Cuculiformes	Cuculidae	<i>Tapera naevia</i>
10	Falconiformes	Falconidae	<i>Ibycter americanus</i>
11	Falconiformes	Falconidae	<i>Falco rufigularis</i>
12	Galbuliformes	Bucconidae	<i>Monasa nigrifrons</i>
13	Passeriformes	Corvidae	<i>Cyanocorax yncas</i>
14	Passeriformes	Emberizidae	<i>Zonotrichia capensis</i>
15	Passeriformes	Fringillidae	<i>Euphonia Chlorotica</i>
16	Passeriformes	Furnariidae	<i>Xenops minutus</i>
17	Passeriformes	Hirundinidae	<i>Progne Chalybea</i>
18	Passeriformes	Icteridae	<i>Cacicus solitarius</i>
19	Passeriformes	Icteridae	<i>Psarocolius angustifrons</i>
20	Passeriformes	Parulidae	<i>Setophaga striata</i>
21	Passeriformes	Passerellidae	<i>Ammodramus aurifrons</i>
22	Passeriformes	Pipridae	<i>Manacus manacus</i>
23	Passeriformes	Pipridae	<i>Tyranneutes atolzmanni</i>
24	Passeriformes	Poliophtilidae	<i>Ramphocaenus melanurus</i>
25	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Cercomacroides tyrannina</i>
26	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Myrmoborus leucophrys</i>
27	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Myrmoborus myotherinus</i>
28	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula axillaris</i>
29	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula axillaris</i>
30	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Myrmotherula brachyura</i>
31	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Taraba major</i>
32	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus doliatus</i>
32	Passeriformes	Thamnophilidae	<i>Thamnophilus schistaceus</i>
33	Passeriformes	Thraupidae	<i>Coereba flaveola</i>
34	Passeriformes	Thraupidae	<i>Ramphocelus carbo</i>

35	Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator coerulescens</i>
36	Passeriformes	Thraupidae	<i>Saltator grossus</i>
37	Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis episcopus</i>
38	Passeriformes	Thraupidae	<i>Thraupis palmarum</i>
39	Passeriformes	Tityridae	<i>Pachyramphus polychopterus</i>
40	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Campylorhynchus turdinus</i>
41	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Cantorchilus leucotis</i>
42	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Henicorhina leucophrys</i>
43	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Microcerculus marginatus</i>
44	Passeriformes	Troglodytidae	<i>Troglodytes aedon</i>
45	Passeriformes	Turdidae	<i>Turdus amaurochalinus</i>
46	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Attila spadiceus</i>
47	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Contopus virens</i>
48	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Legatus leucophaeus</i>
49	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Leptopogon amaurocephalus</i>
50	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Megarynchus pitangua</i>
51	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tuberculifer</i>
52	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiarchus tyrannulus</i>
53	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes cayanensis</i>
54	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Myiozetetes similis</i>
55	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Pitangus sulphuratus</i>
56	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Sayornis nigricans</i>
57	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Todirostrum cinereum</i>
58	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannulus elatus</i>
59	Passeriformes	Tyrannidae	<i>Tyrannus melancholicus</i>
60	Passeriformes	Vireonidae	<i>Vireo chivi</i>
61	Piciformes	Capitonidae	<i>Capito auratus</i>
62	Piciformes	Picidae	<i>Campephilus melanoleucos</i>
63	Piciformes	Picidae	<i>Dryocopus lineatus</i>
64	Piciformes	Picidae	<i>Melanerpes cruentatus</i>
65	Piciformes	Ramphastidae	<i>Ramphastos vitellinus</i>
66	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona amazonica</i>

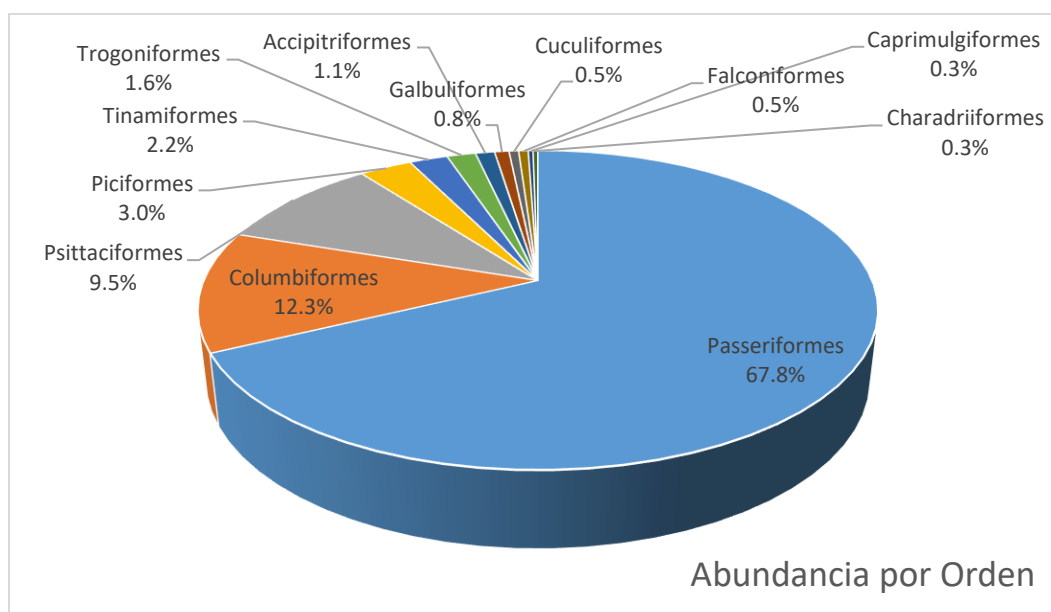
67	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Amazona autumnalis</i>
68	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Brotogeris chiriri</i>
69	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Brotogeris cyanoptera</i>
70	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Brotogeris jugularis</i>
71	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Pionus menstruus</i>
72	Psittaciformes	Psittacidae	<i>Psittacara leucophthalmus</i>
73	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus cinereus</i>
74	Tinamiformes	Tinamidae	<i>Crypturellus soui</i>
75	Trogoniformes	Trogonidae	<i>Trogon viridis</i>

2.4.1.2. Riqueza y abundancia

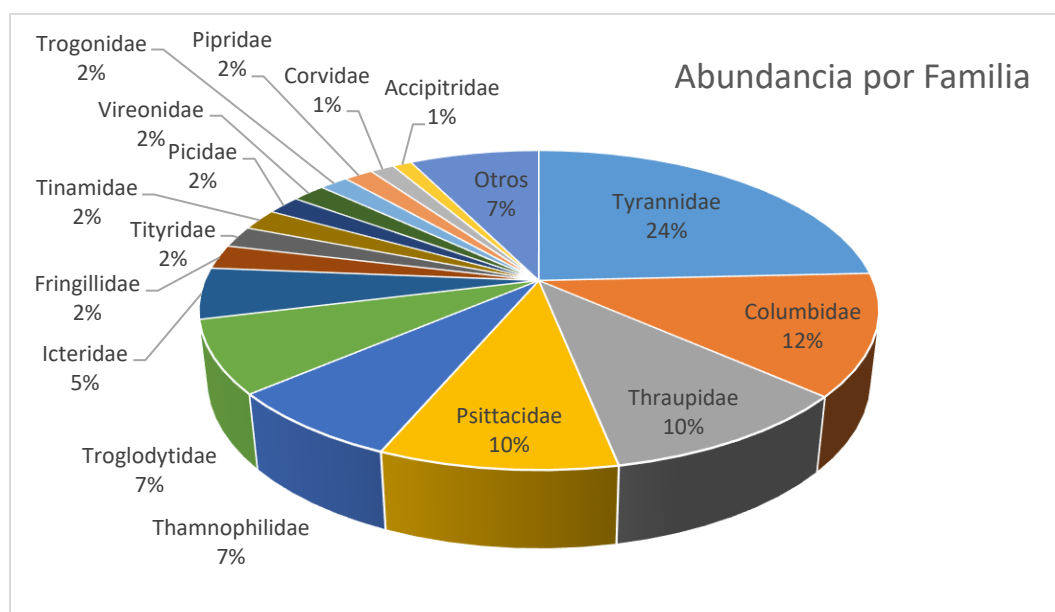
La abundancia total de avifauna, expresada en número de individuos, fue de 367 ejemplares. El orden Passeriformes presentó la mayor abundancia, con 249 individuos, lo que equivale al 68 % del total registrado. Le siguieron Columbiformes con 45 individuos (12 %), Psittaciformes con 35 (9 %) y Piciformes con 11 (3 %). Los órdenes restantes mostraron una abundancia inferior a 10 individuos cada uno.

Figura 3

Abundancia relativa por orden en Avifauna



A nivel de familia, Tyrannidae destacó como la más abundante, con 89 individuos que constituyeron el 24 % del total registrado. Le siguieron Columbidae con 45 individuos (12 %), Thraupidae con 38 (10 %), Psittacidae con 35 (10 %), Thamnophilidae y Troglodytidae con 27 individuos cada una (10 %), e Icteridae con 19 individuos (5 %). Las demás familias presentaron abundancias inferiores a los 10 individuos.

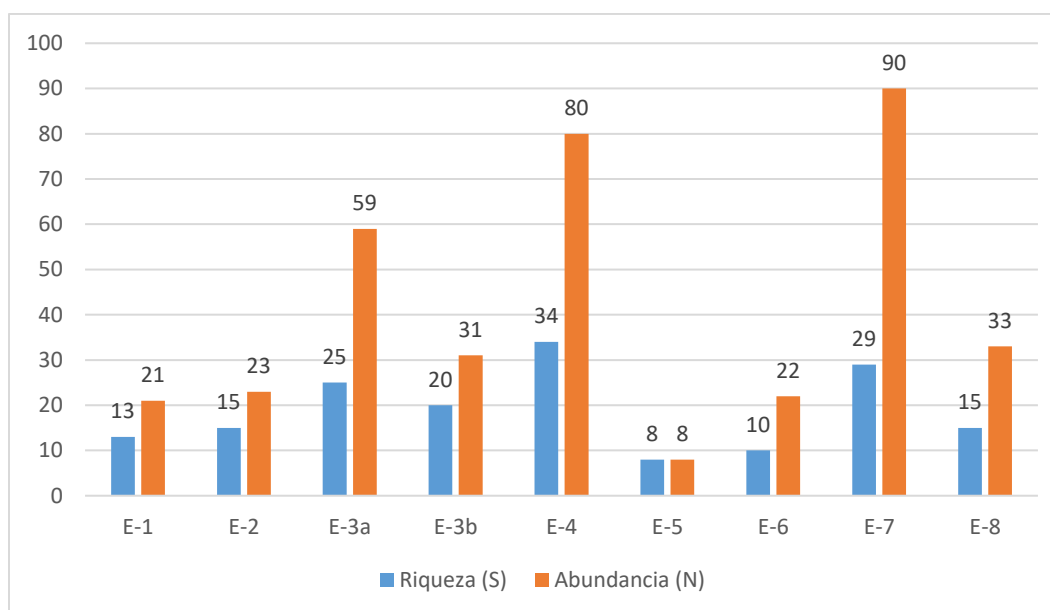
Figura 4*Abundancia relativa por familia en Avifauna*

2.4.1.3. Riqueza y abundancia por estación de muestreo

Al comparar los resultados de riqueza y abundancia de especies entre las estaciones de muestreo, se observó que E-7 y E-4 registraron los valores más altos, con 29 y 34 especies respectivamente, y abundancias de 90 y 80 individuos. En contraste, la estación E-5 presentó los valores más bajos, con solo 8 especies y una abundancia de 8 individuos.

Figura 5

Riqueza y Abundancia de avifauna por estación de muestreo

**Tabla 4**

Abundancia de aves registradas en el área de influencia por estación de monitoreo

Especie	E-1	E-2	E-3a	E-3b	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8	Abundancia
<i>Rupornis magnirostris</i>	0	0	1	1	0	1	0	0	1	4
<i>Nyctidromus albicollis</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Tringa solitaria</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Claravis pretiosa</i>	0	2	0	1	3	0	0	0	0	6
<i>Columbina talpacoti</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
<i>Leptotila rufaxilla</i>	4	2	0	2	2	0	0	0	0	10
<i>Leptotila verreauxi</i>	2	0	0	1	1	0	0	1	0	5
<i>Patagioenas plumbea</i>	1	2	5	4	0	0	2	0	6	20
<i>Tapera naevia</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Ibycter americanus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Falco rufigularis</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1

<i>Monasa nigrifrons</i>	0	0	0	0	2	1	0	0	0	3
<i>Cyanocorax yncas</i>	0	0	0	2	0	0	0	1	2	5
<i>Zonotrichia capensis</i>	0	0	0	0	0	0	0	3	0	3
<i>Euphonia Chlorotica</i>	0	0	0	0	0	0	5	4	0	9
<i>Xenops minutus</i>	0	0	1	0	0	0	0	1	0	2
<i>Progne Chalybea</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Cacicus solitarius</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Psarocolius angustifrons</i>	0	0	0	0	2	0	0	12	4	18
<i>Setophaga striata</i>	0	0	2	0	0	0	0	0	0	2
<i>Ammodramus aurifrons</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Manacus manacus</i>	1	0	0	0	0	0	1	0	0	2
<i>Tyranneutes atolzmanni</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
<i>Ramphocaenus melanurus</i>	0	0	0	0	3	0	0	0	0	3
<i>Cercomacroides tyrannina</i>	0	1	0	0	2	0	0	0	0	3
<i>Myrmoborus leucophrys</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Myrmoborus myotherinus</i>	2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
<i>Myrmotherula axillaris</i>	0	0	4	0	0	0	0	0	0	4
<i>Myrmotherula axillaris</i>	0	0	0	0	1	0	1	0	0	2
<i>Myrmotherula brachyura</i>	0	0	0	0	4	0	0	0	0	4
<i>Taraba major</i>	0	0	0	0	0	0	2	3	0	5
<i>Thamnophilus doliatus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Thamnophilus schistaceus</i>	0	0	5	0	0	0	0	0	0	5
<i>Coereba flaveola</i>	0	0	0	1	1	0	0	0	1	3
<i>Ramphocelus carbo</i>	1	2	3	4	3	0	0	1	0	14
<i>Saltator coerulescens</i>	0	0	0	1	0	1	0	7	1	10
<i>Saltator grossus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Thraupis episcopus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2
<i>Thraupis palmarum</i>	0	0	2	2	3	0	0	1	0	8
<i>Pachyramphus polychopterus</i>	0	0	4	0	2	1	0	0	1	8
<i>Campylorhynchus turdinus</i>	2	2	3	1	0	0	0	0	0	8
<i>Cantorchilus leucotis</i>	0	2	0	0	1	0	0	0	0	3

<i>Henicorhina leucophrys</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Microcerculus marginatus</i>	1	2	0	0	0	0	0	1	0	4
<i>Troglodytes aedon</i>	0	0	0	2	6	0	0	0	3	11
<i>Turdus amaurochalinus</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Attila spadiceus</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	1
<i>Contopus virens</i>	0	0	0	0	1	0	2	0	1	4
<i>Legatus leucophaeus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Leptopogon amaurocephalus</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Megarynchus pitangua</i>	0	0	2	2	0	0	0	0	2	6
<i>Myiarchus tuberculifer</i>	0	0	6	0	1	0	0	0	0	7
<i>Myiarchus tyrannulus</i>	0	0	0	0	0	0	0	2	0	2
<i>Myiozetetes cayanensis</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	0	2
<i>Myiozetetes similis</i>	0	1	2	1	0	0	0	5	0	9
<i>Pitangus sulphuratus</i>	0	2	0	1	6	1	3	4	0	17
<i>Sayornis nigricans</i>	0	0	2	0	0	0	0	4	0	6
<i>Todirostrum cinereum</i>	0	0	1	0	2	0	0	1	0	4
<i>Tyrannulus elatus</i>	0	0	3	0	3	1	1	1	0	9
<i>Tyrannus melancholicus</i>	2	0	0	1	8	0	0	4	3	18
<i>Vireo chivi</i>	0	0	0	0	0	0	0	7	0	7
<i>Capito auratus</i>	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1
<i>Campephilus melanoleucos</i>	0	0	0	0	2	0	0	0	0	2
<i>Dryocopus lineatus</i>	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1
<i>Melanerpes cruentatus</i>	0	0	2	0	2	0	0	0	0	4
<i>Ramphastos vitellinus</i>	1	1	1	0	0	0	0	0	0	3
<i>Amazona amazonica</i>	0	0	0	0	0	1	0	11	0	12
<i>Amazona autumnalis</i>	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1
<i>Brotogeris chiriri</i>	0	0	0	0	1	0	0	1	0	2
<i>Brotogeris cyanoptera</i>	0	0	0	0	0	0	0	6	5	11
<i>Brotogeris jugularis</i>	0	0	0	0	1	0	0	2	0	3
<i>Pionus menstruus</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1

<i>Psittacara leucophthalmus</i>	0	0	0	0	1	0	4	0	0	5
<i>Crypturellus cinereus</i>	0	0	1	1	0	0	0	0	1	3
<i>Crypturellus soui</i>	0	0	3	1	0	0	1	0	0	5
<i>Trogon viridis</i>	2	1	2	0	0	0	0	0	1	6

2.4.1.4. Índices de diversidad

A. Índice de Diversidad Alfa

A partir de los datos recolectados durante la evaluación en campo, se procedió al análisis de la diversidad de la avifauna mediante el cálculo de los índices Shannon-Wiener (H'), Margalef (M), Simpson (1-D) y la equidad de Pielou (J') para cada una de las estaciones de muestreo.

