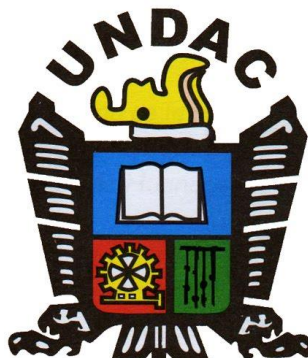


**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación del agua de las lagunas y bofedales altoandinos de Huayllay  
empleando los índices biológicos para determinar su calidad Hidrobiológica  
– Región Pasco - 2023**

**Para optar el título profesional de:  
Ingeniero Ambiental**

**Autores:**

**Bach. Leonides MATOS SANTIAGO**

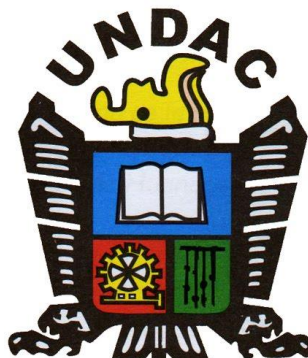
**Bach. Emer Angel SALAZAR CALIXTRO**

**Asesor:**

**Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA**

**Cerro de Pasco – Perú - 2025**

**UNIVERSIDAD NACIONAL DANIEL ALCIDES CARRIÓN**  
**FACULTAD DE INGENIERÍA**  
**ESCUELA DE FORMACIÓN PROFESIONAL DE INGENIERÍA AMBIENTAL**



**T E S I S**

**Evaluación del agua de las Lagunas y Bofedales altoandinos de Huayllay  
empleando los índices biológicos para determinar su calidad Hidrobiológica  
– Región Pasco - 2023**

**Sustentada y aprobada ante los miembros del jurado:**

---

**Dr. Luis Alberto PACHECO PEÑA**  
**PRESIDENTE**

---

**Dr. David Johnny CUYUBAMBA ZEVALLOS**  
**MIEMBRO**

---

**Mg. Lucio ROJAS VITOR**  
**MIEMBRO**



Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión

Facultad de Ingeniería

Unidad de Investigación

### INFORME DE ORIGINALIDAD N° 310-2025-UNDAC/UIFI

La Unidad de Investigación de la Facultad de Ingeniería de la Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión en mérito al artículo 23° del Reglamento General de Grados Académicos y Títulos Profesionales aprobado en Consejo Universitario del 21 de abril del 2022, La Tesis ha sido evaluado por el software antiplagio Turnitin Similarity, que a continuación se detalla:

Tesis:

**Evaluación del agua de las Lagunas y Bofedales altoandinos de Huayllay  
empleando los índices biológicos para determinar su calidad Hidrobiológica  
– Región Pasco - 2023**

Apellidos y nombres de los tesisistas

**Bach. Leonides MATOS SANTIAGO**

**Bach. Emer Angel SALAZAR CALIXTRO**

Apellidos y nombres del Asesor:

**Mg. Rosario Marcela VASQUEZ GARCIA**

Escuela de Formación Profesional

**Ingeniería Ambiental**

Índice de Similitud

**24 %**

**APROBADO**

Se informa el Reporte de evaluación del software similitud para los fines pertinentes.

Cerro de Pasco, 18 de agosto del 2025



Firmado digitalmente por PALOMINO  
ISIDRO Ruben Edgar FAU  
20154605046 soft  
Motivo: Soy el autor del documento  
Fecha: 18.08.2025 16:46:31 -05:00

## **DEDICATORIA**

A mis padres, quienes con su amor y apoyo incondicional han sido mi mayor fuente de inspiración y fortaleza. Gracias por enseñarme el valor del esfuerzo y la perseverancia.

A mis amigos, por su comprensión, ánimos y por estar siempre a mi lado en cada paso de este camino. Gracias por compartir conmigo los momentos de alegría y por brindarme su apoyo en los momentos difíciles.

Y, finalmente, a todos aquellos que creyeron en mí y me motivaron a seguir adelante, dedicándome palabras de aliento cuando más lo necesitaba.

Con gratitud y aprecio

## **AGRADECIMIENTO**

A mis profesores Dr. Héctor Oscanoa Salazar, Dr. Rommel López Alvarado, Dr. David Johnny Cuyubamba Zevallos, Mg. Rosario Vásquez García, Mg. Josué Díaz Lazo, Mg. Edgar Perez Juzcamayta, Mg. Lucio Rojas Vitor y demás docentes que fueron los mentores, cuyas enseñanzas y orientación han sido fundamentales en mi formación académica y profesional. Su dedicación y pasión por el conocimiento han dejado una huella imborrable en mi vida.

## RESUMEN

En la presente investigación se realizó la evaluación de las condiciones de la calidad del agua de los ecosistemas alto andinos de Huayllay se observa una variabilidad significativa en la calidad del agua y la biodiversidad en las diferentes estaciones de monitoreo, lo que sugiere una diversidad de condiciones ambientales en el área de estudio. En cuanto a la temperatura: Osciló entre 8.9 °C y 14.1 °C, con el mínimo en la estación PMPH-13 y el máximo en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2). pH: Registró valores entre 7.01 y 7.06, con el mínimo en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) y el máximo en la Laguna Condorcayan (PMPH-1). Conductividad Eléctrica: Varió entre 0.00 y 1918.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con el mínimo en la estación PMPH-13 y el máximo en aguas de la Qda Occhapaccha (PMPH-8). Sobre los parámetros Hidrobiológicos – Fitoplancton se tuvo los siguientes resultados: Abundancia y riqueza: Se registraron 1564 células/mL de fitoplancton, con 23 especies y 4 phylum identificados. Distribución: *Fragilaria* sp. fue la especie predominante, con 869 células/mL. Diversidad: La diversidad de fitoplancton varió en diferentes estaciones, desde muy baja hasta baja. En cuanto a los parámetros Hidrobiológicos – Zooplancton: Abundancia y riqueza: Se registraron 469 Org/L de zooplancton, con 22 especies y 5 phylum identificados. Distribución: *Keratella quadrata* fue la especie predominante, con 248 Org/L. Diversidad: La diversidad de zooplancton también varió en diferentes estaciones, desde muy baja hasta baja. Parámetros Hidrobiológicos – Macrozoobentos los resultados fueron: Abundancia y riqueza: Se registraron 908 Org./muestra de macrozoobentos, con 15 especies y 3 phylum identificados. Distribución: El phylum Arthropoda tuvo la mayor abundancia y riqueza. Diversidad: La diversidad de macrozoobentos también varió en diferentes estaciones, desde muy baja hasta baja.

**Palabras clave.** Diversidad biológica, Riqueza y abundancia, Evaluación Biológica.

## ABSTRACT

In the present investigation, the evaluation of the water quality conditions of the high Andean ecosystems of Huayllay was carried out, and a significant variability in water quality and biodiversity was observed in the different monitoring stations, which suggests a diversity of conditions. environments in the study area. Temperature: It ranged between 8.9 °C and 14.1 °C, with the minimum at station PMPH-13 and the maximum at Laguna Llacsacocha (PMPH-2). pH: It registered values between 7.01 and 7.06, with the minimum at Laguna Llacsacocha (PMPH-2) and the maximum at Laguna Condorcayan (PMPH-1). Electrical conductivity: It varied between 0.00 and 1918.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , with the minimum at station PMPH-13 and the maximum in the waters of Qda Occhapaccha (PMPH-8). The following results were obtained for the Hydrobiological parameters - Phytoplankton: Abundance and richness: 1564 cells/mL of phytoplankton were recorded, with 23 species and 4 phylum identified. Distribution: *Fragilaria* sp. was the predominant species, with 869 cells/mL. Diversity: Phytoplankton diversity varied in different seasons, from very low to low. Hydrobiological parameters - Zooplankton: Abundance and richness: 469 Org/L of zooplankton were recorded, with 22 species and 5 phylum identified. Distribution: *Keratella quadrata* was the predominant species, with 248 Org/L. Diversity: Zooplankton diversity also varied in different seasons, from very low to low. Hydrobiological Parameters - Macrozoobenthos results were: Abundance and richness: 908 Org./sample of macrozoobenthos were recorded, with 15 species and 3 phylum identified. Distribution: The phylum Arthropoda had the highest abundance and richness. Diversity: The diversity of macrozoobenthos also varied in different seasons, from very low to low.

**Keywords:** Biological diversity, Richness and abundance, Biological Assessment.

## INTRODUCCIÓN

En Perú, existen aproximadamente 22 millones de hectáreas de pastizales, de las cuales 15 millones se encuentran en la región Puna. Estos pastizales son valiosos no solo como recurso forrajero para el pastoreo, sino también por los servicios ambientales que proporcionan (Flores, 2010) Sin embargo, más del 60 % de los pastizales altoandinos están en proceso de degradación debido a la falta de políticas de conservación en el manejo inadecuado de los recursos hídricos. Esto lleva a una disminución de las fuentes de agua, pérdida de biodiversidad (Flores E. , 1997) Además, se estima que la degradación aumenta la vulnerabilidad al cambio climático.

La condición de las fuentes de agua es un término ambiental que se refiere al estado de salud de estos, considerando el potencial que podrían alcanzar en comparación con estados de referencia en un momento determinado y el grado en que la integridad de los atributos de la vegetación, suelo y agua, así como los procesos ambientales del ecosistema hidrológico están en equilibrio (Pyke, Herrick, Shaver, & Pellant, 2002).

La degradación de los ecosistemas altoandinos es resultado de varios factores, desde la variabilidad climática hasta el aumento de la presión de uso de los recursos hídricos, lo que lleva a un cambio perjudicial en las características físicoquímicas y biológicas y la función hídrica, impactando negativamente en los servicios y beneficios ambientales que brindan estos ecosistemas (Petersen & Stringham, 2008).

Ante esta situación, existe una preocupación por implementar estrategias de mejora de los ecosistemas altoandinos que sean viables económica y ecológicamente para la rehabilitación de ecosistemas degradados, con el fin de agregar sostenibilidad a estos sistemas, mejorar la condición y productividad de las fuentes de agua, e incrementar la estabilidad y resistencia de los ecosistemas a perturbaciones (Krogh, Zeisset, Jackson, & Whitford, 2002).



Rehabilitar un ecosistema alto andino implica elevar su condición, productividad y capacidad de carga hídrica, así como proteger el suelo. Las buenas prácticas de manejo de recursos hídricos son aquellas que incrementan la cantidad de los ecosistemas alto andinos, conservan el agua y el suelo, y promueven el aumento de la vida silvestre.

El conocimiento del estado de salud o conservación de los ecosistemas en la zona altoandina de la microcuenca del río San José, es crucial para la toma de decisiones de la población, permitiéndoles mejorar su condición socioeconómica y ser conscientes de los beneficios de salvaguardar los ríos, lagunas y bofedales, estos ecosistemas ofrecen cruciales servicios ecosistémicos, en especial la regulación hídrica.

## ÍNDICE

DEDICATORIA

AGRADECIMIENTO

RESUMEN

ABSTRACT

INTRODUCCIÓN

ÍNDICE

## CAPÍTULO I

### PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. Identificación y determinación del problema .....	1
1.2. Delimitación de la investigación .....	2
1.3. Formulación del problema .....	3
1.3.1. Problema general .....	3
1.3.2. Problemas específicos .....	3
1.4. Formulación de objetivos .....	4
1.4.1. Objetivo general .....	4
1.4.2. Objetivos específicos .....	4
1.5. Justificación de la investigación .....	4
1.6. Limitaciones de la investigación .....	5

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de estudio .....	6
2.1.1. Antecedente internacional .....	6
2.1.2. Antecedente nacional .....	11
2.2. Bases teóricas – científicas .....	16

2.2.1. Recursos Hídricos .....	16
2.2.2. Planificación de los recursos hídricos .....	18
2.2.3. Hidrobiología .....	19
2.2.4. Bioindicadores.....	21
2.3. Definición de términos básicos.....	27
2.4. Formulación de hipótesis .....	30
2.4.1. Hipótesis general .....	30
2.4.2. Hipótesis específicas .....	30
2.5. Identificación de variables .....	30
2.5.1. Variable independiente .....	30
2.5.2. Variables dependientes .....	30
2.6. Definición operacional de variables e indicadores .....	30

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

3.1. Tipo de Investigación .....	32
3.2. Nivel de investigación .....	32
3.3. Métodos de investigación.....	33
3.4. Diseño de investigación .....	33
3.5. Población y muestra .....	33
3.5.1. Población.....	33
3.5.2. Muestra.....	34
3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	35
3.6.1. Observación del Área de Investigación.....	35
3.6.2. Cámaras fotográficas (registros fotográficos relevantes).....	35

3.6.3. Descripción del área de influencia. ....	35
3.6.4. Parámetros Hidrobiológicos.....	35
3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación.....	36
3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos.....	36
3.9. Tratamiento estadístico .....	37
3.10. Orientación ética filosófica y epistémica .....	37

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

4.1. Descripción del trabajo de campo.....	38
4.1.1. Los análisis de los parámetros Físico químicos .....	38
4.1.2. Parámetros Hidrobiológicos.....	44
4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados.....	47
4.2.1. Análisis de Datos.....	47
4.2.2. Interpretación de los resultados.....	49
4.3. Prueba de hipótesis .....	92
4.3.1. Hipótesis general .....	92
4.3.2. Hipótesis específica.....	94
4.4. Discusión de resultados .....	95

## **CONCLUSIONES**

## **RECOMENDACIONES**

## **REFERENCIAS BIBLIOGRAFICAS**

## **ANEXOS**

## ÍNDICE DE TABLAS

<b>Tabla 1:</b> Estaciones de monitoreo hidrobiológico .....	34
<b>Tabla 2:</b> H, Resultados de Parámetros Físico-Químicos de Agua Superficial en el Área de Estudio .....	51
<b>Tabla 3:</b> H, Evaluación cuantitativa de Fitoplancton (Cel/mL).....	54
<b>Tabla 4:</b> H, Índices de Fitoplancton registrados por estación en el Área de Estudio ....	61
<b>Tabla 5:</b> H, Evaluación cuantitativa de Zooplancton (org/L) .....	67
<b>Tabla 6:</b> H, Índices de Zooplancton registrados por estación en el Área de Estudio ....	76
<b>Tabla 7:</b> H, Evaluación cuantitativa de Macrozoobentos (N° Org/muestra) .....	80
<b>Tabla 8:</b> H, Índices de Macrozoobentos Registrados por Estación .....	90

## ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

<b>Fotografía 1:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-1.	39
<b>Fotografía 2:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-239	
<b>Fotografía 3:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-340	
<b>Fotografía 4:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-740	
<b>Fotografía 5:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-841	
<b>Fotografía 6:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-941	
<b>Fotografía 7:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-11	42
<b>Fotografía 8:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-12	42
<b>Fotografía 9:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-13	43
<b>Fotografía 10:</b> H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-14	43
<b>Fotografía 11:</b> H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-1	44
<b>Fotografía 12:</b> H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-3	44
<b>Fotografía 13:</b> H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-7	45
<b>Fotografía 14:</b> H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-11	45
<b>Fotografía 15:</b> H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-13	46
<b>Fotografía 16:</b> H, Colecta de Macrozoobentos con red Surber en el pto. PMPH-1	¡Error! Marcador no definido.
<b>Fotografía 17:</b> H, Colecta de Macrozoobentos con red Surber en el pto. PMPH- 2	¡Error! Marcador no definido.

**Fotografía 18:** H, Colecta de Macrozoobentos con red Surber en el pto. PMPH-3  
 .....; **Error! Marcador no definido.**

**Fotografía 19:** H, Lanzamiento de atarraya en el pto. PMPH-11 .....92

## **ÍNDICE DE GRÁFICOS**

**Gráfico 1:** Valores de Parámetros Físico – Temperatura .....50

**Gráfico 2:** H, Valores de Parámetros Químico – pH .....50

**Gráfico 3:** H, Valores de Parámetros Físico – Conductividad eléctrica .....51

**Gráfico 4:** H, Riqueza de Phylum registrada en el Área de Estudio .....53

**Gráfico 5:** H, Abundancia (%) de Phylum registrado en el Área de Estudio .....54

**Gráfico 6:** H, Abundancia de Fitoplancton por Especie Registrada.....55

**Gráfico 7:** H, Riqueza de Fitoplancton por Punto de Monitoreo .....56

**Gráfico 8:** H, Abundancia (%) de Fitoplancton por Punto de Monitoreo .....57

**Gráfico 9:** H, Índices de Fitoplancton por Punto de Monitoreo .....61

**Gráfico 10:** H, Riqueza de Phylum registrado en el Área de Estudio .....63

**Gráfico 11:** H, Abundancia (%) de Phylum registrado en el Área de Estudio .....64

**Gráfico 12:** H, Abundancia de Zooplancton por Especie Registrada.....70

**Gráfico 13:** H, Riqueza de Zooplancton por Punto de Monitoreo .....71

**Gráfico 14:** H, Abundancia (%) de Zooplancton por Punto de Monitoreo .....72

**Gráfico 15:** H, Índices de Zooplancton por Punto de Monitoreo .....77

**Gráfico 16:** H, Riqueza de Macrozoobentos por phylum registrada.....78

**Gráfico 17:** H, Abundancia (%) de Macrozoobentos por Phylum registrada.....79

**Gráfico 18:** H, Abundancia de Macrozoobentos por Especie Registrada .....84

**Gráfico 19:** H, Riqueza de Macrobentos por Punto de Monitoreo.....85

**Gráfico 20:** H, Abundancia (%) de Macrozoobentos por Punto de Monitoreo .....86

**Gráfico 21:** H, Índices de Macrozoobentos registrado por Estación.....91

## ÍNDICE DE ILUSTRACIONES

<b>Ilustración 1:</b> Imagen Satelital del área del estudio .....	3
<b>Ilustración 2:</b> Laguna en Huayllay.....	20
<b>Ilustración 3:</b> Bofedal .....	21



## **CAPÍTULO I**

### **PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN**

#### **1.1. Identificación y determinación del problema**

Los ecosistemas estratégicos garantizan la oferta de bienes y servicios ambientales esenciales para el desarrollo humano sostenible del país. Estos ecosistemas de las lagunas y bofedales se caracterizan por mantener equilibrios y procesos ecológicos esenciales tales como la regulación de climas, del agua, realizar la función de depuradores del aire, agua y suelos y la conservación de la biodiversidad de plantas y animales entre otros. (NINAM-DS, 2019).

Hoy en día las lagunas y bofedales son impactados por la introducción de especies exóticas como la trucha y en otros casos al realizar la descarga directa sin tratamiento previo de las aguas residuales en los cuerpos receptores es uno de los principales factores de contaminación no solo de los diversos ecosistemas existentes sino, sobre todo, de nuestras actuales fuentes de agua, tanto superficiales como subterráneas, lo que amenaza la sostenibilidad del recurso y pone en riesgo la salud de la población.

En cada actividad que se realiza existe un impacto que se establece de forma positiva y negativa. Estos impactos muchas veces no son identificados a tiempo y son dejado de lado para avanzar en las actividades a desarrollar.

Los impactos ambientales negativos que se viene generando a los ecosistemas como: lagunas y bofedales son perjudiciales para la salud y el ambiente que nos rodea.

A partir del 23 de abril de 2001 de la creación de la Ley N° 27446, Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental, que establece normas fundamentales para la conservación de ambiente cada vez que se realizan actividades que se evite los impactos ambientales negativos. En la actualidad este sistema en el Perú es contribuyente para dar solución en las evaluaciones de los impactos ambientales.

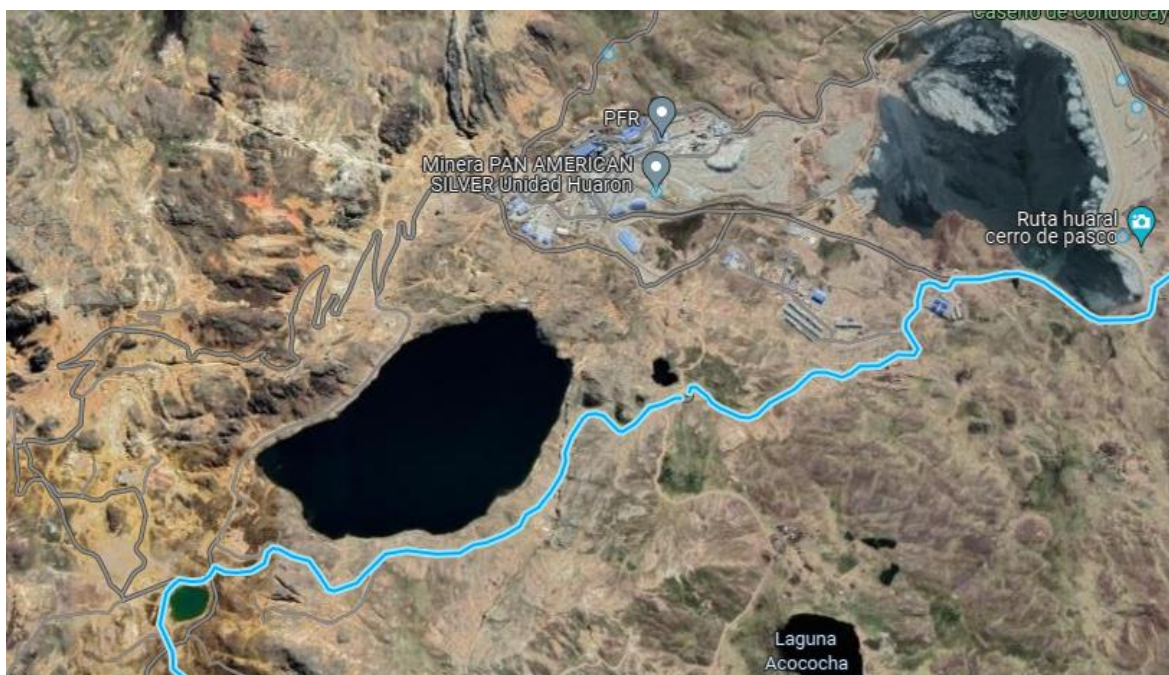
Finalmente, se presentan propuestas para la mejora de la situación encontrada en el estudio, de los ecosistemas de lagunas y bofedales, siendo las principales: el cumplimiento del marco legal en lo relativo a requerimientos de calidad ambiental, la identificación de los impactos ambientales, son muy importantes para evaluar estos ambientes y lo que es importante con este trabajo de investigación, es formular la identificación de los problemas, los objetivos que queremos lograr en el estudio hidrobiológico de las lagunas y bofedales para determinar las condiciones de la calidad ambiental actual en el distrito de Huayllay-Región Pasco.

## **1.2. Delimitación de la investigación**

El área de estudio incluye las zonas de formación de cuatro lagunas, cuatro bofedales y un río, donde se encuentran diversas especies de plancton y macrozoobentos. Estas áreas se ubican en el distrito de Huayllay, en la provincia

y región de Pasco. El monitoreo se realizó en doce estaciones, evaluando parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos para medir la presencia de plancton y macrozoobentos.

***Ilustración 1: Imagen Satelital del área del estudio***



### **1.3. Formulación del problema**

#### **1.3.1. Problema general**

¿Cuál es la calidad hidrobiológica del agua de las lagunas y bofedales altoandinos de Huayllay que determinan su calidad ambiental en el distrito de Huayllay-Región Pasco-2023?

#### **1.3.2. Problemas específicos**

- a. ¿Cuáles son los parámetros físicos: temperatura y conductividad eléctrica y químicos: Ph de las lagunas y bofedales en el distrito de Huayllay-Región Pasco-2023?
- b. ¿Como es la estructura de la comunidad hidrobiológica: plancton zooplancton y macrozoobentos?

- c. ¿Estimar los Índices de Riqueza de Margalef (d), Índices de Equidad de Pielou (J') y Diversidad de Shannon Weiner (H')?

#### **1.4. Formulación de objetivos**

##### **1.4.1. Objetivo general**

Determinar la calidad hidrobiológica del agua de las lagunas y bofedales con fines de determinar las condiciones de la calidad ambiental en el distrito de Huayllay-Región Pasco - 2023.

