

FACULTAD DE INGENIERÍA

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental

Tesis

**Calidad de agua de acuerdo con la presencia de
macroinvertebrados bioindicadores en la laguna de
Ñahuimpuquio, Chupaca-Junín, 2021-2022**

Vladimir Alexhannder Villaverde Toralva

Para optar el Título Profesional de
Ingeniero Ambiental

Huancayo, 2024

Repositorio Institucional Continental
Tesis digital



Esta obra está bajo una Licencia "Creative Commons Atribución 4.0 Internacional" .

**INFORME DE CONFORMIDAD DE ORIGINALIDAD DE TRABAJO DE
INVESTIGACIÓN**

A : Decano de la Facultad de Ingeniería
DE : Steve Dann Camargo Hinostriza
Asesor de trabajo de investigación
ASUNTO : Remito resultado de evaluación de originalidad de trabajo de investigación
FECHA : 11 de noviembre de 2024

Con sumo agrado me dirijo a vuestro despacho para informar que, en mi condición de asesor del trabajo de investigación:

Título:

"CALIDAD DE AGUA DE ACUERDO CON LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BIOINDICADORES EN LA LAGUNA DE ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA – JUNÍN, 2021 – 2022"

Autor:

VLADIMIR ALEXHANNDER VILLAVERDE TORALVA – EAP. Ingeniería Ambiental

Se procedió con la carga del documento a la plataforma "Turnitin" y se realizó la verificación completa de las coincidencias resaltadas por el software dando por resultado 20% de similitud sin encontrarse hallazgos relacionados a plagio. Se utilizaron los siguientes filtros:

- Filtro de exclusión de bibliografía SI NO
- Filtro de exclusión de grupos de palabras menores SI NO
Nº de palabras excluidas: 09
- Exclusión de fuente por trabajo anterior del mismo estudiante SI NO

En consecuencia, se determina que el trabajo de investigación constituye un documento original al presentar similitud de otros autores (citas) por debajo del porcentaje establecido por la Universidad Continental.

Recae toda responsabilidad del contenido del trabajo de investigación sobre el autor y asesor, en concordancia a los principios expresados en el Reglamento del Registro Nacional de Trabajos conducentes a Grados y Títulos – RENATI y en la normativa de la Universidad Continental.

Atentamente,



Asesor de trabajo de investigación

AGRADECIMIENTOS

A la Universidad Continental, la Facultad de Ingeniería, muy agradecido a la Escuela de Ingeniería Ambiental, donde encontré espacio para mi crecimiento y avance académico, de la misma manera para los maestros que me han traído un mayor conocimiento que siempre se mantendrá.

A mi asesor de tesis, Mg. Ing. Steve Dann Camargo Hinostraza, quien me guio para el desarrollo y la culminación de la tesis presentada.

A mi familia, que me apoyo desde el primer momento del proceso del título, me dieron la oportunidad que necesitaba para poder lograr mi objetivo.

DEDICATORIA

Agradecer a Dios por haberme otorgado una familia maravillosa, por ser el ejemplo por seguir, con tanto amor y dedicación. A Rosmery Toralva y Vladimir Villaverde, mis padres, por haberme dado su apoyo y exigencia incondicional durante mi formación universitaria.

También dedico a mi hija Luciana Khaleesi que fue mi mayor motivación para no abandonar mis estudios y ser un modelo por seguir.

ÍNDICE

AGRADECIMIENTOS	iii
DEDICATORIA	iv
ÍNDICE	v
ÍNDICE DE TABLAS	vii
RESUMEN	ix
ABSTRACT	x
INTRODUCCIÓN	xi
CAPÍTULO I: PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO	13
1.1. Planteamiento y formulación del problema	13
1.1.1. Planteamiento del problema.....	13
a. Problema General.....	14
b. Problemas Específicos	14
1.2. Objetivos	14
1.2.1. Objetivo general.....	14
1.2.2. Objetivos específicos	14
1.3. Justificación e importancia.....	14
1.3.1. Justificación ambiental.....	14
1.3.2. Justificación teórica.....	15
1.3.3. Justificación social	15
1.3.4. Justificación económica	15
1.4. Delimitación del proyecto o geográfica	15
1.5. Hipótesis y variables	15
1.5.1. Hipótesis general.....	15
1.6. Operacionalización de variables	16
CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Antecedentes Internacionales.....	18
2.1.2. Antecedentes Nacionales	19
2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales	21
2.2. Bases teóricas.....	22
2.3. Definición de términos básicos	30
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	32
3.1. Antecedentes de la investigación	32
3.1.1. Antecedentes Internacionales.....	32

3.1.2.	Tipo de investigación	32
3.1.3.	Nivel de investigación.....	32
3.2.	Diseño de la investigación	33
3.3.	Población y muestra	33
3.4.	Técnicas e instrumentos de recolección de datos.....	36
3.4.1.	Técnicas utilizadas en la recolección de datos.....	36
CAPÍTULO IV: RESULTADOS Y DISCUSIÓN.....		39
4.1.	Resultados de la investigación.	39
4.1.1.	Resultados de la calidad del agua y características fisicoquímicas.....	39
4.1.2.	Resultados de la descripción de macroinvertebrados acuáticos.....	43
4.1.3.	Resultados de la diversidad específica.....	51
4.1.4.	Resultados de la identificación de los puntos críticos, con los Índices BMWP/col y ABI para la calidad de agua	62
4.1.5.	Resultados comparativos de los Índice BMWP/col y ABI	66
4.2.	Evaluación de la hipótesis.....	67
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN.....		69
CONCLUSIONES		72
RECOMENDACIONES.....		74
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....		75
ANEXOS		80

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1: Operacionalización de Variables	16
Tabla 2: Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP.....	26
Tabla 3: Clasificación de la calidad del agua según el puntaje del BMWP	27
Tabla 4: Lista de ponderación Índice Biótico Andino (ABI).....	27
Tabla 5. Estado Ecológico ABI.....	28
Tabla 6: Puntos de muestreo de la investigación.	34
Tabla 7. Resultados de la calidad de agua.....	39
Tabla 8: Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la laguna Ñahuimpuquio entre los meses de diciembre a febrero del 2021 - 2022.....	44
Tabla 9: Resultados de los macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP/col	45
Tabla 10:Resultados de los macroinvertebrados acuáticos para el Índice ABI	46
Tabla 11: Porcentaje de cantidad de macroinvertebrados acuáticos	49
Tabla 12: Resultados de la diversidad específica del mes de diciembre.....	51
Tabla 13:Resultados de la diversidad específica del mes de enero.....	52
Tabla 14. Resultados de la diversidad específica del mes de enero.....	53
Tabla 15: Resultados de la diversidad específica del mes de febrero	54
Tabla 16: Índice BMWP/col del mes de diciembre	56
Tabla 17: Índice ABI del mes de diciembre.....	57
Tabla 18: Índice BMWP/col muestra del mes de enero I	58
Tabla 19: Índice ABI muestra del mes de enero I.....	58
Tabla 20: Índice BMWP/col muestra del mes de enero II	59
Tabla 21: Índice ABI muestra del mes de enero II	60
Tabla 22: Índice BMWP/col para el mes de febrero.....	61
Tabla 23: Índice ABI para el mes de febrero	61
Tabla 24: Resultados de los puntos críticos para la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico BMWP/col.....	62
Tabla 25: Resultados de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico ABI.....	64
Tabla 26: Resultados de la prueba de normalidad de hipótesis generales.	67
Tabla 27: Resultados de la prueba hipótesis general	68

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1: Partes de un macroinvertebrado en esta larval	23
Figura 2: Puntos de muestreo en la laguna Ñahuimpuquio.....	34
Figura 3: Muestra de macroinvertebrados acuáticos.....	35
Figura 4: Toma de muestras de agua para parámetros fisicoquímicos	36
Figura 5: Resultados de la temperatura del agua	40
Figura 6: Resultados del oxígeno disuelto del agua.....	41
Figura 7: Resultados de la conductividad eléctrica del agua	42
Figura 8: Resultados del pH del agua	43
Figura 9: Presencia de los macroinvertebrados acuáticos de diciembre - febrero	48
Figura 10: Resultados del índice de Shannon	54
Figura 11: Resultados del índice de Simpson	55
Figura 12: Resultados del índice de Margalef.....	55
Figura 13: Resultado de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico BMWP/col	63
Figura 14: Puntaje promedio de la evolución del agua con el índice biótico BMWP/col.	63
Figura 15: Resultados de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico ABI.....	64
Figura 16. Puntaje promedio de la evaluación del agua con el índice biótico ABI	65
Figura 17: Índice BMWP/col según los meses de estudio	66
Figura 18: Índice ABI según los meses de estudio	66

RESUMEN

La investigación titulada “Calidad de agua de acuerdo con la presencia de macroinvertebrados bioindicadores en la laguna de Ñahuimpuquio Chupaca – Junín, 2021 – 2022”, donde el objetivo general es “Analizar la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca – Junín, 2021 – 2022.”. La metodología utilizada es de tipo investigación aplicada, en nivel descriptivo, con método general científico y específico cuantitativo, el diseño utilizado es no experimental transversal, se obtuvo 8 puntos de muestreo y la muestra elegida fue no probabilístico. Los resultados que se obtuvieron fueron, la presencia de macroinvertebrados acuáticos con mayor especie es *Hyaellidae del Phylum Anélida* con un total de 21.4% (244 macroinvertebrados acuáticos), así mismo se cuenta con la especie *Chironomidae del phylum Artrópoda* con un total de 13.1% (149 macroinvertebrados acuáticos), también se cuenta con la especie *Physidae del phylum Annelida* con un total de 9.0% (102 macroinvertebrados acuáticos), el menor porcentaje de presencia de macroinvertebrados es la especie *Hyaellidae* así como la especie *Helobdella del phylum Annelia* con un mínimo de 0.1% (1 macroinvertebrado acuático). Así mismo, se hizo uso de los índices BMWP/col y ABI; donde, el índice BMWP/col mostro una predominancia de calidad “crítica”, en los puntos de muestreo C, D, E, F y H; en los puntos de muestreo A y G, con calidad de agua “dudosa” y B calidad de agua “aceptable”; mientras que el índice ABI, mostro una predominancia de calidad “malo” en los puntos de muestreo A, C, D, E, G y H, en el punto de muestreo F con calidad de agua “malo” y el punto B con calidad de agua “Bueno”. Cabe mencionar que, la temperatura promedio del agua fue 14.7% - 18.7%, donde el oxígeno disuelto fue 19.17% - 21.11%, la conductividad eléctrica fue 0.303 0.323 $\mu\text{s}/\text{cm}$ y el pH fue 7.85% - 8.2%. Finalmente, como conclusión se presenta que existe una conexión clara y significativa entre la abundancia de macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua, de igual similitud, los indicadores específicos y de biodiversidad son indicadores altamente correlacionados de la calidad del agua.

Palabras claves: macroinvertebrados acuáticos, calidad de agua, Shannon Wiener, Simpson, Margalef, índice BWMP/col y índice ABI.