Tabla 5

Índices de diversidad alfa de aves por estación de monitoreo

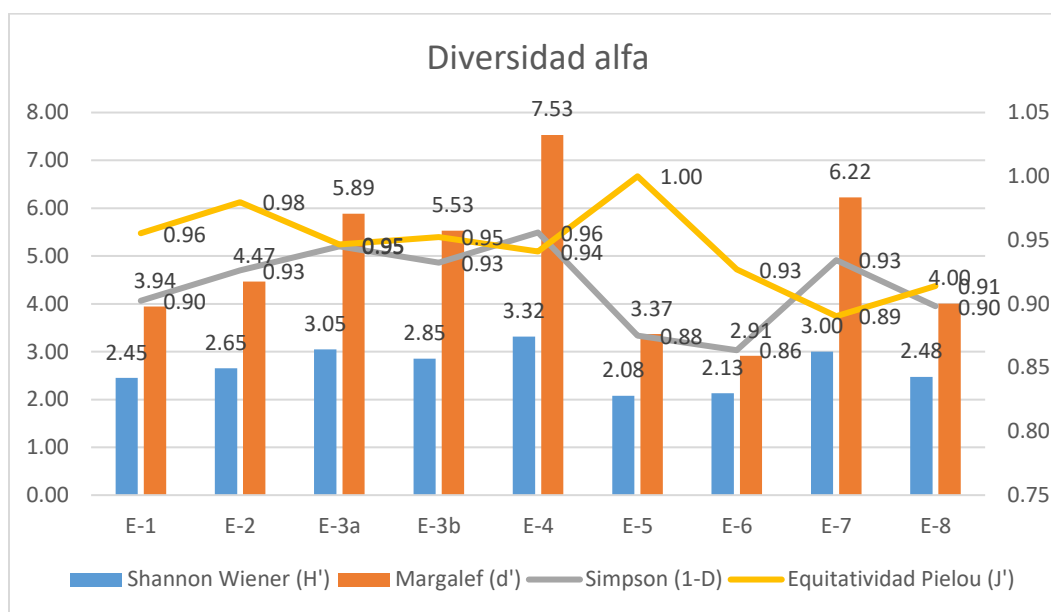
Índices de Diversidad	E-1	E-2	E-3a	E-3b	E-4	E-5	E-6	E-7	E-8
Riqueza (S)	13	15	25	20	34	8	10	29	15
Abundancia (N)	21	23	59	31	80	8	22	90	33
Shannon Wiener (H')	2.45	2.65	3.05	2.85	3.32	2.08	2.13	3.00	2.48
Margalef (d')	3.94	4.47	5.89	5.53	7.53	3.37	2.91	6.22	4.00
Simpson (1-D)	0.90	0.93	0.95	0.93	0.96	0.88	0.86	0.93	0.90
Equitatividad Pielou (J')	0.96	0.98	0.95	0.95	0.94	1.00	0.93	0.89	0.91

La mayor diversidad según el índice de Shannon se presentó en la estación E-4 (H' =3.32 bit/ind) y corroborado con el índice de Margalef (7.53), y el valor más bajo se registró en la estación E-5 (H' =2.08 bit/ind). En general, la zona del proyecto presenta buena diversidad de avifauna; sus valores globales se encuentran dentro de los rangos propios para zonas con poca actividad

antropogénica cercana. En cuanto al índice de Pielou, la estación E-5 presenta el mayor valor (1), mientras las estaciones E-5 y E-6 presentan los valores mínimos (que son cercanos a 1), lo anterior sugiere que las poblaciones de las especies registradas presentan una distribución homogénea, sin evidencias de dominancia marcada por parte de alguna especie en particular.

Figura 6

Índices de diversidad Alfa para aves por estación de monitoreo



B. Índice de Diversidad Beta

Para evaluar la similitud entre las estaciones de monitoreo, se aplicó el índice de Bray-Curtis. El dendrograma generado evidenció que las estaciones E-3b y E-8, así como E-1 y E-2, comparten aproximadamente un 50 % de similitud, lo que indica la presencia de especies comunes entre ellas. En contraste, las demás estaciones mostraron niveles de similitud inferiores al 40 %, lo que refleja una menor distribución compartida de especies entre dichas unidades de muestreo.

2.4.1.5. Curva de Acumulación de Especies

El gráfico obtenido permitió analizar de forma visual tanto la eficiencia del registro como la consistencia del muestreo aplicado.

Siendo la Función de Clench: $v_2=(a*v_1) / (1+ (b*v_1))$

En base a los resultados se puede apreciar en el siguiente gráfico donde la curva alcanzó la fase asintótica, dando un resultado positivo, siendo el mejor modelo que se ajusta a los datos de la función de Clench ($R^2= 0.99999$). De acuerdo con el número máximo de especies predicho por este modelo es 121 ($a/b = 121.77$), siendo el número de especies registrado de 76 especies (se registran también 76 especies cualitativas), por lo tanto, la evaluación representa aproximadamente un esfuerzo de muestreo del 62 % lo cual es no significativo para el área de evaluación, considerado en las estaciones descritas.

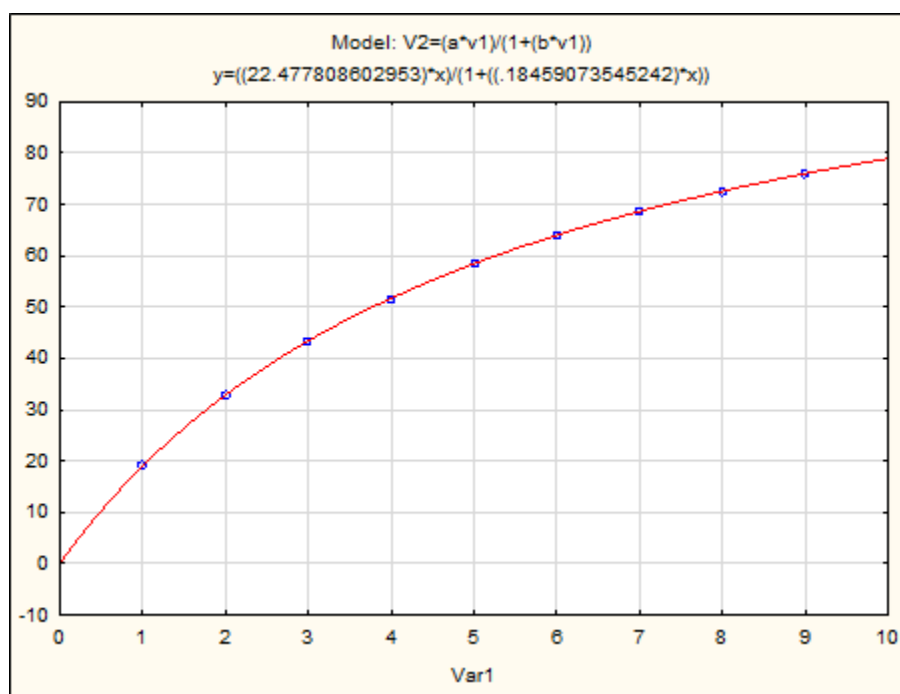
Tabla 6

Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación

Número de especies	a	b	Asíntota (Número de especie predicho (a/b))	Esfuerzo requerido (95%)
76	22.47781	0.184591	121.7708881	62%

Figura 7

Curva de acumulación de especies



2.5 Resultados Hidrobiología

2.5.1 Fitoplancton

Mediante el uso de metodologías cuantitativas aplicadas en cinco estaciones de monitoreo, se logró identificar un total de 22 especies de fitoplancton, distribuidas taxonómicamente en 15 familias y 12 órdenes.

Tabla 7

Lista de especies de fitoplancton registrados en el área de influencia

Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Chlorophyta	Trebouxiophyceae	Chlorellales	Chlorellaceae	<i>Closteriopsis sp.</i>
Cyanobacteriot	Cyanophyceae	Oscillatorial	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>
a		es		
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus sp.</i>

Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenales ND	<i>Euglenales ND</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigma</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigmoidea</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphoneis sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilaria sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>
Heterokontophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira sp.</i>
Heterokontophyta	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Pleurosira laevis</i>

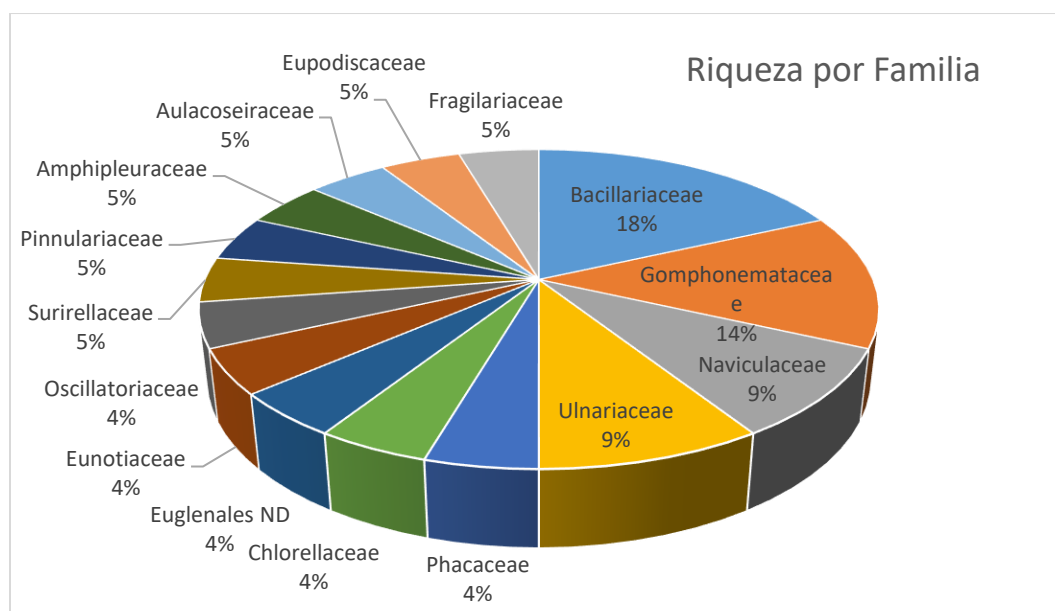
2.5.1.1. Riqueza y abundancia

A nivel de familia, observamos a la familia Bacillariaceae con la mayor riqueza con 4 especies, seguida de Gomphonemataceae con 3 especies, Naviculaceae y Ulnariaceae con 2

especies, con 1 especie se reportaron a Phacaceae, Chlorellaceae, Euglenales ND, Eunotiaceae, Oscillatoriaceae, Surirellaceae, Pinnulariaceae, Amphipleuraceae, Aulacoseiraceae, Eupodiscaceae y Fragilariaceae.

Figura 8

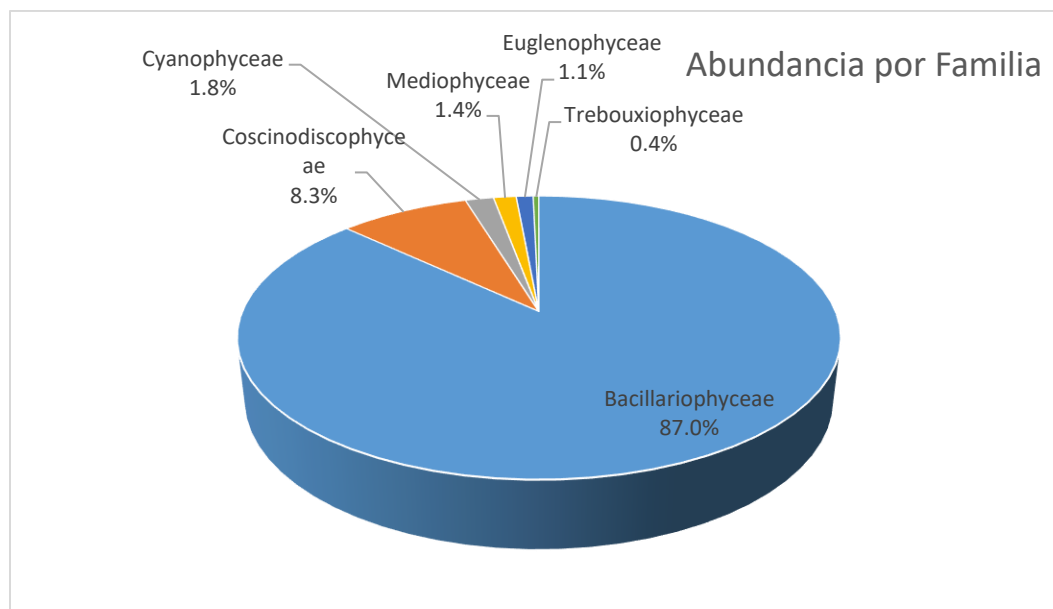
Composición porcentual de familias del fitoplancton registradas en el área de estudio



La abundancia del fitoplancton (número de individuos), estuvo representada por 276 org/L, perteneciente a las clases: Bacillariophyceae con 240 org/L, seguida de Coscinodiscophyceae con 23 org/L, Cyanophyceae con 5 org/L, Mediophyceae con 4 org/L, Euglenophyceae con 3 org/L y Trebouxiophyceae con 1 org/L.

Figura 9

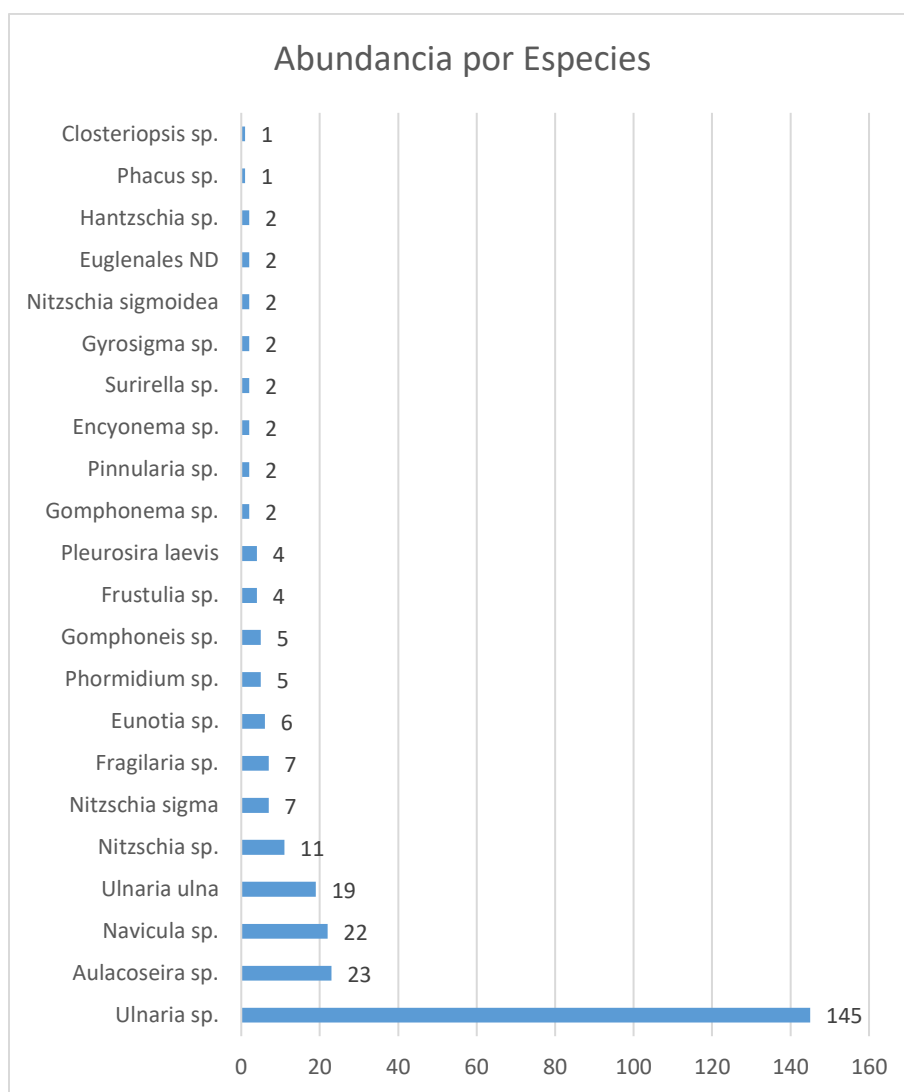
Composición porcentual de familias del fitoplancton registradas en el área de estudio



A nivel de especie, observamos que la mayor abundancia la tiene la especie *Ulnaria sp.* presentando 145 individuos y con una abundancia porcentual del 52%, seguido por la especie *Aulacoseira sp.* presentando 23 individuos y con una abundancia porcentual del 8.3%, *Navicula sp.* con 22 individuos y con una abundancia porcentual del 8%, *Ulnaria ulna* con 19 individuos y con una abundancia porcentual del 6.9%, *Nitzschia sp.* con 11 individuos y con una abundancia porcentual del 4%. Las restantes especies presentaron abundancias inferiores a 10 organismos por litro.