##### **1.4.2. Objetivos específicos**

- a. Determinar los parámetros físicos: temperatura y conductividad eléctrica y químicos: Ph de las lagunas y bofedales en el distrito de Huayllay-Región Pasco-2023
- b. Evaluar la estructura de la comunidad hidrobiológica: plancton, zooplancton y macrozoobentos.
- c. Evaluar los Índices de Riqueza de Margalef (d), Índices de Equidad de Pielou (J'), y Diversidad de Shannon Weiner (H')

#### **1.5. Justificación de la investigación**

El estudio hidrobiológico se justifica por:

- Evitar fuertes conflictos entre usuarios que habitan en la zona donde se ubican las lagunas y bofedales en la cuenca hidrográfica distribuyendo una mayor disponibilidad de recursos para mejorar de la calidad ambiental.
- La dotación de agua asignada a las empresas mineras y comunidades solo está dada por las comisiones de regantes.
- El estudio hidrobiológico está orientado principalmente a la evaluación, cuantificación y simulación de la cuenca, mediante el estudio de los indicadores biológicos existentes en el proceso de funcionamiento de la de

las lagunas y bofedales; así como de sus componentes geomorfológicos, coadyuvando a ellos, los elementos meteorológicos y la escorrentía superficial

#### **1.6. Limitaciones de la investigación**

- El acceso territorial a las lagunas y bofedales, en la localidad de Huayllay, por situarse en lugares poco accesibles y restricciones donde y se ubican importantes empresas mineras como Pan American Silver, Huaron, Alpamarca y otros.
- La relación social limitada con las poblaciones aledañas a la ubicación de las lagunas y bofedales.

## **CAPÍTULO II**

### **MARCO TEÓRICO**

#### **2.1. Antecedentes de estudio**

##### **2.1.1. Antecedente internacional**

- (García Sánchez-Colomer, 1997) **El uso del zooplancton como indicador biológico de la calidad del agua en 26 embalses españoles**

La utilización del zooplancton como indicador de la calidad del agua es discutido por algunos investigadores mientras otros procuran profundizar en su significado ecológico. En este trabajo se ahonda en la correspondencia entre las propiedades del agua y los organismos zooplanctónicos (rotíferos, branchiópodos y copépodos) estudiando las principales tendencias ecológicas de 67 especies identificadas en el plancton de la época estival en 26 embalses de la península Ibérica mediante análisis multivariantes. Se ordenan y clasifican los embalses en función de las comunidades zooplanctónicas y las características físico-químicas del agua.

➤ (García Córcoles, 2021) **Bioindicadores marinos en el estudio medioambiental y transferencia a la cadena trófica de contaminantes químicos**

La presente Tesis Doctoral se centra principalmente en el estudio de la presencia de contaminantes emergentes de origen antropogénico (bisfenoles, parabenos, filtros ultravioletas, compuestos perfluorados, triclosán y triclocarbán) en medios acuáticos y su capacidad de bioacumulación y biomagnificación a través de dos bioindicadores marinos de la contaminación: *Mytilus galloprovincialis* (mejillón mediterráneo) y *Holothuria tubulosa* (pepino de mar). Se propone el desarrollo de una nueva metodología para la determinación de los analitos seleccionados en estos bioindicadores y en el entorno natural de los mismos, aplicando técnicas de tratamiento de muestra y limpieza de extractos y análisis mediante cromatografía de líquidos de ultra alta resolución acoplada a espectrometría de masas en tándem de triple cuadrupolo (UHPLC-MS/MS). Debido a la actividad humana, numerosos contaminantes dañinos para la salud humana y otros muchos potencialmente peligrosos, ingresan continuamente en el medio ambiente, pudiendo incorporarse finalmente a la cadena trófica a través de los eslabones más bajos de la misma. En la actualidad, este hecho se está convirtiendo en una grave preocupación social y científica. Por este motivo, ha surgido una importante necesidad de estudiar, controlar y poner de manifiesto (denunciar), por parte de la comunidad científica, la presencia de una gran cantidad de compuestos químicos en el medioambiente, entre ellos se incluyen

numerosos compuestos que aparecen en productos de cuidado personal ampliamente empleados en su día a día por la población. Estos compuestos emergentes, en su mayor parte de origen antropogénico, están demostrando tener una importante actividad carcinogénica, mutagénica o disruptora endocrina en los organismos vivos. Además, se han estudiado y demostrado efectos acumulativos de modo que están siempre presentes en sedimentos o aguas, desde donde pueden llegar a animales y plantas magnificando el problema. Más del 40% de las aguas del mundo están afectadas por las actividades humanas. Una vez contaminados los medios acuáticos, los contaminantes pueden entrar en la cadena trófica a través de numerosas vías. El estudio de organismos vivos, a modo de bioindicadores, nos va a permitir determinar la magnitud de esta contaminación en una determinada zona y además poner de manifiesto su incorporación al ciclo alimenticio, lo que los hace aún más peligrosos. Un bioindicador es una especie biológica capaz de responder a la variación de un determinado factor ambiental con el cambio de magnitud en una o más variables de su propio organismo y con ello permiten conocer la “biodisponibilidad” de los contaminantes. Aunque se han llevado a cabo algunos estudios en los que se han empleado estas especies como bioindicadores, estos se centran principalmente en metales pesados y compuestos orgánicos persistentes como PCBs (bifenilos policlorinados) o PAHs (hidrocarburos aromáticos policíclicos). Sin embargo, y según la extensa bibliografía consultada, ninguno de estos estudios se enfoca



en contaminantes como los seleccionados para el desarrollo de la presente Tesis Doctoral, ya que el objetivo es el estudio de compuestos considerados como contaminantes emergentes no contemplados en estas investigaciones anteriores.

- (Badii Zabeh, Garza Cuevas, Garza Almanza, & Landeros Flores, 2005) **Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados**

En el análisis de las aguas continentales es imposible disociar el binomio agua-desarrollo pues el uso de las aguas dulces es un elemento obligado en el desarrollo de las sociedades humanas. Desde tiempo atrás, el uso del agua ha estado creciendo en forma exponencial con los consecuentes problemas de contaminación. La contaminación tiene diferentes connotaciones, pero cuando ésta afecta a las aguas dulces puede ser descrita como la descarga de materiales hacia un cuerpo de agua natural, el cual sufre efectos adversos en la calidad de vida animal y vegetal presente en el sitio. Por otra parte, el entendimiento del origen de los contaminantes, su tratamiento y su efecto en los ecosistemas acuáticos, es, hoy en día, una parte importante de la interpretación de la ecología acuática.

Las acciones de los seres humanos afectan sosteniblemente a un sinnúmero de ecosistemas acuáticos, modificando con ello la evolución natural de los mismos en diferentes escalas. En el afán de hacer rendir más las cosechas de los alimentos necesarios para consumo humano, el hombre ha utilizado sustancias para controlar las

plagas y malezas de sus cultivos y resulta innegable que, mediante el uso de las mismas, se ha logrado ampliar el horizonte agrícola conforme a la demanda derivada del crecimiento de la población. El uso de estas sustancias de manera indiscriminada e irresponsable acarrea problemas a diferentes organismos y a sus poblaciones; Esto ocurre desde el proceso químico de la manufactura de las sustancias y en donde se generan residuos considerados agentes químicos tóxicos, los cuales si no tienen un manejo adecuado pueden constituirse en un riesgo para el ambiente y la salud humana hasta el uso y la aplicación de los agroquímicos con la consecuente afectación de la integridad de los atributos ecológicos de los sistemas naturales acuáticos y terrestres. En la actualidad se han desarrollado diversas técnicas para evaluar los efectos que traen consigo las variadas actividades antropogénicas que presentan un impacto probable en la salud humana y en el ecosistema. Entre los diferentes instrumentos de evaluación están la metodología del análisis de riesgo ecológico y ambiental y junto con ellas, el uso de indicadores biológicos para monitorear la salud o la integridad de los ecosistemas acuáticos.

- (Fernández Rodríguez & Londoño Mesa, 2015) **Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia**

El concepto de Indicador Biológico ha sido usado sin mayor precaución al momento de emplear ciertos organismos en programas de monitoreo ambiental, lo cual genera confusión. Uno de los objetivos de este trabajo fue resaltar la importancia en la

consolidación de una definición precisa de este concepto a partir de información disponible, proponiendo una definición para el mismo. Las características ecológicas de los poliquetos permiten que, al estar en contacto permanente con diferentes tipos de contaminantes, respondan bioacumulando, disminuyendo o aumentando su abundancia, según sea la especie, hecho que posiciona este tipo de organismos como potenciales indicadores de contaminación marina. En este artículo se presenta de manera concreta un análisis de la literatura disponible para poliquetos en el campo de los indicadores biológicos, resaltando cómo éstos han sido usados en diferentes metodologías, con ejemplos a internacionales, así como una selección especial para Colombia. De los resultados más sobresalientes se encontró que *Capitella capitata* es la especie más estudiada al estar asociada con ambientes contaminados a causa del incremento de materia orgánica y es la única especie reportada en el país como indicador biológico usando las técnicas clásicas de bioindicación. Finalmente, se reitera la importancia de iniciar investigaciones sobre los aspectos ecológicos, ecotoxicológicos y bioensayos de laboratorio con otras especies de poliquetos para validar cuáles especies y por qué pueden ser consideradas como indicadores biológicos para el país.

#### **2.1.2. Antecedente nacional**

- (García Ríos, 2016) “Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos” realiza la Estimación de la diversidad de los

macroinvertebrados bentónicos y su uso como indicadores biológicos en la cuenca alta del río Chillón (Lima, Perú), ubicada desde los 2500 hasta los 4850 m.s.n.m. Se establecieron doce estaciones de muestreo localizadas a lo largo del río principal para evaluar la diversidad de la fauna bentónica durante las épocas seca (julio 2014) y lluviosa (enero 2015). Se identificaron 47 taxa de macroinvertebrados, siendo el orden Diptera el más diverso (17 taxa) y con el más amplio rango de distribución. Analizando los valores de riqueza y abundancia, la estructura comunitaria de macroinvertebrados bentónicos (diversidad de Shannon-Wiener y equidad de Pielou) y los análisis de similitud (ANOSIM) y de agrupamiento utilizando el método no paramétrico de escalamiento multidimensional (nMDS) determinaron diferencias significativas ( $p < 0,05$ ) a nivel temporal y espacial en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos. La variación temporal es explicada por el cambio del caudal (factor hidrológico), el cual tuvo una gran influencia sobre la fisicoquímica del agua y la estabilidad del hábitat, y la variación espacial es explicada por las diferencias altitudinales de las estaciones de muestreo. Además, el análisis de similitud porcentual (SIMPER) identificó los taxa que más influyeron en la estructura comunitaria de macroinvertebrados en la zona de estudio. Según el análisis de correlación no paramétrico de Spearman entre el índice de hábitat fluvial (IHF) y las cuatro métricas de bioindicación aplicadas, los índices  $H'$ , BMWP/Bol y ABI serían los más apropiados para estimar la calidad ecológica en la cuenca alta del río Chillón, ya que demostraron su validez estadística ( $p < 0,05$ ) para

la época de mayor estabilidad ambiental (julio 2014). En este estudio se comprueba que los cambios ambientales juegan un rol importante sobre los patrones de riqueza y distribución de la comunidad bentónica en la zona de estudio.

- (Paredes, Iannaccone, & Alvarino, 2004) Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú

Las comunidades de macroinvertebrados bentónicos (MIB) pueden emplearse como eficientes indicadores biológicos de la calidad de agua en los ecosistemas dulceacuícolas. Durante el período febrero-marzo 2002 se desarrolló dos evaluaciones de MIB en la región Nor-Oriental del Marañón, Perú, para analizar su composición faunística, riqueza de familias y calidad de agua con base en el índice "Biological Monitoring Working Party" (BMWP). La primera evaluación fue en el río Wuawuas (Bagua, Amazonas; 05°14.13' S, 78°21.98' W), en siete estaciones de muestreo. Se valoró la calidad del agua según el índice BMWP, catalogándose como aguas con algunos efectos de contaminación o de calidad aceptable (67 puntos). Se obtuvo 22 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos: Trichoptera (40 %), Plecoptera (16 %) y Ephemeroptera (10 %). Las familias más representadas fueron: Xiphocentronidae (15 %), Odontoceridae (12 %), Baetidae (10 %), Perlidae (9 %) y Psephenidae (8 %). La segunda evaluación fue en el río Amojú (Jaén, Cajamarca; 05°15.15' S, 78°48.29' W), con ocho estaciones de muestreo. Según la BMWP, se obtuvo una categoría equivalente a entre aguas contaminadas o de

calidad dudosa, a aguas muy contaminadas o de calidad crítica (38 puntos). Se registró 30 taxones, con predominancia de tres órdenes de insectos: Ephemeroptera (27 %), Trichoptera (25 %) y Díptera (21 %). Las familias más representadas fueron Chironomidae (19 %), Hydropsychidae (16 %), Siphonuridae (9 %), Perlidae (8 %) y Leptophlebiidae (8 %). En este segundo lugar, los análisis físico-químicos no indicaron efectos de perturbación en el ecosistema acuático. La similaridad de familias fue baja entre ambas localidades, según los índices de Jaccard ( $L = 20\%$ ) y Sorensen ( $I_s = 35\%$ ). En las dos localidades, los valores de la serie de números de Hill fueron semejantes. Finalmente, se analiza la potencialidad del empleo de los MIB para evaluar la calidad de agua en ríos del Perú

- Identificación y evaluación de impactos ambientales por afluencia turística en la playa los palos – Tacna 2019.

La “Identificación y evaluación de Impactos Ambientales por afluencia turística en la playa Los Palos – Tacna”, del distrito La Yarada Los Palos, para lo cual se utilizó la metodología de evaluación rápida de impactos ambientales RIAM y así identificar los impactos generados por la afluencia turística durante la temporada de verano, para posteriormente elaborar una propuesta de mejora para adoptar medidas de control de la contaminación.

Primero se realizaron visitas de campo en el área de estudio con el fin de poder coleccionar información relevante para elaborar la descripción de las actividades turísticas en la playa Los Palos. Posteriormente se aplicó la matriz de evaluación rápida de impacto ambiental (RIAM),

obteniendo como resultado que, de un total de 11 impactos ambientales, se obtuvieron 07 impactos negativos y 04 impactos positivos. Los impactos positivos, se clasifican como impactos leves positivos con valores de 5, siendo estos dados en el componente socioeconómico y cultural, debido a los beneficios que conlleva la actividad turística. Los impactos negativos se clasifican en 06 impactos leves negativos con valores que van desde -4 hasta -6 y 01 impacto negativo con un valor de -12, siendo este último un impacto al componente suelo debido a la generación de residuos sólidos y su mala disposición final. Estos impactos negativos podrían mitigarse e incluso eliminarse con la implementación de una propuesta de mejora ambiental a ser implementada por los gobernantes locales. (Chino Escalante, 2019)

- (Bullón Alcalá, 2016) Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del Río Perene, Chanchamayo

El objetivo de la investigación fue caracterizar la calidad de las aguas de la cuenca del río del Perené en la provincia de Chanchamayo, mediante la utilización de índices biológicos, complementada con parámetros fisicoquímicos. Se definieron nueve puntos de monitoreo de acuerdo al estudio de identificación de fuentes contaminantes desarrollado en el área. Se obtuvieron muestras de agua para la determinación de parámetros fisicoquímicos y se determinó la calidad de las aguas de acuerdo a los ECA Agua establecidos. Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se colectaron utilizando una red

Surber y se determinaron los índices de Shannon-Weaver ( $H'$ ), Índice Biótico de Familias (IBF), Biological Monitoring Working Party adaptado a Colombia (BMWP/col) y el índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). Los resultados de los parámetros físicoquímicos identifican que existe afectación por Coliformes Termotolerantes y Sólidos Suspendidos totales en el área de estudio. Se registraron en total 456 individuos, distribuidos en tres clases, 10 órdenes y 25 familias de macroinvertebrados. Se concluye que existe afectación por Coliformes Termotolerantes a lo largo de la cuenca, asimismo se sobrepasa los límites de Sólidos Suspendidos Totales, ya que se presentan valores que exceden los ECA-Agua, esto debido a las presiones significativas que ejercen las actividades antrópicas en el área. Los índices bióticos mostraron cierta similitud, muestran probable calidad de agua aceptable en el punto 7 y a diferencia de ello, aguas de moderada contaminación en el punto 2. Aunque hubo algunas leves variaciones al comparar los resultados por índices biológicos con los físicoquímicos, estos complementaron el estudio, pues las tendencias mostradas por ambos métodos fueron similares.

## **2.2. Bases teóricas – científicas**

### **2.2.1. Recursos Hídricos**

El Perú ocupa el octavo país del mundo, en tener reservas importantes por volumen de agua dulce y el tercero de América Latina, después de Brasil y Colombia. Sin embargo, el agua dulce se distribuye de manera desigual en todo el país. El 97% del agua dulce disponible se encuentra en la Región Hidrográfica Amazónica, donde vive el 31% de la población (ANA, 2013). Por otro lado, la



mayor parte de la población (65%) y actividades económicas se ubican en la Región Hidrográfica del Pacífico, a pesar de que genera solo el 1,77% del agua dulce disponible de Perú. La demanda de agua de Lima, la capital, ubicada en la Región Hidrográfica del Pacífico donde el agua es escasa, ha experimentado un fuerte crecimiento debido al aumento significativo (+51,8%) de la población en los últimos 25 años (INEI/UNFPA, 2020). Su población consumió 163 litros de agua per cápita/día en 2018, significativamente por encima de los 100 litros per cápita/día, recomendado por la Organización Mundial de la Salud (OMS). A pesar de la escasez de recursos hídricos, más de dos tercios del Producto Bruto Interno (PBI) agrícola se originan en la Cuenca del Pacífico (FAO, 2015).

La Región de Pasco se encuentra ubicado en la vertiente oriental de los andes y zona central del territorio peruano, abarcando un área total de 25 028 km<sup>2</sup>, que constituye el 1,9 por ciento del territorio peruano. Abarca dos regiones naturales, la zona sierra con 7 261 km<sup>2</sup>, en la que se encuentran las provincias de Pasco y Daniel Alcides Carrión; y 17 767 km<sup>2</sup> de ceja de selva y selva, provincia de Oxapampa.

Presenta un relieve muy accidentado al estar atravesado por montañas, glaciares, valles interandinos y llanuras intra montañosas. El Nudo de Pasco se dirige desde las proximidades de la ciudad de Cerro de Pasco hasta el nevado Culebra en la cordillera de Raura, originando las subcuencas hidrográficas del Huallaga y el Mantaro.

El altiplano o Meseta del Bombón está rodeado por la cordillera oriental y occidental de los andes centrales, correspondiendo la parte norte a Pasco y el centro y sur al departamento de Junín.

La altitud de las ciudades oscila entre los 250 y 4 348 m.s.n.m., siendo el distrito de Constitución, en la provincia de Oxapampa el de menor altitud, y el distrito de Huayllay, provincia de Pasco, el de mayor altitud.

### **2.2.2. Planificación de los recursos hídricos**

El uso de los recursos hídricos es un tema que está tomando cada vez más importancia y relevancia, y frente a su escasez en cantidad, calidad y oportunidad es más notoria, incluso esto se refleja en el stress hídrico que presentan algunos lagunas y bofedales de la sierra central peruana; en estos ambientes altoandinas se aprecia claramente una acentuación del cambio climático, cambios en los patrones atmosféricos, procesos más acentuados en la desglaciación y contaminación por efectos de actividades mineras y poblacionales; científicos sociales hablan de posibles guerras futuras por el acceso al agua; la cuencas existentes como del río Mantaro y el Huallaga no escapa a ello, frente a la oferta hídrica y las diversas demandas de agua existentes en la zona, así como de las áreas de ampliación, surge la necesidad de efectuar una Evaluación de Recursos Hídricos Superficiales como lagunas y bofedales en la jurisdicción del ámbito de la comunidad campesina de Huayllay, para ello se ha seleccionado los lugares, el cual ha permitido evaluar, cuantificar la calidad de sus ambientes utilizando las metodologías de los indicadores biológicos para determinar su uso y aprovechamiento racional en cantidad y oportunidad del recurso hídrico y servirá como base para la planificación hidrológica.

Como un medio necesario para formular, ejecutar y controlar la política de desarrollo en todos los sectores que estén directa o indirectamente relacionados con el uso y aprovechamiento del recurso agua y que se enmarque dentro la Ley N°29338 – Ley de Recursos Hídricos y su Reglamento.

### **2.2.3. Hidrobiología**

Las comunidades biológicas acuáticas cumplen diversas funciones en ecosistemas acuáticos (ríos, quebradas, lagunas, lagos, aguajales, pantanos y zonas inundables) como fijadores de energía, degradadores de materia orgánica, removedores de sedimento y controladores biológicos, entre otras. Razón por la cual sus ciclos reproductivos, hábitos alimenticios, patrones de distribución y abundancia se encuentran estrechamente ligados a la dinámica natural y características del medio acuático.

Las comunidades hidrobiológicas de mayor relevancia ecológica son: Plancton (Fitoplancton y zooplancton), Bentos (macroinvertebrados acuáticos) y peces. Estas comunidades viven en estrecha relación de tipo dependiente en la mayoría de casos (exceptuando algunas especies) Su presencia o ausencia son indicadores de calidad del ambiente acuático.

#### **a) Lagunas**

Una laguna es un depósito natural de agua, generalmente dulce, de menores dimensiones —sobre todo en profundidad— que un lago (Real Academia Española, 2022). Las lagunas suelen ser muy productivas debido fundamentalmente al mayor contacto de los sedimentos con la superficie del agua como consecuencia de su escasa profundidad. Otras características propias suelen ser la alternancia de ciclos secos y húmedos, la geomorfología, y los diferentes usos del suelo. Además, es una extensión de agua estancada, y al ser poco profunda permite que el sol penetre hasta su fondo, impidiendo la formación de distintos estratos térmicos, como sí sucede en los lagos, en los que se distingue una zona afótica (sin luz) de otra fótica (Geraldí, Piccola, & Perillo, 2011).

Las plantas con raíces pueden desarrollarse en una laguna de una costa a la opuesta, al contrario de los lagos en los cuales, al ser más grandes y hondos, solo pueden crecer en sus márgenes y en caletas poco profundas.

***Ilustración 2: Laguna en Huayllay***



**b) Bofedal**

Formación vegetal que se localiza entre los 4 377 y 4 477 m.s.n.m. Se caracteriza por encontrarse en áreas planas inundadas, alrededor de arroyos o lagunas y permanecer con dicha humedad edáfica constante durante todo el año. Se encuentra todo el año verde, ya que forman cuerpos de agua, los cuales

A esta formación vegetal le corresponde el punto de monitoreo. Se encontraron principalmente especies de la familia Asteraceae, las cuales, en esta zona, son de crecimiento compacto o en cojín. Entre sus especies predominantes, se encontraron diversas especies, como: *Hypochaeris taraxacoides*, *Distichia muscoides* y *Gentiana sedifolia*.

*Ilustración 3: Bofedal*



#### **2.2.4. Bioindicadores**

Diversas organizaciones y personas están interesadas en evaluar el bienestar de los ecosistemas del planeta. Entre éstas se incluyen agencias ambientales, pueblos originarios, tomadores de decisiones, conservacionistas, científicos ambientales y de la salud, así como científicos de diversas áreas, administradores y el público en general. Esta evaluación implica el establecimiento de planes de biomonitoreo mediante el uso de bioindicadores y biomarcadores para medir tanto exposición como efectos a diversos estresores ambientales. Elegir bioindicadores adecuados se vuelve crítico para realizar una valoración ecológica y ambiental adecuada, así como un monitoreo ecosistémico, la evaluación de programas de remediación o restauración, así como para monitorear la sustentabilidad de los ecosistemas. Evaluar la salud biológica para especies, poblaciones, comunidades y ecosistemas requiere considerar las condiciones presentes y monitorear los cambios en el tiempo y el espacio ya sea de una forma retrospectiva, actual o prospectiva. El biomonitoreo es la pieza

central en la evaluación biológica o ecológica debido a que es esencial el uso de indicadores estándares que puedan ser comparados dentro y entre ecosistemas a lo largo del tiempo. La información de un monitoreo biológico puede conseguirse de diversas fuentes, en muchas escalas biológicas, de células, tejidos y órganos, hasta organismos completos (enfermedades, lesiones y mortalidad) o de grandes extensiones de paisajes terrestres y marinos. Este biomonitoreo requiere contar con bioindicadores que puedan usarse para evaluar tanto la condición como los cambios de ciertos aspectos de los sistemas biológicos.