ABSTRACT

The research called “Water quality according to the presence of bioindicator aquatic macroinvertebrates in the Ñahuimpuquio Chupaca lagoon – Junín, 2021-2022”, where the general objective is “To analyze the water quality according to the presence of bioindicator aquatic macroinvertebrates in the Ñahuimpuquio Chupaca lagoon – Junín, 2021 – 2022”. The methodology used is of an applied research type, at a descriptive level, with a general scientific method and a specific quantitative method, the design used is non-experimental cross-sectional, 8 sampling points were obtained and the sample chosen was non-probabilistic. The results obtained were, the presence of aquatic macroinvertebrates with the highest species is *Hyaellidae* of the *Phylum Annelida* with a total of 21.4% (244 aquatic macroinvertebrates), likewise the species *Chironomidae* of the *phylum Arthropoda* is found with a total of 13.1% (149 aquatic macroinvertebrates), also the species *Physidae* of the *phylum Annelida* is found with a total of 9.0% (102 aquatic macroinvertebrates), the lowest percentage of presence of macroinvertebrates is the species *Hyaellidae* as well as the species *Helobdella* of the *phylum Annelida* with a minimum of 0.1% (1 aquatic macroinvertebrate). Likewise, the BMWP / col and ABI indices were used; where, the BMWP / col index showed a predominance of "critical" quality, at sampling points C, D, E, F and H; at sampling points A and G, with “dubious” water quality and B “acceptable” water quality; while the ABI index showed a predominance of “poor” quality at sampling points A, C, D, E, G and H, at sampling point F with “poor” water quality and at point B with “good” water quality. It is worth mentioning that the average water temperature was 14.7% - 18.7%, where dissolved oxygen was 19.17% - 21.11%, electrical conductivity was 0.303 0.323 $\mu\text{s/cm}$ and pH was 7.85% - 8.2%. Finally, as a conclusion, it is presented that there is a clear and significant connection between the abundance of aquatic macroinvertebrates and water quality, likewise similarly, biodiversity and specific indicators are highly correlated indicators of water quality.

Keywords: aquatic macroinvertebrates, water quality, Shannon Wiener, Simpson, Margalef, BWMP/col index and ABI index.

INTRODUCCIÓN

La investigación titulada “Calidad de agua de acuerdo con la presencia de macroinvertebrados bioindicadores en la laguna de Ñahuimpuquio Chupaca – Junín, 2021 – 2022”, donde el objetivo general fue “Analizar la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos. Determinar la calidad del agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca - Junín, 2021 – 2022.”.

La investigación se centra en el ecosistema acuático que están conformados por distintos cuerpos de agua tales como océanos, ríos, lagos, arroyos, acuíferos, acuíferos y humedales. Los ecosistemas débiles y poco recuperables se encuentran expuestos debido a la contaminación por acciones humanas, los ecosistemas acuáticos se determinan así porque interactúan entre el medio ambiente y un gran número de microorganismos que habitan en ello (43).

Especialmente los bioindicadores acuáticos son necesarios y efectivos para poder evaluar la situación y la calidad de los ecosistemas, debido a que son muy patente a la alteración ambiental y las fluctuaciones de los ecosistemas, también responde a diferentes grados de tolerancia y puede evaluar el estrés ambiental en los organismos acuáticos. Los ecosistemas son uno de los bioindicadores más importantes porque nos permite identificar la peculiaridad específica de los ecosistemas en los que se desarrollan (4).

La pérdida de macroinvertebrados es principalmente por impactos antropogénicos como es la contaminación de cuerpos de agua, existe varias lagunas una de ellas Ñahuimpuquio. Esta laguna está compuesta de modo lentic y sus aguas son utilizados para actividades agrícolas, piscicultura, pastoreo entre otras actividades con fines productivos antropogénicos, el impacto de este ecosistema se va dañando en la diversidad y la calidad biológica (26).

Así mismo, hoy en día el aumento de la población, ganado y el asentamiento de la residencia humana en áreas inapropiadas han incrementado la tensión de los recursos hídricos, y la capacidad de los recursos limitados, se ha justificado. Los problemas culturales, económicos y sociales combinados con la falta de programas de reducción de la pobreza, ha contribuido al ser humano el uso de los recursos naturales, lo que deteriora la calidad del recurso agua; lo que conlleva a enfermedades gastroenteritis en habitantes y la falta de medidas de prevención sobre la contaminación del elemento vital líquido (22).

El Capítulo I, aborda el planteamiento y formulación del problema, objetivos, justificación e importancia de este estudio, donde, se da a conocer el gran problema de la contaminación del agua en la laguna Ñahuimpuquio, la importancia de este recurso para el cuidado y el monitoreo con indicadores biológicos como macroinvertebrados acuáticos.

El Capítulo II, consta de los antecedentes y marco teórico; para lo cual se revisaron artículos científicos y tesis de divulgación e información necesaria para plantear conceptos clave de acuerdo a la investigación.

El Capítulo III, describe la metodología, nivel, alcance y diseño, todo esto de acuerdo a la finalidad de la investigación. Además de conocer la población, muestra, técnica e instrumentos correspondientes a este estudio.

El Capítulo IV, se muestran los resultados, su correspondiente análisis y tratamiento de datos obtenidos con tablas, gráficos e interpretaciones para luego dar las conclusiones, recomendación, referencia bibliográfica y los anexos de la investigación.

CAPÍTULO I

PLANTEAMIENTO DEL ESTUDIO

1.1. Planteamiento y formulación del problema.

1.1.1. Planteamiento del problema.

Existen diversas formas y lugares donde se encuentra naturalmente el agua en la tierra como en la superficie, bajo tierra, la atmosfera y los océanos, de los cuales solo se estima que el 2.5% de agua total que posee el planeta es agua dulce, almacenadas en su mayoría en los glaciares y la menor parte en la superficie y atmosfera (1).

En la actualidad el recurso hídrico, principalmente el agua dulce se encuentra amenazada, esto debido a las actividades humanas que a lo largo de su historia ha venido utilizando el agua como fuente principal para sus diversas actividades, generando producto de ello diversas alteraciones a consecuencia de diversos factores (vertidos industriales, agrícolas, urbanos modificación de las características del medio, acumulación de sedimentos, etc.), afectando directamente los ríos, lagos y lagunas, provocando su degradación, pérdida de su capacidad reguladora y el aumento de nutrientes y daños al medio acuático (25).

A consecuencia de estos diversos factores que afecta directamente las concentraciones en la calidad del agua, la laguna Ñahuimpuquio no se encuentra ajena a ello, ya que el Centro Poblado de Ñahuimpuquio cuenta con atractivos turísticos como el resto arqueológico de Arwaturi y la laguna Ñahuimpuquio, que son visitados constantemente, generando la instalación de recreos campestres al borde de la laguna, donde sus efluentes son vertidos directamente sin ningún tratamiento previo, donde la población se dedica a actividades pecuarias y agrícolas que llegan a ser beneficiosas para la población, pero perjudiciales para la laguna, debido a que sus dos afluentes (manantiales), son contaminados por fertilizantes como la urea, etc. Que no fueron asimilados por las plantas y suelo, asimismo por el arrojado de residuos sólidos en todo su recorrido, con llevando todo ello a un deterioro de sus aguas (13).

Dentro de las especies acuáticas más sensibles a las variaciones fisicoquímicas e hidrológicas se encuentra las comunidades de macroinvertebrados (25), en este contexto el uso de bioindicadores para conocer las condiciones ambientales del lugar, resultan ser una herramienta eficaz para evaluar la calidad del agua, debido que el monitoreo de las variables físico-químicas solo representa una imagen puntual del agua, más no una relación en el comportamiento de las comunidades de macroinvertebrados con relación a estos cambios; a diferencia del monitoreo biológico informa sobre un antes y después, debido a

que los macroinvertebrados viven en un tiempo determinado y su sola ausencia o abundancia de un grupo de familia indica el estado de medio (40).

a. Problema General.

¿Cuál es la calidad del agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022?

b. Problemas Específicos.

- ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua de la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca - Junín, 2021 – 2022?
- ¿Cuáles son los macroinvertebrados acuáticos bioindicadores presentes en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022?
- ¿Cuáles son los puntos críticos de contaminación en relación a los macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022?

1.2. Objetivos.

1.2.1. Objetivo general.

Analizar la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.

1.2.2. Objetivos específicos.

- a.** Determinar las características fisicoquímicas del agua en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.
- b.** Describir las familias de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores presentes en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.
- c.** Identificar los puntos críticos de contaminación con relación a los macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca - Junín, 2021 – 2022.

1.3. Justificación e importancia.

1.3.1. Justificación ambiental.

Este estudio contribuirá a la protección del medio ambiente al investigar la calidad del agua, en uno de las lagunas más importantes del departamento de Junín, aquí los puntos críticos de contaminación están determinados por los macroinvertebrados acuáticos que residen en el ecosistema de la laguna; de esta manera, ayuda a obtener información ambiental para el monitoreo, con el objetivo de mitigar, controlar y reducir la contaminación que queda demostrada en dicha laguna; por lo tanto, se elaboró una relación

de macroinvertebrados acuáticos, que no solo se utiliza para la evaluación, sino también para el seguimiento ambiental.

1.3.2. Justificación teórica.

Hoy en día las lagunas y ríos son los más contaminados por habitantes que no tienen conciencia sobre el cuidado del agua y limitado interés de las autoridades o entidades públicas y privadas; por tal motivo, este trabajo de investigación se justifica teóricamente ya que por medio de la identificación de macroinvertebrado acuáticos que son uno de los bioindicadores con sensibilidad alta para determinar el tipo de calidad de agua en la Laguna Ñahuimpuquio, así mismo comprobar las diversas fuentes bibliográficas.

1.3.3. Justificación social.

La investigación indica actualmente, que el estudio de la calidad del agua es a través de una identificación de variedad de macroinvertebrados acuáticos de la Laguna de Ñahuimpuquio y mediante ello identificar que destino o uso se le da a ese recurso natural.

1.3.4. Justificación económica.

En esta investigación, se efectúa un monitoreo biológico para establecer la calidad del agua; este es un método económico que no se requiere equipos sofisticados, se puede utilizar en lugares comunicados donde los equipos y materiales de análisis fisicoquímicos son de dificultad acceso, por lo tanto, es deseable que este tipo de seguimiento se realice con mayor continuidad entre los investigadores que trabajan en esta área.

1.4. Delimitación del proyecto o geográfica.

La zona de estudio está ubicada en la Laguna Ñahuimpuquio con coordenada E 463056.80 m y N 8665404.23 m a una altitud de 3430 msnm, perteneciente al Distrito de Ahuac, Provincia de Chupaca y Departamento de Junín.

1.5. Hipótesis y variables.

1.5.1. Hipótesis general.

La calidad de agua es aceptable de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la laguna de Ñahuimpuquio Chupaca – Junín, 2021 – 2022.

1.6. Operacionalización de variables.

Tabla 1.

Operacionalización de Variables.

VARIABLES	DESCRIPCIÓN CONCEPTUAL	DEFINICIÓN OPERACIONAL	DIMENSIONES	SUBDIMENSIONES	OPERACIONALIZACIÓN		
					INDICADORES	ESCALA	TIPO DE VARIABLE
Independiente: Macroinvertebrados acuáticos	Son organismos abundantes y extendidos, sensibles a las perturbaciones ambientales, especialmente en los sistemas acuáticos, sostiene una reacción negativa a cualquier tipo de contaminación del agua como acidificar, cambio hábitats y eutrofización de cuerpos de agua	Se colectarán las especies que presenta en la laguna y se evaluarán microscópicamente	Índice Simpson	Varía de 0 – 1	Número de especies por género y familia.	Nominal	Cuantitativa
			Índice Shannon	0-2: diversidad baja 2-3.5: diversidad media 3.5-5: diversidad alta	Cantidad de especies de acuerdo con el género y familia	Nominal	Cuantitativa
			Índice Margalef	Menores a 2: poca diversidad Superiores a 5: mucha diversidad	Número de especies por género y familia	Nominal	Cuantitativa
			Índice BMWP	>101: Aguas limpias 61-100: Aguas ligeramente contaminadas	Porcentaje de sensibilidad	Nominal	Cuantitativa

			Índice ABI	<p>36-60: Aguas moderadamente contaminadas</p> <p>16-35: Aguas muy contaminadas</p> <p><15: Aguas fuertemente contaminadas</p> <p>>96: Muy bueno</p> <p>59-96: Bueno</p> <p>35-58: Regular</p> <p>14-34: Malo</p> <p><14 Pésimo</p>	Porcentaje de sensibilidad	Nominal	Cuantitativa
Dependiente: Calidad de agua	La calidad del agua se refiere a la condición general que permite que el agua se utilice para fines específicos, asimismo, son las propiedades físicas, químicas, biológicas y estéticas (olor y aspecto) del agua.	Se tomarán muestras de agua para determinar la calidad de agua.	<p>Parámetros físicos</p> <p>Parámetros químicos</p>	<p>Temperatura</p> <p>Oxígeno disuelto</p> <p>Conductividad eléctrica</p> <p>pH</p>	<p>°C</p> <p>%</p> <p>µs/cm</p> <p>Valores de pH</p>	<p>Nominal</p> <p>Nominal</p>	<p>Cuantitativa</p> <p>Cuantitativa</p>

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación.