Figura 10

Composición de abundancia de especies de fitoplancton registradas en el área de estudio

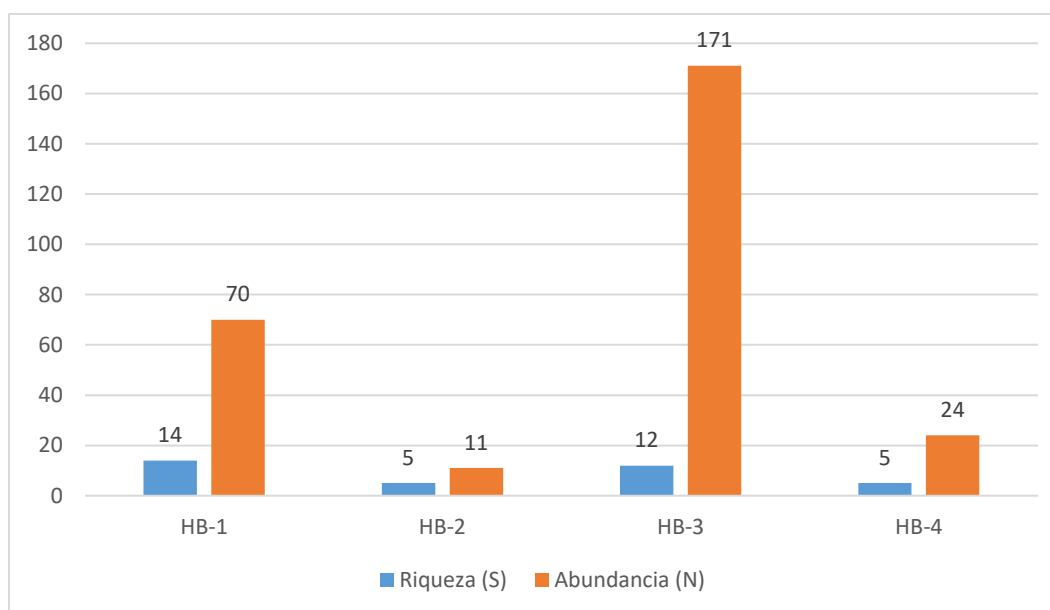


2.5.1.2. Riqueza y abundancia por estación de muestreo

Al comparar los valores de riqueza y abundancia entre las estaciones de muestreo, se observó que HB-3 presentó valores elevados, con 12 especies y una abundancia de 171 organismos por litro. Le siguió la estación HB-1, con 14 especies y una abundancia de 70 org/L. Las estaciones HB-2 y HB-4 evidenciaron una menor diversidad fitoplanctónica, con una riqueza de solo 5 especies y abundancias de 11 org/L en HB-2 y 24 org/L en HB-4.

Figura 11

Riqueza y Abundancia del fitoplancton por estación de muestreo



2.5.1.3. Índices de diversidad

A. Índice de Diversidad Alfa

El índice de Shannon presentó en la estación HB-3, en un nivel bajo $H' = 1.02$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M = 2.14$ bits/indiv). La estación HB-1 presentó la mayor valoración, siendo $H' = 2.22$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M = 3.06$ bits/indiv). En general, la zona del proyecto presenta una diversidad Equilibrada de fitoplancton, evidenciando que sus valores globales se encuentran dentro de los rangos propios para zonas intervenidas con actividad antropogénica cercana. En cuanto al índice de Pielou, el valor máximo se encuentra en la estación HB-2 el cual es 0.94 corroborado con el índice de Simpson ($1-D = 0.86$), lo cual indica que las poblaciones de las especies registradas se distribuyen en forma heterogénea con existencia de especies predominantes, en cambio la estación HB-3 presenta el valor más bajo 0.41, El valor obtenido del

índice de Simpson ($1-D = 0.40$) respalda la interpretación de una mayor equidad en la distribución de especies dentro de la comunidad fitoplanctónica.

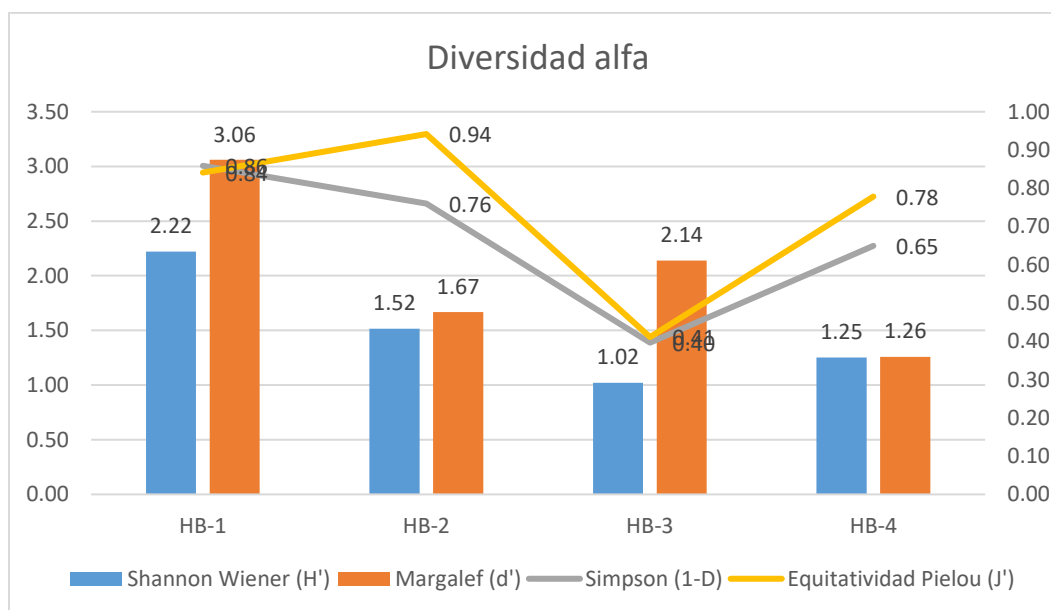
Tabla 8

Índices de diversidad alfa de Fitoplancton por estación de monitoreo

Índices de Diversidad	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4
Riqueza (S)	14	5	12	5
Abundancia (N)	70	11	171	24
Shannon Wiener (H')	2.22	1.52	1.02	1.25
Margalef (d')	3.06	1.67	2.14	1.26
Simpson (1-D)	0.86	0.76	0.40	0.65
Equitatividad Pielou (J')	0.84	0.94	0.41	0.78

Figura 12

Índices de diversidad Alfa para fitoplancton por estación de monitoreo

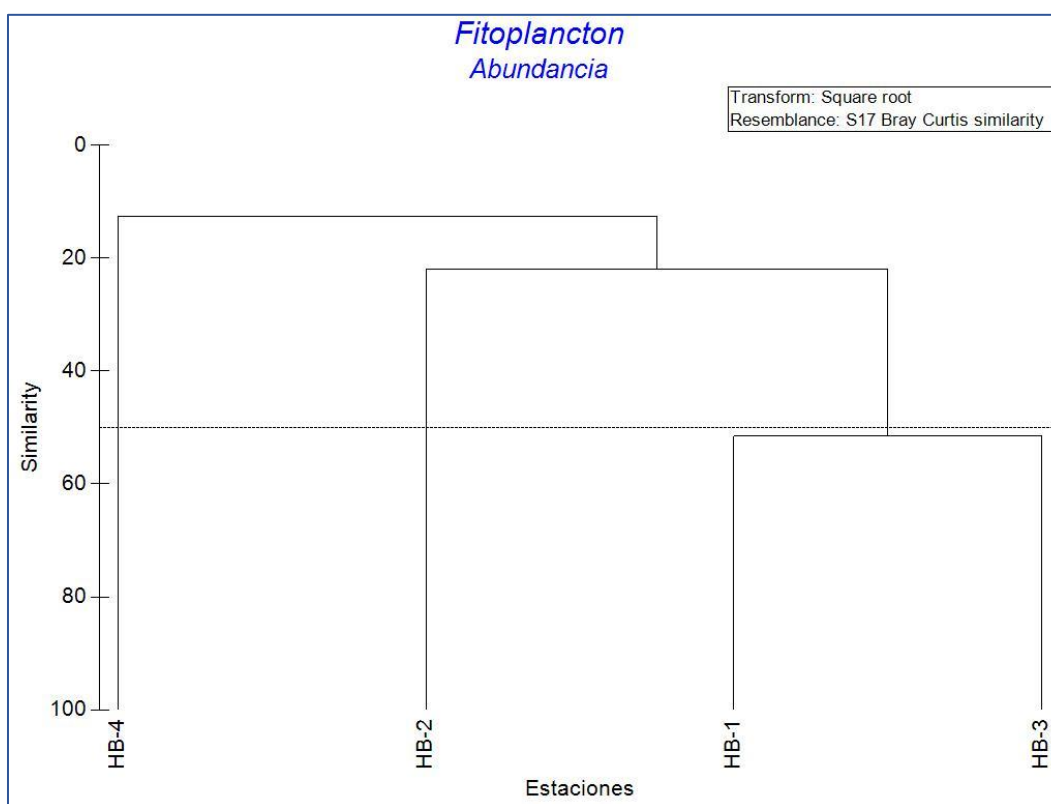


B. Índice de Diversidad Beta

Con base en los resultados obtenidos, el análisis de similitud entre las estaciones de monitoreo para el componente fitoplanctónico reveló una similitud cercana al 50 % entre las estaciones HB-1 y HB-3. En cambio, las estaciones HB-4 y HB-2 no mostraron niveles de similitud representativos.

Figura 13

Análisis de similitud por estación de muestreo para Fitoplancton - Índice de Bray-Curtis



2.5.1.4. Curva de acumulación de especies

En base a los resultados se puede apreciar en el siguiente gráfico donde la curva alcanzó la fase asintótica, dando un resultado positivo, siendo el mejor modelo que se ajusta a los datos de la

función de Clench ($R^2= 0.99973$ De acuerdo con el número máximo de especies predicho por este modelo es 42 ($a/b = 42.26$), siendo el número de especies registrado de 22 especies (se registran también 22 especies cualitativas), por lo tanto, la evaluación representa aproximadamente un esfuerzo de muestreo del 52 % lo cual es significativo y representativo del área de evaluación, considerado en las estaciones descritas.

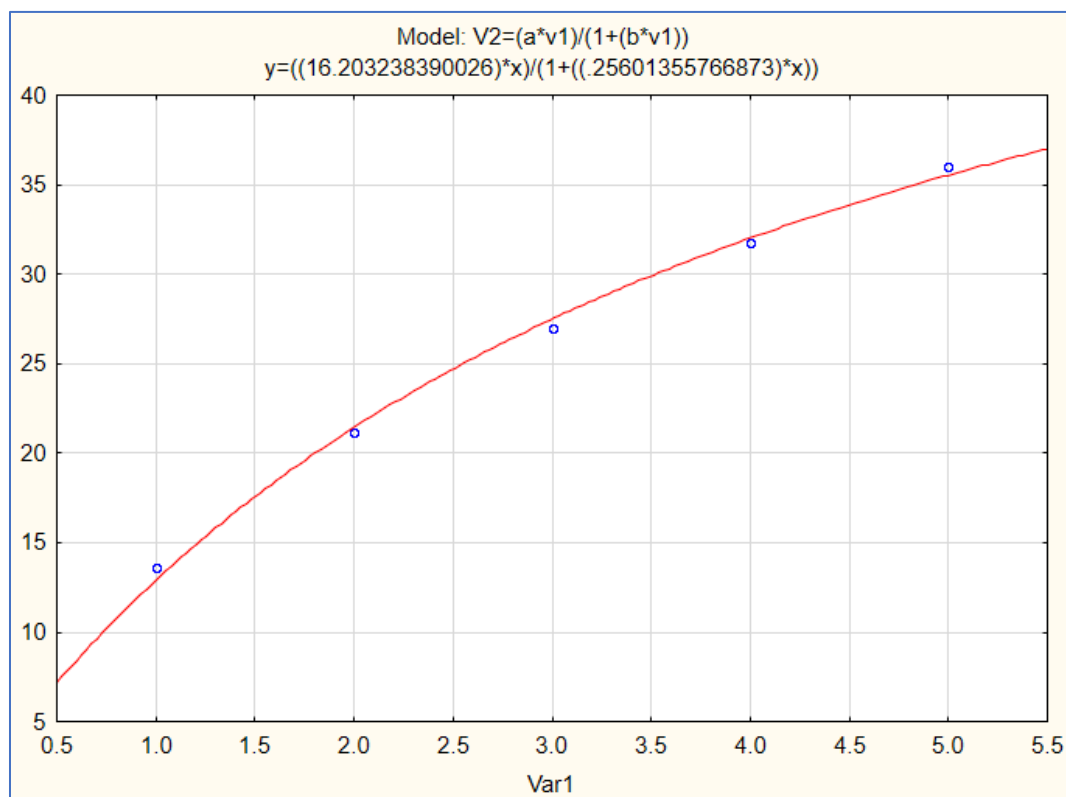
Tabla 9

Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación

Número de especies	a	b	Asíntota (Número de especie predicho (a/b))	Esfuerzo requerido (95%)
22	11.59948	0.274469	42.26153045	52%

Tabla 10

Curva de acumulación de especies



2.5.2 Zooplancton

La aplicación de técnicas cuantitativas en el análisis de la comunidad hidrobiológica reveló la presencia de 15 especies de zooplancton, clasificadas en 15 familias y 9 órdenes taxonómicos, en las cuatro estaciones evaluadas.