Idealmente, los planes de monitoreo (así como la selección de bioindicadores) están ajustados para satisfacer las necesidades de una pregunta o situación particular y proveerán información sobre la situación y tendencias de un ecosistema. El biomonitoreo puede generar información sobre preguntas como:

- A. ¿Están las poblaciones de una determinada especie aumentando o disminuyendo (y por qué)?
- B. ¿Los niveles de mercurio u otros contaminantes son lo suficientemente altos en una especie para representar un riesgo a su propia salud o a los animales que la consumen (incluyendo a los humanos)?
- C. ¿El tamaño y forma del ecosistema ha cambiado a lo largo del tiempo?
- D. ¿Ha habido cambios en la composición de especies o número de especies de grupos taxonómicos (p. ej. aves, tortugas, mariposas) dentro del ecosistema?
- E. ¿Cuál es la diversidad de especies de diferentes grupos dentro del sistema y están en equilibrio?
- F. ¿Hay cambios en el número, distribución o efectos de especies invasoras a lo largo del tiempo?

- G. ¿Hay cambios en el número o en los efectos de los depredadores a lo largo del tiempo?,
- H. ¿Cómo han afectado las actividades humanas (de manera indirecta o directa) a las especies y a los ecosistemas?,
- I. ¿Cómo han cambiado los sistemas agrícolas con el paso del tiempo respecto al tipo de cultivo, superficie de determinados cultivos, así como su rendimiento y
- J. ¿Cómo han cambiado los recursos oceánicos (p. ej. poblaciones de peces y mariscos) en términos de población, tamaño, captura y su relación con otras especies o niveles tróficos?

#### **2.2.5. Evaluación de los bofedales y monitoreo de parámetros de agua en el distrito de Huayllay**

Para realizar una evaluación integral de los bofedales ubicados en el distrito de Huayllay, se empleará un enfoque ecohidrológico, considerando tanto las condiciones físicas del ecosistema como los parámetros de calidad del agua que lo sustentan. Los bofedales son ecosistemas de alta montaña de gran importancia ecológica, ya que actúan como reguladores hídricos, reservas de biodiversidad y zonas de pastoreo para comunidades locales.

##### **A. Caracterización del área de estudio: distrito de Huayllay**

El distrito de Huayllay, ubicado en la provincia y región Pasco, presenta una extensión territorial aproximada de 705.2 km<sup>2</sup>, y se localiza a una altitud promedio de 4,310 m s.n.m. El clima predominante es frío de tundra (ET), con temperaturas que oscilan entre 0 °C y 12 °C y precipitaciones estacionales que alcanzan los 1,000 mm anuales. La vegetación está dominada por especies propias del ecosistema de puna húmeda y bofedal

altoandino, entre ellas destacan *Distichia muscoides*, *Plantago rigida*, *Carex* spp., *Eleocharis* spp., y *Werneria pygmaea*, especies indicadoras de suelos saturados o anegados.

## **B. Evaluación de los bofedales**

La evaluación de los bofedales incluirá:

- Cartografía detallada mediante sistemas de información geográfica (SIG), utilizando imágenes satelitales y validación en campo (ground truthing).
- Registro de cobertura vegetal mediante transectos lineales y cuadrantes para determinar la composición florística, cobertura, y grado de intervención (por pastoreo, drenaje o minería).
- Caracterización físico-química del suelo, incluyendo textura, pH, conductividad eléctrica, materia orgánica y contenido de humedad.

## **C. Monitoreo de los parámetros de calidad del agua**

Se realizará un monitoreo periódico (en temporadas seca y lluviosa) de las fuentes hídricas que alimentan los bofedales, especialmente ojos de agua, lagunas y escorrentías. Los parámetros a evaluar incluyen:

- Parámetros físicos: temperatura, color, turbidez y conductividad eléctrica.
- Parámetros químicos: pH, oxígeno disuelto (OD), demanda biológica de oxígeno (DBO), nitratos, fosfatos, y metales pesados (como Pb, Cd, As y Hg).
- Método de análisis: Se aplicarán procedimientos normalizados de campo (uso de multiparámetros portátiles) y análisis de laboratorio acreditado según normas ISO/IEC 17025.



Los resultados permitirán determinar el grado de alteración del ecosistema de bofedal, su capacidad de resiliencia, y su relación con fuentes potenciales de contaminación en la zona.

#### **2.2.6. Índices ecológicos de diversidad**

En ecología, los índices de diversidad biológica son herramientas cuantitativas utilizadas para describir la estructura de las comunidades biológicas, evaluando aspectos como la riqueza de especies, la equidad en su distribución y la diversidad general de un ecosistema. A continuación, se describen los índices más utilizados:

##### **A. Índice de Riqueza de Margalef (d)**

El índice de Margalef mide la riqueza específica de una comunidad, es decir, el número de especies presentes en relación al número total de individuos registrados. Se expresa mediante la fórmula:

$$d = (S-1) / \ln(N)$$

Donde:

- S = número total de especies registradas.
- N = número total de individuos.
- ln = logaritmo natural.

Interpretación: Valores más altos de **d** indican una mayor riqueza de especies. Este índice es útil para comparar comunidades con diferentes tamaños de muestra, pero no considera la abundancia relativa entre especies.

##### **B. Índice de Equidad de Pielou (J')**

El índice de equitatividad de Pielou (J') evalúa la uniformidad en la distribución de los individuos entre las diferentes especies. Se basa en el índice de Shannon-Wiener, y se calcula con la fórmula:

$$J' = H' / \ln(S)$$

Donde:

- $H'$  = índice de Shannon-Wiener (ver más abajo).
- $S$  = número total de especies.

Interpretación: El valor de  $J'$  varía entre 0 y 1. Un valor cercano a 1 indica que todas las especies tienen abundancias similares (alta equidad), mientras que valores bajos indican dominancia de una o pocas especies.

### C. Índice de Diversidad de Shannon-Wiener ( $H'$ )

El índice de Shannon-Wiener ( $H'$ ) mide la diversidad ecológica, considerando tanto la riqueza de especies como la equitativa distribución de los individuos. Se calcula mediante:

$$H' = - \sum_{i=1}^S p_i \ln(p_i)$$

Donde:

- $p_i$  = proporción de individuos de la especie  $i$  respecto al total de individuos.
- $S$  = número total de especies.

Interpretación:

- Si  $H' < 2$ : diversidad baja.
- Si  $H' = 2-3.5$ : diversidad moderada.
- Si  $H' > 3.5$ : diversidad alta.

Este índice es uno de los más ampliamente utilizados por su sensibilidad a cambios tanto en riqueza como en abundancia relativa.

### Importancia en la investigación

Estos índices permitirán evaluar la salud ecológica de los bofedales y áreas agrícolas afectadas por actividades humanas, mediante el análisis de la vegetación, macroinvertebrados u otros grupos biológicos. Su aplicación ayudará a cuantificar el impacto de la contaminación por metales pesados o el cambio en el uso de suelo, comparando sitios alterados con sitios conservados.

## **2.3. Definición de términos básicos**

### **A. Área de ocupación (Según la lista roja de las especies)**

El área de ocupación de un taxón se define como el área dentro de la “extensión de presencia” que es ocupada por un taxón, excluyendo los casos de actividades asociadas al deambular. La medida refleja el hecho de que un taxón comúnmente no aparecerá en toda el área de su extensión de presencia, ya que puede contener hábitats no ocupados o inadecuados. En algunos casos (por ej. los lugares de nidificación colonial irremplazables, los sitios de alimentación cruciales para taxones migratorios) el área de ocupación es el área más pequeña esencial para la supervivencia de las poblaciones existentes de un taxón, cualquiera que sea su etapa de desarrollo. El tamaño del área de ocupación será una función de la escala en que ésta se mida, y debe darse a una escala apropiada para los aspectos biológicos relevantes del taxón, la naturaleza de las amenazas y la información disponible.

### **B. Ecosistemas degradados**

La degradación de las tierras puede producirse por la pérdida de diversidad biológica o de funciones o servicios de los ecosistemas. Desde una perspectiva ecológica, la degradación de las tierras puede incluir una

transformación completa en la clase o el uso del ecosistema, como la conversión de un pastizal natural en un campo de cultivo, que proporciona un espectro diferente de beneficios, pero también la degradación del sistema “natural” o “transformado”. Los ecosistemas naturales suelen estar degradados antes de ser transformados. El ecosistema transformado que resulta de esta conversión puede, a su vez, degradarse y ver reducida la prestación de sus nuevas funciones (por ejemplo, un campo agrícola en el que la degradación del suelo y la reducción de la fertilidad de este provocan una disminución de las cosechas).

Los mismos conceptos se aplican a la degradación de los ecosistemas marinos y de agua dulce. Puede adoptar la forma de un cambio en las estructuras tróficas de una comunidad marina (a través de la presión pesquera y la eliminación selectiva de especies), la transformación del bentos blando y duro (a través de barridos repetitivos de artes de contacto, como las redes de arrastre) o la construcción de arrecifes artificiales, por citar solo algunos ejemplos. En el caso de los ecosistemas acuáticos de agua dulce, la construcción de presas y embalses sobre los cursos de los ríos o la conversión de humedales naturales en arrozales son ejemplos de transformación de los ecosistemas.

### **C. Ecosistemas naturales (hábitats)**

Áreas conformadas por conjuntos viables de plantas o especies animales de origen en gran parte nativo, o áreas en las que la actividad humana no ha modificado esencialmente las funciones ecológicas primarias y la composición de especies de un área. (Basado en la definición de hábitats naturales del CMVCPNUMA.

#### **D. Evaluación del impacto ambiental**

Es un proceso para evaluar los probables impactos en el ambiente, y para proponer medidas adecuadas de mitigación de un desarrollo propuesto, teniéndose en cuenta los impactos entre sí relacionados, tanto beneficiosos como adversos, de índole socioeconómica, cultural y para la salud humana.

#### **E. Especie**

Unidad de clasificación taxonómica. Población de individuos similares con estructura y función idéntica que en la naturaleza solo se reproducen entre sí.

#### **F. Impacto Ambiental**

Es el efecto que la acción del hombre o de la naturaleza causa en el ambiente natural y social. Puede ser positivo o negativo.

#### **G. Medio ambiente**

Definido como el sistema de elementos naturales, artificiales o inducidos por el hombre – físicos, químicos y biológicos – que propician la existencia, transformación y desarrollo de organismos vivos.

#### **H. Tasa de extinción**

El número de especies que se extinguen en determinado período.

#### **I. Monitoreo**

Actividades de seguimiento que se hacen de las poblaciones a largo plazo.

#### **J. Población y Tamaño de la Población**

(Según la lista roja de las especies) La población se define aquí como el número total de individuos del taxón. Por razones funcionales,

principalmente debido a las diferencias entre formas de vida, el tamaño de la población se mide sólo como el número de individuos maduros.

## **2.4. Formulación de hipótesis**

### **2.4.1. Hipótesis general**

Los índices biológicos del agua y las lagunas y bofedales altoandinos de Huayllay indican una alta calidad hidrobiológica en el distrito de Huayllay – Región Pasco - 2023.

### **2.4.2. Hipótesis específicas**

- a. La temperatura, conductividad eléctrica y el pH de las lagunas y bofedales en el distrito de Huayllay – Región Pasco se encuentran dentro de los parámetros de buena calidad de agua.
- b. La estructura de la comunidad hidrobiológica: plancton, zooplancton y macrozoobentos tiene buena abundancia de especies.
- c. Los Índices de Riqueza de Margalef (d), Índices de Equidad de Pielou (J'), y Diversidad de Shannon Weiner (H') indican una buena riqueza de especies en los ecosistemas de lagunas y bofedales.

## **2.5. Identificación de variables**

### **2.5.1. Variable independiente**

- Índices biológicos del agua de las lagunas y bofedales altoandinos de Huayllay.

### **2.5.2. Variables dependientes**

- Calidad Hidrobiológica

## **2.6. Definición operacional de variables e indicadores**

Operacionalización de variables

Variable	Definición operacional	Dimensión	Indicador	Escala
----------	------------------------	-----------	-----------	--------

Calidad Hidrobiológica.	Se colectarán las especies que presenta en la laguna y bofedales, se evaluarán según la metodología	Índice Pielou	Cantidad de especies de acuerdo al género y familia	Nominal
		Índice Shannon	Cantidad de especies de acuerdo al género y familia	Nominal
		Índice Margalef	Cantidad de especies de acuerdo al género y familia	Nominal
Índices biológicos del agua	Se tomarán muestras de agua para determinar la calidad	Parámetros Físicos	Temperatura	Nominal
			Conductividad eléctrica	
		Parámetros Químicos	pH	

### **CAPÍTULO III**

#### **METODOLOGÍA Y TÉCNICAS DE INVESTIGACIÓN**

##### **3.1. Tipo de investigación**

El tipo de Investigación es no experimental, Estudio que se realizó sin la manipulación deliberada de variables y en los que sólo se observó y se evaluó la interacción en su ambiente natural de la laguna y bofedales con las especies a ser evaluadas de plancton y Macrozoobentos.

##### **3.2. Nivel de investigación**

La investigación es de un nivel exploratorio es el más común que se encarga de establecer las relaciones de causa y efecto que permiten hacer generalizaciones a realidades similares.

Es un estudio muy útil para comprobar los indicadores ambientales que reflejen su naturaleza de los ecosistemas de la laguna y bofedales donde hay presencia de especies de plancton y Macrozoobentos, como los Índices: Shannon-Wiener, Simpson y Margalef, llevado a cabo para comprender las razones de la calidad ambiental del medio ambiente



### **3.3. Métodos de investigación**

El método que se utiliza es cuantitativo (deductivo) estadístico, pues permite determinar y comparar el número de individuos, con el fin de realizar una caracterización de la comunidad de especies de fitoplancton y zooplancton y del tipo de entorno en que se encuentran éstas, es decir, identificar las características en torno a los diferentes ambientes censados.

### **3.4. Diseño de investigación**

Para describir la diversidad de las especies de fitoplancton y zooplancton en el área de estudio fue necesario contar con indicadores que reflejen su naturaleza. Existen muchos índices que sirven para medir el plancton y macrozoobentos, es decir la diversidad dentro de las comunidades, cada índice propuesto mide la diversidad desde diferentes criterios referidos a la estructura de la comunidad o la riqueza de especies (riqueza específica) (Moreno, C. E. 2001).

La información obtenida de los muestreos y observaciones fue analizada posteriormente de acuerdo a los métodos cuantitativos y cualitativos estándar para evaluaciones ecológicas.

### **3.5. Población y muestra**

#### **3.5.1. Población**

El área de estudio son las áreas de formación de 04 lagunas, 04 bofedales y 01 río en las cuales se tiene la presencia de plancton y Macrozoobentos de diferentes especies, los cuales habitan en el distrito de Huayllay, provincia y región de Pasco.

### 3.5.2. Muestra

El monitoreo consistió en la evaluación de parámetros físicos, químicos e hidrobiológicos en doce (12) estaciones de monitoreo para medir plancton y Macrozoobentos.

**Tabla 1:** Estaciones de monitoreo hidrobiológico

Curso de Agua	Puntos de Monitoreo deAgua	Coordenadas UTM				Altura m.s.n.m.	Descripción
		Coordenadas In Situ* WGS84					
		Este	Norte	Este	Norte		
Laguna	PMPH-1	347 608	8 783 340	347 542	8 783 369	4 419	Laguna Condorcayan
	PMPH-2	344 818	8 781 936	344 825	8 781 934	4 582	Laguna Llacsacocha
Ríos y Quebradas	PMPH-3	351 567	8 784 448	351 576	8 784 446	4 222	Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la laguna Huayhuacocha
	PMPH-6	347 931	8 783 054	347 934	8 783 055	4 392	Aguas de la Qda. Shashiragra
	PMPH-7	348 853	8 783 348	348 885	7 783 352	4 367	Confluencia deaguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra
	PMPH-8	348 840	8 783 380	348 836	8 783 383	4 367	Aguas de la Qda. Occhapaccha
Bofedal	PMPH-9	345 699	8 782 348	345 672	8 782 319	4 590	Bofedal ubicadoaguas abajo de lalaguna Llacsacocha
	PMPH-10	347 288	8 782 756	347 375	8 782 732	4 458	Bofedal ubicada en la naciente del río San José, Shangailan
Laguna	PMPH-11	344 048	8 783 930	343 966	8 784 300	4 539	Laguna Chunchucocha, colindante al centro poblado San Agustín de Huaychao
	PMPH-12	343 778	8 779 680	343 726	8 779699	4 577	Laguna Naticocha
Bofeda	PMPH-13	349 222	8 784 942	349 219	8 784 943	4 531	Bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo

	PMPH-14	351 483	8 785 136	351 491	8 785 127	4 365	Bofedal ubicado aguas arriba del río San José
--	---------	---------	-----------	---------	-----------	-------	---

### 3.6. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

#### 3.6.1. Observación del Área de Investigación

Se realiza recorridos de observación del área de investigación para identificar los componentes ambientales que integran el estudio a realizar.

#### 3.6.2. Cámaras fotográficas (registros fotográficos relevantes)

Recolección de datos: La recolección es caracterizado por puntuaciones a través de la bitácora punto enfocado en los componentes ambientales, utilizando:

- Cuaderno de apuntes
- Matriz de impacto ambiental.
- GPS para una correcta ubicación.

Las técnicas puntuales son describir de forma cualitativa, el aspecto ambiental de la actividad para seguir los procedimientos siguientes:

#### 3.6.3. Descripción del área de influencia.

El registro de los parámetros físicos (Temperatura y Conductividad eléctrica) y químico (pH) fue realizado in situ mediante el empleo de un multiparámetro.

#### 3.6.4. Parámetros Hidrobiológicos

##### Plancton

Las muestras fueron colectadas con una red de plancton estándar de 33  $\mu\text{m}$  de diámetro de malla, con una boca de ingreso circular de 0,13 metros de diámetro y 0,70 metros de largo. Se filtraron 100 litros aproximadamente de agua colectadas en las zonas de orilla de cada punto de muestreo. Luego las muestras fueron preservadas con Lugol.

### **Macrozoobentos**

Las muestras fueron colectadas con una red Surber de 0,09 m<sup>2</sup> de área de colecta, con una apertura de malla de 250 µm, se realizaron dos réplicas removiéndose el sustrato durante un minuto por cada réplica.

Luego de su colecta, las muestras fueron almacenadas en frascos de un litro y preservadas con 25 ml alcohol al 70 %, posteriormente fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio para su análisis.

#### **3.7. Selección, validación y confiabilidad de los instrumentos de investigación**

Para llevar a cabo una evaluación efectiva, es esencial seleccionar instrumentos y métodos que hayan sido previamente validados y cuya confiabilidad esté respaldada por estudios científicos. La utilización de macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores es una práctica común debido a su sensibilidad a cambios en la calidad del agua. Índices como el Biological Monitoring Working Party (BMWP) adaptado a las condiciones locales, han demostrado ser herramientas confiables en la evaluación de ecosistemas acuáticos altoandinos

#### **3.8. Técnicas de procesamiento y análisis de datos**

1. **Muestreo de macroinvertebrados bentónicos:** Se recomienda realizar muestreos estandarizados utilizando redes de mano o draga, siguiendo protocolos establecidos que aseguren la representatividad de las muestras. Es fundamental que el personal esté capacitado en la identificación taxonómica de los organismos recolectados.
2. **Análisis fisicoquímico del agua:** Parámetros como pH, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto y concentración de nutrientes deben medirse in situ o en laboratorio, siguiendo metodologías reconocidas

internacionalmente. Estos datos complementan la información biológica y permiten una interpretación más completa de la calidad del agua.

3. **Aplicación de índices biológicos:** El cálculo de índices como el BMWP adaptado o el Índice de Shannon-Wiener proporciona una medida cuantitativa de la calidad ecológica del agua. Es importante considerar las particularidades de la región altoandina al interpretar estos índices

### **3.9. Tratamiento estadístico**

Realizamos la evaluación de los resultados con la valoración a través de los softwares de Microsoft Word y Excel.

### **3.10. Orientación ética filosófica y epistémica**

La tesis de Evaluación de las condiciones de la calidad ambiental de los ecosistemas alto andinos de Huayllay, empleando los índices biológicos en la Región Pasco, se establece un compromiso con el respeto y cuidado del medio ambiente y de las especies que lo habitan. Se destaca la importancia de llevar a cabo esta investigación de manera ética, siguiendo las normativas establecidas para la protección ambiental y el bienestar de las comunidades locales.

Además, se establecen protocolos de trabajo que garanticen el bienestar y respeto hacia las especies que serán objeto de estudio, procurando minimizar cualquier impacto negativo que pudiera derivarse de la investigación. Se promueve el uso responsable de las técnicas de muestreo y de la manipulación de los organismos, así como el respeto hacia su hábitat natural.

En resumen, la orientación ética de la tesis resalta el compromiso con la conservación del medio ambiente y el respeto hacia la fauna y flora de los ecosistemas alto andinos de Huayllay, así como con la difusión de los resultados obtenidos para contribuir al conocimiento y la protección de estos ecosistemas.

## **CAPITULO IV**

### **RESULTADOS Y DISCUSIÓN**

#### **4.1. Descripción del trabajo de campo**

Para el desarrollo de la presente investigación se realizaron los siguientes trabajos de campo:

##### **4.1.1. Los análisis de los parámetros Físico químicos**

El registro de los parámetros fisicoquímicos como: Temperatura, Conductividad eléctrica y (pH fue realizado con un monitoreo en una forma in situ mediante el empleo de un multiparámetro marca Hanna HI 98194 (Ver Fotografías N° 01 al N° 10), como se detalla en las fotografías siguientes:

***Fotografía 1: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-1.***



***Fotografía 2: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto. PMPH-2***





***Fotografía 3: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-3***



***Fotografía 4: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-7***





***Fotografía 5: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-8***



***Fotografía 6: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-9***



***Fotografía 7: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-11***



***Fotografía 8: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-12***





***Fotografía 9: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-13***



***Fotografía 10: H, Medición de Parámetros Físico - Químicos In Situ del pto.  
PMPH-14***



#### 4.1.2. Parámetros Hidrobiológicos

##### a) Plancton

Las muestras fueron colectadas con una red de plancton estándar de 33  $\mu$  de diámetro de malla, con una boca de ingreso circular de 0,13 metros de diámetro y 0,70 metros de largo. Se filtraron 100 litros aproximadamente de agua colectadas en las zonas de orilla de cada punto de muestreo. Luego las muestras fueron preservadas con lugol. (Ver Fotografías N° 11 al N° 19)

***Fotografía 11: H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-1***



***Fotografía 12: H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-3***



***Fotografía 13: H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-7***



***Fotografía 14: H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-11***





**Fotografía 15:** H, Toma de muestra de Plancton In Situ del pto. PMPH-13



Luego de su colecta, las muestras fueron almacenadas en frascos de 1 litro y 250 ml preservadas con solución de lugol neutro 3 ml tanto para fitoplancton y zooplancton respectivamente; posteriormente fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio para su análisis.

**b) Macrozoobentos**

Las muestras fueron colectadas con una red Surber de 0,09 m<sup>2</sup> de área de colecta, con una apertura de malla de 250  $\mu$ m, se realizaron dos réplicas removiéndose el substrato durante un minuto por cada réplica.

Luego de su colecta, las muestras fueron almacenadas en frascos de un litro y preservadas con 25 ml alcohol al 70 %, posteriormente fueron etiquetadas y trasladadas al laboratorio para su análisis. (Ver fotografías N° 19 a N° 22)

## **4.2. Presentación, análisis e interpretación de resultados**

### **4.2.1. Análisis de Datos**

Con los datos obtenidos del análisis se determinará, composición y estructura de la comunidad al igual que la calidad de agua.

#### **a) Composición de la Comunidad**

La composición de la comunidad se evalúa hallando la abundancia total y riqueza de especies.

#### **b) Abundancia total**

Se define como el número de individuos. Son contados todos los especímenes. Bajo ciertos tipos de stress, el número de organismos o la biomasa podría aumentar o disminuir.

El valor en número de individuos, se expresa en las siguientes unidades: Fitoplancton (Cel/ml), Zooplancton (Org/L) y Macrozoobentos (Org/muestra)

#### **c) Riqueza**

La riqueza específica es la forma más sencilla de medir la diversidad biológica, basándose solo en el número de especies presentes en el medio y sin tomar en cuenta la importancia relativa de cada una de ellas.

#### **d) Estructura de la Comunidad**

La estructura de la comunidad se evalúa a través de los índices de Shannon-Wiener, Margalef y Equidad de Pileou.