2.1.1. Antecedentes Internacionales.

La investigación titulada, “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas loticos de Caquetá El Docell”, tuvo como objetivo determinar la utilidad de los macroinvertebrados para evaluar la integridad del ecosistema; al mismo tiempo, considerando que hay tres periodos de muestreo de bajo nivel de agua, área de agua de transición y alto nivel de agua, también se establecieron 3 sitios de muestreo y las muestras se recolectaron por red tipo D, un total de 95 géneros, 56 familias y se identificaron 15 ordenes; *chironomidae* (Diptera) es la familia más numerosa, seguida de *Philopotamidae* (Trichoptera), *Leptophlebiidae* (Ephemera); los indicadores de calidad biológica BMWP, APT y EPT muestran el impacto de la contaminación por residuos municipales y la capacidad de autodepuración del agua del arroyo; las comunidades de macroinvertebrados reportados respondieron a perturbaciones antropogénicas en los ecosistemas estudiado, los sitios con menos interferencias tuvieron la mayor abundancia, mientras que los sitios más afectados tuvieron baja diversidad y alta dominancia (10).

En su estudio “Estudio preliminar de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera de un río altoandino del municipio de Rondón Boyacá”, cuyo objetivo principal fue comparar la actividad diaria de macroinvertebrados acuáticos como transporte de materia orgánica, utiliza el método cualitativo como para determinar dos puntos de muestreo, para registrar parámetros físicos y químicos cada 4 horas, para obtener resultados sobre transporte MOPG; se encontraron diferentes significativos entre las estaciones aguas abajo, que emitieron más MOPG m-3 con 36.6 g PS, con una mayor cantidad transportada lo que respalda la hipótesis del río es continuo en cuanto a la densidad, se deriva en el ciclo diurno (día y noche) en la estación aguas arriba, existe una diferencia significativa con una mayor tendencia de deriva en la noche, 3.80 ind m-3 vs 1.78 m-3, hora al día.(17).

La investigación titulada, “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)”, busco determinar la calidad del agua mediante la identificación de macroinvertebrados considerando los tres puntos del río Teusacá, utilizando indicadores cuantitativos, método mediante el mapeo de los sitios de muestreo, teniendo en cuenta el índice BMWP para macroinvertebrados, *Shannon*, *Simpson*, *Margalef* y *Menhinick*; obtuvieron un total de 6781 individuos de macroinvertebrados acuáticos pertenecientes a 3 filo, 5 clases, 11 órdenes y 21 familias del

monitoreo de 3 sitios de muestreo en julio, septiembre y noviembre del 2017; la calidad del agua en el río Tausacá esta moderadamente contaminada y tiene estar muy contaminada y un alto predominio de especies de macroinvertebrados recolectados; los índices de calidad y diversidad utilizados proporcionan resultados independientemente del momento en que se tomó la muestra correspondiente (28).

En su artículo científico “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en el área de restauración de la quebrada la colorada, villa de Leyva, Colombia”, en este trabajo se evaluó la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en la quebrada La Colorada, existen diferentes variables de restauración ecológica que se realizan en zonas hídrica del sistema, esta es una estrategia, ante los cambios en la vegetación asociados a incendios forestales, turismo, presencia de plantas invasoras y bosques plantados con especies invasoras, entre otras cosas, a los bienes y servicios de los ecosistemas. Comparación de la estructura y composición de comunidades de macroinvertebrados entre una región y otra sin recuperación ecológica, establecieron 4 puntos de monitoreo para este propósito, dos de ellas con proceso de restauración ecológica y dos sin restauración ecológica rastrearon parámetros e indicadores fisicoquímicos e índices bióticos, para los resultados se calcularon los índices de Shannon Weaver, Simpson y equidad de Pielou, que se registraron diferencias significativas entre comunidades y obtuvieron los siguientes resultados; 3 clases, 7 órdenes, 15 familias y 18 géneros de macroinvertebrados, en áreas restauradas, mientras que en el área sin restauración se obtuvo 2 clases, 5 órdenes, 7 familias y 10 géneros, mientras que en el área no desarrollada obtuvo 2 clases, 5 órdenes, 7 familias y 10 géneros de macroinvertebrados, lo que finalmente mostró que los taxones abundantes fueron las *Basommatophra* 36%, *Hemiptera* 17% y la *Tricladida* 12%, las estaciones de muestreo tienen buena diversidad biológica y baja dominancia (46).

2.1.2. Antecedentes Nacionales.

En su investigación “Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la calidad de agua del río Rímac, tuvo como objetivo emplear macroinvertebrados bentónicos (MIB) para evaluar la calidad del río Rímac, Lima-Perú, durante la época de estiaje del 2022, se llegó analizar en 3 puntos considerar las fuentes de contaminación, en cada punto fueron medidos los parámetros fisicoquímicos (conductividad eléctrica (CE), oxígeno disuelto (OD), demanda bioquímica de oxígeno (DBO5), turbidez, velocidad media del agua y pH) y meteorológicos (velocidad de viento, humedad relativa y temperatura), para la recolección de macroinvertebrados bentónicos se llegó a utilizar una red surber; en el R1 se detectó una DBO relativamente alta de 4.97 mg/l generada por la materia orgánica, la CE en R2 es de 556.27 ($\mu\text{S}/\text{cm}$) que da indicio de presencia de iones, la turbidez de R3

igual a 5.99 UNT fue mayor debido al estrato que conforma y la velocidad media, mencionar que los resultados obtenidos estuvieron por debajo de los límites que el ECA – agua (23); sin embargo, los resultados del BMWP indican que el agua está contaminada y no descartan la presencia de otros contaminantes tras la identificación de familia como *Oligochaeta*, *Hydracarina*, *Ceratopogonidae*, *Chironomidae*, etc, esto indica que la calidad del agua es mala; por último el MIB fue reconocido como un excelente indicador biológico de la calidad del agua por su fácil recolección y costo bajo, lo que contribuyó a demostrar el estado de las 3 estaciones del río Rímac (41).

El artículo científico, “Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú”, cuyo objetivo fue comparar la diversidad, composición y abundancia de macroinvertebrados y sus características fisicoquímicas del arroyo de agua asociados a los bofedales altoandinos, ubicados en el departamento de Ayacucho, Perú; estudiaron 11 estaciones en 2 bofedales de arroyo: 4 en Pichccahuasi (P) de 28 ha (n = 8) y 7 en Guitarrachayoc (G) de 43 ha (n = 28); lo que llegaron a emplear fue un res de Suber (0.3 mm de malla, área de muestreo de 1 200 cm²), sus muestreos fueron de octubre de 2016 a abril de 2017, se aplicaron el análisis de componentes principales (PCA) y análisis de varianza multivariante no paramétrico (NP-MANOVA), para que pudieran comparar las características del agua; sus resultados fueron heterogéneas, con un pH de 3.2 (±0.4) a 7.6 (±0.1), conductividad de 168.9 (±91) µm/cm a 1 117 (±159.3) µS/cm; donde el agua G6 presenta mínimos valores de pH y máximo de conductividad, la densidad fue de 31 ind./m² y de 475 ind./m² para el bofedal P y G; se obtuvo 8 126 individuos, clasificado en 26 taxa de 20 familias, 11 órdenes y 5 clases, lo que los insectos fueron los más diversos y abundantes; en G se registró 25 taxa, con dominancia de *Macrelmis* sp, *Dicrotendipes* sp, *Claudioperla* sp, y *Meridialaris* sp; en P con dominancia de *Pedrowygomya* sp, *Hyaella* sp, y *Dicrotendipes* sp; se concluyó que la composición, densidad y riqueza de macroinvertebrados son distintos en los arroyos según el bofedal al cual se halla asociado (15).

En su investigación sobre “Comunidad de Macroinvertebrados acuáticos y calidad de agua mediante variables físico-químicas de la Represa el Pañe – Arequipa”, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores”, el objetivo principal fue analizar los cambios de la calidad del agua en macroinvertebrados y utilizando biodiversidad específicos aledañas a la represa Pañe, este método es un diseño no experimental cuantitativo, recolectando macroinvertebrados a través de una red tipo D, para el análisis del agua se llegó a utilizar los índices bióticos BMWP y ABI; para la recolecta de muestreo se utilizó 5 puntos en río, 2 en laguna, 2 en bofedales y muestrearon macroinvertebrados en la superficies y en vegetación a fin de evaluar la riqueza en un mayor cantidad de

hábitats; se identificaron 55 taxones en 36 familias, 22 órdenes, 10 clases y 5 phyla; en río se mostraron 55 taxones, 34 en laguna y 36 en bofedales; los taxones que presentan mayor abundancia en río fueron *Cricotopus* sp, *Pristina* sp, y *Aturbina* sp; en lagunas fueron *Trichocorixa* sp, *Cyprididae* sp, y *Pristina* Sp; mientras que en los bofedales son *Cricotopus* sp, *Xiphinema* sp, y *Limnozetes* sp; en los ríos el punto ER1 se presencia que la calidad de agua es de crítica a mala, en ER2, ER3A, ER3B y ER4 se categorizó como aceptable y muy buena; en las lagunas se llegó a presentar una calidad de agua dudosa-aceptable en la estación E2 y E3 fue aceptable; la calidad de agua en los bofedales E7 es aceptable y E4 agua dudosa según los Índices de BMWP, y según el Índice ABI es buena (20).

2.1.3. Antecedentes Regionales y Locales.

En su investigación sobre “Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpuquio – provincia de Chupaca”, su objetivo principal fue analizar la diversidad de las lagunas de Ñahuimpuquio y Pucush Uclo en la provincia de Chupaca, en los periodos de enero a marzo, donde se estableció 4 puntos de monitoreo con puntos cardinales establecidos, se utilizó la red de D-net y red suber, el arrastre fue de 10 m de izquierda a derecha, las muestras fueron seleccionados y rotulando en envases para su respectivo registro; en el humedal de Pucush Uclo se obtuvo un total de 830 individuos, dividido en 4 clases, 6 órdenes y 22 familias y en la laguna Ñahuimpuquio 894 individuos, dividido en 4 clases, 7 órdenes y 24 familias; la diversidad se determinó mediante los índices de Margalef, se obtuvo un resultado en Pucush Uclo de 3.5506 ± 0.3037 y de Ñahuimpuquio de 4.004 ± 0.4729 representando una riqueza específica, en el índice de Simpson en Pucush Uclo el resultado salió 0.1065 ± 0.0142 y de Ñahuimpuquio de 0.0919 ± 0.0190 mostrando equidad; en el índice de Shannon Wiener en Pucush Uclo fue de 2.4168 ± 0.1375 y en Ñahuimpuquio de 2.6006 ± 0.1920 , mostrando dominancia, presentaron que ambas lagunas son contaminadas moderada, en la calidad de agua se evaluó el índice de BMWP, dando resultado que la laguna de Pucush Uclo tienen una calidad aceptable (aguas ligeramente contaminadas), mientras que la laguna Ñahuimpuquio dio la calidad buena (aguas no contaminadas), se concluye que ambas lagunas presentan contaminación leve (26).