Tabla 11

Lista de especies de zooplancton registrados en el área de influencia

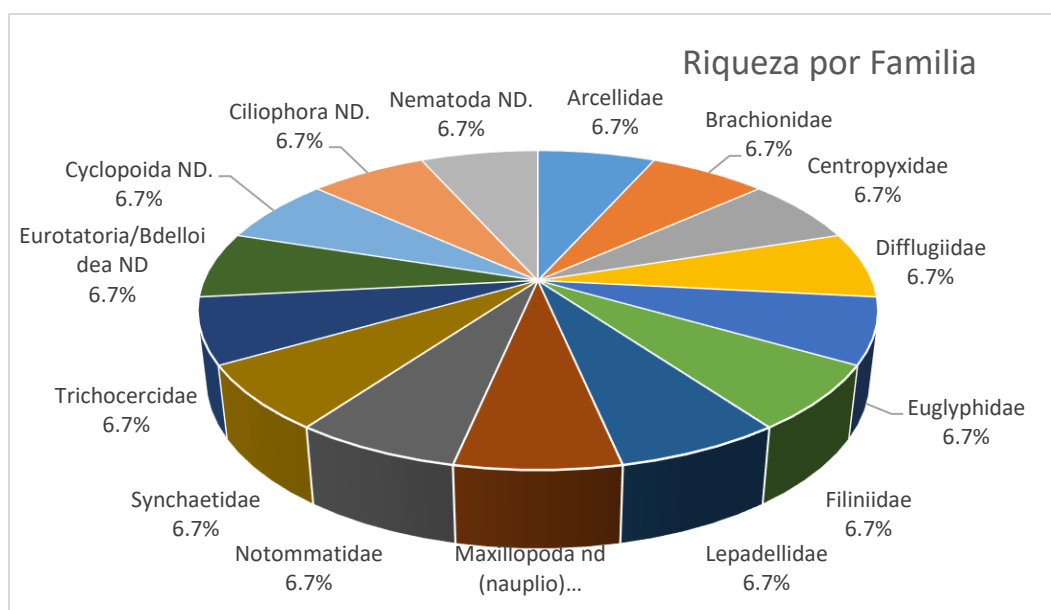
Phylum	Clase	Orden	Familia	Especie
Arthropoda	Maxillopoda nd (nauplio)	Maxillopoda nd (nauplio)	Maxillopoda nd (nauplio)	Maxillopoda nd (nauplio)
Arthropoda	Maxillopoda	Cyclopoida nd	Cyclopoida nd	Cyclopoida ND
Ciliophora nd	Ciliophora nd	Ciliophora nd	Ciliophora nd	Ciliophora ND
Nematoda nd	Nematoda nd	Nematoda nd	Nematoda nd	Nematoda ND
Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	Euglypha sp.
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Diffugiidae	Diffugia sp.
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Centropycidae	Centropycis sp.
Rotifera	Eurotatoria/Bdelloidea	Eurotatoria/Bdelloidea ND	Eurotatoria/Bdelloidea ND	Eurotatoria/bdelloidea ND
Rotifera	Eurotatoria	Flosculariaceae	Filiniidae	Filinia sp.
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Brachionidae	Keratella quadrata
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Lepadellidae	Lepadella sp.
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Notommatidae	Cephalodella sp.
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Synchaetidae	Polyarthra sp.
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Trichocercidae	Trichocerca sp.

2.5.2.1. Riqueza y abundancia

A nivel de familia, observamos a todas las familias con la misma riqueza, siendo 1 la riqueza para todas, es decir, una especie por cada familia.

Figura 14

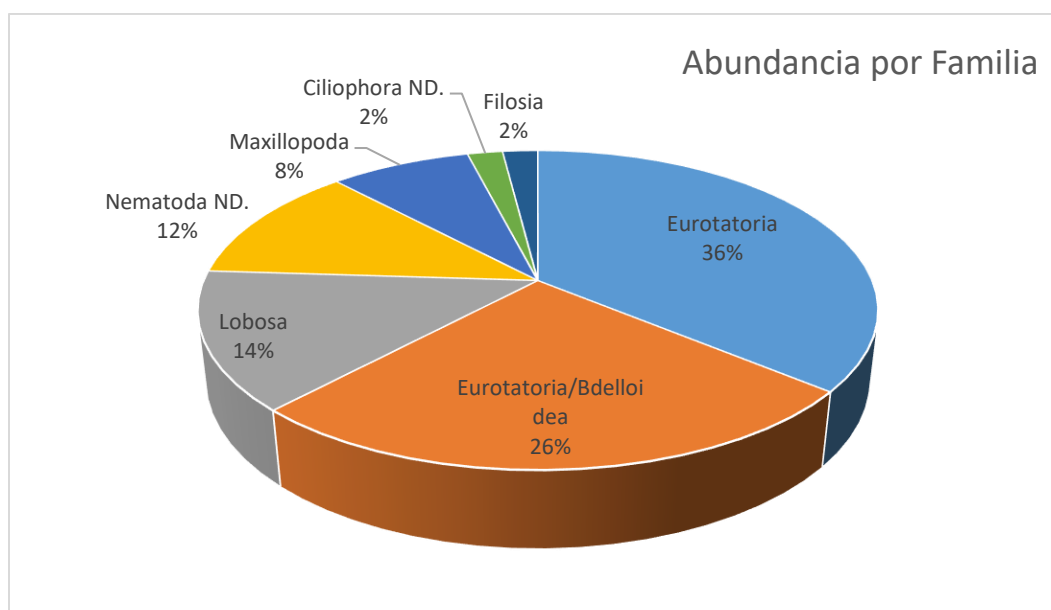
Composición porcentual de familias del zooplancton registradas en el área de estudio



La abundancia del zooplancton (número de individuos), estuvo representada por 50 org, pertenecientes a 7 clases: Eurotatoria con 18 org/L, seguida de Eurotatoria/Bdelloidea con 13 org/L, Lobosa con 7 org/L, Nematoda ND. con 6 org/L, Maxillopoda con 4 org/L y con las menores abundancias estuvieron Ciliophora ND y Filosia con 1 org/L.

Figura 15

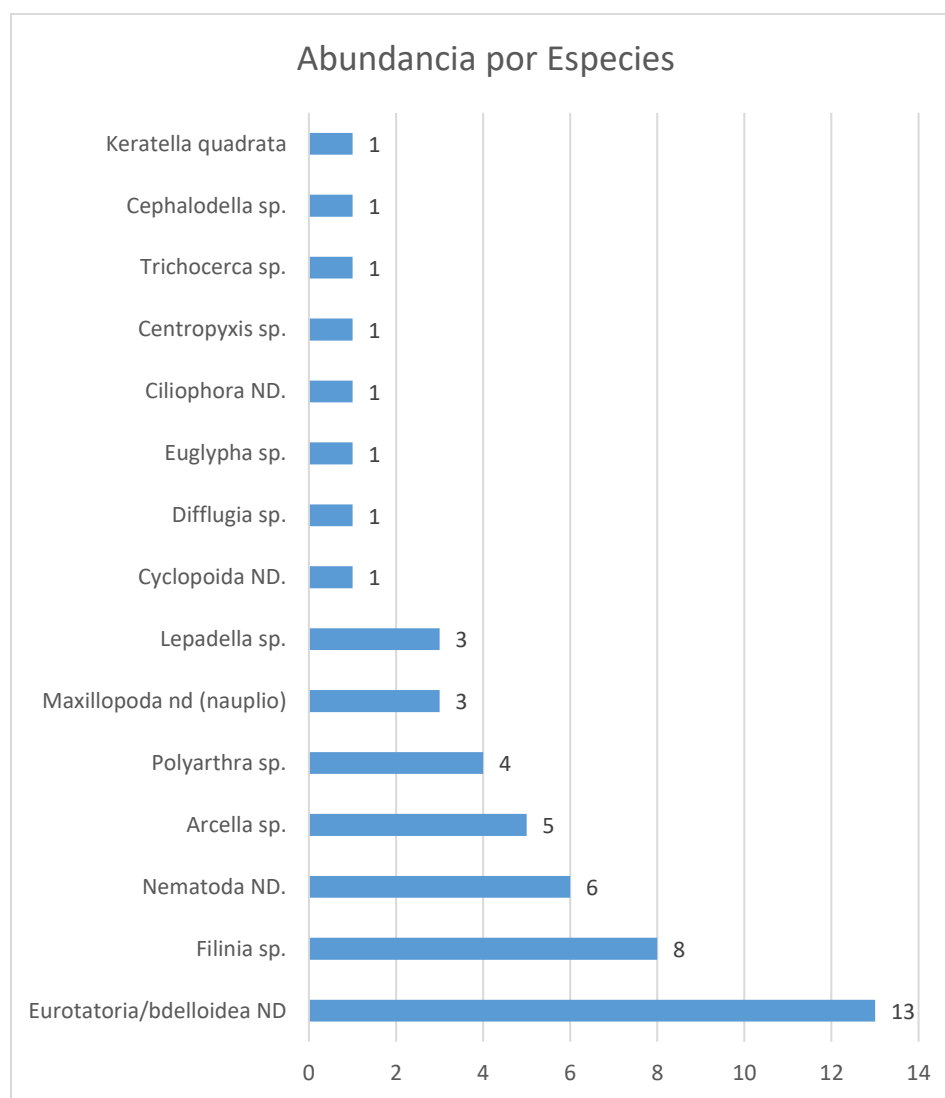
Composición porcentual de familias del zooplancton registradas en el área de estudio



A nivel de especie, observamos que la mayor abundancia la tiene la especie *Eurotatoria/Bdelloidea ND.* presentando 13 individuos y con una abundancia porcentual del 26%, seguido por la especie *Filinia sp.* presentando 8 individuos y con una abundancia porcentual del 16%, *Nematoda ND* con 6 individuos y con una abundancia porcentual del 12%, *Arcella sp.* con 5 individuos y con una abundancia porcentual del 10%, *Polyarthra sp.* con 4 individuos y con una abundancia porcentual del 8%, *Maxillopoda ND (nauplio)* y *Lepadella sp.* con 3 individuos y con una abundancia porcentual del 6%. Las demás especies reportaron abundancias de 1 org/L representando un 2 % de la abundancia.

Figura 16

Composición de abundancia de especies de zooplancton registradas en el área de estudio

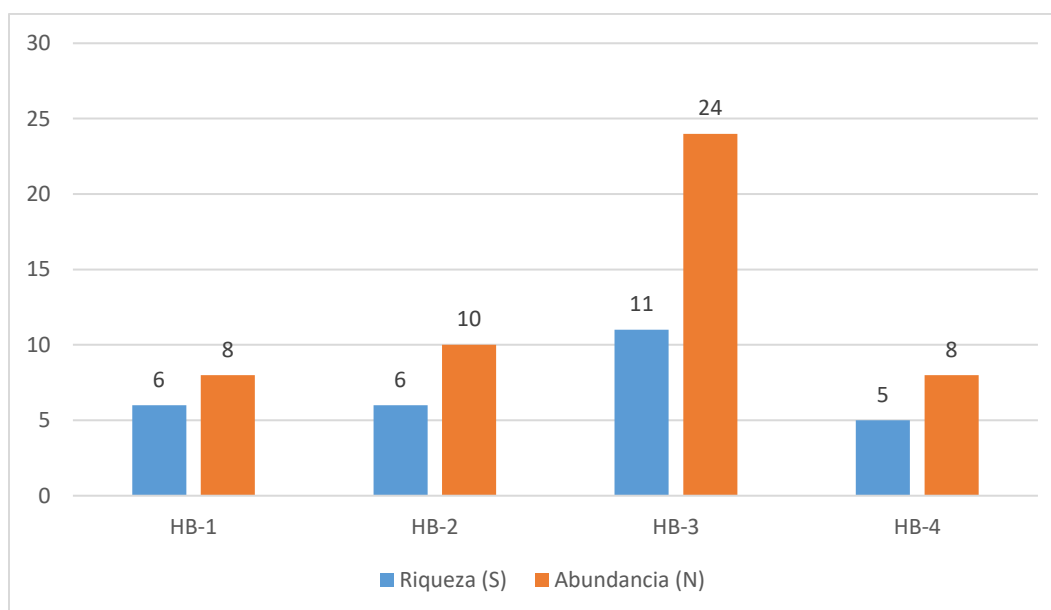


2.5.2.2. Riqueza y abundancia por estación de muestreo

Al comparar los resultados de riqueza y abundancia de especies entre las estaciones de muestreo, se observó que HB-3 presentó los valores más elevados, con 11 especies y una abundancia de 24 organismos por litro. Las demás estaciones mostraron una distribución relativamente equilibrada: HB-1 registró 6 especies y 8 org/L, HB-2 presentó 6 especies y 10 org/L, mientras que HB-4 alcanzó 5 especies y 8 org/L.

Figura 17

Riqueza y Abundancia del Zooplancton por estación de muestreo



2.5.2.3. Índices de diversidad

A. Índice de Diversidad Alfa

A partir de la información recolectada durante la evaluación en campo, se calcularon los índices de diversidad Shannon-Wiener (H'), Margalef (M), Simpson ($1-D$) y el índice de equidad de Pielou (J').

En tal sentido, el índice de Shannon presentó en la estación HB-4, en un nivel medio $H'=1.56$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M=1.92$ bits/indiv). La estación HB-3 presentó la mayor valoración, siendo $H'=2.03$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M=3.15$ bits/indiv). En general, la zona del proyecto presenta una diversidad equilibrada de zooplancton, mostrando que sus valores globales se encuentran dentro de los rangos propios para zonas intervenidas con actividad antropogénica cercana. En cuanto al índice de Pielou, el valor máximo se encuentra en la estación HB-1 y HB-4 el cual es 0.97 corroborado con el índice de Simpson ($1-D= 0.81$ y 0.78

respectivamente), lo cual indica que las poblaciones de las especies registradas se distribuyen en forma homogénea sin existencia de especies predominantes, asimismo las estaciones HB-2 y HB-3 presentan valores similares $P' = 0.95$ y 0.84 respectivamente, corroborado con el índice de Simpson ($1-D = 0.80$ y 0.82 respectivamente), lo cual indica una uniformidad de distribución de especies.

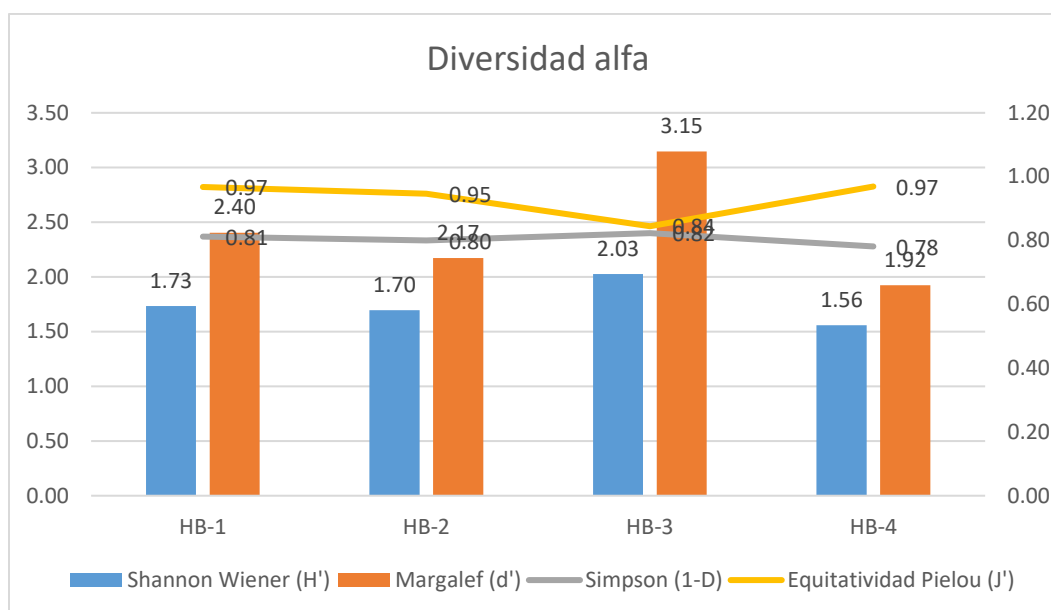
Tabla 12

Índices de diversidad alfa de zooplancton por estación de monitoreo

Índices de Diversidad	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4
Riqueza (S)	6	6	11	5
Abundancia (N)	8	10	24	8
Shannon Wiener (H')	1.73	1.70	2.03	1.56
Margalef (d')	2.40	2.17	3.15	1.92
Simpson (1-D)	0.81	0.80	0.82	0.78
Equitatividad Pielou (J')	0.97	0.95	0.84	0.97

Figura 18

Índices de diversidad Alfa para zooplancton por estación de monitoreo

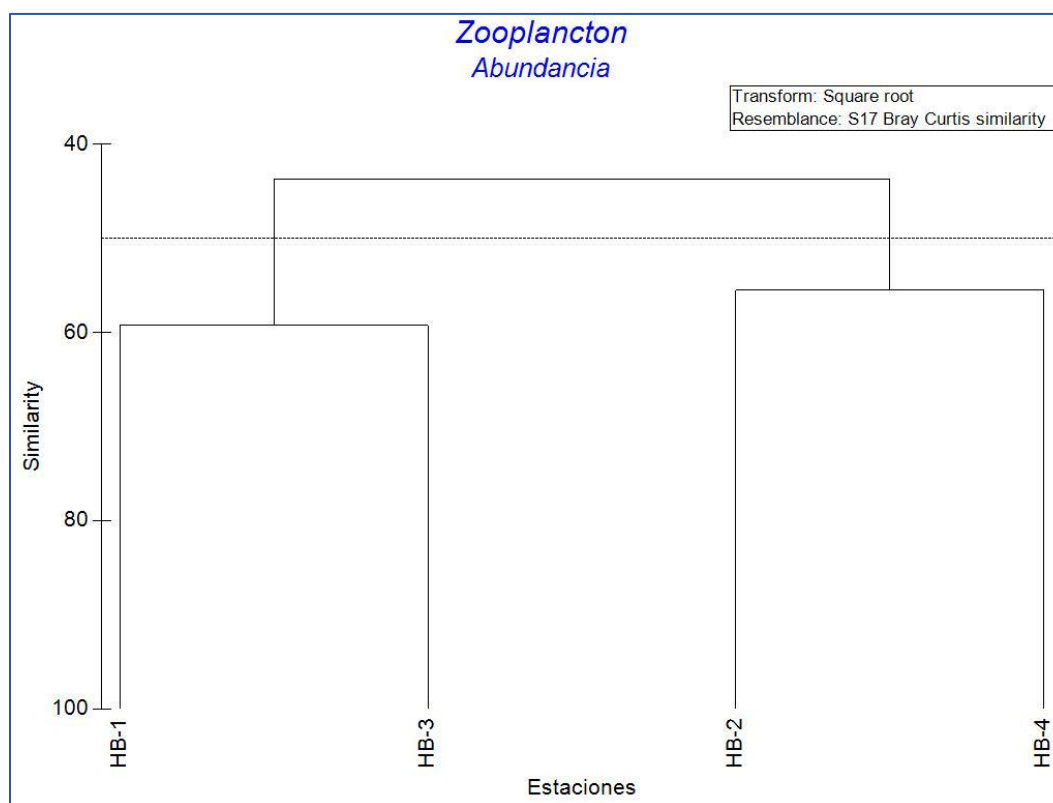


B. Índice de Diversidad Beta

Con base en los resultados obtenidos en campo, el análisis de similitud entre las estaciones de monitoreo para el componente fitoplanctónico evidenció una similitud superior al 50 % entre las estaciones HB-1 y HB-3, así como entre HB-4 y HB-2.