##### **➤ Índice de Shannon Wiener (H')**

$$H' = - \sum p_i (\ln p_i)$$

Dónde:

- $p_i$ : Abundancia proporcional de la especie  $i$

- $p_i$  es la proporción de individuos de una especie en relación a todas las especies. En este cálculo los especímenes son separados a nivel de especie o variedad y se cuenta la cantidad de cada especie o variedad.

La diversidad de especies disminuye con la disminución de la calidad del agua.

En la mayoría de ecosistemas naturales varía de 1 a 5. Excepcionalmente con valores mayores a 5 y menores a 1.

#### ➤ **Índice de Biodiversidad de Margalef**

Medida utilizada en ecología para estimar la biodiversidad de una comunidad con base a la distribución numérica de los individuos de las diferentes especies en función del número de individuos existentes en la muestra analizada y tiene la siguiente expresión

$$I = (S-1) / \ln N$$

Dónde:

- I: biodiversidad
- S: número de especies presentes
- N: número total de individuos encontrados (pertenecientes a todas las especies)

Valores inferiores a 2,0 son considerados como relacionados con zonas de baja biodiversidad (en general resultados de efectos antropogénicos) y valores superiores a 5,0 son considerados como indicativos de alta biodiversidad.

#### ➤ **Índice de Pileou (J')**

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



Dónde:

-  $H'_{\max}: L2(S)$

La equidad se refiere a como la abundancia de las especies (número de individuos, biomasa, etc.) está distribuida entre las especies. Una comunidad dominada por relativamente pocas especies puede indicar un stress ambiental, un alto porcentaje de contribución por un solo taxón indica un desequilibrio en la comunidad o un desbalance. El rango de sus valores va desde 0 a 1.

Así, valores cercanos a 0 evidencian una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD) y valores cercanos a 1 evidencian una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD)

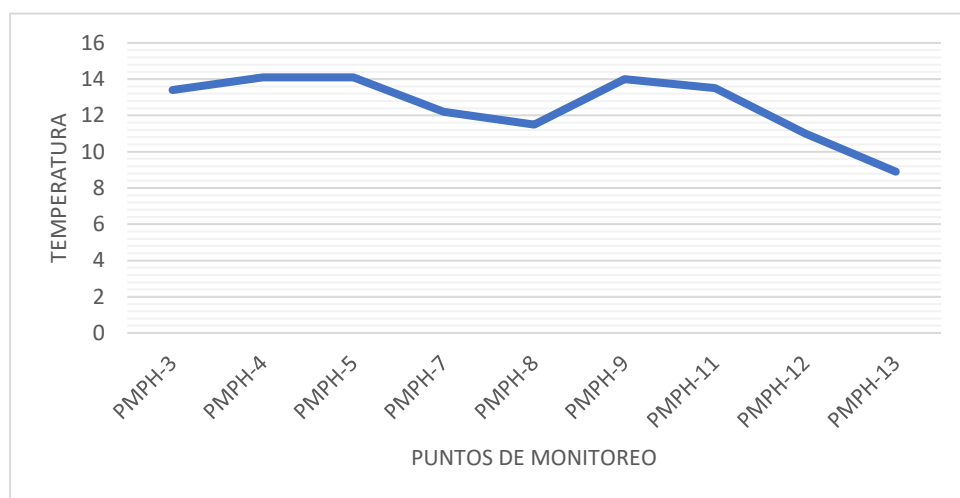
#### **4.2.2. Interpretación de los resultados**

##### **a) Parámetros Físico – Químicos**

Según los resultados de las mediciones en campo se registró los siguientes datos:

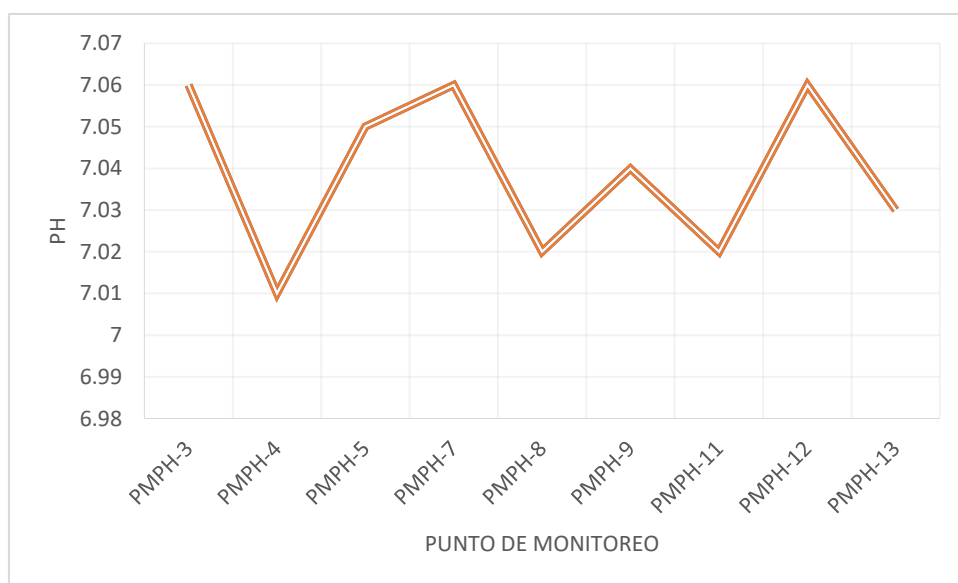
**Valores de Temperatura:** En las estaciones del área de estudio oscilaron entre 8.9 °C y 14.1 °C, registrándose el mínimo valor en el bofedal ubicado aguas abajo del rio jangalpo (PMPH-13) y el máximo valor se registraron en laguna Llacsacocha PMPH-02 y Rio san jose, aguas abajo del poblado de Huayllay y de la laguna Huayhuacocha PMPH-03 (Ver Gráfico N° 2.

**Gráfico 1:** Valores de Parámetros Físico – Temperatura



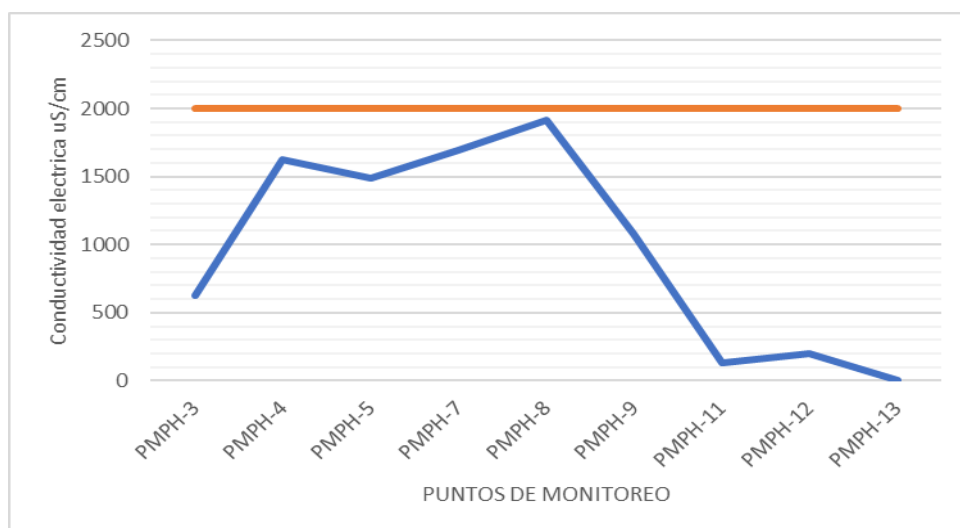
**Valores de pH:** Oscilaron entre 7.01 y 7.06, registrándose el mínimo valor en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) y el máximo valor fueron registrados en la Laguna Condorcayan (PMPH-1), Confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) y Laguna Naticocha (PMPH-7). Según se muestra a continuación, los valores obtenidos cumplen con el ECA Agua Categ. 4 del D.S. N° 004-2017-MINAM para pH. (Ver Gráfico N° 3).

**Gráfico 2:** H, Valores de Parámetros Químico – pH



**Valores de Conductividad Eléctrica:** Variaron entre 7.2 y 1918  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , registrándose el mínimo valor en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) y el máximo valor fue registrado en aguas de la quebrada Occhapaccha (PMPH-08) Según se muestra a continuación, los valores obtenidos cumplen con el ECA Agua Categ. 4 del D.S. N° 004- 2017-MINAM para Conductividad Eléctrica. (Ver Gráfico N° 4).

**Gráfico 3:** H, Valores de Parámetros Físico – Conductividad eléctrica



**Tabla 2:** H, Resultados de Parámetros Físico-Químicos de Agua Superficial en el Área de Estudio

Puntos de Monitoreo	Fecha de Monitoreo	Parámetros de Campo		
		Temperatura (°C)	pH	Conductividad Eléctrica Us/cm
PMPH-1	30/05/2023	13.4	7.06	630.00
PMPH-2	31/05/2023	14.1	7.01	1621.00
PMPH-3	03/06/2023	14.1	7.05	1488.00
PMPH-6*	01/06/2023	-	-	-
PMPH-7	02/06/2023	12.2	7.06	1695.00
PMPH-8	02/06/2023	11.5	7.02	1918.00

<i>Puntos de Monitoreo</i>	<i>Fecha de Monitoreo</i>	<i>Parámetros de Campo</i>		
		<i>Temperatura (°C)</i>	<i>pH</i>	<i>Conductividad Eléctrica Us/cm</i>
<i>PMPH-9</i>	<i>31/05/2023</i>	<i>14.0</i>	<i>7.04</i>	<i>1080.00</i>
<i>PMPH-10**</i>	<i>02/06/2023</i>	-	-	-
<i>PMPH-11</i>	<i>01/06/2023</i>	<i>13.5</i>	<i>7.02</i>	<i>130.04</i>
<i>PMPH-12</i>	<i>01/06/2023</i>	<i>11.0</i>	<i>7.06</i>	<i>197.06</i>
<i>PMPH-13</i>	<i>02/06/2023</i>	<i>8.9</i>	<i>7.03</i>	<i>7.02</i>
<i>PMPH-14*</i>	<i>03/06/2023</i>	-	-	-
<i>ECA-Agua Categ. 4 D.S. N° 04-2017 – MINAM</i>	-	-	<i>6.5 – 8.5</i>	<i>≤ 2000</i>

#### **b) Parámetros Hidrobiológicos**

Los resultados de los indicadores Hidrobiológicos tales como Plancton (Fitoplancton, Zooplancton), Bentos (Macrozoobentos) e Ictiofauna se describen a continuación:

##### **➤ Fitoplancton**

También llamado plancton vegetal, es la comunidad de organismos, autótrofos con capacidad fotosintética (bacterias, cianobacterias, microalgas y otros grupos) que viven suspendidos en la masa de agua. Su importancia ecológica es la de ser la base de la cadena alimenticia en los sistemas acuáticos, ya que sirve de alimento a organismos mayores, es decir realiza la parte principal de la producción primaria en los ambientes acuáticos, sobre todo los marinos.

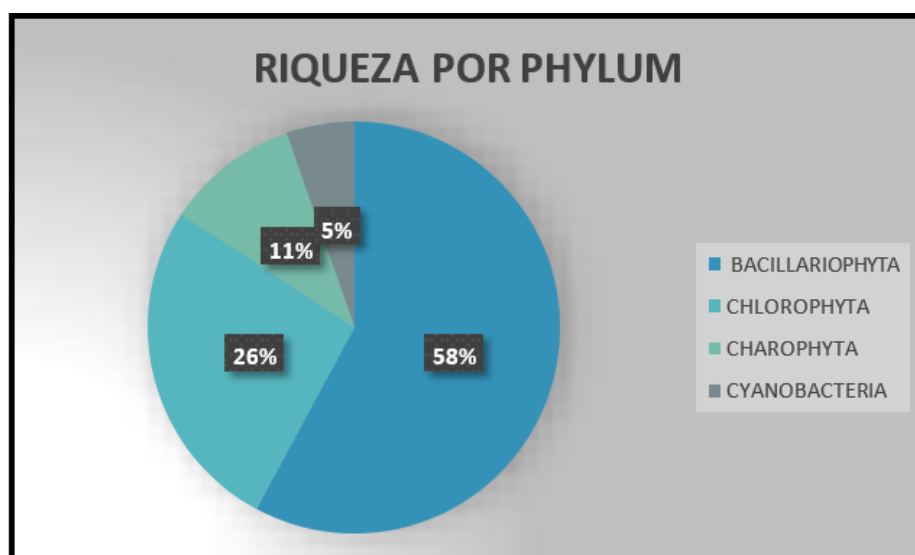
##### **Riqueza y Abundancia de Especies**

En total se registraron mil quinientos sesenta y cuatro (1564)

Células/mL de fitoplancton distribuidos en veintitrés (19) especies y cuatro (04) phylum.

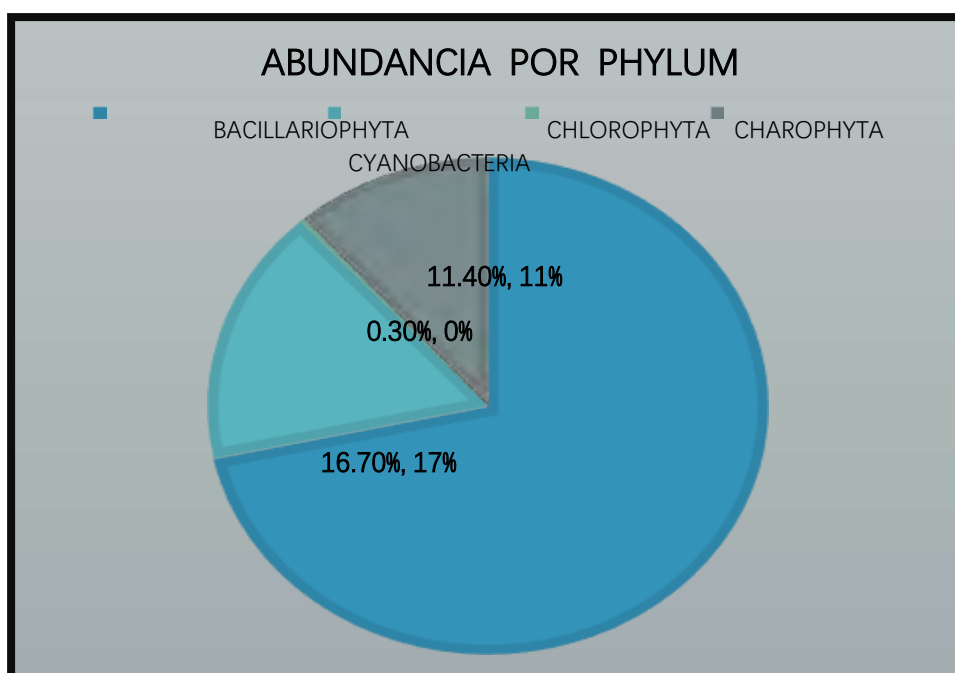
El máximo valor de riqueza fue registrado en el phylum Bacillariophyta con once (11) especies (57.9 %) y el mínimo valor de riqueza fue reportado en el phylum Cyanobacteria con una (01) especies (5.3%), en el phylum Chlorophyta se registraron cinco (05) especies (26.3 %) y en el phylum Charophyta se registraron dos (02) especies (10.5 %) (Ver Gráfico N° 1)

**Gráfico 4:** *H, Riqueza de Phylum registrada en el Área de Estudio*



El máximo valor de abundancia fue registrado en el phylum Bacillariophyta con mil cientos veinte (1120) cel/ml (71.6 %) y el mínimo valor de abundancia fue reportado en el phylum Charophyta con cuatro (04) cel/ml (0.3 %) En el phylum Chlorophyta se registraron dos cientos setenta y uno (261) cel/ml (16.7 %) y en el phylum Cyanobacteria se registraron ciento setenta y nueve (179) cel/ml (11.4 %) (Ver Gráfico N° 2)

**Gráfico 5:** H, Abundancia (%) de Phylum registrado en el Área de Estudio



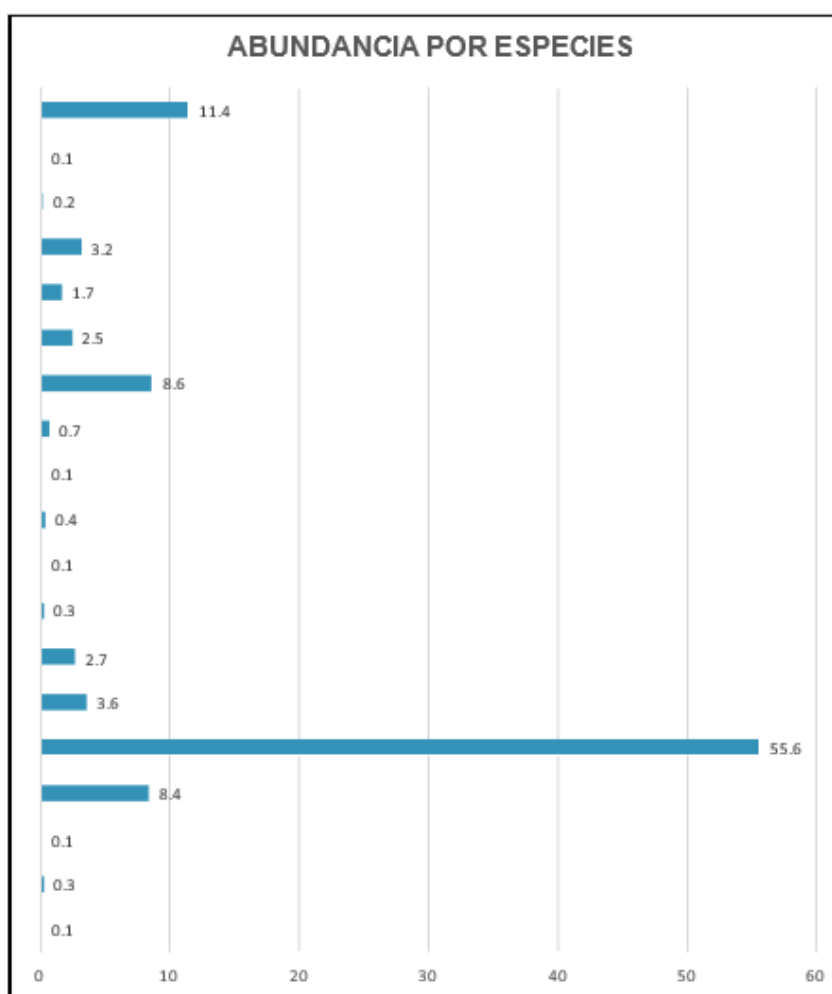
A continuación, se detallan las especies registradas en la evaluación cuantitativa de fitoplancton. (Ver Tabla N° 3)

**Tabla 3:** H, Evaluación cuantitativa de Fitoplancton (Cel/mL)

Código del cliente			PMPH-3		
Código del laboratorio			HB21060001.09		
Tamaño de muestra (L)			1		
Tipo de producto (Matriz)			Agua superficial		
Fecha de muestreo			03/06/2023		
Hora de muestreo			11:55		
Cadena de custodia			2183		
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE	células/mL
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	2
	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sp.	14
	Bacillariophyceae	Licmophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	2
	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnanthaceae	Achnanthes sp.	2
	Bacillariophyceae	Mastogloiales	Achnanthidiaceae	Achnanthidium sp.	2

La especie predominante de fitoplancton registrada fue *Fragilaria* sp. con ochocientos sesenta y nueve (869) Células/mL, seguido por *Pseudoanabaena* sp. con ciento setenta y nueve (179) Células/mL. (Ver Gráfico N° 2)

**Gráfico 6:** *H, Abundancia de Fitoplancton por Especie Registrada*



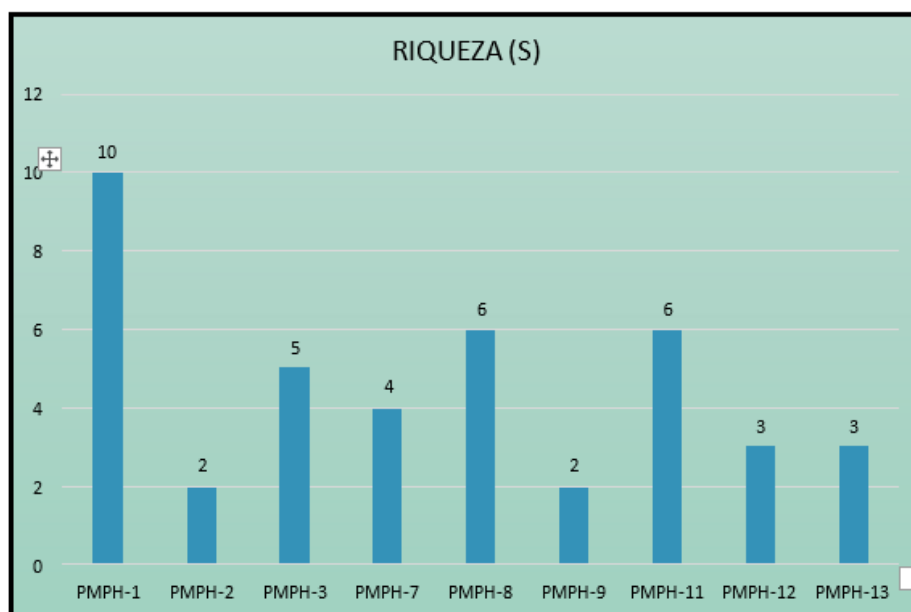
La distribución de la riqueza de especies en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Laguna Condorcayan (PMPH-1): Mayor riqueza con diez (10) especies.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2) y bofedal aguas abajo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9)\*\*: Ambas zonas presentaron la menor riqueza con dos (2) especies cada una.
- Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): Cinco (5) especies.
- Confluencia de aguas de la quebrada Occhapaccha y

Shashiragra (PMPH-7): Cuatro (4) especies.

- Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): Seis (6) especies.
- Laguna Chunchucocha, cerca del centro poblado San Agustín de Huaychao (PMPH-11): Seis (6) especies.
- Laguna Naticocha (PMPH-12): Tres (3) especies.
- Bofedal aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): Tres (3) especies.

**Gráfico 7:** *H, Riqueza de Fitoplancton por Punto de Monitoreo*



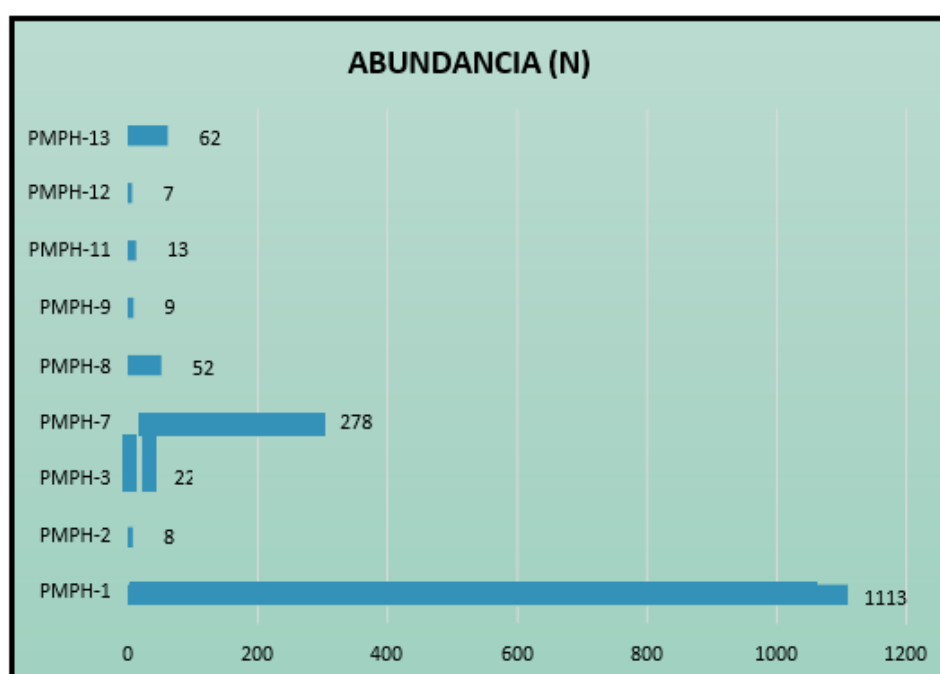
La abundancia de células de fitoplancton en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Laguna Condorcayan (PMPH-1): Mayor abundancia con 1113 células/mL, representando el 71.2% del total.
- Laguna Naticocha (PMPH-12): Menor abundancia con 7 células/mL, equivalente al 0.4%.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2): 8 células/mL, representando el 0.5%.



- Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): 22 células/mL, representando el 1.4%.
- Confluencia de las aguas de la quebrada Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7): 278 células/mL, representando el 17.8%.
- Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): 52 células/mL, representando el 3.3%.
- Bofedal aguas abajo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9): 9 células/mL, representando el 0.6%.
- Laguna Chuchucocha (PMPH-11): 13 células/mL, representando el 0.8%.
- Bofedal aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): 62 células/mL, representando el 4%.

**Gráfico 8:** *H, Abundancia (%) de Fitoplancton por Punto de Monitoreo*



## **Estructura de la Comunidad**

En la Estación PMPH-1:

- Índice de Margalef: 1.283 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.359 (baja similitud en abundancia entre especies, baja diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.194 bits/ind (muy baja diversidad)

En la Estación PMPH-2:

- Índice de Margalef: 0.481 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.954 (alta similitud en abundancia entre especies, alta diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 0.954 bits/ind (muy baja diversidad)

Estación PMPH-3:

- Índice de Margalef: 1.294 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.720 (alta similitud en abundancia entre especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.673 bits/ind (baja diversidad)

Estación PMPH-7:

- Índice de Margalef: 0.533 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.747 (alta similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.493 bits/ind (baja diversidad)

Estación PMPH-8:

- Índice de Margalef: 1.265 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.368 (baja similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 0.951 bits/ind (muy baja diversidad)

Estación PMPH-9:

- Índice de Margalef: 0.455 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.503 (baja similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 0.789 bits/ind (muy baja diversidad)

Estación PMPH-11:

- Índice de Margalef: 1.949 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.955 (alta similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 2.470 bits/ind (diversidad media)

Estación PMPH-12:

- Índice de Margalef: 1.028 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.725 (alta similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.149 bits/ind (baja diversidad)

Estación PMPH-13:

- Índice de Margalef: 0.485 (baja biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.498 (baja similitud en la abundancia de especies).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: No proporcionado (Ver Tabla N° 4 y Gráfico N° 4)

➤ **Zooplankton**

El zooplankton está compuesto por organismos que se nutren de materia orgánica ya procesada a través de la ingestión. Entre estos organismos se encuentran protozoarios que fagocitan su alimento, larvas de animales más grandes como esponjas, gusanos, equinodermos, moluscos, crustáceos y otros artrópodos acuáticos. También incluye formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos como copépodos y cladóceros, así como rotíferos y juveniles de peces (alevines).

Estos organismos son heterótrofos y ocupan los niveles iniciales de consumidores en la cadena trófica. Su alimentación proviene de productores primarios como el fitoplancton, organismos descomponedores como bacterias, y otros componentes del zooplankton. Algunos también consumen residuos orgánicos particulados.

**Tabla 4:** *H, Índices de Fitoplancton registrados por estación en el Área de Estudio*

	PMPH-1	PMPH-2	PMPH-3	PMPH-7	PMPH-8	PMPH-9	PMPH-11	PMPH-12	PMPH-13
Riqueza (S)	10	2	5	4	6	2	6	3	3
Abundancia (N)	113	8	22	278	52	9	13	7	62
Índice de Margalef (d)	1.283	0.481	1.294	0.533	1.265	0.455	1.949	1.028	0.485
Índice de Shannon-Wiener (H')	1.194	0.954	1.673	1.493	0.961	0.503	2.470	1.149	0.789
Equidad de Pielou (J')	0.359	0.954	0.720	0.747	0.368	0.503	0.955	0.725	0.498

#### Leyenda

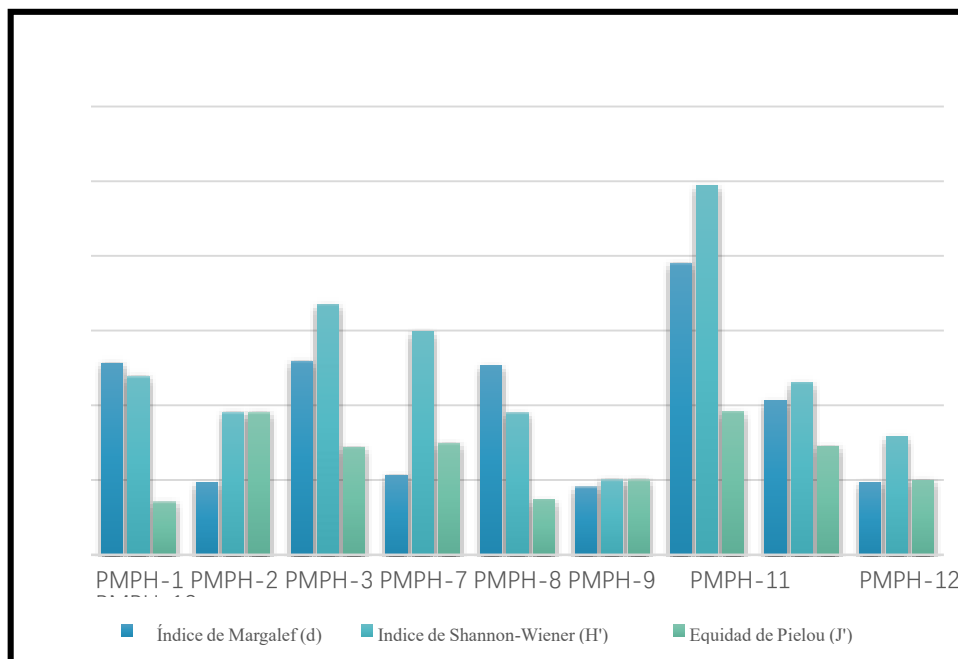
*Diversidad Muy Baja:*  $\leq 1.0$  bits/ind.

*Diversidad Baja:* 1.0 -2.0 bits/ind.

*Diversidad Media:* 2.0-3.0 bits/ind.

*Diversidad Alta:* 3.0-5.0 bits/ind.

**Gráfico 9:** *H, Índices de Fitoplancton por Punto de Monitoreo*



## ➤ **Zooplankton**

El zooplankton está compuesto por organismos que se nutren de materia orgánica ya procesada a través de la ingestión. Entre estos organismos se encuentran protozoarios que fagocitan su alimento, larvas de animales más grandes como esponjas, gusanos, equinodermos, moluscos, crustáceos y otros artrópodos acuáticos. También incluye formas adultas de pequeño tamaño de crustáceos como copépodos y cladóceros, así como rotíferos y juveniles de peces (alevines).

Estos organismos son heterótrofos y ocupan los niveles iniciales de consumidores en la cadena trófica. Su alimentación proviene de productores primarios como el fitoplancton, organismos descomponedores como bacterias, y otros componentes del zooplankton. Algunos también consumen residuos orgánicos particulados.

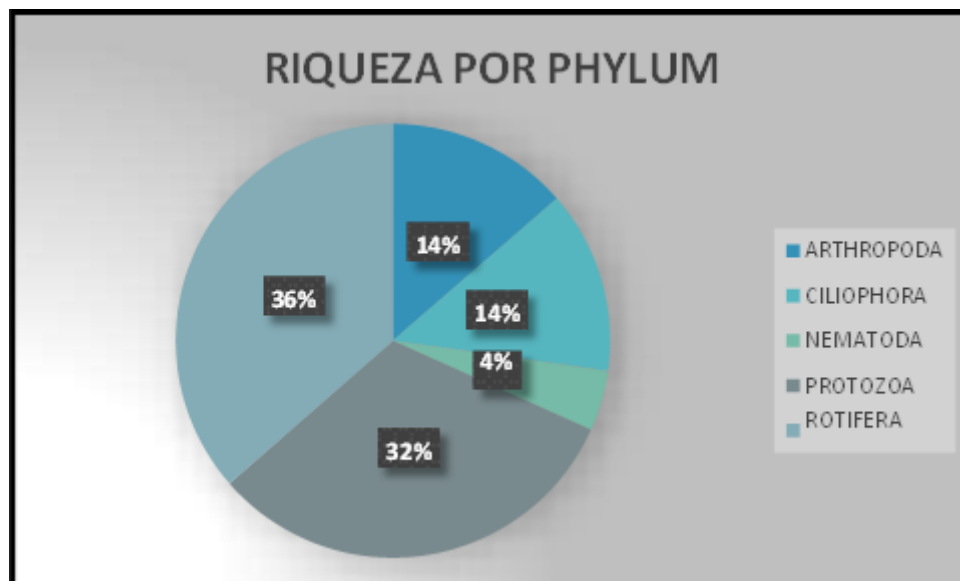
### **Riqueza y Abundancia de Especie**

En total, se registraron 469 organismos por litro (Org/L) de zooplankton, distribuidos en 22 especies y 5 phyla. La distribución por phyla fue la siguiente:

- Phylum Rotifera: Presentó la mayor riqueza con 8 especies (36%).
- Phylum Protozoa: Se identificaron 7 especies (32%).
- Phylum Arthropoda: Se encontraron 3 especies (14%).
- Phylum Ciliophora: Se registraron 3 especies (14%).

- Phylum Nematoda: Tuvo la menor riqueza con solo 1 especie (4%).

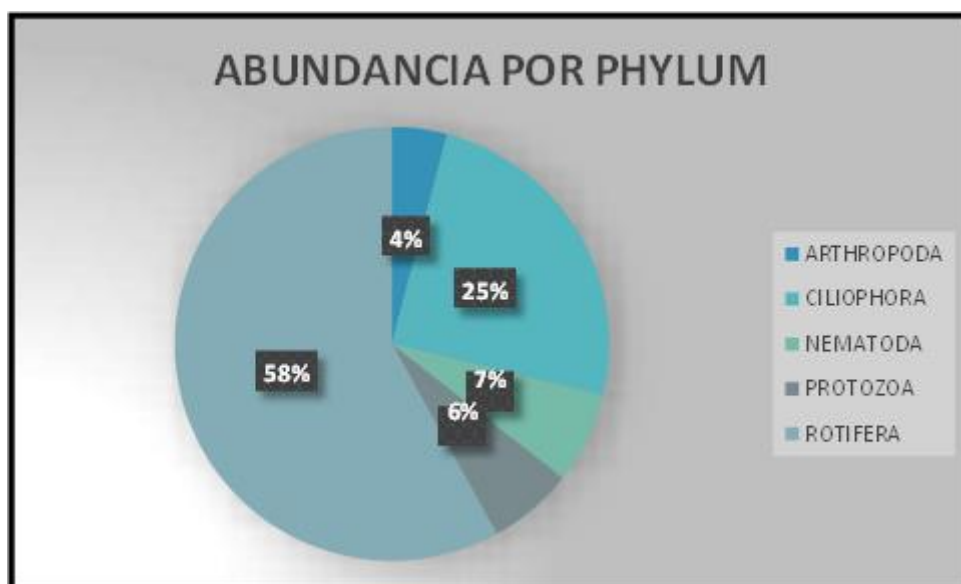
**Gráfico 10:** *H, Riqueza de Phylum registrado en el Área de Estudio*



La abundancia de zooplancton se distribuyó de la siguiente manera entre los distintos phyla:

- Phylum Rotifera: Registró la mayor abundancia con 272 organismos por litro (58%).
- Phylum Ciliophora: Registró 116 organismos por litro (25%).
- Phylum Nematoda: Registró 32 organismos por litro (7%).
- Phylum Protozoa: Identificó 30 organismos por litro (6%).
- Phylum Arthropoda: Tuvo la menor abundancia con 19 organismos por litro (4%).

**Gráfico 11:** H, Abundancia (%) de Phylum registrado en el Área de Estudio



A continuación, se detallan las especies registradas en la evaluación cuantitativa de Zooplancton. (Ver Tabla N° 5)

**Tabla 5:** H, Evaluación cuantitativa de Zooplancton (org/L)



<b>HYLUM</b>	<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>GRUPO/TAXÓN/ESPECIE</b>	<b>PMPH-1</b>	<b>PMPH-2</b>	<b>PMPH-9</b>	<b>PMPH-12</b>
ARTHROPODA	Diplostraca	hydoridae	<i>Alona</i> sp.	1	0	0	3
ARTHROPODA	Cyclopoida	yclopidae	Maxillopoda ND (nauplio)	0	0	0	4
ARTHROPODA	Cyclopoida	yclopidae	<i>Cyclops</i> sp.	1	0	0	1
CILIOPHORA	–	–	Ciliophora ND	1	0	0	0
NEMATODA	–	–	Nematoda ND	1	0	0	0
PROTOZOA	Aconchulinida	uglyphidae	<i>Euglypha</i> sp.	3	0	0	2
PROTOZOA	Arcellinida	rcellidae	<i>Arcella discoides</i>	0	0	0	1
PROTOZOA	Arcellinida	entropyxidae	<i>Centropyxis</i> sp.	3	0	0	0
PROTOZOA	Arcellinida	ifflugiidae	<i>Diffugia</i> sp.	4	0	0	0
ROTIFERA	–	–	Bdelloidea ND	0	0	0	1

ROTIFERA	Flosculariaceae	iliniidae	<i>Filinia</i> sp.		7	0	1	0
ROTIFERA	Ploima	estudinellidae	<i>Testudinella</i> sp.		0	0	0	1
ROTIFERA	Ploima	rachionidae	<i>Keratelia quadrata</i>		42	5	0	0
ROTIFERA	Ploima	otommatidae	<i>Notommata</i> sp.		0	0	1	0
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TA XÓN/ESPEC IE	PMPH-1	PMPH-2	PMPH-9	PMPH-12
ARTHROPODA	Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	Alona sp.	1	0	0	3
ARTHROPODA	Maxillopoda	-	-	Maxillopoda ND (nauplio)	0	0	0	0
ARTHROPODA	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	Cyclops sp.	0	0	0	0
CILIOPHORA	Ciliata	-	-	Ciliophora ND	1	0	0	0
NEMATODA	Filosa	Aconchulinid a	Euglyphidae	Euglypha sp.	13	0	0	0
PROTOZOA	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella discoides	3	0	0	0
PROTOZOA	Lobosa	Arcellinida	Centropyxidae	Centropyxis sp.	0	0	0	0

PROTOZOA	Lobosa	Arcellinida	Diffugiidae	Diffugia sp.	3	0	0	0
PROTOZOA	Bdelloidea	-	-	Bdelloidea ND	0	0	0	0
ROTIFERA	Flosculariaceae	Filiniidae	-	Filinia sp.	7	0	1	0
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Testudinellida e	Testudinella sp.	0	0	5	0
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Brachionidae	Keratella quadrata	242	5	0	0
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Notommatida e	Notommata sp.	0	0	1	0

<b>Campo</b>	<b>PMPH-11</b>	<b>PMPH-13</b>	<b>PMPH-7</b>	<b>PMPH-8</b>
Código del cliente	PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
Código del laboratorio	HB2160001.05	HB2160001.06	HB2160001.07	HB2160001.08
Tamaño de muestra (L)	40	40	40	40
Tipo de producto (Matriz)	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Fecha de muestreo	01/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023
Hora de muestreo	11:31	09:25	11:33	12:19
Cadena de custodia	2183	2183	2183	2183

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE	PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
ARTHROPODA	Branchiopoda	Diplostraca	Chydoridae	Alona sp.	1	0	0	0
CILIOPHORA	Ciliata	Hymenostomida	Parameciidae	Paramecium sp.	1	0	0	0
CILIOPHORA	Ciliata	Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	2	0	0	0
NEMATODA	-	-	-	Nematoda ND	1	0	0	0
PROTOZOA	Filosa	Aconchulinida	Cyphoderiidae	Cyphoderia sp.	0	0	0	0
PROTOZOA	Lobosa	Arcellinida	Euglyphidae	Trinema enchelys	0	0	0	1
PROTOZOA	Lobosa	Arcellinida	Arcellidae	Arcella sp.	0	0	0	0
ROTIFERA	Bdelloidea	-	-	Bdelloidea ND	0	0	3	0
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Euchlanidae	Euchlanis sp.	0	0	1	1

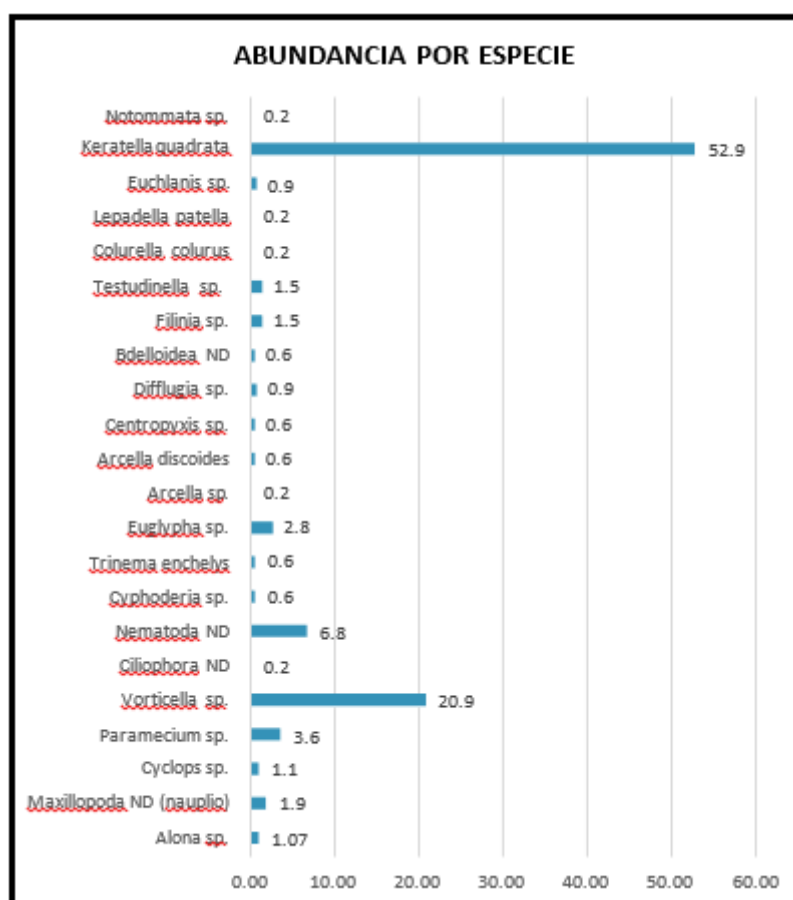
TAMAÑO DE LA MUESTRA 40 L				PMPH-3	
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE	Organismos/L
ARTHROPODA	Maxillopoda	Cyclopoida	Cyclopidae	Cyclops sp.	1
CILIOPHORA	Ciliata	Hymenostomatida	Parameciidae	Paramecium sp.	8
CILIOPHORA	Ciliata	Peritrichida	Vorticellidae	Vorticella sp.	95

NEMATODA	-	-	-	Nematoda ND	12
ROTIFERA	Bdelloidea	-	-	Bdelloidea ND	1
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Lepadellidae	Colurella colurus	1
ROTIFERA	Monogonota	Ploima	Lepadellidae	Lepadella patella	1

Las especies predominantes de zooplancton fueron:

- Keratella quadrata: Con 248 organismos por litro (Org/L).
- Vorticella sp.: Con 98 organismos por litro (Org/L).

**Gráfico 12:** *H, Abundancia de Zooplancton por Especie Registrada*



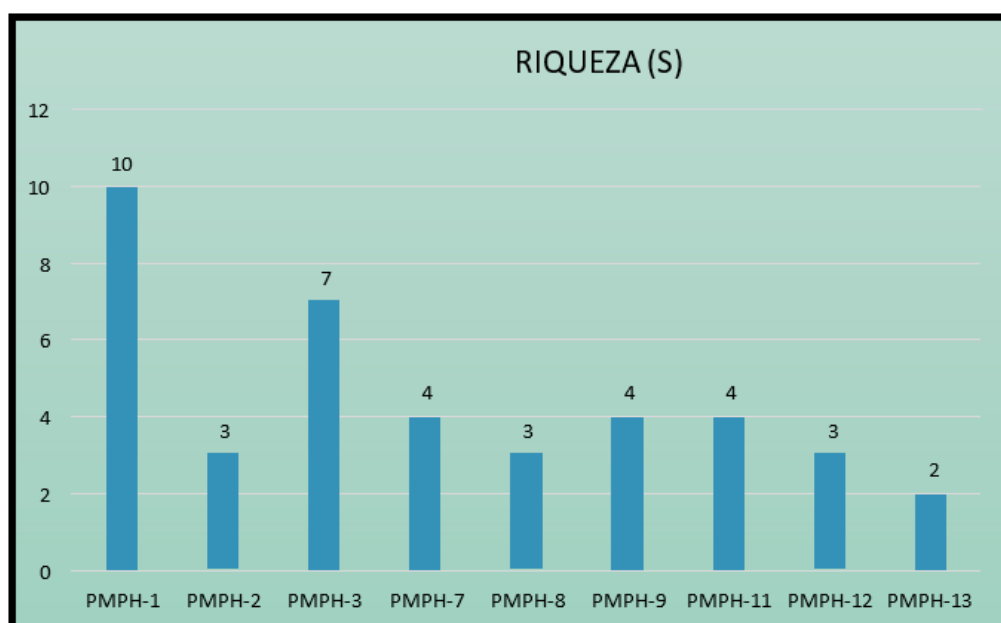
La riqueza de especies de zooplancton registrada en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Laguna Condorcayan (PMPH-1): Máxima riqueza con 10 especies.
- Bofedal aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): Mínima riqueza con 2 especies.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2): 3 especies.
- Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la

Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): 7 especies.

- Confluencia de aguas de la Quebrada Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7): 4 especies.
- Aguas de la Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): 3 especies.
- Bofedal aguas abajo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9): 4 especies.
- Laguna Chuchucocha (PMPH-11): 4 especies.

**Gráfico 13:** *H, Riqueza de Zooplankton por Punto de Monitoreo*

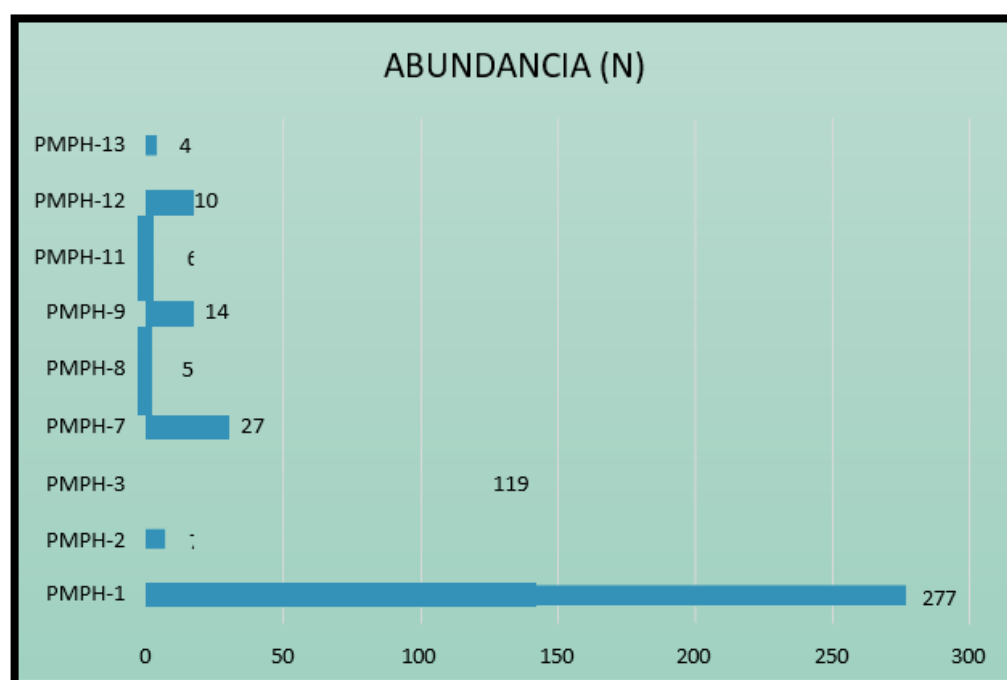


La abundancia de zooplankton registrada en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Laguna Condorcayan (PMPH-1): Máximo valor con 277 organismos por litro (Org/L).
- Bofedal aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): Mínimo valor con 4 organismos por litro (Org/L).
- Laguna Naticocha (PMPH-12): 10 Org/L.
- Laguna Chuchucocha (PMPH-11): 6 Org/L.

- Bofedal aguas abajo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9): 14 Org/L.
- Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): 5 Org/L.
- Confluencia de aguas de la Quebrada Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7): 27 Org/L.
- Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): 119 Org/L.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2): 7 Org/L.