En su investigación “Diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, sub-cuenca del Río Shullcas – Huancayo”, tuvo como objetivo caracterizar la calidad del agua mediante el uso de índices bióticos complementados con parámetros químicos y microbiológicos; se muestreo 15 puntos en 5 sectores en 2 tiempos contrastantes (sequía y lluvia) donde se realizó los muestreos de DBO, temperatura,

coliformes y escherichia coli, oxígeno disuelto, sólidos disueltos totales, conductividad y la calidad de agua según ECA/agua; las muestras de macroinvertebrados se recolectan mediante un muestreo de 250 μm y se analizaron en el laboratorio mediante claves taxonómicas y se determinó el índice Biological Monitoring Working Party adaptado a Colombia (BMWP/col), Índice Biótico Andino (ABI), índice Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera (EPT) y índice de Shannon – Wiener (H'); los parámetros evaluados muestran que hay una participación de DBO, coliformes y *S. coli* en el sector inferior, lo que no cumple con la normativa peruana; asimismo se encontraron 2413 macroinvertebrados en 7 clases, 14 órdenes y 25 familias, con la orden Diptera como la más diversa en ambas temporadas; sin embargo, los índices bióticos evaluaron los resultados importantes sobre la calidad de las aguas del río Shullcas, que oscilan entre muy buena, lo que se determinó que el sector alto del río se encontró la mayor diversidad de macroinvertebrados bentónicos según el índice de abundancia y riqueza; las presiones humanas tienen un impacto significativo en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos y, como resultado, la calidad del agua del río Shullcas empeora desde la parte alta hacia la parte baja (8).

Según el artículo científico “Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú”, el presente estudio examinó cuatro microhábitats (piedra, grava, musgo y hoja retenida en la corriente) para evaluar la influencia de microhábitat se utilizó el Índice BMWP/col y ABI; se recolectaron 103 géneros de 52 familias de macroinvertebrados acuáticos, de los cuatro microhábitats evaluados, la hoja retenida en la corriente tenía la mayor abundancia y riqueza (90 géneros y 5069 individuos), los resultados demostraron que los diversos microhábitats tuvieron un impacto significativo en las métricas de bioindicación BMWP/Col y ABI ($p < 0.05$) además, las comparaciones múltiples demostraron variaciones significativas ($p < 0.05$) entre los microhábitats de piedra- hoja y musgo – hoja; esto demuestra la importancia de un muestreo multihabitats; se encontró que tanto el índice BMWP/col como el índice ABI se complementarían para medir la calidad acuática en quebradas de un ecosistema montano porque ambos dependen de la heterogeneidad de hábitats (45).

2.2. Bases teóricas.

2.2.1 Macroinvertebrados acuáticos.

Son aquellos organismos numerosos y poco común, con un tamaño superior a 500 μm , no poseen una espina dorsal y son de fácil manipulación para poder ser observada sin la necesidad de un microscopio, la importancia de estos macroinvertebrados es de dar una fuente de energía para animales más grandes (11); son sensibles a las perturbaciones

ambientales, particularmente en el sistema acuático, reaccionan negativamente a cualquier tipo de contaminación del agua, como acidificación, cambio de hábitat y la eutrofización del cuerpo de agua y contraste con otra vida acuática, permiten identificar con precisión los cambios o perturbaciones que se han producido en el medio acuático(30).

Estos macroinvertebrados proporcionan muy buenas señales de la calidad del agua, cuando se realiza un monitoreo, pueden brindar una imagen clara del estado del cuerpo de agua al resistir y reproducirse de manera diferente, por ejemplo, cuando el agua se contamina, las moscas de piedra desaparecen porque solo viven en aguas muy limpias; pero a diferencia de las larvas de algunos gusanos y otras moscas prosperan en agua sucia y pueden resistir la contaminación (16).

Muchos autores consideran que los macroinvertebrados acuáticos son los mejores indicadores biológicos de la calidad del agua, luego vienen las algas, protozoos, bacterias (16).

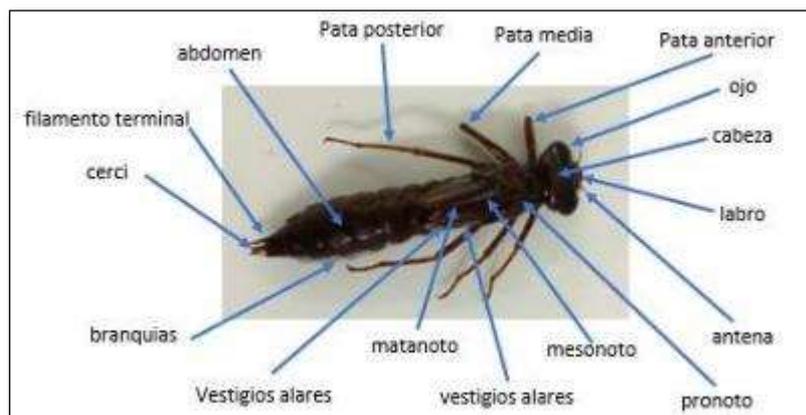


Figura 1. Partes de un macroinvertebrado en esta larval.

2.2.2 Principales ordenes de macroinvertebrados.

a. Orden Efemerópteros.

Las larvas de este orden en su gran mayoría son acuáticas, con promedio de vida hasta 2 años, mientras que los adultos son muy efímeros donde llegan a vivir pocas horas e incluso minutos; este tipo de especies por lo general viven en aguas limpias y bien oxigenadas, lo que le hace considerar como un indicador de calidad de agua (27).

b. Orden Plecópteros.

Este orden de larvas es exclusivamente acuático y el adulto presenta un vuelo torpe, este tipo de especies vive en el fondo de las causas de agua, bien oxigenadas y libres de contaminación, por lo que son abundantemente usados como bioindicadores de ecosistemas acuáticos (27).

c. Orden Odonatos.

Este tipo de especies viven común mente en pozos, al borde de lagos, pantanos, corrientes lentas y de bajo altura, por lo general rodeados de abundante vegetación acuática, viven en aguas ligeramente eutrofizadas o aguas limpias (27).

d. Orden Coleópteros.

Alrededor del 15% de estas especies son acuáticas, en algunos grupos las larvas y los adultos son acuáticos, mientras que en otro grupo solo uno de las dos fases, presenta, en el requerimiento de la calidad de las aguas estas no presentan un factor determinante (27).

e. Orden Hemípteros.

Grupo de insectos con aparato bucal chupador del cual solo el 10% son especies acuáticas, aunque la mayoría de las familias, también conocidos como zapateros, viven en la superficie del agua, la mayoría son depredadores y a menudo usan sus estiletes maxilares para inocular a sus presas con compuestos tóxicos; tienen mucha adaptación en relación a los depredadores, principalmente peces, porque son capaces de saltar unos centímetros fuera del agua y vivir en ella y mostrar un comportamiento amigable (27).

f. Orden Tricópteros.

Son insectos más relevantes de los ecosistemas acuáticos, siendo acuáticas sus larvas, algunas especies fabrican estuches o envases con materiales de restos vegetales, grava o arena, desarrollando así su ciclo larvario dentro de este, su dieta es diversa con especies detritívoras, depredadoras y herbívoras, a diferencia de otros grupos, el alcance de sus necesidades está relacionado con la calidad del agua (27).

g. Orden Dípteros.

Conocido como moscas verdaderas, este orden tiene mayor diversidad y es uno de los más ampliamente distribuidos, sus larvas acuáticas presentan tábanos, mosquitos, entre otros, algunas especies están habituadas a vivir en áreas con altas concentraciones de oxígeno y corrientes, mientras que otras viven en ecosistemas en condiciones extremas y ciertas alteraciones (27).

2.2.3 Calidad de agua.

El término “calidad del agua” se refiere a las condiciones bajo las cuales el agua puede usarse para un propósito específico. La Agencia de Protección Ambiental de Estados Unidos afirma que la calidad del agua se define como las características físicas, químicas, biológicas y estéticas (olor y apariencia del agua); algunos autores afirman que la calidad del medio acuático está determinada por la composición y salud de la comunidad biológica

(organismo vivo) en la masa de agua (19), a la hora de evaluar la calidad del agua, el concepto de calidad biológica surge del estudio de la composición y estructura de las comunidades biológicas, considerar que los ambientes acuáticos de buena calidad biológica tienen características naturales que permiten que las comunidades y organismos prosperen (3).

En este sentido, las investigaciones limnología (estudia los ecosistemas acuáticos continentales), tiene por objetivo determinar las propiedades fisicoquímicas de los cuerpos de agua y comunidades asociadas, cada tipo de ecosistema está asociado a una comunidad biológica, por lo que la calidad del agua está determinada por factores hidrológicos, fisicoquímicos y biológicos (29).

2.2.4 Bioindicadores.

Los indicadores biológicos o bioindicadores son características de los sistemas biológicos que ayudan a estudiar las características del medio ambiente, pueden ser especies, poblaciones o comunidades (2).

Por tanto, un indicador biológico se utiliza para evaluar la calidad del agua se determina una especie, comunidad o población tiene requerimientos específicos para las variables fisicoquímicas; los cambios de apariencia, escasez, morfología, significa que las variables fisicoquímicas examinadas, están en los límites aceptables (49).

2.2.5 Índices biológicos.

Los indicadores biológicos de la calidad del agua examinan aspectos y parámetros biológicos del medio acuático, cuyo cambio indica la presencia de cambios de dicho ambiente, por tanto, se basan en la relación entre las propiedades del ambiente y los organismos que se desarrollan; implementan herramientas de medición de la calidad de agua basadas en indicadores vivos en el agua, determinando así la sensibilidad de cada organismo a la contaminación e indicadores biológicos que da una cifra, suma de valor y convicciones comunitarios, que indican el estado del ambiente (29).

- a. **Índice BMWP: El Biological Monitoring Working Party (BMWP)**, es un método simple para evaluar rápidamente la calidad del agua utilizando macroinvertebrados como bioindicadores, desarrollando en el Reino Unido en la década de 1970; con este método solo se necesita llegar a nivel familiar y los datos son cualitativos (ausencia o presencia); BMWP es un índice fácil de usar y aplicar, los macroinvertebrados acuáticos están relacionados según su familia que se dividen en grupos y tiene una puntuación de 10 a 1 (48). Como se muestra en la

Tabla 2 y 3, con este sistema de calificación se puede distinguir las estaciones de muestra.

Tabla 2.

Puntajes asignados a las diferentes familias de macroinvertebrados acuáticos para la obtención del BMWP.

FAMILIAS	PUNTAJE
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Griptopterygidae, Lampyridae, Odontoceridae, Perlidae, Polymitarcidae, Polythoridae, Psephenidae	10
Coryphoridae, Ephemeridae, Euthyplociidae Gomphidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Limnephilidae, Oligoneuriidae, Philopotamidae, Platystictidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae	9
Atyidae, Calamoceratidae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydraenidae, Hydroptilidae, Leptoceridae, Naucoridae, Palaemonidae, Pseudothelphusidae, Trichodactylidae, Saldidae, Sialidae, Sphaeriidae	8
Ancylidae, Baetidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Crambidae, Dictyrididae, Dixidae, Elmidae, Glossosomatidae, Hyalellidae, Hydrobiidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Lestidae, Ochteridae, Pyralidae, Griptopterygidae	7
Aeshnidae, Ampullariidae, Caenidae, Corydalidae, Dryopidae, Dugesidae, Hyriidae, Hydrochidae, Limnichidae, Lutrochidae, Lymnaeidae, Megapodagrionidae, Mycetopodidae, Pleidae, Staphylinidae	6
Ceratopogonidae, Corixidae, Gelastocoridae, Gyrimidae, Libellulidae, Mesoveliidae, Nepidae, Notonectidae, Planorbidae, Simuliidae, Tabanidae, Thiaridae	5
Belostomatidae, Chrysomelidae, Curculionidae, Ephyridae, Glossiphoniidae, Haliplidae, Hydridae, Muscidae, Scirtidae, Empididae, Dolichopodidae, Hydrometridae, Noteridae, Sciomyzidae	4
Chaoboridae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Stratiomyidae, Tipulidae	3
Chironomidae, Isotomidae, Culicidae, Psychodidae, Syrphidae	2
Haplotaxida, Tubificidae, Lumbriculidae, Lumbricidae, Hydrachnidae	1

Fuente: (48).