Figura 19

Análisis de similitud por estación de muestreo para Zooplancton - Índice de Bray-Curtis



2.5.2.4. Curva de acumulación de especies

Siendo la Función de Clench: $v_2 = (a \cdot v_1) / (1 + (b \cdot v_1))$

En base a los resultados se puede apreciar en el siguiente gráfico donde la curva alcanzó la fase asintótica, dando un resultado positivo, siendo el mejor modelo que se ajusta a los datos de la función de Clench ($R^2 = 0.99763$). De acuerdo con el número máximo de especies predicho por este modelo es 24 ($a/b = 24.76$), siendo el número de especies registrado de 15 especies (se registran también 15 especies cualitativas), por lo tanto, la evaluación representa aproximadamente un

esfuerzo de muestreo del 61 % lo cual es significativo y representativo del área de evaluación, considerado en las estaciones descritas.

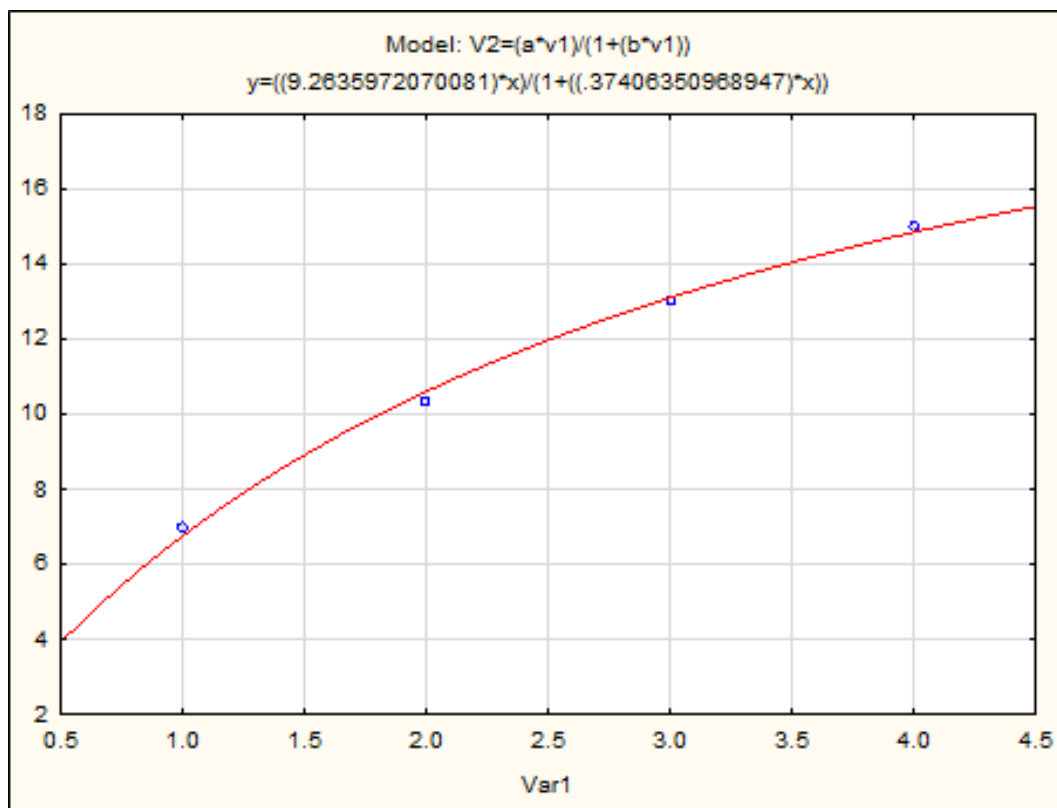
Tabla 13

Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación

Número de especies	a	b	Asíntota (Número de especie predicho (a/b))	Esfuerzo requerido (95%)
15	9.263597	0.374064	24.76473812	61%

Figura 20

Curva de acumulación de especies



2.5.3 Perifiton

La aplicación de metodologías cuantitativas para la evaluación de la comunidad hidrobiológica en las cuatro estaciones de monitoreo permitió registrar un total de 47 especies de fitoplancton, distribuidas en 43 familias y 29 órdenes taxonómicos.

Tabla 14

Lista de especies de perifiton registrados en el área de influencia

Phylum	Clase	Orden	Familia	Nombre científico
Charophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniales ND	<i>Oedogoniales ND</i>
Charophyta	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	<i>Oedogonium sp.</i>
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Closteriaceae	<i>Closterium sp.</i>
Charophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Cosmarium sp.</i>
Chlorophyta	Zygnematophyceae	Desmidiiales	Desmidiaceae	<i>Diadesmis sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Chroococcales	Chroococcales ND	<i>Chroococcales ND</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Leptolyngbyales	Leptolyngbyaceae	<i>Leptolyngbyaceae ND</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Tolypotrichaceae	<i>Tolypothrix sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocales ND	<i>Nostocales ND</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	<i>Phormidium sp.</i>
Cyanobacteria	Cyanophyceae	Pseudanabaenales	Pseudanabaenaceae	<i>Pseudanabaena sp.</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Euglena sp.</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	<i>Monomorpha sp.</i>
Euglenophyta	Euglenophyceae	Euglenales	Phacaceae	<i>Phacus sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Achnanthesales	Achnanthesaceae	<i>Achnanthes sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Hantzschia sp.</i>

Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia reversa</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sigma</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	<i>Nitzschia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Encyonema sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema augur</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema parvulum</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Gomphonemataceae	<i>Gomphonema sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Cymbellales	Rhoicospheniaceae	<i>Rhoicosphenia curvata</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Eunotiales	Eunotiaceae	<i>Eunotia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Fragilariales	Fragilariaceae	<i>Fragilariaceae ND.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Hannaea arcus</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	<i>Ulnaria ulna</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Amphipleuraceae	<i>Frustulia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Navicula sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Naviculaceae	<i>Gyrosigma sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Pinnulariaceae	<i>Pinnularia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Sellaphoraceae	<i>Sellaphora sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Naviculales	Stauroneidaceae	<i>Stauroneis sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Rhopalodiales	Rhopalodiaceae	<i>Rhopalodia sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Surirellales	Surirellaceae	<i>Surirella sp.</i>
Heterokontophyta	Bacillariophyceae	Thalassiophysales	Catenulaceae	<i>Amphora sp.</i>
Heterokontophyta	Coscinodiscophyceae	Melosirales	Melosiraceae	<i>Melosira varians</i>
Heterokontophyta	Coscinodiscophyceae	Aulacoseirales	Aulacoseiraceae	<i>Aulacoseira sp.</i>

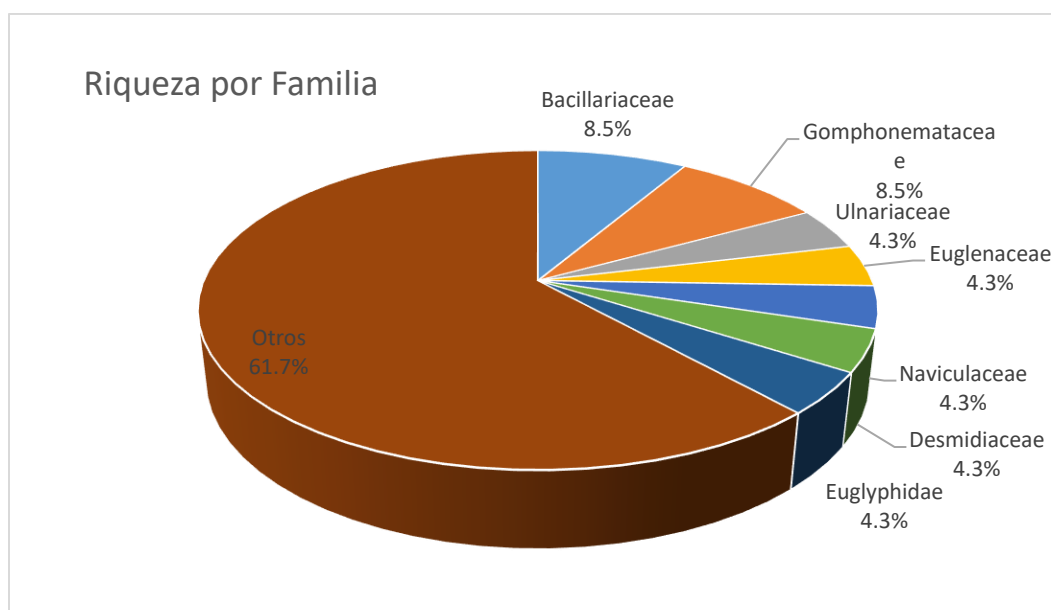
Heterokontophyta	Mediophyceae	Eupodiscales	Eupodiscaceae	<i>Pleurosira sp.</i>
Nematoda	Nematoda ND	Nematoda ND	Nematoda ND	<i>Nematoda ND</i>
Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Trinema sp.</i>
Protozoa	Filosia	Aconchulinida	Euglyphidae	<i>Euglypha sp.</i>
Protozoa	Lobosa	Arcellinida	Diffugiidae	<i>Diffugia sp.</i>
Rotifera	Eurotatoria/bdelloidea	Eurotatoria/bdelloidea ND.	Eurotatoria/bdelloidea ND.	<i>Eurotatoria/bdelloidea ND.</i>
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Lepadellidae	<i>Colurella sp.</i>
Rotifera	Eurotatoria	Ploima	Trichocercidae	<i>Trichocerca sp.</i>

2.5.3.1. Riqueza y abundancia

A nivel de familia, observamos a la familia Bacillariaceae y Gomphonemataceae con 4 especies, con riqueza de 2 especies se encuentran Euglyphidae, Naviculaceae, Desmidiaceae, Euglenaceae y Ulnariaceae. El resto de las familias (Rhoicospheniaceae, Oscillatoriaceae, Closteriaceae, Pseudanabaenaceae, Oedogoniales ND, Aulacoseiraceae, Nostocales ND, Diffugiidae, Phacaceae, Achnanthidiaceae, Rhopalodiaceae, Catenulaceae, Surirellaceae, Eunotiaceae, Nematoda ND, Eupodiscaceae, Oedogoniaceae, Eurotatoria/bdelloidea ND., Chroococcales ND, Fragilariaceae, Pinnulariaceae, Trichocercidae, Ciliophora ND, Amphipleuraceae, Sellaphoraceae, Achnanthaceae, Stauroneidaceae, Leptolyngbyaceae, Tolypotrichaceae, Melosiraceae, Centropyxidae, Vorticellidae, Lecanidae y Lepadellidae) presentaron la misma riqueza, siendo 1 la riqueza para todas, es decir, una especie por cada familia.

Figura 21

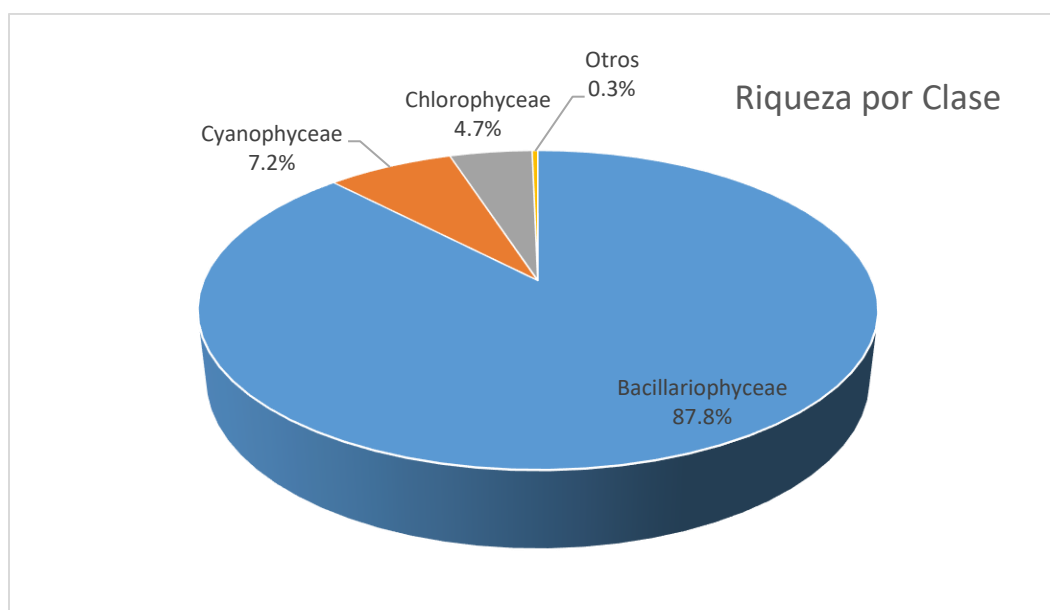
Composición porcentual de familias del perifiton registradas en el área de estudio



La abundancia del perifiton (número de individuos), estuvo representada por 17249 org, pertenecientes a 12 clases: Bacillariophyceae con 15146 org/L, seguida de Cyanophyceae con 1239 org/L, Chlorophyceae con 808 org/L, Zygnematophyceae con 16 org/L, Filosia con 11 org/L y con las menores abundancias estuvieron Coscinodiscophyceae con 9 org/L, Euglenophyceae con 8 org/L, Mediophyceae con 4 org/L, Nematoda ND con 3 org/L, Eurotatoria/bdelloidea con 2 org/L, Eurotatoria con 2 org/L y Lobosa con 1 org/L.

Figura 22

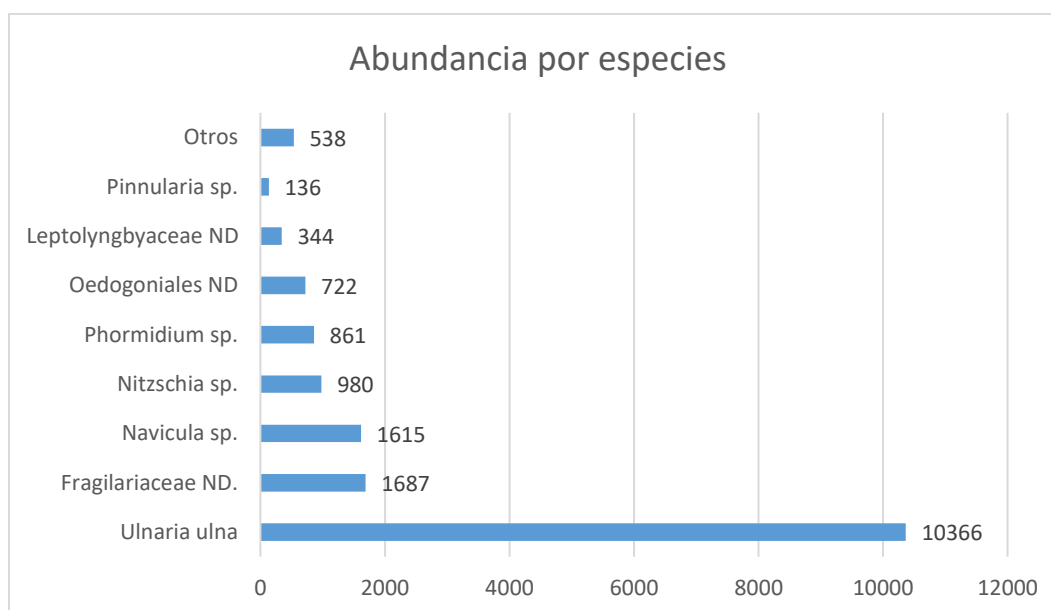
Composición porcentual de clases del perifiton registradas en el área de estudio



A nivel de especie, observamos que la mayor abundancia la tiene la especie *Ulnaria ulna* presentando 10366 individuos y con una abundancia porcentual del 60%, seguido por la especie *Fragilariaceae ND.* presentando 1687 individuos y con una abundancia porcentual del 10%, *Navicula sp.* con 1615 individuos y con una abundancia porcentual del 9%, *Nitzschia sp.* con 980 individuos y con una abundancia porcentual del 6%, *Phormidium sp.* con 861 individuos y con una abundancia porcentual del 5%, *Oedogoniales ND* con 722 individuos con una abundancia porcentual del 4%, *Leptolyngbyaceae ND.* con 344 individuos con una abundancia porcentual del 2%, *Pinnularia sp.* con 136 individuos con una abundancia porcentual del 1%. Las demás especies reportaron abundancias por debajo de 100 org/L representando un 1 % de la abundancia cada uno.