**Gráfico 14:** *H, Abundancia (%) de Zooplancton por Punto de Monitoreo*



#### ➤ Estructura de la Comunidad

En la estación PMPH-1 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.600 (Baja Biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.266 (Baja similaridad de abundancia entre especies, baja diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 0.882 bits/ind (Diversidad Muy Baja).



En la estación PMPH-2 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.028 (Baja Biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.725 (Alta similaridad de abundancia entre especies, alta diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.149 bits/ind (Diversidad Baja).

En la estación PMPH-3 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.255 (Biodiversidad Baja).
- Equidad de Pielou: 0.387 (Baja similaridad de abundancia).

En la Estación PMPH-7 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 0.910 (Biodiversidad Baja).
- Equidad de Pielou: 0.866 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.732 bits/ind (Diversidad Baja).

Estación PMPH-8 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.243 (Baja Biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.865 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.371 bits/ind (Diversidad Baja).

Estación PMPH-9 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.137 (Biodiversidad Baja).
- Equidad de Pielou: 0.787 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.574 bits/ind (Diversidad Baja).

Estación PMPH-11 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 1.674 (Biodiversidad Baja).
- Equidad de Pielou: 0.896 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.792 bits/ind (Diversidad Baja).

Estación PMPH-12 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 0.869 (Baja Biodiversidad).
- Equidad de Pielou: 0.991 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.571 bits/ind (Diversidad Baja).

Estación PMPH-13 se registraron los siguientes valores de índices de biodiversidad y diversidad:

- Índice de Margalef: 0.721 (Biodiversidad Baja).

- Equidad de Pielou: 0.811 (Alta similaridad de abundancia entre especies, Alta Diversidad).
- Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 0.811 bits/ind (Diversidad Muy Baja).

**Tabla 6:** *H, Índices de Zooplankton registrados por estación en el Área de Estudio*

<b>ÍNDICE DE DIVERSIDAD</b>	<b>PMPH-1</b>	<b>PMPH-2</b>	<b>PMPH-3</b>	<b>PMPH-7</b>	<b>PMPH-8</b>	<b>PMPH-9</b>	<b>PMPH-11</b>	<b>PMPH-12</b>	<b>PMPH-13</b>
Riqueza (S)	10	3	7	4	3	4	4	3	2
Abundancia (N)	27	7	119	27	5	14	6	10	4
Índice de Margalef (d)	1,600	1,028	1,255	0,910	1.243	1.137	1.674	0,869	0.721
Índice de Shannon-Wiener (H')	0,882	1,149	1,087	1.732	0.865	1.574	1.792	1.571	0.811
Equidad de Pielou (J')	0,266	0.725	0,387	0,866	0.865	0.787	0,896	0,991	0,811

*Leyenda:*

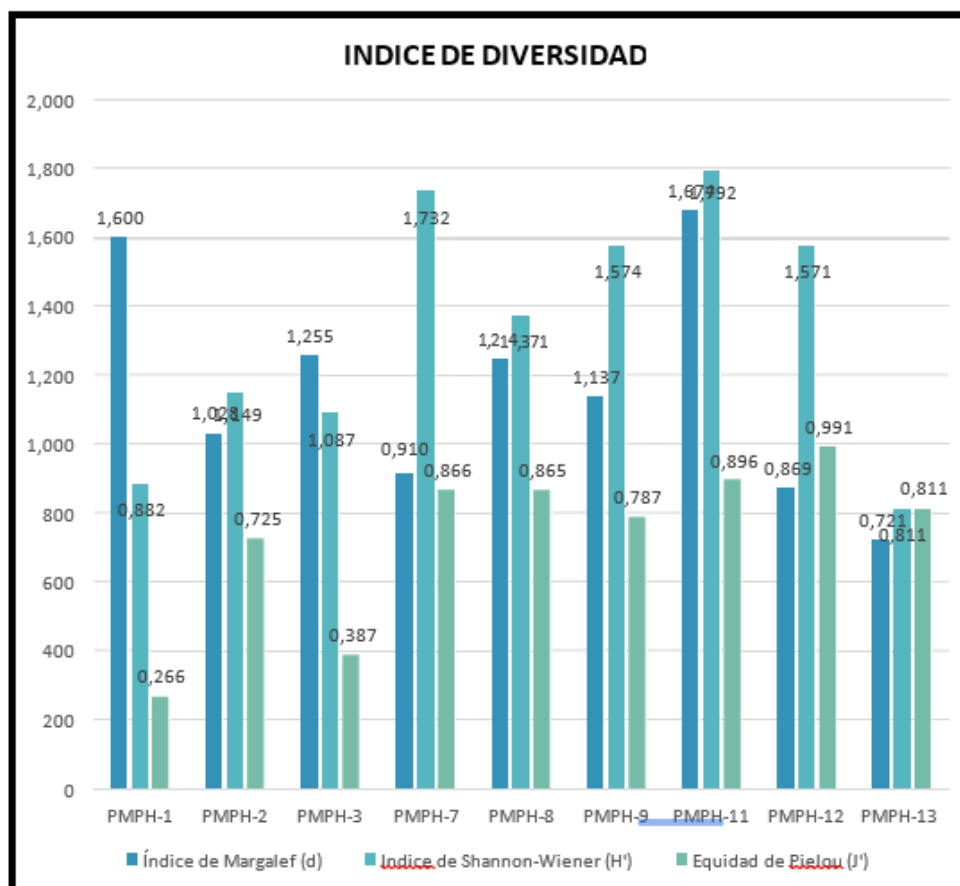
*Diversidad Muy Baja:  $\leq 1.0$  bits/ind.*

*Diversidad Baja: 1.0 -2.0 bits/ind.*

*Diversidad Media: 2.0-3.0 bits/ind.*

*Diversidad Alta: 3.0-5.0 bits/ind.*

**Gráfico 15:** *H, Índices de Zooplancton por Punto de Monitoreo*



### ➤ Macrozoobentos

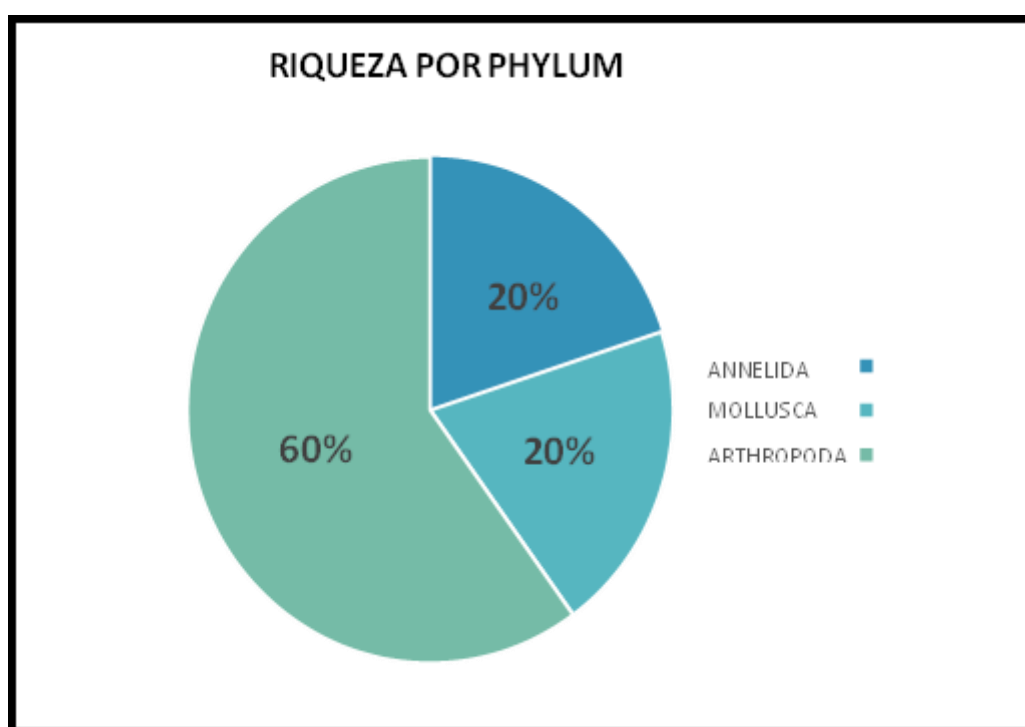
Este grupo se compone de invertebrados acuáticos que residen en el fondo del cuerpo de agua y que, a lo largo de su ciclo vital, alcanzan un tamaño mayor a 0.2 mm. Su importancia radica en varias características: tienen una gran diversidad taxonómica, lo que les permite mostrar una amplia gama de respuestas ante las perturbaciones humanas; además, muchos de estos invertebrados son sedentarios y tienen ciclos vitales largos, lo que facilita el monitoreo temporal y espacial de las alteraciones ambientales.

En los puntos de monitoreo específicos, no se detectó la presencia de ninguna especie de este grupo, por lo tanto, no se llevaron a cabo análisis de riqueza y abundancia.

### **Riqueza y abundancia de especies**

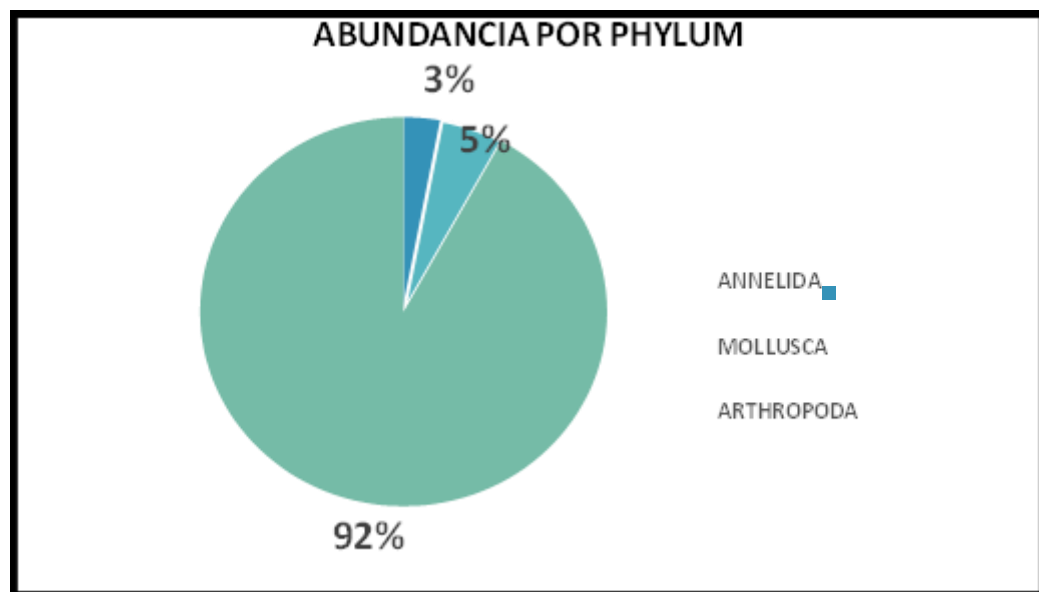
- Se recolectaron un total de novecientos ocho (908) organismos por muestra de macrobentos, los cuales se distribuyeron en quince (15) especies y tres (03) phylum diferentes.
- La mayor riqueza se observó en el phylum Arthropoda, con nueve (9) especies, representando el 60% del total. En contraste, tanto el phylum Annelida como el phylum Mollusca registraron el mínimo valor de riqueza, con tres (03) especies cada uno, lo que equivale al 20% del total para cada phylum.

**Gráfico 16:** *H, Riqueza de Macrozoobentos por phylum registrada*



Se observó que la mayor abundancia se registró en el phylum Arthropoda, con ochocientos treinta y ocho (838) organismos por muestra, lo que representa el 92% del total. En contraste, el phylum Mollusca registró el mínimo valor de abundancia, con tres (3) organismos por muestra, equivalente al 3% del total.

**Gráfico 17:** H, Abundancia (%) de Macrozoobentos por Phylum registrada



A continuación, se detallan las especies registradas en la evaluación cuantitativa de Macrobentos. (Ver Tabla N° 7)

**Tabla 7: H, Evaluación cuantitativa de Macrozoobentos (N° Org/muestra)**

PHYLM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/GÉNERO	PMPH-1	PMPH-2	PMPH-9	PMPH-12
MOLLUSCA	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	Physa sp.	24	1	0	0
MOLLUSCA	Ostracoda	-	-	Ostracoda ND	27	0	0	0
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Chironomidae	Orthoclaadiinae ND	1	0	0	3
ARTHROPODA	Insecta	Hemiptera	Corixidae	Ectemnostega sp.	0	1	0	1

Campo	PMPH-11		PMPH-13		PMPH-7		PMPH-8	
Código del laboratorio	HB20060001.05		HB20060001.06		HB20060001.07		HB20060001.08	
Tamaño de muestra (m <sup>2</sup> )	0,09		0,09		0,09		0,09	
Tipo de producto	Sedimento epiconintental		Sedimento epiconintental		Sedimento epiconintental		Sedimento epiconintental	
Fecha de muestreo	01/06/2023		02/06/2023		02/06/2023		02/06/2023	
Hora de muestreo	11:03		09:25		11:43		12:19	
Cadena de custodia	2183		2183		2183		2183	
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/GÉNERO	PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
ANNELIDA	Clitellata	Hirudinea	Erpobdellidae	Erpobdellidae ND	0	0	1	3



ANNELIDA	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae ND	0	0	2	4
MOLLUSCA	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Planorbidae ND	0	0	0	14
MOLLUSCA	Bivalvia	Veneroida	Pisidiidae	Pisidiidae ND	0	0	0	0
ARTHROPODA	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	64	0	4	648
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Chironomidae	Podonomopsis sp.	0	0	1	1
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Orthoclaadiinae	Orthoclaadiinae ND	0	0	2	2
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Orthoclaadiinae	Alotanypus sp.	0	0	0	0
ARTHROPODA	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Metriocnemus sp.	0	0	1	0

<b>Campo</b>	<b>PMPH-11</b>	<b>PMPH-13</b>	<b>PMPH-7</b>	<b>PMPH-8</b>
Código del laboratorio	HB20060001.05	HB20060001.06	HB20060001.07	HB20060001.08
Tamaño de muestra (m <sup>2</sup> )	0,09	0,09	0,09	0,09
Tipo de producto	Sedimento epiconintental	Sedimento epiconintental	Sedimento epiconintental	Sedimento epiconintental
Fecha de muestreo	01/06/2023	02/06/203	02/06/2023	02/06/2023
Hora de muestreo	11:03	09:25	11:43	12:19
Cadena de custodia	2183	2183	2183	2183

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/GÉNERO	PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
ANNELIDA	Clitellata	Hirudinea	Erpobdellidae	Erpobdellidae ND	0	0	1	3
ANNELIDA	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae ND	0	0	2	4
MOLLUSCA	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae	Planorbidae ND	0	0	0	14
MOLLUSCA	Bivalvia	Veneroida	Pisidiidae	Pisidiidae ND	0	0	0	0
ARTHROPODA	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	Hyalella sp.	64	0	4	648
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Chironomidae	Podonomopsis sp.	0	0	1	1
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Orthoclaadiinae	Orthoclaadiinae ND	0	0	2	2
ARTHROPODA	Insecta	Diptera	Orthoclaadiinae	Alotanypus sp.	0	0	0	0
ARTHROPODA	Insecta	Trichoptera	Hydropsychidae	Metriocnemus sp.	0	0	1	0
Campo		Información						
Código del cliente		PMPH-3						

Código del laboratorio		HB20060001.09			
Tamaño de muestra (m <sup>2</sup> )		0,09			
Tipo de producto (Matriz)		Sedimento epicontinental			
Fecha de muestreo		03/06/2023			
Hora de muestreo		11:55			
Cadena de custodia		2183			
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/GÉNERO	Org./muestra
ANNELIDA	Clitellata	Lumbriculida	Lumbriculidae	Eclipidrilus sp.	1
ANNELIDA	Clitellata	Tubificida	Naididae	Naididae ND	20
ARTHROPOD	Insecta	Coleoptera	Elmidae	Austrelmis sp.	5
ARTHROPOD	Insecta	Diptera	Chironomidae	Podonomus sp.	1
ARTHROPOD	Insecta	Diptera	Tipulidae	Tipulidae ND	1

La predominante de macrozoobento fue *Hyalella* sp. con setecientos doce (712) Org./muestra. (Ver gráfico N° 13)

**Gráfico 18:** *H, Abundancia de Macrozoobentos por Especie Registrada*

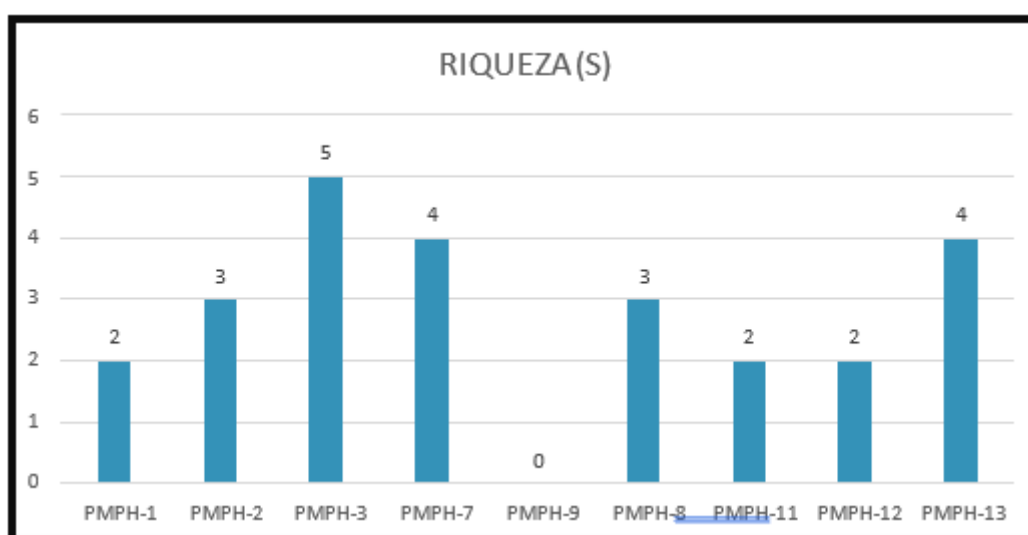


La distribución de la riqueza de especies en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): Mayor riqueza con cinco (05) especies.
- Laguna Condorcayan (PMPH-1), Laguna Chuchucocha (PMPH-11) y Laguna Naticocha (PMPH-12): Registraron el mínimo valor con dos (02) especies cada una.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2) y Aguas de la Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): Registraron tres (03) especies cada una.

- Confluencia de aguas de la Quebrada Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) y Bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): Registraron cuatro (04) especies cada una.
- En el punto de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9) no se registró ninguna especie.

**Gráfico 19:** *H, Riqueza de Macrobentos por Punto de Monitoreo*



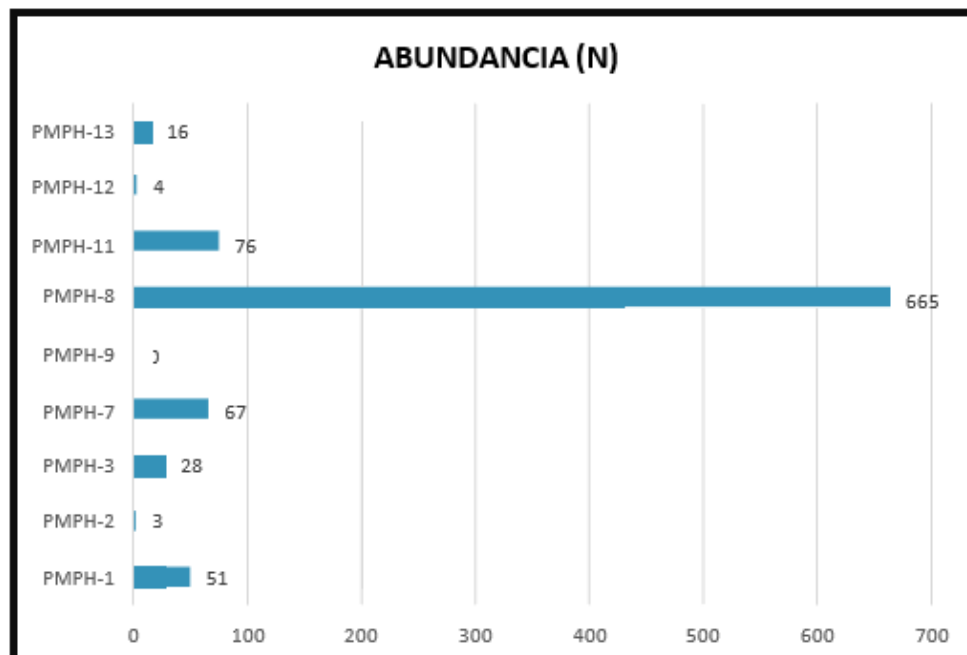
La distribución de la abundancia de organismos por muestra en las diferentes estaciones de monitoreo es la siguiente:

- Aguas de la Quebrada Occhapaccha (PMPH-8): Registró el máximo valor con seiscientos sesenta y cinco (665) organismos por muestra.
- En Laguna Llacsacocha (PMPH-9) no se registró ninguna especie.
- Bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13): Registró dieciséis (16) organismos por muestra.
- Laguna Naticocha (PMPH-12): Se registraron cuatro (04)

organismos por muestra.

- Laguna Chuchucocha (PMPH-11): Registró setenta y seis (76) organismos por muestra.
- Confluencia de aguas de la Quebrada Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7): Se registraron sesenta y siete (67) organismos por muestra.
- Aguas abajo del poblado Huayllay y de la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3): Se registraron veintiocho (28) organismos por muestra.
- Laguna Llacsacocha (PMPH-2): Se registraron tres (03) organismos por muestra.
- Laguna Condorcayan (PMPH-1): Se registraron cincuenta y uno (51) organismos por muestra.

**Gráfico 20:** *H, Abundancia (%) de Macrozoobentos por Punto de Monitoreo*



## **Estructura de la Comunidad**

La evaluación de las estaciones de monitoreo muestra diferentes niveles de diversidad:

- Estación PMPH-1: Se registró un Índice de Margalef de 0.254, lo que indica baja biodiversidad. Sin embargo, la Equidad de Pielou fue de 0.998, mostrando una alta similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 0.998 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad muy baja.
- Estación PMPH-2: Se registró un Índice de Margalef de 1.820, indicando baja biodiversidad. Sin embargo, la Equidad de Pielou fue de 1.000, mostrando una alta similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 1.585 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad baja.
- Estación PMPH-3: Se registró un Índice de Margalef de 1.200, también indicando baja biodiversidad. La Equidad de Pielou fue de 0.562, mostrando una alta similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 1.306 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad baja.
- Estación PMPH-7: Se registró un Índice de Margalef de 0.713, indicando baja biodiversidad. La Equidad de Pielou fue de 0.208, mostrando una baja similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener

fue de 0.416 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad muy baja.