Tabla 3.*Clasificación de la calidad del agua según el puntaje del BMWP.*

Clase	Calidad	BMWP/col	Color	Significado
I	Buena	>101	Azul	Aguas limpias
II	Aceptable	61-100	Verde	Aguas ligeramente contaminadas
III	Dudosa	36-60	Amarillo	Aguas moderadamente contaminadas
IV	Critica	16-35	Naranja	Aguas muy contaminadas
V	Muy Critica	< 15	Rojo	Aguas fuertemente contaminadas

Fuente: (48).

- b. Índice Biótico Andino ABI:** El índice utilizado hará uso de los datos cualitativos de la identificación del nivel taxonómico de familia, para una posterior ponderación en un valor de 1 – 10 según la lista del nivel de tolerancia por familia del índice Biótico Andino ABI, que considera lo macroinvertebrados acuáticos que habitan en cuerpos de agua mayores a 2000 m.s.n.m., como se muestra en la Tabla 4 y Tabla 5 (24).

Tabla 4.*Lista de ponderación Índice Biótico Andino (ABI).*

FAMILIAS	Puntajes
Leptophlebiidae, oligoneuridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Athericidae	10
Gomphidae, Calopterygidae, Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentrinidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae,	8
Glossosomatidae, Leptohiphidae, Limnephilidae	7
Ancylidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Coenagrionidae, Hydroptilidae	6
Simuliidae, Hydraenidae, Dryopidae, Elmidae, Scirtidae (Helodidae), Psephenidae, Lampyridae, Ptilodactylidae, Hydropsychidae, Naucoridae, Notonectidae, Corixidae, Gerridae, Veliidae, Turbellaria	5
Acari, Baetidae, Belostomatidae, Pyralidae, Tabanidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomyidae, Empididae	4
Psychodidae, Hydrophilidae, Dytiscidae, Gyrinidae, Staphylinidae, Sphaeriidae, Planorbidae, Lymnaeidae, Hydrobiidae, Hirudinea, Ostracoda	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae	2
Syrphidae, Oligochaeta	1

Fuente: (43).

Tabla 5.

Estado Ecológico ABI.

Clase	Valores	Color	Calidad
I	>96	Azul	Muy bueno
II	59-96	Verde	Bueno
III	35-58	Amarillo	Regular
IV	14-34	Naranja	Malo
V	< 14	Rojo	Pésimo

Fuente: (43).

2.2.6 Macroinvertebrados como bioindicadores

Los ecosistemas acuáticos contienen innumerables organismos y especies en el agua, quienes a cualquier perturbación ya sea natural o antrópica, son los primeros en monitorear el estado de la calidad del agua en el lugar, debido a que existen en ecosistemas acuáticos, serán los primeros en mostrar lo que está sucediendo (2).

Muchos investigadores creen que los macroinvertebrados son buenos indicadores de la calidad del agua, porque muestran las condiciones de hábitat a lo largo del tiempo (48), cita a los macroinvertebrados como un instrumento ideal para las propiedades biológicas de la calidad del agua, esenciales para su protección y control.

Además (5), señala que los macroinvertebrados son valorados como parte de la cadena alimentaria, por lo que desempeñan un papel importante en el flujo natural de nutrientes y energía, su alteración puede provocar la extinción del hábitat, lo que genera desequilibrio en las cadenas alimentarias.

2.2.7 Determinantes de los índices de diversidad.

Para la determinación de las características de diversidad, riqueza y dominancia de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos se utilizaron los índices de Shannon Wiener, índice Margalef y índice de Simpson.

a. Índice de equidad de Shannon Wiener (H')

Este índice asigna datos muestreados aleatoriamente a un individuo en una comunidad, el índice prioriza la riqueza y abundancia, hace uso de cantidad de especies y el número de individuos registrados por especies, donde los valores resultantes de la fórmula nos indica que 0 no hay diversidad y 5 diversidad alta

(42), y de acuerdo H' obtenido se procederá a la clasificación según los valores del Índice de Shannon – Wiener (51).

La fórmula para encontrar esta tasa es:

$$H' = -\sum pi (\ln. pi)$$

En el cual:

H' = Índice de diversidad de Shannon – Wiener

pi = Parte de las muestras de la especie i del número total de muestras (es decir, abundancia relativa de la especie i) n_i/N

\ln = Logaritmo natural de pi

b. Índice de diversidad de Margalef (DMG)

Generalmente proporciona datos sobre la riqueza como una forma sencilla de medir la biodiversidad; mide la suma de especies por área de muestra o el número de especies por número de individuos específicos, las puntuaciones por debajo de 2,0 son áreas de baja diversidad, mientras que puntuaciones superiores a 5,0 indican una alta diversidad (12).

La siguiente fórmula se utiliza para calcular esta tasa:

$$D_{Mg} = \frac{S - 1}{\ln (N)}$$

Donde:

S = número total de especies (riqueza de especies)

N = número total de individuos de todas las especies

c. Índice de dominancia de Simpson.

El índice usado es una medida de dominancia según la abundancia de especies de una muestra, esto según la medida de riquezas de especies, donde el resultado de la fórmula usa a continuación indica que 0 representa baja diversidad y 1 es alta diversidad (42).

La fórmula se realiza de la siguiente manera:

$$\lambda = \sum pi^2$$

Donde:

λ = Índice de Simpson

pi = n_i/N

n_i = Número de individuos de la especie “i”

N = Número total de especímenes.

2.3. Definición de términos básicos

2.3.1. Macroinvertebrados acuáticos.

Los macroinvertebrados están conformados por grupos que presentan una amplia diversidad de adaptaciones, sus ciclos de desarrollo son lo suficientemente largos como para permitirles fluir en grupos de agua en el tiempo suficiente para detectar cambios, y su diversidad es tan grande que su tolerancia a diferentes contaminantes es casi ilimitada (18).

2.3.2. Calidad del agua.

La calidad del agua ya sea subterránea o superficial, depende de las actividades humanas y de factores naturales; sin actividades humanas, la calidad del agua está determinada por procesos de evaporación atmosférica, erosión del sustrato mineral, lixiviación natural de materia orgánica y depósitos de limo; procesos biológicos en el agua, el medio ambiente y los nutrientes del suelo son factores hidrogeológicos que pueden cambiar física y químicamente la composición del agua (33).

2.3.3. Índice biótico.

Es uno de los métodos en general para determinar la calidad biológica de los cuerpos de agua; comúnmente se expresa mediante valor numérico que asume características de las especies; por lo general consiste en una combinación de dos o tres características, riqueza taxonómica e indicadores de calidad de la contaminación (tolerancia/intolerancia) (48).

2.3.4. Índice Simpson.

Es de dominancia porque los datos de este índice proporcionan información sobre la abundancia de una o dos especies más comunes en una comunidad, figura la viabilidad de que los individuos elegidos al azar pertenezcan a la misma especie (35).

2.3.5. Índice Shannon – Wiener.

Determina el contenido de información por individuo en plantillas, generadas aleatoriamente obtenidas de una comunidad donde se conoce el número total de especies (35).

2.3.6. Índice Margalef.

El índice de Margalef mide el número total de especies por área en una muestra o el número de individuos por número específico de especies (35).

2.3.7. Índice BMWP. (Biological monitoring Working Party).

Es un método sencillo basado en el análisis de la presencia de ciertas familias de macroinvertebrados tolerantes o sensibles a la contaminación, que genera resultados rápidos y confiables para la evaluación de calidad del agua (31).

2.3.8. Índice ABI. (Índice Biológico Andino).

Permite clasificar la calidad ecológica de un sistema, apoyado en el índice original de BMWP, y se aplica a ríos altoandinos superiores a los 2000 m.s.n.m. en el ABI se incluye un menor número de familias de macroinvertebrados ya que la altitud restringe la distribución y el nivel de tolerancia al disturbio ambiental difiere de otras regiones del mundo (31).

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA

3.1. Antecedentes de la investigación

3.1.1. Antecedentes Internacionales

El método científico se utiliza básicamente para obtener nuevos conocimientos, parte de la observación sistemática, medición, experimentación, formulación, análisis y modificación de la hipótesis, los principios aplicados por este método minimizan la influencia de la subjetividad del estudio, reforzando la validez del resultado y conocimientos obtenidos (9).

El método científico es uno de los más utilizados a nivel internacional, ya que a partir de este tipo de investigaciones se pueden dar soluciones a diferentes problemas de la sociedad, por lo tanto, a través de este método se establecerá una metodología que se define por el planteamiento del problema, marco teórico, metodología, resultados y conclusiones.

3.1.2. Tipo de investigación

Este tipo de investigación se aplica ya que el estudio podría aportar nuevos hechos y nueva información que podría ser útil y valiosa para la teoría, se utiliza para investigaciones, sistematización, evaluación, diagnóstico y para resolver problemas específicos e identificables; parte de la información obtenida de la investigación básica, a partir de lo cual se identifican problemas y se definen estrategias de solución, cuyo objetivo es predecir un determinado comportamiento ante una determinada situación (pág. 34 - 45), (9).

Con la ayuda de la investigación aplicada se pueden identificar completamente los problemas que conducen a la investigación de ambas variables de investigación y también se pueden derivar posibles soluciones en función de los resultados obtenidos.

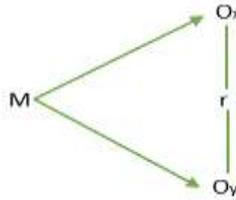
3.1.3. Nivel de investigación

Según (7), se basa en la descripción o caracterización de un cierto suceso o fenómeno determinado con la finalidad de detallar ciertas situaciones o eventos determinando como se da el fenómeno y así establecer su comportamiento o estructura. Al realizar este tipo de estudio se busca el análisis de la interacción de las cosas lo cual genera que la investigación presente mejores conclusiones.

Para esta investigación se propone utilizar el nivel descriptivo ya que se pretende caracterizar macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de la laguna Ñahuimpuquio.

3.1.4. Diseño de la investigación

El tipo de proyecto de investigación no es experimental, atestigua (14), analizar y estudiar hechos y fenómenos reales a medida que ocurren; esta investigación es aquella en la que no hay manipulación deliberada de las variables, no tienen una clase de control y mucho menos experimental.



Donde:

M = representa muestra

Ox = Macroinvertebrados acuáticos

Oy = Calidad del agua

r = Relación entre las variables de estudio

3.2. Población y muestra

3.3.1 Población

Una población es un conjunto de componentes, individuos u objetos con características específicas en un espacio específico y en un tiempo; algunas características se observan en regularidad, tiempo, cantidad y espacio (35 pág. 72), (14).

Se identificó una población para el estudio de la laguna Ñahuimpuquio, la cual se encuentra ubicada en la provincia de Chupaca en el Departamento de Junín a una altura de 3381 m.s.n.m., 400 m de ancho por 620 m largo, con una profundidad de 18 m en el centro de la laguna.

3.3.2. Muestra.

Es una parte de la población y se define como un subconjunto de la población, para poder obtener una muestra representativa es necesario conocer la importancia del conjunto y la calidad (35 pág. 83).

La muestra identificada en este estudio es de toda la población porque se pretende evaluar el mayor número de casos donde la investigación puede dar mejores resultados, la recolección de muestra se realizó cada 15 días, desde diciembre de 2021 a febrero de 2022, teniendo 2 muestreos en el mes de enero de 2022. Se establecieron 8 puntos de muestreo (denominados como puntos A, B, C, D, E, F, G y H). la ubicación de las muestras fue

considerada la accesibilidad de unir o tratar de recoger información para la caracterización de macroinvertebrados acuáticos.

Tabla 6.

Puntos de muestreo de la investigación.