Figura 23

Composición de abundancia de especies de perifiton registradas en el área de estudio

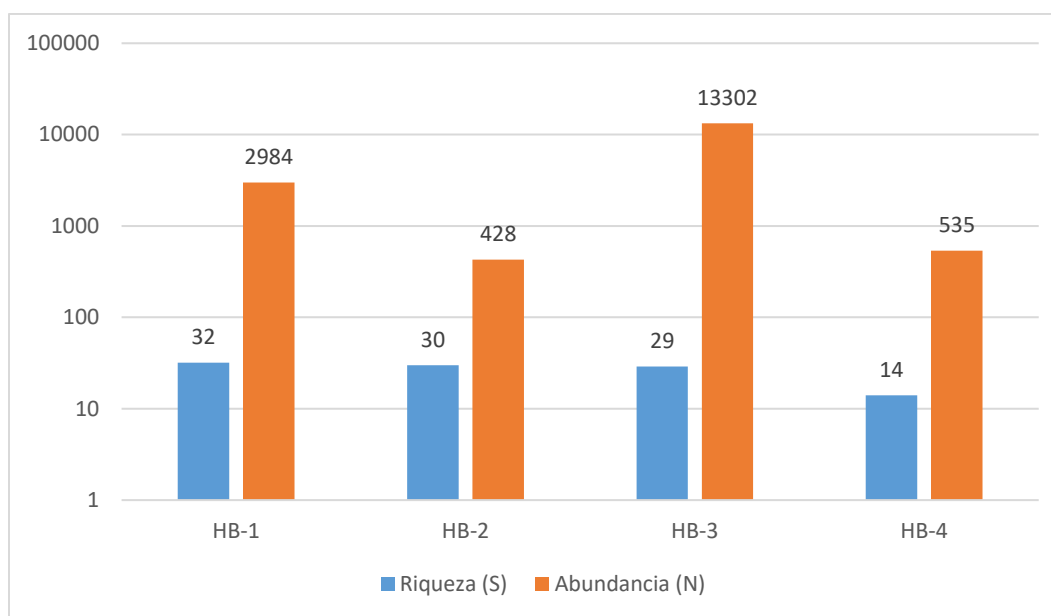


2.5.3.2. Riqueza y abundancia por estación de muestreo

La estación HB-3 presentó el pico de abundancia fitoplanctónica (13 302 org/L) con 29 especies, seguida por HB-1 con la mayor riqueza (32 especies) y una abundancia de 2 984 org/L. HB-2 y HB-4 exhibieron una distribución más uniforme, con 30 y 14 especies respectivamente, y abundancias de 428 y 535 org/L.

Figura 24

Riqueza y Abundancia del perifiton por estación de muestreo



2.5.3.3. Índices de diversidad

A. Índice de Diversidad Alfa

El índice de Shannon presentó en la estación HB-2, en un nivel alto $H' = 2.00$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M = 4.79$ bits/indiv). La estación HB-4 presentó la menor valoración, siendo $H' = 1.34$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M = 2.07$ bits/indiv). En general, la zona del proyecto presenta una diversidad alta a equilibrada de zooplancton, mostrando que sus valores globales se encuentran dentro de los rangos propios para zonas intervenidas con actividad antropogénica cercana. En cuanto al índice de Pielou, en la zona de estudio se evidenció una distribución uniforme teniendo que el valor máximo se encuentra en la estación HB-2 el cual es 0.59 corroborado con el índice de Simpson ($1-D = 0.71$), lo cual indica que las poblaciones de las especies registradas se distribuyen en forma homogénea sin existencia de especies predominantes, asimismo la estación

HB-3 presenta el valor mínimo $P' = 0.27$, corroborado con el índice de Simpson ($1-D = 0.38$), lo cual indica una uniformidad de distribución de especies.

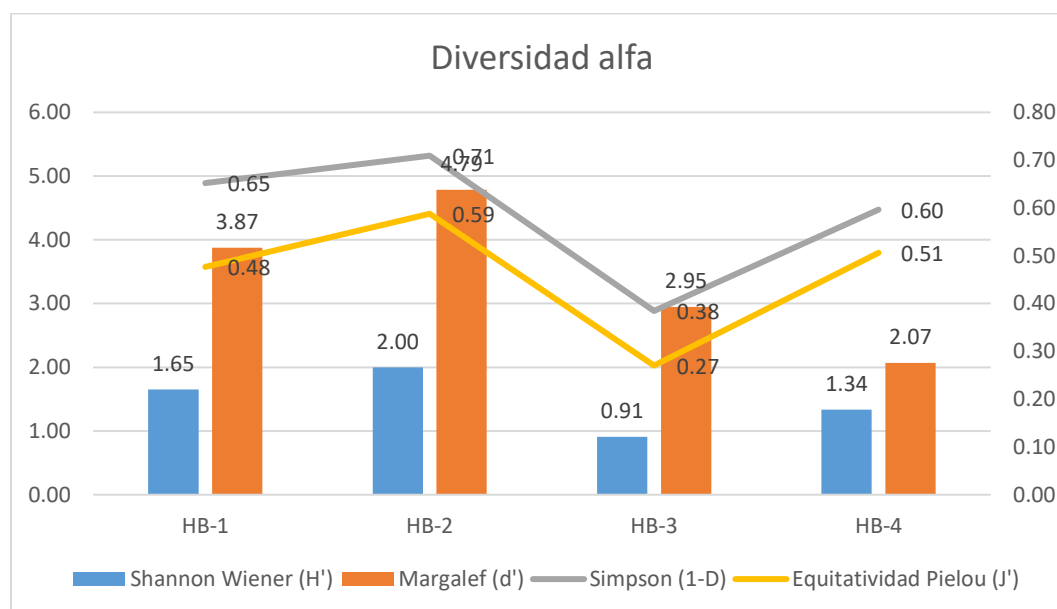
Tabla 15

Índices de diversidad alfa del perifiton por estación de monitoreo

Índices de Diversidad	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4
Riqueza (S)	32	30	29	14
Abundancia (N)	2984	428	13302	535
Shannon Wiener (H')	1.65	2.00	0.91	1.34
Margalef (d')	3.87	4.79	2.95	2.07
Simpson (1-D)	0.65	0.71	0.38	0.60
Equitatividad Pielou (J')	0.48	0.59	0.27	0.51

Figura 25

Índices de diversidad Alfa para perifiton por estación de monitoreo

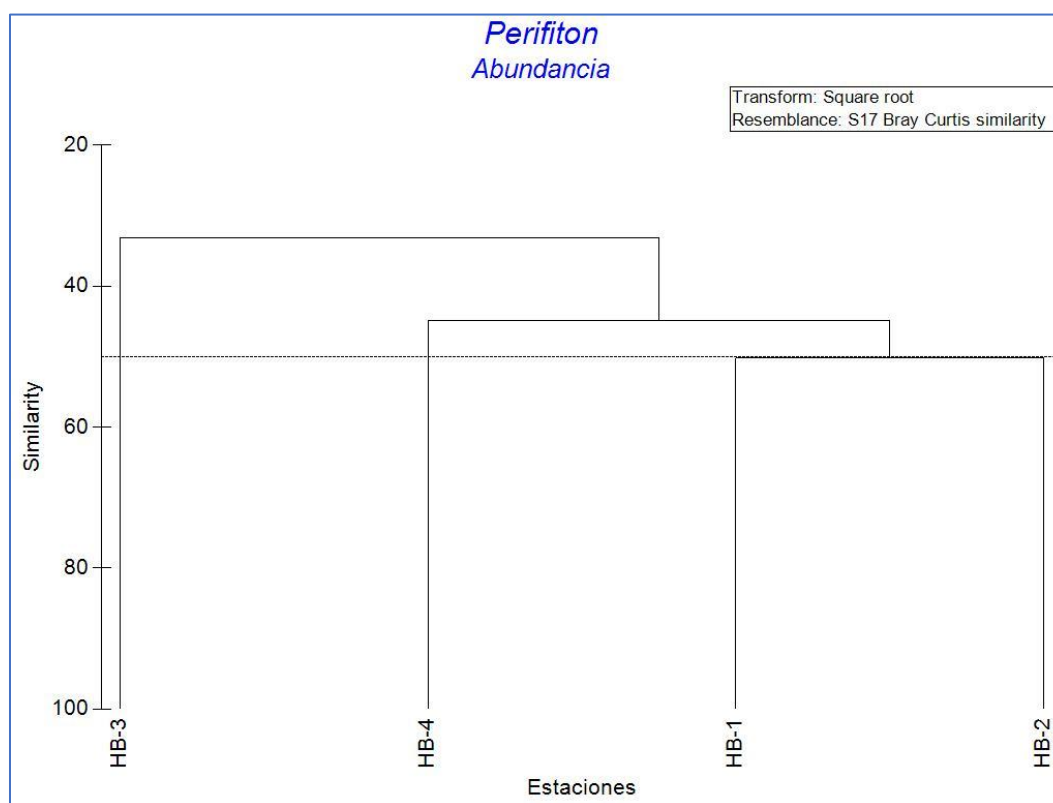


B. Índice de Diversidad Beta

Con base en los resultados obtenidos en campo, el análisis de similitud entre las estaciones de monitoreo para el componente perifítico reveló una similitud superior al 50 % entre las estaciones HB-1 y HB-2. Por otro lado, las estaciones HB-4 y HB-3 mostraron niveles de similitud cercanos al 40 %.

Figura 26

Análisis de similitud por estación de muestreo para perifiton - Índice de Bray-Curtis



2.5.3.4. Curva de acumulación de especies

Siendo la Función de Clench: $v2=(a*v1) / (1+ (b*v1))$

En base a los resultados se puede apreciar en el siguiente gráfico donde la curva alcanzó la fase asintótica, dando un resultado positivo, siendo el mejor modelo que se ajusta a los datos de la

función de Clench ($R^2 = 0.99809$) De acuerdo con el número máximo de especies predicho por este modelo es 63 ($a/b = 63.44$), siendo el número de especies registrado de 47 especies (se registran también 47 especies cualitativas), por lo tanto, la evaluación representa aproximadamente un esfuerzo de muestreo del 74 % lo cual es significativo y representativo del área de evaluación, considerado en las estaciones descritas.

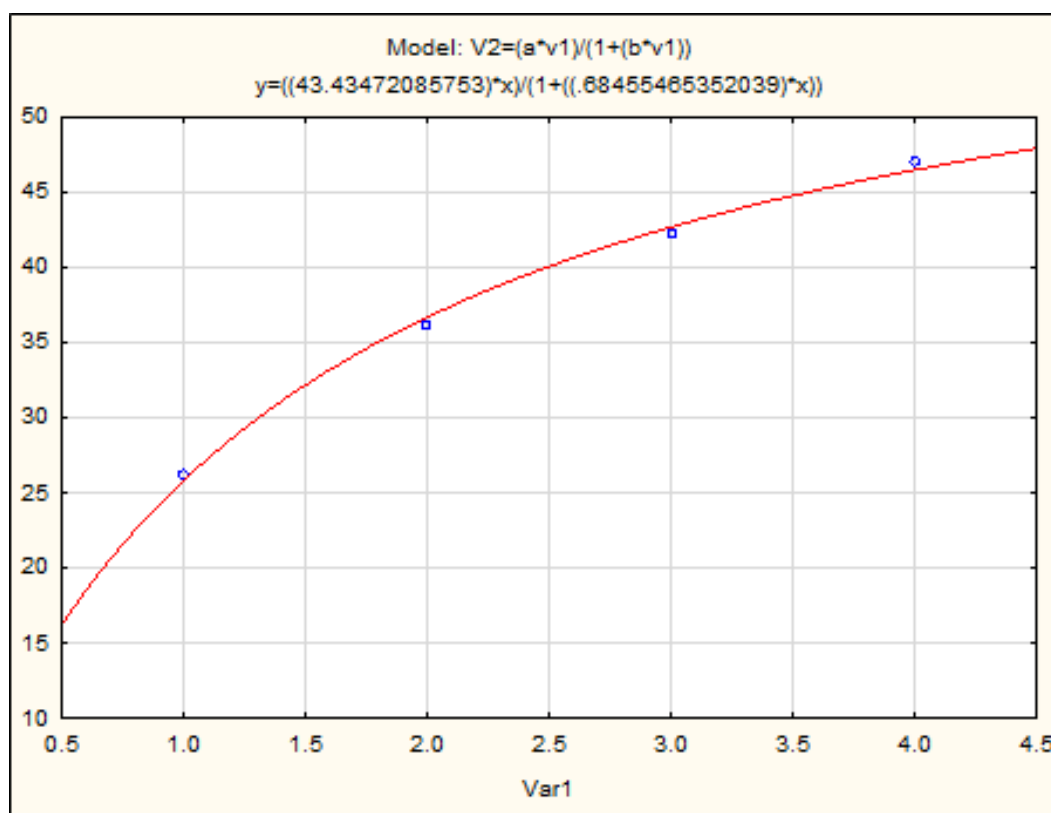
Tabla 16

Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación

Número de especies	a	b	Asíntota (Número de especie predicho (a/b))	Esfuerzo requerido (95%)
47	43.43472	0.684555	63.44956943	74%

Figura 27

Curva de acumulación de especies



2.5.4 Macroinvertebrados Bentónicos

El análisis cuantitativo de la comunidad de macrobentos en las cuatro estaciones de muestreo reveló la presencia de 11 especies, agrupadas en 9 familias y 6 órdenes.