- Estación PMPH-8: Se registró un Índice de Margalef de 0.308, también indicando baja biodiversidad. La Equidad de Pielou fue de 0.119, mostrando una baja similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 0.189 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad muy baja.
- Estación PMPH-9: No se registró ninguna especie, por lo que no se pudo calcular los índices de diversidad.
- Estación PMPH-11: Se registró un Índice de Margalef de 0.231, indicando baja biodiversidad. La Equidad de Pielou fue de 0.629, mostrando una alta similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 0.629 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad muy baja.
- Estación PMPH-12: Se registró un Índice de Margalef de 0.721, también indicando baja biodiversidad. La Equidad de Pielou fue de 0.811, mostrando una alta similitud en la abundancia de especies. El Índice de Diversidad de Shannon y Wiener fue de 0.811 bits/ind, considerando esta estación con una diversidad muy baja.
- En la estación PMPH-13, se observaron los siguientes índices de diversidad: Índice de Margalef: 1.082, indicando baja biodiversidad. Equidad de Pielou: 0.712, lo que sugiere una



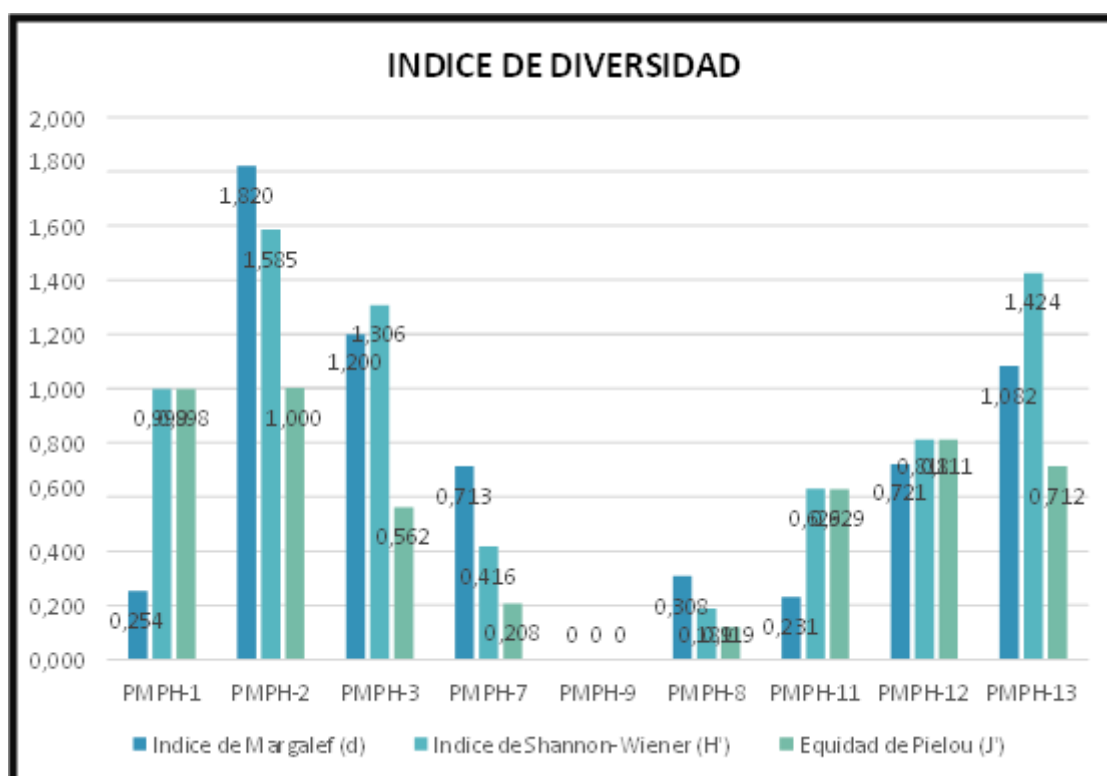
alta similitud en la abundancia de especies, lo que contribuye a una diversidad alta. Índice de Diversidad de Shannon y Wiener: 1.424 bits/ind, considerando esta estación con diversidad baja. Aunque el Índice de Margalef indique baja biodiversidad, la alta similitud en la abundancia de especies y el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener sugieren una diversidad relativamente alta en esta estación. Esto puede deberse a la presencia de algunas especies dominantes que contribuyen significativamente a la diversidad total.

**Tabla 8:** *H, Índices de Macrozoobentos Registrados por Estación*

<b>ÍNDICE DE DIVERSIDAD</b>	<b>PMPH-1</b>	<b>PMPH-2</b>	<b>PMPH-3</b>	<b>PMPH-7</b>	<b>PMPH-9</b>	<b>PMPH-8</b>	<b>PMPH-11</b>	<b>PMPH-12</b>	<b>PMPH-13</b>
Riqueza (S)	2	3	5	4	0	3	2	2	4
Abundancia (N)	51	3	28	67	0	665	76	4	16
Índice de Margalef (d)	0,254	1,820	1,200	0,713	ND	0,308	0,231	0,721	1,082
Índice de Shannon-Wiener (H')	0,998	1,585	1,306	0,416	ND	0,189	0,629	0,811	1,424
Equidad de Pielou (J')	0,998	1,000	0,562	0,208	ND	0,119	0,629	0,811	0,712

- *Leyenda:*
- *Diversidad Muy Baja:*  $\leq 1.0$  bits/ind.
- *Diversidad Baja:* 1.0 -2.0 bits/ind.
- *Diversidad Media:* 2.0-3.0 bits/ind.
- *Diversidad Alta:* 3.0-5.0 bits/ind.

**Gráfico 21:** *H, Índices de Macrozoobentos registrado por Estación*



### ➤ Ictiofauna

Los peces constituyen uno de los componentes más importantes y visibles del medio acuático, por lo que sufren las presiones de este de forma más directa y en mayor grado. Las principales consecuencias de estas agresiones son una disminución progresiva del número de población de las distintas especies y un aislamiento de las supervivientes.

### Metodología

Para la colecta de peces se empleó una atarraya de 2.6 m de diámetro y 10 mm de tamaño de malla, realizando lances hacia las orillas del cuerpo de agua. Este trabajo se realizó durante aproximadamente 15 a 20 minutos en cada punto de monitoreo.

El trabajo en campo también se realizó efectuando

observaciones directas, así como entrevistas a los pobladores de la zona.

**a. Abundancia total en el área de influencia**

No se registraron especies en la zona de monitoreo de la U.M. Huarón

*Fotografía 16: H, Lanzamiento de atarraya en el pto. PMPH-11*



**4.3. Prueba de hipótesis**

**4.3.1. Hipótesis general**

Respondiendo a la hipótesis general que se ha planteado en la presente investigación si la calidad hidrobiológica del agua de las lagunas y bofedales tienen buenas condiciones de la calidad ambiental en el distrito de Huayllay-Región Pasco.

Para determinar la condición ambiental del área de estudio basándonos en los resultados de los monitoreos ambientales realizados en los parámetros fisicoquímicos e hidrobiológicos proporcionados, podemos manifestar lo siguiente:

En relación a los parámetros físicoquímicos:

- Temperatura: Osciló entre 8.9 °C y 14.1 °C, con los valores más bajos registrados en el bofedal aguas abajo del río Jangalpo y los más altos en la Laguna Llacsacocha.
- pH: Varió entre 7.01 y 7.06, cumpliendo con el estándar ECA Agua Categoría 3 del D.S. N° 002-2008-MINAM.
- Conductividad Eléctrica: Entre 0.00 y 1918.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , también cumpliendo con el estándar ECA Agua Categoría 3.

En lo referente a los parámetros hidrobiológicos podemos mencionar:

### **Fitoplancton**

- Riqueza: Se identificaron 1564 células/ml distribuidos en 19 especies y 4 phyla. Bacillariophyta fue el phylum más rico y abundante.
- Abundancia: La Laguna Condorcayan (PMPH-1) presentó la mayor abundancia de fitoplancton, mientras que la Laguna Naticocha (PMPH-12) tuvo la menor.
- Índices de Biodiversidad: La mayoría de las estaciones muestran baja biodiversidad y diversidad muy baja según los índices de Margalef, Equidad de Pileou y Shannon y Wiener.

### **Zooplancton**

- Riqueza: 469 organismos/L distribuidos en 22 especies y 5 phyla, con Rotifera siendo el más diverso y abundante.
- Abundancia: La Laguna Condorcayan (PMPH-1) tuvo la mayor abundancia, mientras que el bofedal aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) tuvo la menor.

- Índices de Biodiversidad: La mayoría de las estaciones presentan baja biodiversidad, con algunas estaciones mostrando alta similaridad de abundancia entre especies, pero baja diversidad en general.

### **Macrozoobentos**

- Riqueza: 908 organismos/muestra distribuidos en 15 especies y 3 phyla, con Arthropoda siendo el más diverso y abundante.
- Abundancia: La Qda Occhapaccha (PMPH-8) tuvo la mayor abundancia de macrozoobentos.
- Índices de Biodiversidad: La mayoría de las estaciones presentan baja biodiversidad y diversidad muy baja según los índices de Margalef, Equidad de Pileou y Shannon y Wiener.

### **Condición Ambiental**

- Los resultados obtenidos y respondiendo a la hipótesis planteada sobre la condición ambiental del área de estudio se puede evidenciar que presenta una baja diversidad biológica tanto en fitoplancton, zooplancton y macrozoobentos. La mayoría de los índices de biodiversidad indican baja diversidad, lo que puede ser indicativo de un ambiente estresado o impactado por actividades humanas.

#### **4.3.2. Hipótesis específica**

En relación a la hipótesis si los parámetros físicos (temperatura y conductividad eléctrica y químico (pH) se encuentran dentro de los parámetros de buena calidad de agua, se puede mencionar que con respecto a la temperatura y pH están dentro de los estándares permisibles, y referente a la conductividad eléctrica muestra variaciones significativas que pueden indicar diferencia en la salinidad o la presencia de contaminantes.

En relación a la estructura de la comunidad hidrobiológica: plancton, zooplancton y macrozoobentos, si muestra una buena abundancia de especies. Los resultados del estudio nos indican una biodiversidad baja: La mayoría de las estaciones presentan baja riqueza y abundancia de especies, lo que puede reflejar condiciones ambientales desfavorables para el desarrollo de una mayor diversidad biológica.

Con respecto a los índices de riqueza de Margalef (d), Índices de Pielou ( $J'$ ) y índices de Shannon Weiner ( $H'$ ) debido a la condición ambiental del área de estudio de la zona alto andina de Huayllay, puede considerarse comprometida, con una baja diversidad biológica que podría estar influenciada por factores físicos y químicos específicos de cada estación de monitoreo.

#### **4.4. Discusión de resultados**

En el distrito de Huayllay, ubicado en la provincia y región de Pasco, se identificaron extensas áreas de bofedales altoandinos, que desempeñan un papel ecológico crucial como zonas de regulación hídrica, almacenamiento de carbono y hábitat para especies nativas.

##### **A. Área total de bofedales**

Mediante análisis cartográfico y procesamiento de imágenes satelitales (SIG), complementado con validación en campo, se determinó que los bofedales en el distrito de Huayllay abarcan aproximadamente: **3,248 hectareas (32.48 km<sup>2</sup>).**

Esta superficie representa un porcentaje importante de los ecosistemas húmedos altoandinos de la región y se distribuye principalmente en las subcuencas del río San Juan y afluentes menores del río Huallaga.

### **Localización y altitud**

Los bofedales se localizan entre los 4,100 y 4,600 m s.n.m., y su mayor concentración se encuentra en las zonas de influencia del Santuario Nacional de Huayllay, donde las formaciones geológicas y condiciones hidrológicas favorecen el encharcamiento permanente del suelo.

### **B. Parámetros Físico – Químicos**

- Los valores de temperatura en las estaciones del área de estudio oscilaron entre 8.9 °C y 14.1 °C, registrándose el mínimo valor en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) y el máximo valor se en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2).
- Los valores de pH registrados oscilaron entre 7.01 y 7.06, registrándose el mínimo valor en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) y el máximo valor fue la Laguna Condorcayan (PMPH-1), cumpliendo con el ECA Agua Categ. 3 del D.S. N° 002- 2008-MINAM para pH.
- Los valores de Conductividad Eléctrica registrados en las estaciones de monitoreo variaron entre 0.00 y 1918.00 µS/cm, registrándose el mínimo valor en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) y el máximo valor se registró en aguas de la Qda Occhapaccha (PMPH-8), cumpliendo con el ECA Agua Categ. 3 del D.S. N° 002-2008-MINAM para Conductividad Eléctrica.

### **C. Parámetros Hidrobiológicos**

#### **Fitoplancton**

En Fitoplancton se registraron mil quinientos sesenta y cuatro (1564) Células/mL de fitoplancton distribuidos en diecinueve (19) especies y cuatro (04) phylum.



El máximo valor de riqueza fue registrado en el phylum Bacillariophyta con once (11) especies (57.9 %) y el mínimo valor de riqueza fue reportado en el phylum Cyanobacteria con una (01) especie (5.3%), en el phylum Chlorophyta se registraron cinco (05) especies (26.3 %) y en el phylum Charophyta se registraron dos (02) especies (10.5 %).

El máximo valor de abundancia fue registrado en el phylum Bacillariophyta con mil cientos veinte (1120) cel/ml (71.6 %) y el mínimo valor de abundancia fue reportado en el phylum Charophyta con cuatro (04) cel/ml (0.3 %) En el phylum Chlorophyta se registraron dos cientos setenta y uno (261) cel/ml (16.7 %) y en el phylum Cyanobacteria se registraron ciento setenta y nueve (179) cel/ml (11.4 %).

La especie predominante de fitoplancton registrada fue *Fragilaria* sp. con ochocientos sesenta y nueve (869) Células/mL, seguido por *Pseudoanabaena* sp. con ciento setenta y nueve (179) Células/mL.

El máximo valor de riqueza fue registrado en la laguna Condorcayan ubicado (PMPH-1) con catorce (10) especies y el mínimo valor se registraron en Laguna Llacsacocha (PMPH-2) con dos (02) especies y Bofedal ubicado aguas abajo de la laguna Llacsacocha (PMPH-9) dos (02) especies. En el Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la laguna Huayhuacocha (PMPH-3) se registraron cinco (5) especies, en la Confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) se registraron cuatro (4) especies, en Aguas de la Qda. Occhapaccha (PMPH-8) se registraron seis (6) especies, en Laguna Chunchucocha, colindante al centro poblado San Agustín de Huaychao (PMPH-11) se registraron seis (6) especies, en la Laguna Naticocha (PMPH- 12) se registraron tres (3) especies y en Bofedal

ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) se registraron tres (3) especies.

El máximo valor de abundancia fue registrado en la Laguna Condorcayan (PMPH- 1) con mil cientos trece (1113) Células/mL (71.2 %) y el mínimo valor se registró en Laguna Naticocha (PMPH-12) con siete (07) Células/mL (0.4 %).

En la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) se registraron ocho (8) Células/mL (0.5 %), en Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la laguna Huayhuacocha (PMPH-3) se registraron veinte y dos (22) Células/mL (1.4 %), en la confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) se registraron doscientos setenta y ocho (278) Células/mL (17.8 %), en el Aguas de la Qda. Occhapaccha (PMPH-8) se registraron cincuenta y dos (52) Células/mL (3.3 %), en el Bofedal ubicado aguas abajo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9) se registraron nueve (9) Células/mL (0.6 %), en Laguna Chuchucocha (PMPH-11) se registraron trece (13) Células/mL (0.8 %) y en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) se registraron sesenta y dos (62) Células/mL (4 %).

De los (9) estaciones de monitoreo; En la estación PMPH-1 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.283, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.359, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.194 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-2 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.481, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.954, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.954 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad my Baja.

En la estación PMPH-3 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.294, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.720, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.673 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-7 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.533 por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.747, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.493 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-8 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.265, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.368, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies

(BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.951 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-9 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.455, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.503, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.503 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-11 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.949, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.955, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 2.470 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Media.

En la estación PMPH-12 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.028, por lo que se considera como relacionado con zonas de Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.725, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.149 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-13 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.485, por lo que se considera como relacionado con zonas de Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.498, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.789 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

La estación de monitoreo PMPH-6 se encontró totalmente seca.

La estación de monitoreo PMPH-10 se encuentra totalmente impactada por la relavera.

La estación de monitoreo PMPH-14 encontró totalmente seca.

#### **D. Zooplancton**

En total se registraron cuatrocientos sesenta y nueve (469) Org/L de Zooplancton distribuidos en veinte y dos (22) especies y cinco (05) phylum.

El máximo valor de riqueza fue registrado en el phylum Rotifera con ocho (08) especies (36%) y el mínimo se registró en el phylum Nematoda con una (01) especie (4 %), en el phylum Arthropoda se registraron tres (03) especies (14 %), en el phylum Ciliophora se registraron tres (03) especies (14 %) y en el phylum Protozoa se registraron siete (07) especies (32 %)

El máximo valor de abundancia fue registrado en el phylum Rotifera con doscientos setenta y dos (272) organismos/L (58 %) y el mínimo valor se registró en el phylum Arthropoda con diecinueve (19) organismos/L (4 %), en el phylum Ciliophora se registraron ciento dieciséis (116) organismos/L (25 %), en el phylum Nematoda se registraron treinta y dos (32) organismos/L (7 %) y en el phylum Protozoa se registraron treinta (30) organismos/L (6 %).

Las especies predominantes de zooplancton fueron *Keratella quadrata*. con doscientos cuarenta y ocho (248) Org/L, seguido por *Vorticella* sp. con noventa y ocho (98) Org/L

El máximo valor de riqueza fue registrado en la Laguna Condorcayan (PMPH-1) se registraron diez (10) especies y el mínimo valor se registró en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) con dos (02) especies. Así también en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) con tres (03) especies, En el Río San José, aguas abajo del poblado Huayllay y de la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3) se registraron siete (07) especies, en la confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) se registraron cuatro (04) especies, en aguas de la Qda Occhapaccha (PMPH-8) se registraron tres (03) especies, en las siguientes estaciones de monitoreo de la Laguna Llacsacocha (PMPH-9) y en la Laguna Chuchucocha (PMPH-11) se registraron cuatro (04) especies.

El máximo valor de abundancia fue registrado aguas en Laguna Condorcayan (PMPH-1) se registraron doscientos setenta y siete (277) Org/L y el mínimo valor fue registrado en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) se registraron cuatro (04) Org/L. Así también se registraron en la Laguna Naticocha (PMPH-12) se registraron diez (10) Org/L, en la Laguna Chuchucocha (PMPH-11) se registraron seis (06) Org/L, en la Laguna Llacsacocha (PMPH-9) se registraron catorce (14) Org/L, Qda Occhapaccha (PMPH-8) con cinco (5) Org/L, en la confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) se registraron veinte siete (27) Org/L, En la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3) se registraron ciento

diecinueve (119) Org/L, en la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) con siete (07) Org/L.

De las (9) estaciones monitoreado; En la estación PMPH-1 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.600, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.266, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.882 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-2 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.028, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.725, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.149 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-3 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.255, por lo que se considera como relacionado con zonas de Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.387, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.087 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-7 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.910, por lo que se considera como relacionado con zonas de

Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.866, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.732 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-8 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.243, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.865, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.371 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-8 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.243, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.865, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.371 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-9 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.243, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.865, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y



Wiener registró 1.371 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja. (Ver Tabla N° 3-19 y Gráfico N° 3-31)

En la estación PMPH-11 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.674, por lo que se considera como relacionado con zonas de Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.896, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.792 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-12 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.869, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.991, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.571 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-13 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.721, por lo que se considera como relacionado con zonas de Biodiversidad Baja; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.811, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.811 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

## **E. Macrozoobentos**

En Macrozoobentos se registraron novecientos ocho (908) Org. /muestra de Macrozoobentos distribuidos en quince (15) especies y tres (03) phylum.

El máximo valor de riqueza fue registrado en el phylum Arthropoda con nueve (9) especies (60 %) y mínimo valor se registró en el phylum Annelida y phylum mollusca con (03) especie (20 %) cada una.

El máximo valor de la abundancia fue registrado en el phylum Arthropoda con ochocientos treinta y ocho (838) Org. /muestra (92 %) y el mínimo valor fue registrado en el phylum Mollusco con tres (3) Org. /muestra (3 %)

El máximo valor de riqueza fue registrado en Laguna Huayhuacocha (PMPH-3) con cinco (05) especies y el mínimo valor se registró en los puntos en Laguna Condorcayan (PMPH-1), En la Laguna Chuchucocha (PMPH-11) y Laguna Naticocha (PMPH-12) se registraron dos (02) especies. Y en los siguientes puntos son laguna Llacsacocha (PMPH-2) y aguas de la Qda Occhapaccha (PMPH-8) se registraron tres (03) especies. y en la confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) y en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) se registraron cuatro (04) especies. Y en el punto que en la Laguna Llacsacocha (PMPH- 9) no se registró ninguna especie.

El máximo valor de abundancia fue registrado en aguas de la Qda Occhapaccha (PMPH-8) con seiscientos sesenta y cinco (665) Org/muestra y el mínimo valor se registró en en la Laguna Llacsacocha (PMPH-9) con cero de especies. Y en el bofedal ubicado aguas abajo del río Jangalpo (PMPH-13) se registraron dieciséis (16) especies Org/muestra, en la Laguna

Naticocha (PMPH-12) se registraron cuatro (04) Org/muestra, en la Laguna Chuchucocha (PMPH-11) se registraron setenta y seis (76) Org/muestra, en la confluencia de aguas de la Qda. Occhapaccha y Shashiragra (PMPH-7) se registraron sesenta y siete (67) Org/muestra, y en aguas abajo del poblado Huayllay y de la Laguna Huayhuacocha (PMPH-3) se registraron veinte y ocho (28) Org/muestra, la Laguna Llacsacocha (PMPH-2) se registraron tres (03) Org/muestra y En Laguna Condorcayan (PMPH-1) se registraron cincuenta y uno (51) Org/muestra.

De las nueve (9) estaciones monitoreadas; En la estación PMPH-1 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.254, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.998, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.998 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-2, se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.820, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 1.000, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.585 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-3, se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.200, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.562, por lo que

se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.306 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

En la estación PMPH-7 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.713, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.208, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.416 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-8 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.308, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.119, por lo que se evidencia una BAJA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (BAJA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.189 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-9, no se registró ninguna sola especie por tal motivo no se puede realizar el cálculo de los índices.

En la estación PMPH-11 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.231, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.629, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y

Wiener registró 0.629 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidadb Muy Baja.

En la estación PMPH-12, se registró el valor de Índice de Margalef igual a 0.721, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.811, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 0.811 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Muy Baja.

En la estación PMPH-13 se registró el valor de Índice de Margalef igual a 1.082, por lo que se considera como relacionado con zonas de Baja Biodiversidad; el valor para la Equidad de Pileou es igual a 0.712, por lo que se evidencia una ALTA similaridad de ABUNDANCIA entre especies (ALTA DIVERSIDAD); por último, el Índice de Diversidad de Shannon y Wiener registró 1.424 bits/ind, considerando a esta estación con Diversidad Baja.

#### **F. Ictiofauna**

No se registraron especies.

## CONCLUSIONES

El análisis realizado en el distrito de Huayllay permitió identificar una extensión significativa de bofedales altoandinos, estimada en aproximadamente 3,248 hectáreas, lo que evidencia la importancia ecológica de esta zona como reservorio natural de agua y hábitat especializado. Estos humedales, ubicados entre los 4,100 y 4,600 m s.n.m., representan ecosistemas estratégicos en la cuenca alta del río Huallaga, contribuyendo a la regulación hídrica, la biodiversidad y la productividad ganadera local.

Sin embargo, la presencia de presiones antrópicas como el pastoreo intensivo, el uso no planificado del recurso hídrico y la cercanía a actividades mineras representa una amenaza directa a su funcionalidad ecológica. Se concluye que el monitoreo constante, la protección legal efectiva y la implementación de prácticas sostenibles de manejo son urgentes para asegurar la conservación de estos ecosistemas vulnerables y garantizar los servicios ambientales que proveen a las comunidades altoandinas.

También los datos proporcionados contienen información detallada sobre los parámetros físico-químicos y biológicos en diferentes estaciones de monitoreo para poder determinar la calidad hidrobiológica de las lagunas y bofedales altoandinos de Huayllay, a continuación, se presenta los hallazgos:

### A. Parámetros físico-químicos:

- Temperatura: entre 8.9 °C y 14.1 °C, siendo más baja en PMPH-13 y más alta en la Laguna Llacsacocha.
- pH: valores entre 7.01 y 7.06, indicando aguas neutras.
- Conductividad eléctrica: desde 0.00 hasta 1918.00  $\mu\text{S}/\text{cm}$ , con el valor más alto en la quebrada Occhapaccha (PMPH-8).

B. Fitoplancton:

- Se encontraron 1,564 células/mL, con 23 especies en 4 phylum.
- *Fragilaria* sp. fue la especie más abundante.
- La diversidad fue baja a muy baja según la estación.

C. Zooplancton:

- Se registraron 469 organismos/L, con 22 especies en 5 phylum.
- Predominó *Keratella* quadrata.
- La diversidad fue también baja a muy baja.

D. Macrozoobentos:

- Se hallaron 908 organismos por muestra, con 15 especies en 3 phylum.
- El grupo más abundante fue Arthropoda.
- La diversidad fue baja a muy baja.

Existe una marcada variación en la calidad del agua y la biodiversidad entre estaciones, reflejando diferentes condiciones ecológicas en los bofedales del distrito de Huayllay.

## **RECOMENDACIONES**

1. Implementar un programa de monitoreo a largo plazo: Se sugiere que las autoridades locales o instituciones académicas realicen un seguimiento continuo de la calidad del agua en estos ecosistemas.
2. Sensibilizar a las comunidades locales: Organizar talleres educativos sobre la importancia de los bofedales y lagunas altoandinas en el equilibrio ecológico y su conservación.
3. Control de actividades antrópicas: Se recomienda establecer medidas para minimizar el impacto de actividades como la minería, ganadería y turismo sobre la calidad del agua.
4. Ampliar el número de puntos de muestreo: Para obtener una visión más representativa de la calidad hidrobiológica en la zona, considera incluir más lagunas y bofedales.
5. Aumentar la periodicidad del muestreo: Si el estudio es de una sola temporada, sería recomendable hacer evaluaciones en diferentes estaciones del año para analizar variaciones estacionales.
6. Incluir análisis fisicoquímicos complementarios: Aunque los índices biológicos son efectivos, es recomendable combinarlos con parámetros fisicoquímicos (pH, conductividad, oxígeno disuelto, metales pesados) para una evaluación más integral.



## REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Aguilar, C., Ramírez, C., Rivera, D., Siu, K., Suarez, J., Torres, Cl. 2010. Anfibios andinos del Perú fuera de Áreas naturales protegidas: amenazas y estado de conservación. *Rev. Perú. Biol.* 17(1): 005-028.
- Alison et al., 1998. *Endemic Bird Areas*. Bird Life International. Cambridge, U.K.
- Alonso, A.; Camargo, A. 2005. Estado actual y perspectivas en el empleo de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadora del estado ecológico de los ecosistemas fluviales españoles (en línea) *Ecosistemas: Revista Científica y Técnica de Ecología y Medio Ambiente*. 12 p. Consultado el 28 de julio del 2006.
- ANA. (2013). Plan Nacional de Recursos Hídricos del Perú: Memoria, Autoridad Nacional del Agua. Obtenido de <http://www.ana.gob.pe/sites/default/files/plannacionalrecursoshidricos2013.pdf>
- Atrium Biodiversity Information System.
- Aroni Loayza, A. D. (2019). • Identificación y evaluación de los impactos ambientales de la explotación para el proyecto minero no metálica darhyam única en el distrito de miraflores departamento de arequipa. Arequipa: UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA.
- Aruhuanca Cartagena, J. (2017). Identificación y valoración de impacto ambiental por riesgos ambientales del sitio minero de saqui distrito de sina – san antonio de putina. Puno: Universidad Nacional del Altiplano.
- Badii Zabeh, M. H., Garza Cuevas, R., Garza Almanza, V., & Landeros Flores, J. (2005). Los Indicadores Biológicos en la Evaluación de la Contaminación por Agroquímicos en Ecosistemas Acuáticos y Asociados . *CULCyT*, 4-20.

- Barrera Canchihuaman, L. (2018). • Identificación y evaluación de impactos ambientales del proyecto de construcción del nuevo hospital regional Daniel A. Carrión - Pasco, y su influencia socio-ambiental en el distrito de Yanacancha - 2017. Pasco: UNIVERSIDAD □ Bibby, C.J. y N.D. Burgess, 1992. Bird Census Techniques. Academic Press, Cambridge.
- Brack, A. y Mendiola, C. Ecología del Perú. Editorial Bruño. 2000.
- Brack, A. 198a. Las Ecorregiones del Perú. Boletín de Lima 8(44): 57-70.
- Brack, A., 198a. Ecología de un País Complejo. En: Gran Geografía del Perú. Ed. Manfer-Mejía Baca, Madrid. Vol 2, 173-319.
- Brako L. y J.L Zarucchi, 1996. Catálogo de las Angiospermas y Gimnospermas del Perú.
- Bussman y Sharon. 2015. Plantas Medicinales de los Andes y la Amazonía. Jardín Botánico de Missouri. NACIONAL DANIEL ALCÍDES CARRIÓN.
- Bullón Alcalá, V. E. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del Río Perene, Chanchamayo. Huancayo: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Carrera, C & K Fierro (2001): Manual de monitoreo. Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Editorial Eco Ciencia. Quito, Ecuador. 67 pp.
- CITES, 2018. Convención sobre el Comercio Internacional de Especies Amenazadas de Fauna y Collazos Cerrón, J. (2005). Manual de Evaluación Ambiental de Proyectos. Lima- Perú: San Marcos.
- Conesa Fernández, V. (2011). "Guía metodológica para la evaluación del impacto". Madrid: Mundi Prensa. Flora silvestre. Apéndices I, II y III.

Decreto Supremo N° 034-2004-AG. 2004. Aprueban categorización de especies amenazadas de fauna silvestre y prohíben su caza, captura, tenencia, transporte o exportación con fines comerciales. Ministerio de Agricultura.

Decreto Supremo N° 043-2006-PCM. Aprueban Lineamientos para la elaboración y aprobación del Reglamento de Organización y Funciones - ROF por parte de las entidades de la Administración Pública.

De La Lanza, G.; Hernández, S. & Carbajal, J., 2000. Organismos indicadores de la calidad del agua y de la contaminación (Bioindicadores) Instituto Mexicano de Tecnología del Agua

EPA. 1981. Phytoplankton Water Quality Relationships in U.S. Lakes. Part. VII: Algae associated with or responsible for Water Quality Problems in: Reserch and Development Environmental Monitoring Systems Laboratory. Las Vegas N.V. 89114. Proyect Sumary 60/53-80-100.

Escalante, M. d. (2019). Identificación y evaluación de impactos ambientales por afluencia turística en la playa los palos – tacna 2019. Tacna: Universidad Privada de Tacna.

FAO. (2015). Perfil de País-Perú. Obtenido de <http://www.fao.org/3/ca0447es/CA0447ES.pdf>.

Fernández Rodríguez, V., & Londoño Mesa, M. H. (2015). Poliquetos (Annelida: Polychaeta) como indicadores biológicos de contaminación marina: casos en Colombia. Universidad Nacional de Colombia, Instituto de Estudios Ambientales (IDEA).

García Córcoles, M. T. (2021). Bioindicadores marinos en el estudio medioambiental y transferencia a la cadena trófica de contaminantes químicos . Granada: Universidad de Granada.

- García Ríos, R. F. (2016). Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos. Lima: Universidad Nacional Mayor de San Marcos.
- García Sánchez-Colomer, M. R. (1997). El uso del zooplancton como indicador biológico de la calidad del agua en 26 embalses españoles. Revista Digital del Cedex. Obtenido de <http://ingenieriacivil.cedex.es/index.php/ingenieria-civil/article/view/1174>
- Geraldi, A., Piccola, M. C., & Perillo, G. (2011). Lagunas bonaerenses. Revista Ciencia, 16-22.
- Gómez Osorio, B., Martínez Espinoza, P., Regalado Contreras, A., Ruiz Arias, J. A., & Sotelo Aguilar, D. O. (13 de Agosto de 2022). Biblioteca Digital Planet's Friends. Obtenido de <https://sites.google.com/site/takingcareofourplanet123/temas-del-tercer-parcial/3-impacto-ambiental?tmpl=%2Fsystem%2Fapp%2Ftemplates%2Fprint%2F&showPrintDialog=1>
- Gonzales Zuarth, C. A., Vallarino, A., Perez Jimenez, J. C., & Low Pfeng, A. (2014). Bioindicadores: Guardianes de nuestro futuro ambiental. Mexico.
- Induanalysis. (2019). Importancia de la calidad del agua. Obtenido de [https://www.induanalysis.com/publicacion/detalle/importancia\\_de\\_la\\_calidad\\_del\\_agua\\_\\_15](https://www.induanalysis.com/publicacion/detalle/importancia_de_la_calidad_del_agua__15)
- IUCN, 2018. International Union for the Conservation of Nature. The 2000 IUCN Redlist of Threatened Species.
- MINAM. 2015. Guía de inventario de fauna silvestre. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Evaluación, Valoración y Financiamiento del Patrimonio Natural. Perú.

- MINSA. 2013. Catálogo Florístico de Plantas Medicinales Peruanas.
- Moreno, Claudia E. 2001. Métodos para medir la biodiversidad. M&T–Manuales y Tesis SEA, vol. 1. Zaragoza.
- INEI/UNFPA. (2020). Estado de la Población Peruana 2020. Obtenido de [https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones\\_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf](https://www.inei.gob.pe/media/MenuRecursivo/publicaciones_digitales/Est/Lib1743/Libro.pdf).
- LEÓN PELÁEZ, J. D., & CORREA METRIO, J. A. (s.f.). EVALUACIÓN DEL IMPACTO AMBIENTAL DE PROYECTOS DE DESARROLLO. Antioquia - Colombia: Universidad Nacional de Colombia Departamento de Ciencias Forestales.
- MINAM. (2001). Ley del Sistema Nacional de Evaluación de Impacto Ambiental. Lima: El peruano.
- MIRANDAOLA SERVICIOS MEDIOAMIENTALES, S.L. (2009). Identificación y Evaluación de Aspectos Ambientales. Vasco: ihobe.
- NINAM-DS. (2019). Ecosistemas de Alta Montaña y Páramo.
- Paredes, C., Iannacone, J., & Alvaríño, L. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú. Revista peruana de entomología, 107-118.
- Paricahua Sinca, H. F. (2020). • Identificación y Valoración de Impactos Ambientales Generados por las Actividades de la Minería Informal, en el Cerro Luicho del Distrito de Colta, Provincia de Paucar del Sara Sara, Ayacucho. Arequipa - Perú: Universidad Tecnológica del Perú.
- Ramos Soberanis, A. N. (2004). METODOLOGÍAS MATRICIALES DE EVALUACIÓN AMBIENTAL PARA PAISES EN DESARROLLO: MATRIZ DE LEOPOLD Y METODO MEL-ENEL. Guatemala:

Roskov Y., et al. Eds. 2017. Species 2000 & ITIS Catalogue of Life, 2018 Annual Checklist.

Schulenberg, Thomas S; Stotz, Douglas F; Lane, Daniel F; O'Neill, John P; Parker III, Theodore A. 2010. Aves de Perú. Edición CORBIDI.

The IUCN Red List of Threatened Species. Versión 2018-1. <[www.iucnredlist.org](http://www.iucnredlist.org)>.

Torres, Miriam; Quinteros, Zulema; Takano, Fernando. 2006. Variación temporal de la abundancia y diversidad de aves limícolas en El Refugio de Vida Silvestre Pantanos de Villa, Lima-Perú. *Ecología Aplicada*, 5(1,2)Universidad de San Carlos de Guatemala.

Real Academia Española. (2022). Laguna.

Rosero Cajas, R. G. (2009). Estudio del impacto ambiental producido por la construcción del sistema de agua potable en morogacho, cantón patate, para mitigar el deterioro del ecosistema. Ambato - Ecuador: Universidad Técnica de Ambato.

Tigre Quito, L. V. (2017). IDENTIFICACIÓN DE ASPECTOS AMBIENTALES Y EVALUACIÓN DE IMPACTOS AMBIENTALES EN LA FACULTAD DE CIENCIAS QUÍMICAS DE LA UNIVERSIDAD DE CUENCA. Cuenca - Ecuador: UNIVERSIDAD DE CUENCA.

Vega y López. 2013. Concentración Mínima Inhibitoria del extracto hidroalcohólico de tallos y hojas de *Baccharis genistelloides*, *Perezia multiflora*, *Senecio sublutescens* y *Jungia paniculata* del Parque Nacional Huascarán (Perú) frente a cepas bacterianas de interés clínico.

## **ANEXOS**

### **INFORMES DE ENSAYOS DE LABORATORIO**







000212

ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL  
- DACON REGISTRO N° LE - 151



E - 151

INFORME DE ENSAYO N° HB21060001  
CON VALOR OFICIAL  
FITOPLANCTON(CUANTITATIVO)

Código del cliente					PMPH-1	PMPH-2	PMPH-9	PMPH-12
Código del laboratorio					HB21060001.01	HB21060001.02	HB21060001.03	HB21060001.04
Tamaño de muestra (L)					1	1	1	1
Tipo de producto (Matriz)					Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Fecha de muestreo					30/05/2023	31/05/2023	31/05/2023	01/06/2023
Hora de muestreo					12:35	11:10	12:47	09:15
Cadena de custodia					2183	2183	2183	2183
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Células/ml	Células/ml	Células/ml	Células/ml
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Nitzschia sigmoidea	1	0	0	0
				Nitzschia sp.	2	5	8	5
		Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	869	0	0	0
		Ucnophorales	Ucnophoraceae	Ucnophora sp.	26	0	0	0
		Naviculales	Amphipleuraceae	Prustulia sp.	0	0	0	1
			Naviculaceae	Navicula sp.	0	3	1	0
			Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	1	0	0	1
CHLOROPHYTA	Chlorophyceae	Oedogoniales	Oedogoniaceae	Oedogonium sp.	11	0	0	0
			Hydrodictyaceae	Pseudopediculus integrum	135	0	0	0
		Sphaeropleales	Radiococcaceae	Radiococcaceae ND	39	0	0	0
			Scenedesmeceae	Scenedesmus armatus	26	0	0	0
CHAROPHYTA	Conjugatophyceae	Desmidiaceae	Desmidiaceae	Cottridium aculeare	3	0	0	0
Riqueza (S)					10	2	2	3
Abundancia (N)					1113	8	9	7
Índice de Margalef (d)					1,283	0,481	0,455	1,028
Índice de Shannon-Wiener (H')					1,194	0,954	0,503	1,149
Equidad de Pielou (J')					0,359	0,954	0,503	0,725

ND : No determinado

(1) Fuente: <http://www.algaebase.org/>

Código del cliente					PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
Código del laboratorio					HB21060001.05	HB21060001.06	HB21060001.07	HB21060001.08
Tamaño de muestra (L)					1	1	1	1
Tipo de producto (Matriz)					Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Fecha de muestreo					01/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023
Hora de muestreo					11:31	09:25	11:43	12:19
Cadena de custodia					2183	2183	2183	2183
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Células/ml	Células/ml	Células/ml	Células/ml
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	2	0	0	0
				Nitzschia aculeata	0	0	0	1
				Nitzschia sp.	4	11	39	44
		Ucnophorales	Ucnophoraceae	Ucnophora sp.	2	0	24	3
		Mastogloiales	Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	2	0	36	2
			Achnanthesaceae	Achnanthesidium sp.	2	0	0	1
		Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	0	1	0	1
CHLOROPHYTA	Ulvophyceae	Ulotrichales	-	Ulotrichales ND	0	50	0	0
CHAROPHYTA	Conjugatophyceae	Desmidiaceae	Desmidiaceae	Cosmarium sp.	1	0	0	0
CYANOBACTERIA	Cyanophyceae	Synechococcales	Pseudanabaenaceae	Pseudanabaena sp.	0	0	179	0
Riqueza (S)					6	3	4	6
Abundancia (N)					13	62	278	52
Índice de Margalef (d)					1,949	0,485	0,533	1,265
Índice de Shannon-Wiener (H')					2,470	0,789	1,493	0,951
Equidad de Pielou (J')					0,955	0,498	0,747	0,368

ND : No determinado

(1) Fuente: <http://www.algaebase.org/>



000213

ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL  
- DA CON REGISTRO N° LE - 151



Registro N° LE - 151

**INFORME DE ENSAYO N° HB21060001**  
**CON VALOR OFICIAL**  
**FITOPLANCTON(CUANTITATIVO)**

Código del cliente				PMFH-3		
Código del laboratorio				HB21060001.09		
Tamaño de muestra (L)				1		
Tipo de producto (Matriz)				Agua superficial		
Fecha de muestreo				03/06/2023		
Hora de muestreo				11:55		
Cadena de custodia				2183		
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXON/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Células/mL	
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	2	
				Nitzschia sp.	14	
		Lamophorales	Ulnariaceae	Ulnaria ulna	2	
				Achnanthes sp.	2	
		Mastogloiales	Achnanthesiaceae	Achnanthes sp.	2	
				Achnanthesidium sp.	2	
				Riqueza (S)	5	
				Abundancia (N)	22	
		Índice de Margalef (d)				1,294
		Índice de Shannon-Wiener (H')				1,673
Equidad de Pielou (J')				0.720		

ND : No determinado

(1) Fuente: <http://www.algaebase.org/>

INFORME DE ENSAYO N° HB21060001 CON VALOR OFICIAL  
FITOPLANCTON(CUALITATIVO)

Código del cliente					PMPH-1	PMPH-2	PMPH-3	PMPH-12		
Código del laboratorio					HB21060001.01	HB21060001.02	HB21060001.03	HB21060001.04		
Tipo de producto (Matriz)					Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial		
Fecha de muestreo					30/05/2023	31/05/2023	31/05/2023	01/06/2023		
Hora de muestreo					12:35	11:10	12:47	09:15		
Cadena de custodia					2183	2183	2183	2183		
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia		
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	0	1	0	1		
				Nitzschia agilis sp.	1	1	0	1		
				Nitzschia sp.	1	1	0	1		
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	Cocconeis sp.	1	0	0	0		
		Fragilariales	Fragilariaceae	Fragilaria sp.	1	1	0	1		
		Ucnophorales	Ucnophoraceae	Ucnophora sp.	1	1	1	1		
		Mastogloiales	Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	0	1	1	0		
			Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	0	1	1	0		
		Amphipleurales	Amphipleuraceae	Frustulia sp.	1	0	0	1		
			Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	1	1	1	0	
		Pinnulariales	Pinnulariaceae	Pinnularia sp.	0	0	1	1		
			Sellaphorales	Sellaphoraceae	Sellaphora sp.	0	0	0	1	
		CHLOROPHYTA	Chlorophyceae	Thalassiosiphonales	Catenulaceae	Amphora sp.	0	0	0	1
					Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeodinium sp.	0	0	1
Oedogoniales	Oedogoniaceae			Oedogonium sp.	1	1	1	1		
Sphaeropleales	Hydrodictyonales			Hydrodictyonaceae	Paradedictyon integrum	1	1	0	1	
	Radiceococcales			Radiceococcales ND		1	1	1	0	
	Sphaerocarpaceae			Sphaerocarpaceae	Sphaerocarpus sp.	1	0	0	0	
				Scenedesmus sp.	Scenedesmus sp.	1	1	0	0	
				Scenedesmus sp.	Scenedesmus sp.	1	0	0	0	
				Scenedesmus sp.	Scenedesmus sp.	0	1	0	0	
	Selenastreales			Selenastreales	Scenedesmus sp.	0	1	0	0	
	Trebouxiophyceae			Chlorellales	Oocystaceae	Oocystis sp.	0	0	0	1
CHAROPHYTA	Conjugatophyceae			Closteriales	Closteriaceae	Ulothrix sp.	1	0	0	1
					Closteriaceae	Closterium sp.	1	1	0	1
				Desmidiaceae	Desmidiaceae	Stauronema sp.	0	0	0	1
		Desmidiaceae	Stauronema sp.		0	1	0	1		
	Zygnematales	Zygnemataceae	Zygnema sp.	1	1	1	1			
	Spirogyra sp.	Spirogyra sp.	0	1	0	0				
Coleochaetophyceae	Coleochaetales	Coleochaetales	Coleochaete sp.	0	0	0	1			
	Elakotrichiales	Elakotrichiaceae	Elakotrichia sp.	1	0	0	0			
Klebsormidiophyceae	Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	Klebsormidium sp.	0	0	1	0			
		Klebsormidiaceae	Klebsormidium sp.	0	0	1	0			
CYANOBACTERIA	Cyanophyceae	Nostocales	Aphanizomenonaceae	Anabaena sp.	0	0	0	1		
			Nostocaceae	Nostocaceae ND	1	0	0	0		
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	1	0	0	0		
			Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	0	1	0	1		
EUGLENZOEA	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	1	0	1	0			
		Phaeodactylum sp.	Phaeodactylum sp.	1	0	0	0			
PERIDINIALES	Peridinales	Peridinales	Peridinium sp.	0	0	0	1			
			Peridinium sp.	0	0	0	1			
Requisito (S)					23	21	12	22		

INFORME DE ENSAYO N° HB21060001  
CON VALOR OFICIAL  
FITOPLANCTON(CUALITATIVO  
)

Código del cliente					PMPH-11	PMPH-13	PMPH-7	PMPH-8
Código del laboratorio					HB21060001.05	HB21060001.06	HB21060001.07	HB21060001.08
Tipo de producto (Matriz)					Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial	Agua superficial
Fecha de muestreo					01/06/2023	02/06/2023	02/06/2023	02/06/2023
Hora de muestreo					11:31	09:25	11:43	12:19
Cadena de custodia					2183	2183	2183	2183
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia	Presencia/ Ausencia
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	0	0	0	1
				Nitzschia agnoides	0	0	0	1
				Nitzschia sp.	1	1	1	1
		Cocconeidales	Cocconeidaceae	Cocconeis sp.	0	0	1	1
				Cymbella sp.	0	0	1	1
		Cymbellales	Cymbellaceae	Cymbella sp.	0	0	1	1
				Ulnaria sp.	0	0	1	1
		Medusogoniales	Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	0	1	1	1
				Achnanthes sp.	0	0	1	1
		Naviculales	Naviculaceae	Frustulia sp.	1	1	0	1
				Gyrodinium sp.	0	1	0	0
		Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	1	1	0	1
				Pinularia sp.	1	1	1	1
		Rhopodioidales	Rhopodioidaceae	Rhopodia sp.	0	0	0	1
				Rhopodia sp.	0	0	0	1
		Surirellales	Surirellaceae	Surirella sp.	0	1	0	1
				Amphileptus sp.	0	0	0	1
CHLOROPHYTA	Chlorophyceae	Chlamydomonadales	Volvocaceae	Pandorina sp.	1	0	0	0
				Oedogonium sp.	0	1	0	0
				Radiorococcus sp.	1	0	0	0
		Sphaeropleales	Sphaeropleaceae	Desmodesmus sp.	1	1	0	0
				Conococconeis sp.	1	0	0	0
				Coelastrum sp.	1	0	0	0
		Trebouxiales	Trebouxiaceae	Microdictyon sp.	0	1	0	0
				Botryococcus sp.	1	0	0	0
		Ulothrixales	Ulothrixaceae	-	1	1	1	0
CHAROPHYTA	Charophyceae	Desmidiaceae	Desmidiaceae	Coelastrum sp.	0	1	0	0
				Coelastrum sp.	0	1	0	0
				Coelastrum sp.	0	1	0	0
		Zygneriales	Zygneriaceae	Desmodesmus sp.	1	0	0	0
				Desmodesmus sp.	1	0	0	0
				Desmodesmus sp.	1	0	0	0
		Zygneriales	Zygneriaceae	Zygneria sp.	1	0	0	0
				Zygneria sp.	0	1	0	0
		Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	Klebsormidium sp.	0	0	1	0
				Klebsormidium sp.	1	0	0	0
CYANOBACTERIA	Cyanophyceae	Nostocales	Nostocaceae	Nostoc sp.	1	0	0	0
				Nostocaceae ND	1	0	1	0
		Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Oscillatoria sp.	0	0	0	1
				Phormidium sp.	1	1	0	1
		Synechococcales	Synechococcaceae	Pseudanabaena sp.	0	0	1	0
Riqueza (S)					18	18	11	17



000216

ORGANISMO DE INSPECCIÓN ACREDITACIÓN POR EL  
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL  
- DA CON REGISTRO N° LE - 151



Registro IF LE - 151

**INFORME DE ENSAYO N° HB21060001 CON  
VALOR OFICIAL  
FITOPLANCTON(CUALITATIVO)**

Código del cliente					PM91-3
Código del laboratorio					HB21060001.09
Tipo de producto (Matriz)					Agua superficial
Fecha de muestreo					03/06/2023
Hora de muestreo					11:55
Cadena de custodia					2183
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GRUPO/TAXÓN/ESPECIE <sup>(1)</sup>	Presencia/ Ausencia
BACILLARIOPHYTA	Bacillariophyceae	Bacillariales	Bacillariaceae	Hantzschia sp.	1
				Nitzschia sp.	1
				Nitzschia sp.	1
		Ulnariophorales	Ulnariaceae	Ulnaria sp.	1
		Achnanthesiales	Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	1
		Achnanthesiales	Achnanthesaceae	Achnanthes sp.	1
		Naviculales	Naviculaceae	Navicula sp.	1
					1
CHLOROPHYTA	Chlorophyceae	Chaetophorales	Chaetophoraceae	Stigeodinium sp.	1
	Chlorophyceae	Sphaeropleales	Hydrodictyonaceae	Hydrodictyon sp.	1
			Selenastriaceae	Selenastrium sp.	1
CHAROPHYTA	Klebsormidiophyceae	Klebsormidiales	Klebsormidiaceae	Klebsormidium sp.	1
CYANOBACTERIA	Cyanophyceae	Oscillatoriales	Oscillatoriaceae	Phormidium sp.	1
EUGLENZOOA	Euglenophyceae	Euglenales	Euglenaceae	Euglena sp.	1
<b>Riqueza (S)</b>					<b>13</b>

ND : No determinado

(