Puntos	Coordenadas UTM		Altitud
	Este	Norte	
A	0463143	8665418	3396
B	0463130	8665360	3396
C	0463031	8665444	3398
D	0463013	8665591	3397
E	0463014	8665894	3397
F	0463188	8665688	3398
G	0463302	8665567	3396
H	0463202	8665461	3395

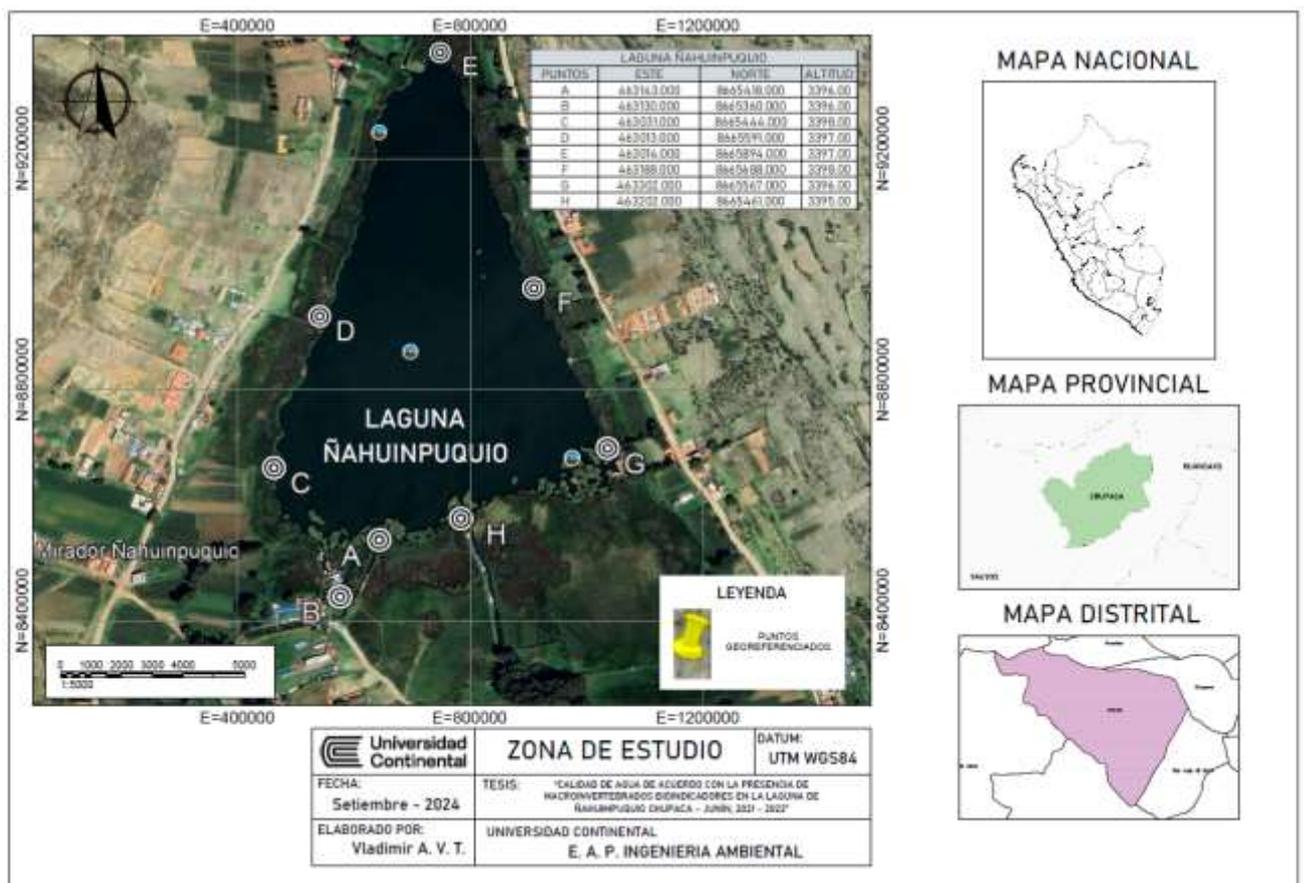


Figura 2. Puntos de muestreo en la laguna Nahuimpuquio.

Tomas de muestras de los macroinvertebrados acuáticos.

Se utilizo el método de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas de Ministerio del Ambiente (50).

1. Para la recolección de macroinvertebrados se realiza a través de una red tipo D-net, empleada por 2 marcos de metal de tipo D que en la entrada es de 30cm y 100 cm de largo, la malla debe tener entre 0.5 a 1 milímetro del tamaño de los agujeros modificada (50).
2. Se coloca en el punto de muestreo, el uso de la red debe ser profundo hasta llegar a cubrir el área representada en el lugar de muestreo, el barrido debe de ser de 10 m a lo largo de la orilla (50).
3. El material recolectado se vacía sobre una red, para lavar el exceso de lodo o arena, para luego colocar en bolsa plástica o recipiente con alcohol de 70% y 3 gotas de glicerina para mantener las estructuras de los organismos dóciles y flexibles (47).
4. Las muestras de macroinvertebrados obtenidos son debidamente rotulados, colocando el nombre de recolector, fecha de muestreo, para ser examinados posteriormente en el laboratorio (47).



Figura 3. Muestra de macroinvertebrados acuáticos.

Toma de muestras de agua para análisis de parámetros fisicoquímicos.

Para el muestreo de agua para análisis de parámetros fisicoquímicos, se sigue el Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales (44)

1. Primero se procede a calibrar los equipos que se utilizan para los análisis de parámetros fisicoquímicos de acuerdo con el manual de las calibraciones según corresponda el equipo.
2. Emplear el equipo de protección (EPP)
3. Los parámetros se miden *in-situ*.
4. El procedimiento de la muestra es, enjuagar 3 veces el recipiente, para obtener la muestra adecuada.



Figura 4. Toma de muestras de agua para parámetros fisicoquímicos.

3.3. Técnicas e instrumentos de recolección de datos.

3.3.1. Técnicas utilizadas en la recolección de datos.

La técnica utilizada para esta investigación es la de observar directamente, utilizando estereoscopio, placas Petri y pinzas entomológicas. Se observa detalladamente la morfología de cada macroinvertebrado encontrado en los diferentes puntos de muestreo de la laguna Nahuimpuquio. Para la identificación taxonómica de los macroinvertebrados fue a nivel de familia, utilizando las guías: “Guía para la identificación de macroinvertebrados acuáticos” (38) para determinar la calidad del agua con el índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP), “Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia” (47), “Metodología para utilizar los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua”(5), y “Fichas rápidas para la identificación de macroinvertebrados acuáticos” (52).

a. Determinación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos con el índice biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP).

Se analiza detalladamente la morfología de los macroinvertebrados, para luego clasificarlo según su taxonomía.

Sucesivo se realiza el conteo de los macroinvertebrados ya clasificados para determinar los índices de Shannon Wiener, Margalef y Simpson.

Para determinar el índice Biological Monitoring Working Party (BMWP/col), se clasifican las ordenes de los macroinvertebrados en 10 niveles con puntuaciones de 1 a 10, siendo el número 10 el indicador de menor tolerancia a la contaminación y 1 el de mayor tolerancia a la contaminación como se muestra en la tabla N°2 (34).

Finalmente, se realiza la suma de todas las familias indicando los niveles de la calidad del agua, utilizando la escala de severidad que contempla un rango de <15 a >100, de acuerdo con la sensibilidad de los organismos frente a la contaminación como se observa en la tabla N°3 (52).

b. Determinación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos con el índice biótico Índice Biótico Andino (ABI).

Se analiza detalladamente la morfología de los macroinvertebrados, para luego clasificarlo según su taxonomía.

Para la aplicación de este índice se asigna un nivel de sensibilidad a la contaminación de cada familia de organismos, al sumar estos valores de sensibilidad de las familias ya mencionadas en la tabla N° 4, se obtiene el valor final de este índice para la muestra analizada. Cabe mencionar que para la aplicación de este índice se debe de realizar un muestreo multihábitat en campo.

c. Determinación de la calidad del agua con parámetros fisicoquímicos.

Se determinan los siguientes parámetros fisicoquímicos, indicando que el equipo a utilizar es calibrado antes de cada medición, de acuerdo con el manual de calibración que contienen: Oxígeno Disuelto (O.D), Conductividad Eléctrica (C.E), Temperatura (T°) y pH. Todos esos parámetros se miden en in-situ por medio del equipo multiparamétrico.

d. Instrumentos utilizados en la recolección de datos.

Los instrumentos utilizados fueron las guías y fichas para la identificación taxonómica de macroinvertebrados acuáticos, el método Biological Monitoring Working Party (BMWP/col). Para la determinación de la calidad del agua mediante macroinvertebrados acuáticos, donde todo lo observado, clasificado y evaluado se registró en cuadernos de apuntes de laboratorio en la cual se anotó y dibujo la morfología. Los resultados fueron registrados en tablas de datos.

De igual manera para la recopilación de datos de los parámetros fisicoquímicos se registraron en tablas.

3.4. Técnicas de análisis de datos.

Para realizar el procedimiento de análisis de datos Arias (6), determina el estudio de investigaciones científicas que utiliza dos tipos de método, la estadística descriptiva y diferencial.

Las estadísticas descriptivas se basan en el procesamiento de datos obtenidos con los métodos y herramientas utilizados, este estudio se lleva a cabo en programas específicos que procesan la información que se introduce, en general los resultados se obtienen en forma de tablas de frecuencia y gráficos para ayudar a comprender mejor los resultados obtenidos durante el estudio.

Para el estudio presentado se utilizará la estadística descriptiva para lograr obtener el procesamiento de la investigación, el programa SPSS versión 25, que crea una base de datos en Excel para facilitar los análisis y resultados, que se presenta en forma de tablas y figuras que contienen tanto por ciento y continuidad.

La estadística inferencial es una técnica utilizada para obtener determinadas decisiones a partir de procesamientos de información de la población, esta estadística es importante por los resultados y posibles respuestas en el estudio, se obtiene del análisis planteada de la investigación.

En este estudio de investigación se aplica la estadística inferencial porque queremos probar o rechazar hipótesis general y específica formuladas durante el estudio, dado que se trata de un estudio de nivel descriptivo, se debe realizar unas estadísticas no paramétricas, las pruebas de normalidad se utilizan para comprobar si se debe utilizar una prueba de Person, Spearman o Chi cuadrado.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Resultados de la investigación.

A continuación, se muestran los principales resultados de la investigación por medio de tablas y figuras, donde el tiempo de recolección de datos fue de un aproximado de 3 meses (diciembre, enero y febrero), se tomaron en cuenta 8 puntos de muestreo donde se recolectan macroinvertebrados acuáticos y muestras de agua, esta información se recopiló en una base de datos de Excel para su procesamiento descriptivo e inferencial.

4.1.1. Resultados de la calidad del agua y características fisicoquímicas.

La calidad del agua se evaluó utilizando los siguientes parámetros; temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica y pH.

Tabla 7.
Resultados de la calidad de agua.