Tabla 17

Lista de especies de macrobentos registrados en el área de influencia

Phylum	Clase	Orden	Familia	Nombre científico
Arthropoda	Arachnida	Trombidiformes	Hydrachnidae	<i>Hydrachnidae ND</i>
Arthropoda	Insecta	Coleoptera	Scirtidae	<i>Scirtes sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae	<i>Bezzia sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Cricotopus sp.</i>

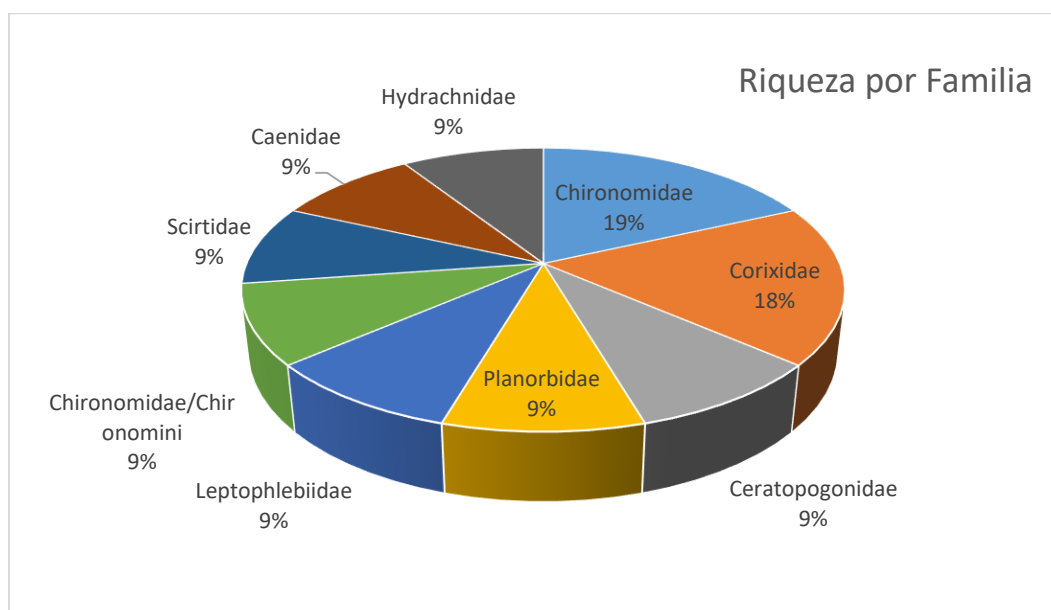
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae	<i>Polypedilum sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Diptera	Chironomidae/Chironomini	<i>Chironomidae/Chironomini ND</i>
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	<i>Leptophlebiidae ND</i>
Arthropoda	Insecta	Ephemeroptera	Caenidae	<i>Caenis sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Ectemnostega sp.</i>
Arthropoda	Insecta	Hemiptera	Corixidae	<i>Ectemnostega sp.</i>
Mollusca	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	<i>Planorbidae ND</i>

2.5.4.1. Riqueza y abundancia

A nivel de familia, observamos a la familia Chironomidae y Corixidae con riqueza de 2 especies, con 1 especie se encuentran Ceratopogonidae, Planorbidae, Leptophlebiidae, Chironomidae/Chironomini, Scirtidae, Caenidae y Hydrachnidae, es decir, una especie por cada familia.

Figura 28

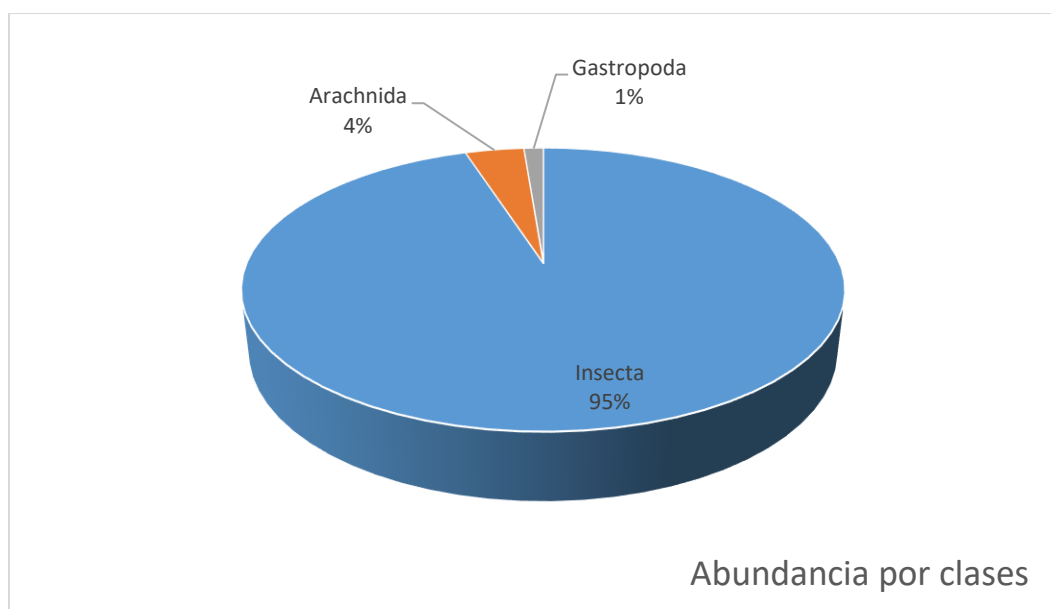
Composición porcentual de familias del macrobentos registradas en el área de estudio



La abundancia de los macroinvertebrados (número de individuos), estuvo representada por 80 org, pertenecientes a 3 clases: Insecta con 76 org/0,09 m², seguida de Arachnida con 3 org/0,09 m² y Gastropoda con 1 org/0,09 m².

Figura 29

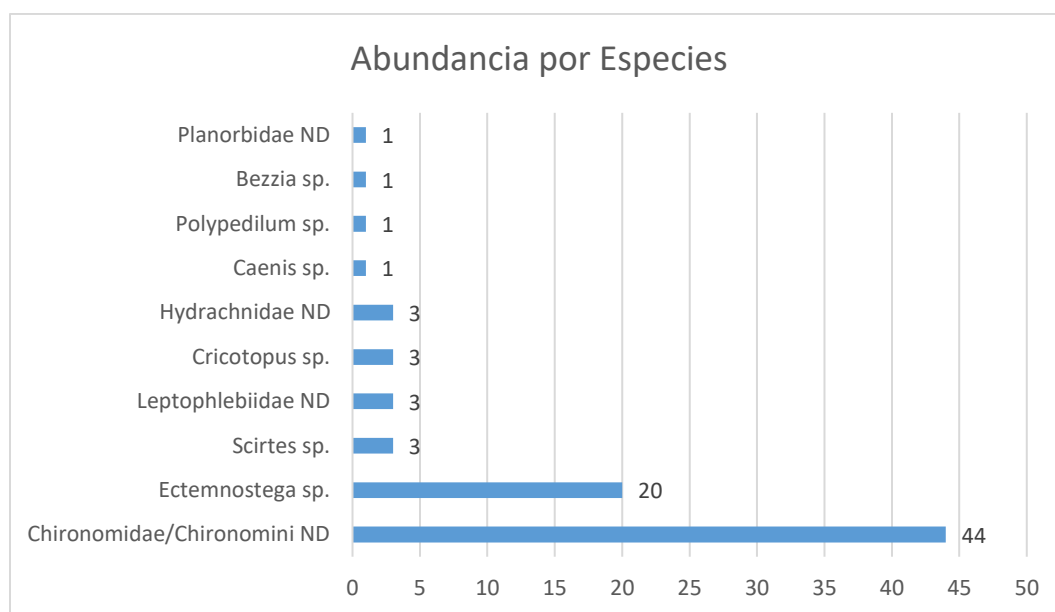
Composición porcentual de clases del Macrobentos registradas en el área de estudio



A nivel de especie, observamos que la mayor abundancia la tiene la especie Chironomidae/Chironomini ND presentando 44 individuos y con una abundancia porcentual del 55%, seguido por la especie Ectemnostega sp. presentando 20 individuos y con una abundancia porcentual del 25%, Scirtes sp., Leptophlebiidae ND, Cricotopus sp., Hydrachnidae ND. con 3 individuos y con una abundancia porcentual del 4% cada uno. Por último, las especies Caenis sp., Polypedilum sp., Bezzia sp. y Planorbidae ND presentaron 1 especie con un 1 % de la abundancia cada uno.

Figura 30

Composición de abundancia de especies de macrobentos registradas en el área de estudio

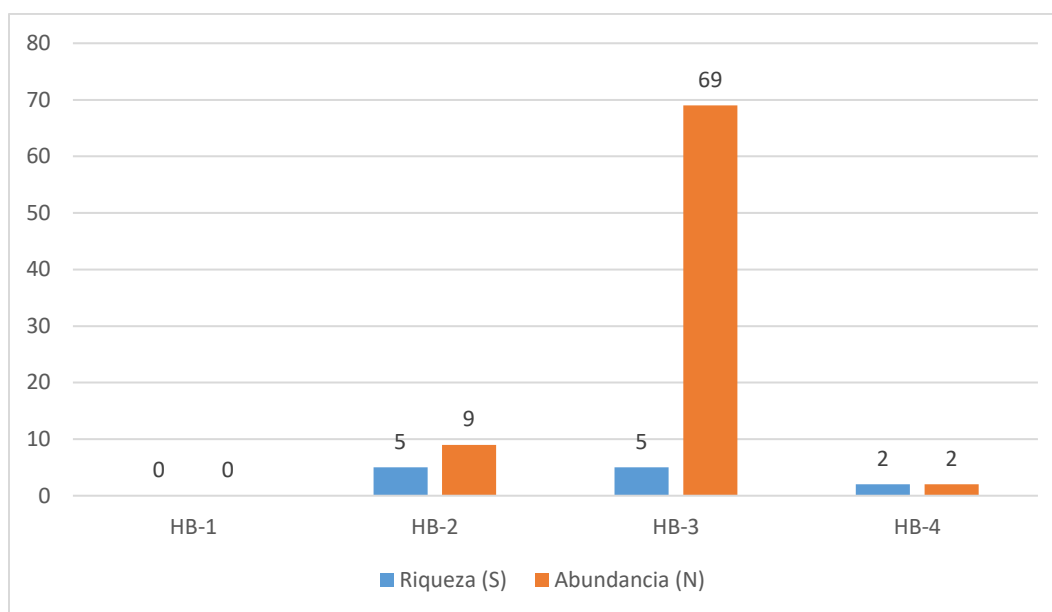


2.5.4.2. Riqueza y abundancia por estación de muestreo

Los resultados evidencian que HB-3 concentró la mayor actividad biológica, con 5 especies y una abundancia de 69 org/0.09 m². HB-2, aunque con igual riqueza específica, mostró una abundancia reducida (9 org/0.09 m²). HB-4 presentó la menor diversidad y densidad (2 especies, 2 org/0.09 m²), y HB-1 no reportó presencia de organismos en el área muestreada.

Figura 31

Riqueza y Abundancia del macrobentos por estación de muestreo



2.5.4.3. Índices de diversidad

A. Índice de Diversidad Alfa

El índice de Shannon presentó en la estación HB-2, en un nivel alto $H' = 1.46$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M = 1.82$ bits/indiv). La estación HB-3 presentó la menor valoración, siendo $H' = 0.69$ bit/ind siendo el índice de Margalef ($M' = 1.44$ bits/indiv). En general, la zona del proyecto presenta una diversidad equilibrada a baja de macrobentos, mostrando que sus valores globales se encuentran dentro de los rangos propios para zonas intervenidas con actividad antropogénica cercana. Respecto al índice de equidad de Pielou, los resultados evidenciaron una distribución uniforme de las especies en la zona de estudio. El valor máximo se registró en la estación HB-4, con $P' = 1.00$, lo cual fue corroborado por el índice de Simpson ($1-D = 0.50$), indicando una distribución homogénea sin dominancia de especies. Por otro lado, la estación HB-3 presentó el valor mínimo de equidad ($P' = 0.59$), acompañado de un índice de Simpson de $1-D = 0.51$, lo que

sugiere una distribución relativamente uniforme. En el caso de la estación HB-1, no se calcularon los índices de diversidad debido a la ausencia de registros de especies.

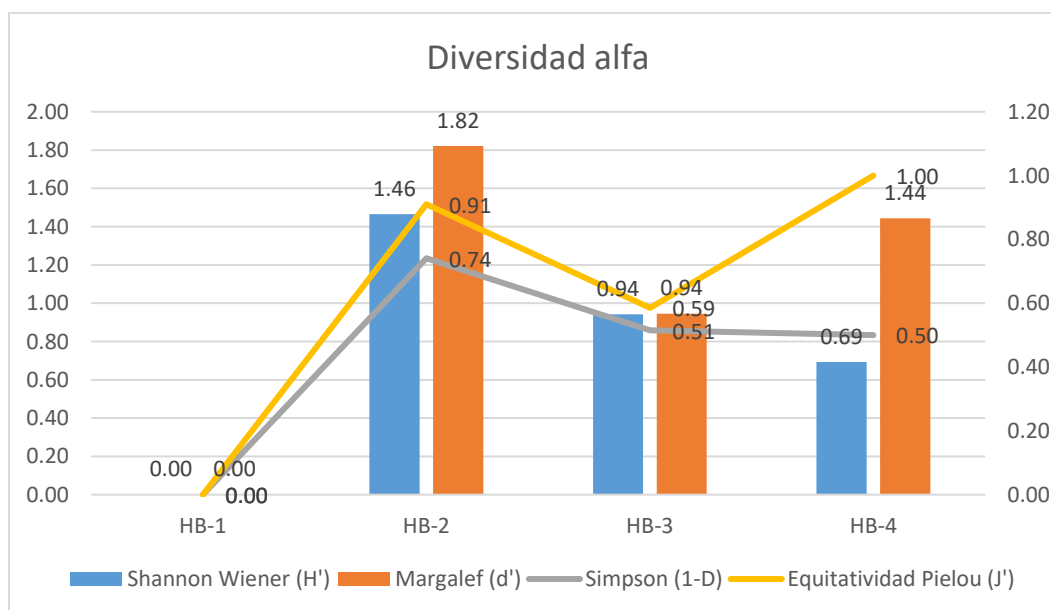
Tabla 18

Índices de diversidad alfa del macrobentos por estación de monitoreo

Índices de Diversidad	HB-1	HB-2	HB-3	HB-4
Riqueza (S)	0	5	5	2
Abundancia (N)	0	9	69	2
Shannon Wiener (H')	ND	1.46	0.94	0.69
Margalef (d')	ND	1.82	0.94	1.44
Simpson (1-D)	ND	0.74	0.51	0.50
Equitatividad Pielou (J')	ND	0.91	0.59	1.00

Figura 32

Índices de diversidad alfa del macrobentos por estación de monitoreo

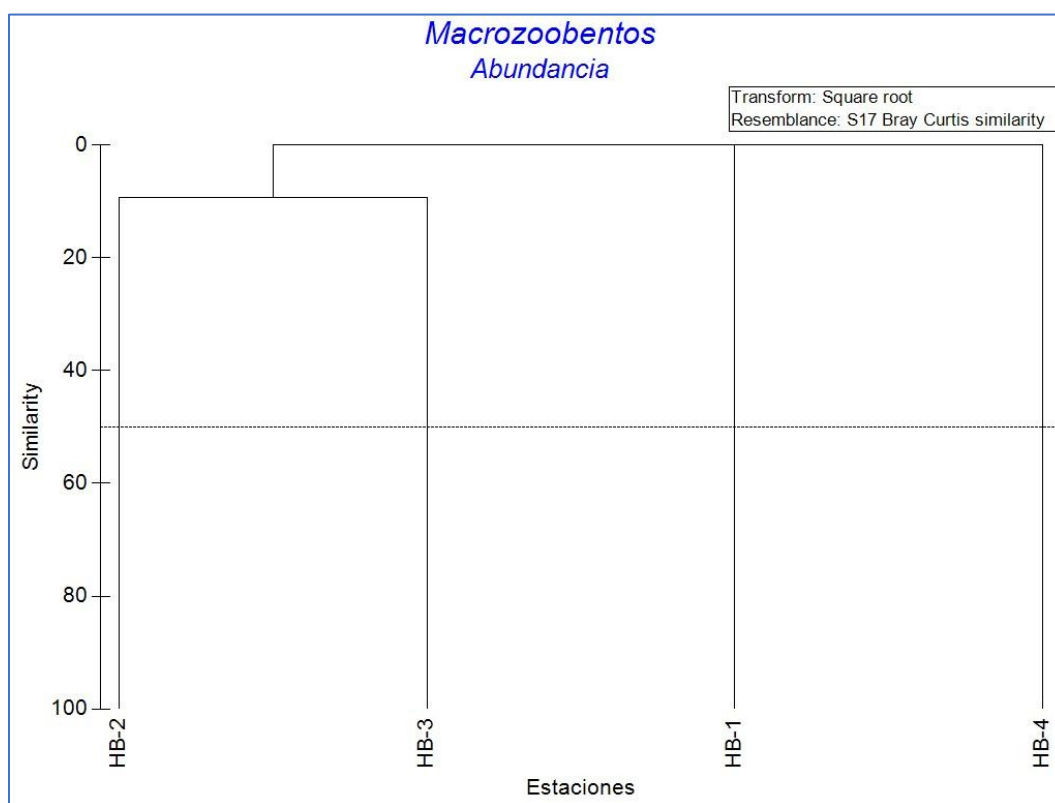


B. Índice de Diversidad Beta

Con base en los resultados obtenidos en campo, el análisis de similitud entre las estaciones de monitoreo para el componente macrobentónico reveló niveles inferiores al 20 % entre las estaciones HB-1, HB-2, HB-3 y HB-4. Este bajo porcentaje de similitud indica que la distribución de especies no es equitativa entre las estaciones evaluadas.