PUNTO DE MUESTREO	PARÁMETROS															
	TEMPERATURA (°C)				OXÍGENO DISUELTO (%)				CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (mS)				pH			
A-01	1	1	1	1	19.6	16.4	20.3	17.3	0.2	0.2	0.2	0.2	8.	8.	8.	8.
	4	3	5	4	0%	0%	0%	0%	95	93	63	69	5	6	3	6
B-01	1	1	1	1	13.5	16.5	15.8	16.7	0.2	0.3	0.3	0.3	8.	8.	8.	8.
	4	3	5	4	0%	0%	0%	0%	99	15	01	09	2	0	1	3
C-01	1	1	1	1	12.6	18.1	20.6	16.4	0.3	0.2	0.2	0.2	8.	8.	8.	8.
	5	3.	5	4	0%	0%	0%	0%	15	86	76	91	3	2	5	5
D-01	1	1	1	1	13.5	19.1	20.3	16.6	0.2	0.3	0.2	0.2	8.	8.	8.	8.
	3.	3.	3	4.	0%	0%	0%	0%	85	02	79	88	4	5	3	5
E-01	1	1	1	1	13.5	19.5	20.1	16.3	0.2	0.2	0.2	0.2	8.	8.	8.	8.
	3.	3.	3.	4.	0%	0%	0%	0%	87	94	83	83	2	5	2	4
F-01	1	1	1	1	13.1	17.7	18.5	15.4	0.2	0.2	0.2	0.2	8.	8.	7.	8.
	4	4	3.	5	0%	0%	0%	0%	89	95	85	88	3	6	6	5
G-01	1	1	1	1	16.2	20.2	19.2	16.4	0.2	0.2	0.2	0.2	8.	8.	8.	8.
	3.	3	3	5	0%	0%	0%	0%	86	76	56	84	5	5	0	6
H-01	1	1	1	1	13.6	17.5	18.9	18.6	0.2	0.2	0.2	0.2	8.	7.	8.	8.
	4	3	5	4	0%	0%	0%	0%	93	83	66	7	0	7	3	6
													4	3	2	2

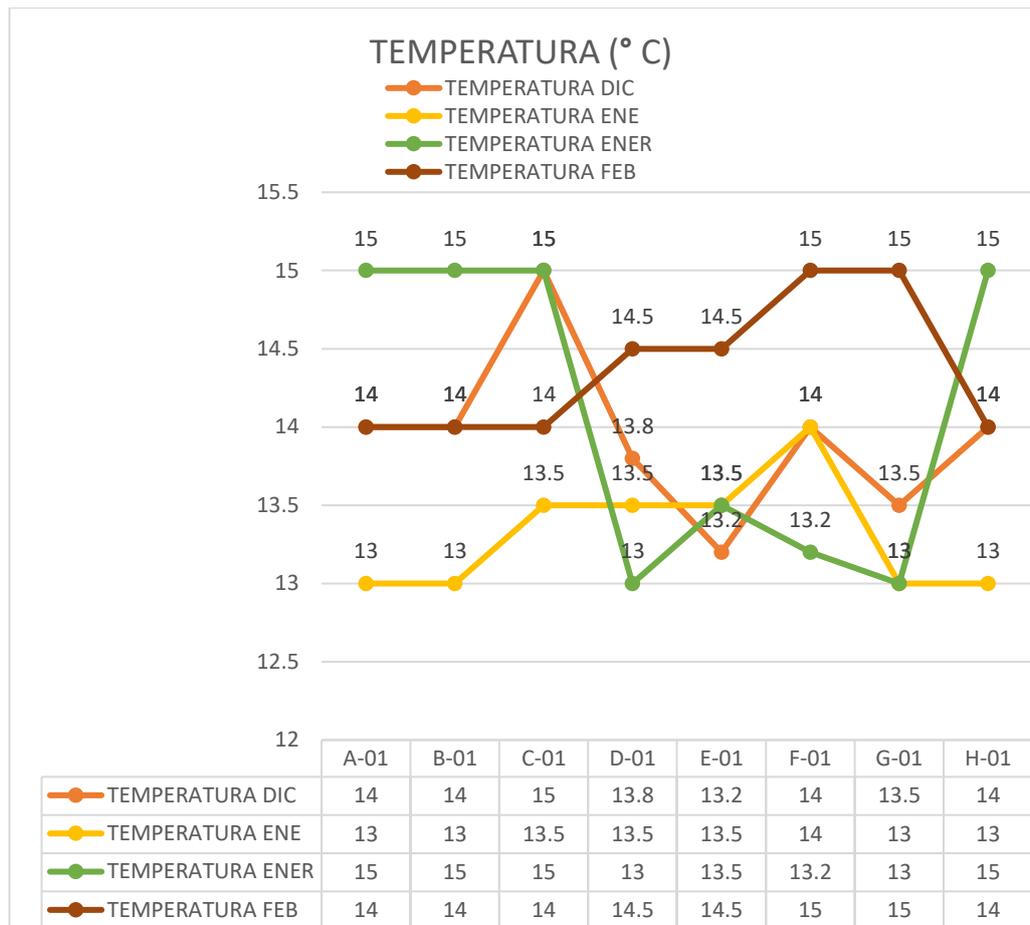


Figura 5. Resultados de la temperatura del agua.
Fuente: Tabla 7

Interpretación:

En la Tabla 7 y Figura 5. se muestran los resultados de las temperaturas del agua evaluadas durante el mes de diciembre, enero en dos fechas diferentes y febrero, de los cuales se evidencia una temperatura constante en el mes de febrero con un mínimo valor de 14° y un máximo de 15°, la temperatura que más varía es en el mes de diciembre con un mínimo de 13.2° y un máximo de 15°, dichos valores concuerdan con los apreciados en el mes de enero, donde en el segundo muestreo se obtuvieron valores similares aunque en la gran mayoría de puntos se obtuvieron un valor de 15°.

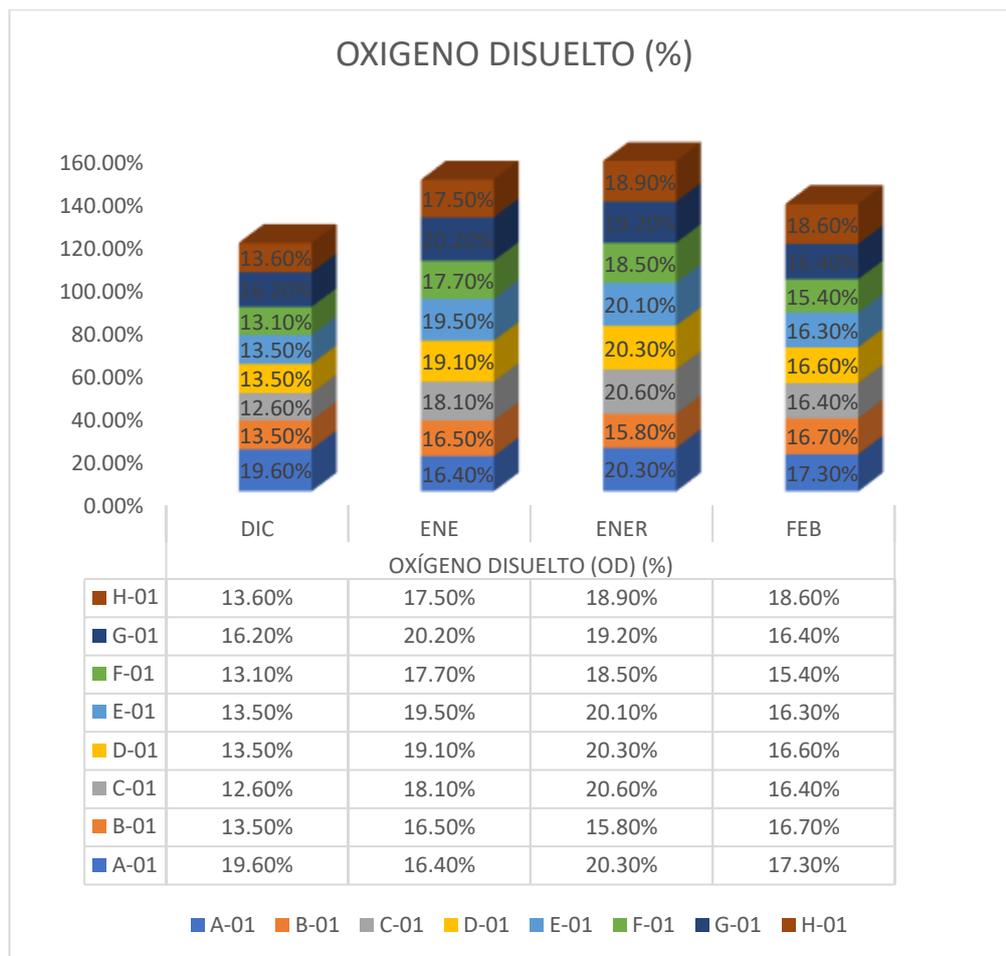


Figura 6. Resultados del oxígeno disuelto del agua.
Fuente: Tabla 7

Interpretación:

En la Figura 6., se muestra los valores obtenidos en 3 fechas de muestreo en 8 puntos para la determinación del contenido del oxígeno disuelto en agua, donde se aprecia un menor porcentaje para el punto A que fue en el mes de enero con un valor de 16.40%, en el punto B fue en el mes de diciembre con un valor de 13.50%, en el punto C fue en el mes de diciembre con un valor de 12.60%, en el punto D fue en el mes de diciembre con un valor 13.50%, en el punto E se obtuvo un valor mínimo de 13.50% para el mes de diciembre, en el punto F en el mes de diciembre y en el punto H obtuvo un valor de 13.60%, finalmente se puede observar que el mes de diciembre es donde se obtuvieron menores valores de oxígeno disuelto, a diferencia de los meses de enero y febrero.

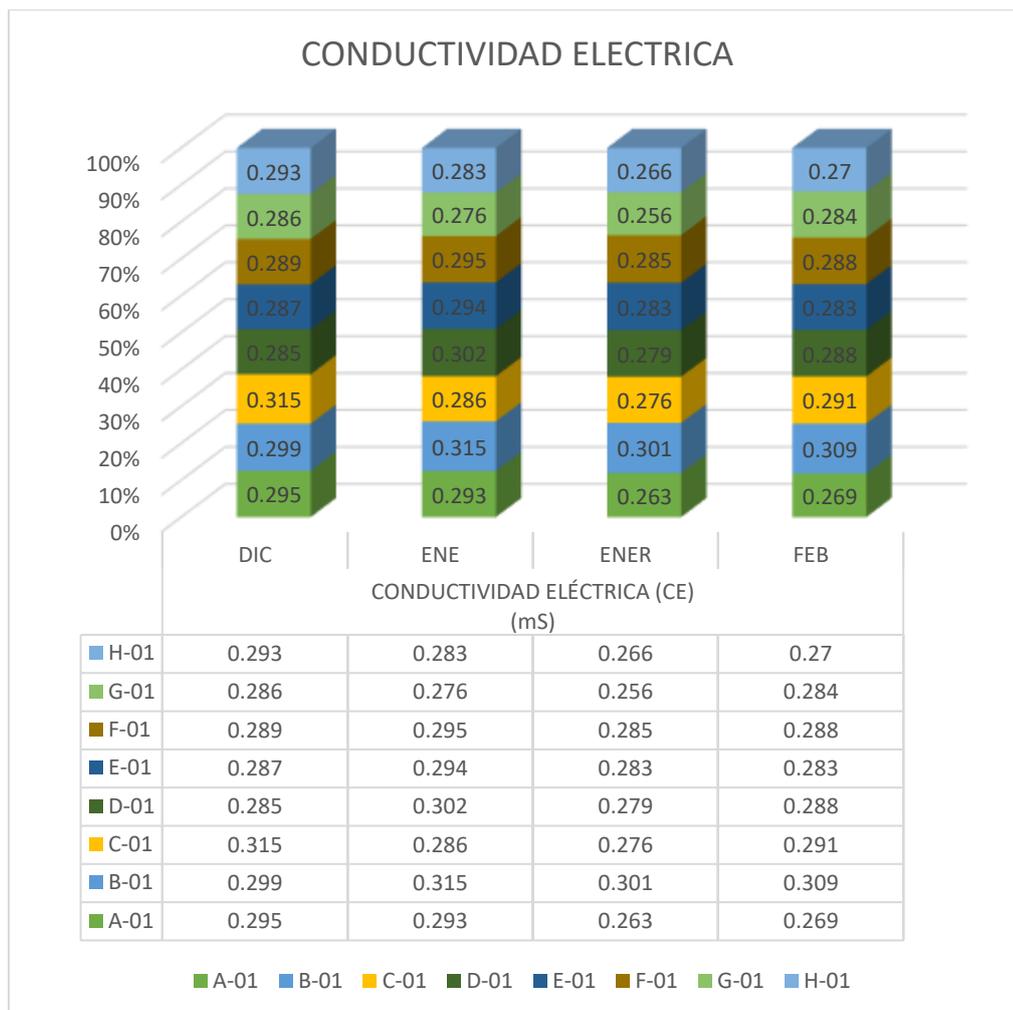


Figura 7. Resultados de la conductividad eléctrica del agua.
Fuente: Tabla 7

Interpretación:

En la Figura 7., se puede visualizar la conductividad eléctrica del agua medida en 8 puntos y en 4 muestreos, donde se aprecia que el menor valor se obtuvo para el punto A fue de 0.266 mS en el mes de enero, en el punto B fue en el mes de diciembre con 0.299 mS, en el punto C fue de 0.276 mS en el mes de enero (temporada de inundaciones), para el punto D fue de 0.279 mS en el mes de enero (temporada de inundaciones), en el punto E de 0.283 mS en el mes de febrero, para el punto F con 0.285 mS en el mes de febrero, en el punto G fue de 0.256 mS en el mes de enero (temporada de inundaciones), y en el punto H con 0.266 mS en el mes de enero (temporada de inundaciones), finalmente se visualiza que en el mes de enero (temporada de inundaciones) es cuando los valores de conductividad son menores.