Figura 33

Análisis de similitud por estación de muestreo para Macrozoobentos - Índice de Bray-Curtis



2.5.4.4. Curva de acumulación de especies

Siendo la Función de Clench: $v_2 = (a * v_1) / (1 + (b * v_1))$

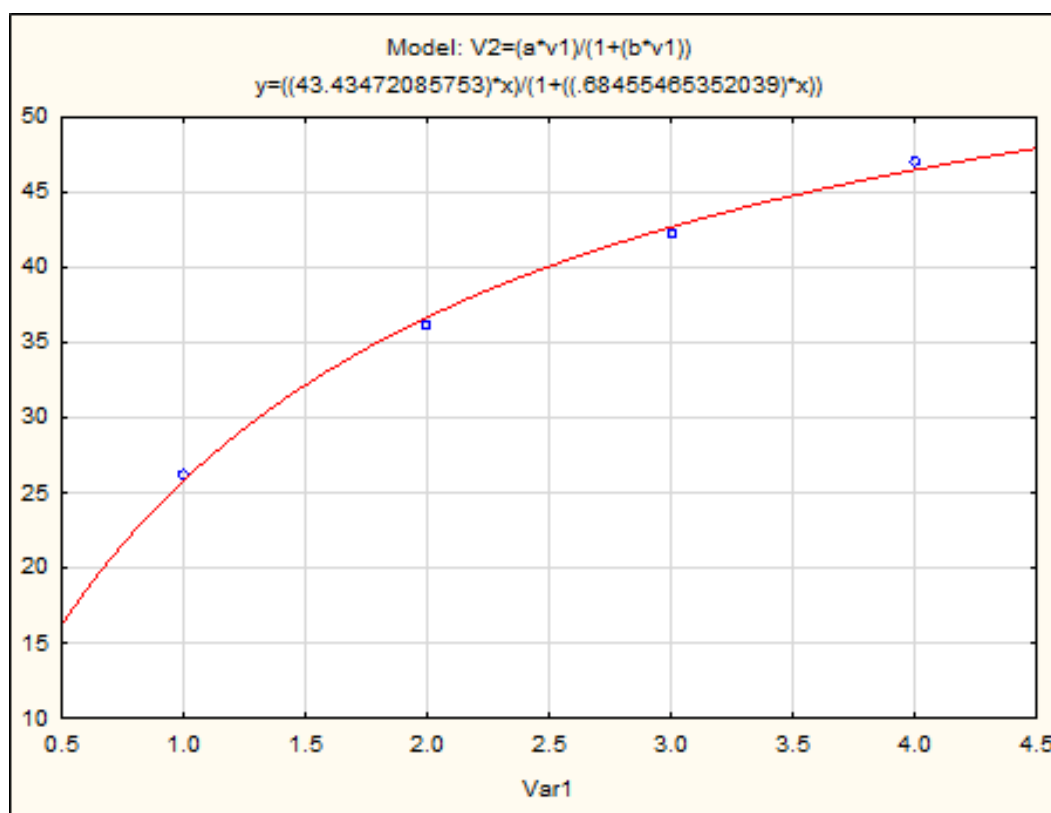
En base a los resultados se puede apreciar en el siguiente gráfico donde la curva alcanzó la fase asintótica, dando un resultado positivo, siendo el mejor modelo que se ajusta a los datos de la

función de Clench ($R^2= 0.99999$). De acuerdo con el número máximo de especies predicho por este modelo es 97 ($a/b = 97.00$), siendo el número de especies registrado de 11 especies (se registran también 11 especies cualitativas), por lo tanto, la evaluación representa aproximadamente un esfuerzo de muestreo del 11 % lo cual es no significativo para el área de evaluación, considerado en las estaciones descritas.

Tabla 19

Parámetros de la ecuación de Clench en la curva de acumulación

Número de especies	a	b	Asíntota (Número de especie predicho (a/b))	Esfuerzo requerido (95%)
11	3.102851	0.031986	97.00653411	11%

Figura 34*Curva de acumulación de especies***2.5.4.5. Bioindicadores de la calidad del agua**

La caracterización de la calidad hídrica se realizó mediante cuatro índices biológicos — EPT, BMWP/Col, IBF y ABI— que emplean la composición y sensibilidad de macroinvertebrados bentónicos como herramienta de bioindicación, conforme a los protocolos establecidos por Carrera & Fierro (2001), Roldán (1999), Hilsenhoff (1988) y Acosta et al. (2009).

Tabla 20

Valores de los índices biológicos de la calidad del agua para las estaciones evaluadas

Medidas Bioiniciales	% EP T	Calidad de agua	Valor IBF	Clases	Calidad Ambiental	Valor BMWP /Col	Clases	Calidad Ambiental	Calidad del Agua	Valor ABI
HB-1	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND	ND
HB-2	0	Pobre	2.56	I	Excelente	17	V	Crítica	Moderado	Malo
HB-3	4.35	Pobre	3.13	I	Excelente	25	V	Crítica	Moderado	Buena
HB-4	50	Excelente	6.5	V	Relativamente Mala	15	V	Crítica	Malo	Pésimo

La evaluación de la calidad del agua mediante índices biológicos reveló contrastes significativos entre estaciones. El índice %EPT, centrado en grupos sensibles como Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, calificó a HB-2 y HB-3 como “Pobre”, posiblemente por la escasa presencia de estos órdenes. HB-4, en cambio, alcanzó una calificación de “Excelente”.

El IBF, que pondera la tolerancia de las familias frente a la contaminación, mostró resultados inversos: HB-2 y HB-3 fueron consideradas “Excelente”, mientras que HB-4 fue “Relativamente Mala”, aunque con baja representatividad por escasa riqueza.

En cuanto al índice BMWP-Col, que considera puntajes inferiores a 10 como “Muy Crítica” y superiores a 100 como “Buena”, los resultados reflejaron una calidad ambiental “Muy Crítica” en las estaciones HB-2, HB-3 y HB-4.

El Índice Biótico Andino (ABI) reflejó valores bajos, con predominancia de familias del orden Díptera, lo que derivó en calificaciones de “Pésima” para HB-4, “Mala” para HB-2 y “Buena” para HB-3.

La estación HB-1 no presentó macroinvertebrados, por lo que no se aplicaron índices.

Estos hallazgos subrayan la importancia de integrar los índices biológicos con métricas complementarias como la riqueza y diversidad específica, para obtener una visión más robusta del estado ecológico.

III. APORTES MAS DESTACABLES A LA EMPRESA

El autor con los años de experiencia y conocimientos adquiridos en las áreas de monitoreo y medio ambiente ha contribuido con CEDIER SAC en los siguientes aspectos:

- Participación como especialista de campo en los monitoreos biológicos de fauna silvestre e hidrobiología, en proyectos de los sectores de Vivienda, Electricidad, Minería y Carreteras.
- Coordinador de campo para evaluaciones de levantamientos de Líneas bases Biológicas.
- Elaboraciones de informes técnicos basados en la información de recolectada en campo.
- El autor contribuye en la Implementación del Sistema de Gestión Ambiental de CEDIER SAC.
- Participó como instructor en capacitaciones dictadas por la empresa en los campos de monitoreo biológico, monitoreo y análisis de hidrobiología.

IV. CONCLUSIONES

4.1 La experiencia profesional del autor se ha consolidado desde el momento de su egreso de la carrera de Biología en la Universidad Nacional Federico Villarreal, lo que le ha permitido desarrollar competencias técnicas y científicas en diversos ámbitos de su especialidad, ha venido desempeñándose en áreas directamente relacionadas a los Estudios Ambientales, Fauna Silvestre e Hidrobiología, en diferentes empresas, las cuales permitieron un desarrollo profesional amplio y con solidez.

4.2 De acuerdo a los datos presentados en el presente informe se colige para la Ornitofauna:

- Se identificaron 76 especies de aves en zonas de bosque, distribuidas en 12 órdenes taxonómicos y 30 familias. El orden Passeriformes es el más diverso, representando el 65% de las especies registradas.
- Las estaciones E-7 y E-4 mostraron la mayor riqueza (29 y 34 especies) y abundancia (90 y 80 individuos). La estación E-5 presentó la menor riqueza y abundancia.
- La mayor diversidad según Shannon se encontró en la estación E-4 ($H' = 3.32$), corroborado por Margalef (7.53). La estación E-5 presentó los valores más bajos, pero en general, la diversidad es buena, indicando baja actividad antropogénica.
- El estudio de la Ornitofauna revela una rica diversidad y composición de especies, con predominio del orden Passeriformes y la familia Tyrannidae. La abundancia y diversidad varían según las estaciones de muestreo, mostrando un ecosistema relativamente intacto y diverso.

4.3 De acuerdo a los datos presentados en el presente informe se colige para la comunidad hidrobiológica:

- **Fitoplancton.** El análisis fitoplanctónico realizado en cuatro estaciones de monitoreo permitió registrar 22 especies distribuidas en 15 familias y 12 órdenes, evidenciando una comunidad hidrobiológica diversa, con predominancia de Bacillariaceae (4 especies) y Gomphonemataceae (3 especies); Bacillariophyceae fue el grupo más abundante, destacando *Ulnaria sp.* como especie dominante con 145 individuos, equivalente al 52% del total. HB-3 presentó los mayores valores de riqueza y abundancia (12 especies, 171 org/L), mientras que HB-2 y HB-4 mostraron los registros más bajos; en contraste, HB-1 alcanzó la mayor diversidad según los índices de Shannon ($H' = 2.22$) y Margalef ($M = 3.06$), siendo HB-3 la estación con menor diversidad. El análisis de similitud reveló una correspondencia del 50% entre HB-1 y HB-3, sin coincidencias significativas entre HB-2 y HB-4. Finalmente, el modelo de la Función de Clench mostró un ajuste altamente positivo ($R^2 = 0.99973$), indicando que el esfuerzo de muestreo alcanzó un 52%, considerado suficiente y representativo para caracterizar la estructura comunitaria observada.
- **Zooplancton.** Se registraron 15 especies de zooplancton agrupadas en 15 familias y 9 órdenes taxonómicos. La abundancia total fue de 50 org/L, con Eurotatoria representando la mayor parte. Eurotatoria/Bdelloidea ND. fue la más abundante con 13 individuos (26%). HB-3 mostró la mayor riqueza y abundancia (11 especies y 24 org/L), mientras que las otras estaciones presentaron distribuciones equilibradas. HB-3 presentó la mayor diversidad según Shannon ($H' = 2.03$) y Margalef ($M = 3.15$). HB-4 mostró una diversidad media. Similitud superior al 50% entre HB-1 y HB-3,

así como entre HB-4 y HB-2. Ajuste positivo al modelo de la Función de Clench ($R^2=0.99763$), representando un esfuerzo de muestreo del 61%.

- **Perifiton**, El estudio del perifiton permitió registrar 47 especies, organizadas en 43 familias y 29 órdenes, lo que evidencia una estructura taxonómica amplia. Bacillariaceae y Gomphonemataceae lideraron en riqueza con cuatro especies cada una. La abundancia general fue de 17,249 org/L, con Bacillariophyceae como clase predominante. Ulnaria ulna resultó ser la especie más abundante, representando el 60% del total con 10,366 organismos. HB-3 mostró la mayor riqueza y abundancia (29 especies y 13,302 org/L), seguida por HB-1. HB-2 y HB-4 presentaron distribuciones equilibradas. HB-2 presentó la mayor diversidad según Shannon ($H'=2.00$) y Margalef ($M=4.79$). HB-4 mostró la menor diversidad. Similitud superior al 50% entre HB-1 y HB-2; HB-4 y HB-3 presentaron similitudes alrededor del 40%. Ajuste positivo al modelo de la Función de Clench ($R^2=0.99809$), representando un esfuerzo de muestreo del 74%.
- **Macroinvertebrados Bentónicos**. El análisis reveló una comunidad de macrobentos compuesta por 11 especies, clasificadas en 9 familias y 6 órdenes taxonómicos. Chironomidae y Corixidae sobresalieron por su riqueza específica, con dos especies cada una. La clase Insecta fue dominante en términos de abundancia, alcanzando un total de 80 organismos, de los cuales Chironomidae/Chironomini ND representó el 55% con 44 individuos. HB-3 fue la estación con mayor riqueza y densidad (5 especies, 69 org/0.09 m²). HB-4 presentó la menor riqueza y abundancia. HB-1 no presentó ningún organismo. HB-2 presentó la mayor diversidad según Shannon ($H'=1.46$) y Margalef ($M=1.82$). HB-3 mostró

la menor diversidad. Similitud inferior al 20% entre las estaciones, indicando una distribución desigual de especies. Ajuste positivo al modelo de la Función de Clench ($R^2=0.99999$), representando un esfuerzo

- **Bioindicadores de la Calidad del Agua:** Las estaciones HB-2 y HB-3 obtuvieron puntuaciones “Pobre” según %EPT y “Excelente” según IBF. HB-4 obtuvo “Excelente” (%EPT) y “Relativamente Mala” (IBF).

V. RECOMENDACIONES

- 5.1 Se recomienda a los organismos dedicados al Medio Ambiente realicen constantes capacitaciones a su personal clave en la evaluación y taxonomía de especies, para así garantizar la calidad de los servicios prestados.
- 5.2 Se recomienda a los organismos encargados de la supervisión y acompañamientos en campo, tomar conciencia que las actividades programadas en los cronogramas de monitoreo podrían verse alterados debido a condiciones ambientales, socioeconómicas, geográficas y otras ajenas al cronograma que los especialistas proponen.
- 5.3 Se recomienda a los especialistas seguir los protocolos asignados por su supervisión, a fin de recolectar información de la más alta calidad, congruente con los objetivos de su estudio.
- 5.4 Se recomienda a todos los especialistas y empresas seguir las normas de seguridad y las indicaciones de las charlas diarias de seguridad, con el fin de resguardar la integridad física de su persona y las que los rodean.

VI. REFERENCIAS

- Bibby, C. J., Burgess, N. D., Hill, D. A., & Mustoe, S. H. (2000). *Bird Census Techniques*, (Academic Press: San Diego, CA.).
- CITES (2021) *Lista Roja de Especies Amenazadas de la Unión Internacional para la Conservación de la Naturaleza y Recursos Naturales*.
- Hilsenhoff W (1988) Rapid field assesment of organic pollution with a family level biotic index. *Journal of the North American Benthological Society* 7: 65-68.
- Jiménez-Valverde, A. & Hortal, Joaquín. (2003). Las curvas de acumulación de especies y la necesidad de evaluar la calidad de los inventarios biológicos. *Revista Ibérica de Aracnología*. 8. 151-161.
- Magurran A.E (2004). *Diversidad Ecológica y su Medición*. Ediciones Vedra, Barcelona, España. 200pp.
- MAGURRAN, A. E. (1988). *Ecological diversity and its measurement*. Princeton University Press, New Jersey, 179 pp.
- Mandaville S. 2002. Benthic macroinvertebrates in freshwaters-taxa tolerance values, metrics, and protocols. Proyect H-1. Soil & Water Conservations Society of Halifax. [on line] <<http://lakes.chebucto.org/H-1/tolerance.pdf>>
- Minagri (2020). Decreto Supremo N.º 007-2020-MINAGRI. Decreto Supremo que aprueba el Protocolo de Actuación Interinstitucional para Gestionar y Proteger los ecosistemas incluidos en la Lista Sectorial de Ecosistemas Frágiles.
- MINAM (2015) “Guía de inventario de la fauna silvestre” / Ministerio del Ambiente, Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural – Lima.

- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad. Vol. 1. Programa Iberoamericano de Ciencia y Tecnología para el Desarrollo, Oficina Regional de Ciencia y Tecnología para América Latina y el Caribe de UNESCO y Sociedad Entomológica Aragonesa. Serie Manuales y Tesis SEA. 84 p.
- Peet, R. K. (1974). The measurement of species diversity. *Annual Review of Ecology and Systematics*, 5: 285-307.
- Pimentel, H. (2014). Análisis desde la perspectiva de los índices Bióticos, ECA -Agua y Manejo Adaptativo usando Macroinvertebrados Bentónicos en rios Altoandinos – Camisea 2009- 2012. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Plenge, M. A. Version [06/feb/2025] List of the birds of Peru / Lista de las aves del Perú. Unión de Ornitólogos del Perú: <https://sites.google.com/site/boletinunop/checklist>
- Roldán, G. (2003). La bioindicacion de la calidad del agua en Colombia. Editorial Universidad del Antioquia, Medellín. 170p.
- Schulenberg T.S., D.F. Stotz, D.F. Lane, et al. (2010). Aves del Perú. Princeton Unity Press. Chicago. 656 pp. 23.

VII. ANEXOS

Anexo A: Mapas temáticos