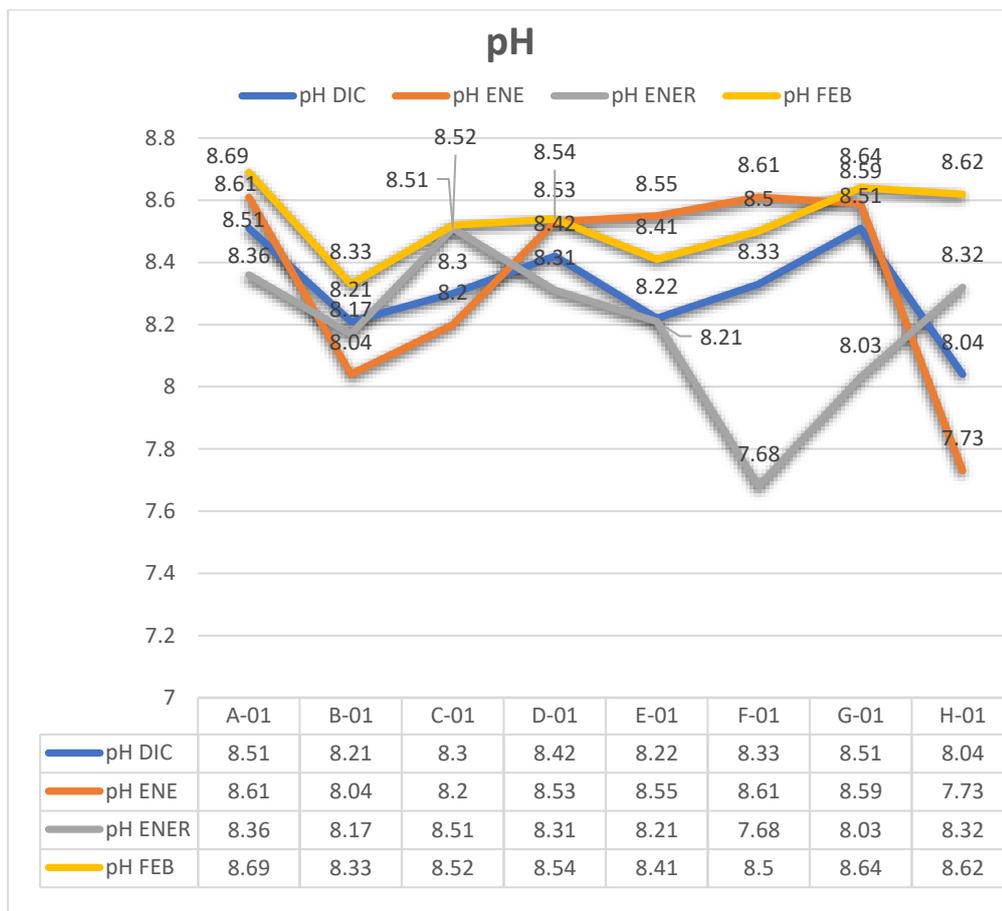


Figura 8. Resultados del pH del agua.

Fuente: Tabla 7

Interpretación:

En la Figura 8., respecto al pH del agua para los 4 muestreos con 8 puntos de identificación se aprecia que en el punto A el mayor fue de 8.69 en el mes de febrero, en el punto B de 8.33 en el mes de febrero, en el C fue de 8.52 en el mes de enero, en el punto D de 8.54 en el mes de febrero, para el punto E fue de 8.55 en el mes de enero, en el F de 8.61 en el mes de enero, en el punto G fue de 8.64 en el mes de febrero y en el punto H de 8.62 en el mes de febrero, finalmente como se puede observar todos los valores exceden el rango normal de pH (6.5 a 7.5), lo que indica que el agua es ligeramente acida, y los valores más altos se presentan básicamente en el mes de enero y mes de febrero.

4.1.2. Resultados de la descripción de macroinvertebrados acuáticos.

4.1.2.1. Clasificación taxonómica.

De acuerdo a las guías y fichas de identificación de macroinvertebrados acuáticos, se determina y se clasifican taxonómicamente a los macroinvertebrados que se

colectan en los 8 puntos de muestra de la laguna Ñahuimpuquio en los meses de diciembre, enero y febrero de 2021 – 2022.

Tabla 8.

Clasificación taxonómica de macroinvertebrados de la laguna Ñahuimpuquio entre los meses de diciembre a febrero del 2021 - 2022.

PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO
ARTROPODA	Insecta	Diptera	Ceratopogonidae, Chironomidae, Pyschodidae	
		Coleoptera	Elmidae, Hydrophilidae,	
			Dytiscidae	Rhamtus
		Ephemerópteros	Baetidae, Leptophlebiae	
		Hemiptera	Corixidae, Naucoridae, Notonectidae	
		Lepidoptera	Crambidae	
		Odonata	Aeshnidae,	Allopetalia, Anisoptera Gomphidae, Rhinnoeshna
			Libellulidae	Erythodiplax
			Zygoptera	
		Trichoptera	Helicopychidae, Odontoceridae, Limnephilidae	
Malacostraca	Amphipoda	Hyaellidae,		
	Decapoda	Palaemonidae		
ANNELIDA	Adenophorea	Araeolaimida	Nematoda	
	Citellata	Rhynchobdellida	Helobdella	
	Hirudinea	Arhynchobdellida	Macrobodellidae	
MOLLUSCA	Gastropoda	Basommatophora	Planorbidae, Physidae	
		Neotaenioglossa	Hydrobiidae	
	Pulmonata	Lymnaeidae	Fossaria, Pseudosucinea	
	Bivaldia	Unionida	Hyrridae	
		Veneroida	Corbiculidae, Sphaeriidae	

En la Tabla 8, se identificaron en total 3 *phylum*, 7 clases, 17 orden, 30 familia y 8 género de macroinvertebrados constituidos por *phylum Artropoda*; Clase *Insecta*, orden *Diptera* (familia, *Ceratopogonidae*, *Chironomidae* y *Pyschodidae*), *Coleoptera* (familia, *Elmidae*, *Hydrophilidae* y *Dytiscidae*, genero (*Rhamtus*)), *Ephemeropteros* (familia *Baetidae* y *Leptophlebiae*), *Hemiptera* (familia *Corixidae*, *Naucoridae*, *Notonectidae*), *Lepidoptera* (familia *Crambidae*), *Odonata* (familia *Aeshnidae*, genero (*Allopetalia*, *Anisoptera*, *Gomphidae*, *Rhynnoeshna*), familia *Libellulidae*, genero (*Erythrodiplax*), y familia *Zygoptera*; orden *Trichoptera* (familia *Helicopychidae*, *Odontoceridae* y *Limnephilidae*. Clase *Malacostraca*, orden *Amphipoda*, familia *Hyaellidae* y orden *Decapoda*, familia *Palaemonidae*. *Phylum Annelida*, clase *Adenophorea* (orden *Araeolaimida*, familia *Nematoda*), *Citellata* (orden *Rhynchobdellida*, familia *Helobdella*), *Hirudinea* (orden *Arhynchobdellida*, familia *Macrobodellidae*). *Phylum Mollusca*, clase *Gastropoda* (orden *Basommatophora*, familia *planorbidae* y *Physidae*), (orden *Neotaenioglossa*, familia *Hydrobiidae*), (orden *Pulmonata*, familia *Lymnaeidae* y genero *Fossaria*, *Pseudosuccinea*), clase *Bivaldia* (orden *Unionida*, familia *Hyrridae*), (orden *Veneroida*, familia *Corbiculidae* y *Sphaeriidae*).

4.1.2.2. Macroinvertebrados acuáticos según el índice BWMP/col.

Se muestran los resultados de los estudios de población de macroinvertebrados acuáticos basados en la familia y el género de las especies registradas.

Tabla 9.

Resultados de los macroinvertebrados acuáticos para el Índice BMWP/col.

FAMILIA	GENERO	DIC	ENE1	ENE2	FEB	TOTAL
Libellulidae		14	12	6	10	42
	Erythrodiplax	4	0	5	0	9
Aeshnidae	Rhynnoeshna	23	33	24	9	89
	Anisoptera	0	2	1	0	3
	Allopetalia	29	17	8	5	59
Chironomidae		56	37	49	7	149
Planorbidae		15	18	24	7	64
Physidae		34	43	18	7	102
Lymnaeidae	Pseudosuccinea	15	23	17	15	70
Hyaellidae		140	39	48	17	244
Hydrobiidae		28	8	19	6	61
Sphaeriidae		0	1	14	0	15
Macrobodellidae		7	14	3	0	24
Palaemonidae		0	1	0	0	1

Fossaria	18	7	14	0	39
Psychodidae	0	5	21	0	26
Ceratopogonidae	0	7	0	0	7
Limnephilidae	0	2	0	0	2
Corixidae	0	1	0	0	1
Elmidae	0	10	0	0	10
Crambidae	0	1	0	0	1
Corbiculidae	5	6	15	7	33
Notonectidae	4	3	10	0	17
Naucoridae	5	5	13	0	23
Gomphidae	4	0	11	2	17
Zygoptera	1	0	0	0	1
Rhamtus	2	0	1	0	3
Helicopchidae	3	0	0	0	3
Odontoceridae	1	0	0	0	1
Leptophlebitidae	1	0	0	0	1
Baetidae	3	0	5	0	8
Nematoda	1	0	1	0	2
Hydrophilidae	1	0	0	0	1
Hyriidae	0	0	9	0	9
Helobdella	0	0	1	0	1
Total	414	295	337	92	1138

Como se aprecia en la Tabla 9, existe 34 familias, con un aproximado de 5 género, en función a los meses se puede evidenciar una mayor presencia de macroinvertebrados acuáticos con un total de 414 en el mes de diciembre y en el mes de febrero se obtuvo un valor mínimo de 92 macroinvertebrados acuáticos, indicando así que existe una mejor presencia de organismos en el mes de diciembre y menor presencia en el mes de febrero, finalmente se señala que se hizo el conteo de un total de 1138 macroinvertebrados colectados en 3 meses de investigación.

4.1.2.3. Macroinvertebrados acuáticos según el Índice ABI.

Se muestran los resultados de los estudios de población de macroinvertebrados acuáticos basados en la familia según las especies registradas para el índice ABI.

Tabla 10.

Resultados de los macroinvertebrados acuáticos para el Índice ABI.

N°	FAMILIA	DIC	ENE1	ENE2	FEB	TOTAL
1	Libellulidae	14	12	6	10	42
2	Chironomidae	56	37	49	7	149
3	Planorbidae	15	18	24	7	64
4	Lymnaeidae	15	23	17	15	70

5	Hyalellidae	140	39	48	17	244
6	Hydrobiidae	28	8	19	6	61
7	Sphaeriidae	0	1	14	0	15
8	Ceratopogonidae	0	7	0	0	7
9	Limnephilidae	0	2	0	0	2
10	Corixidae	0	1	0	0	1
11	Elmidae	0	10	0	0	10
12	Notonectidae	4	3	10	0	17
13	Naucoridae	5	5	13	0	23
14	Helicopchidae	3	0	0	0	3
15	Odontoceridae	1	0	0	0	1
16	Leptophlebitidae	1	0	0	0	1
17	Baetidae	3	0	5	0	8
18	Hydrophilidae	1	0	0	0	1
Total		286	166	205	62	719

Como se aprecia en la Tabla 10, existe 18 familias, en función a los meses se evidencia una mayor presencia de macroinvertebrados acuáticos con un total de 286 en el mes de diciembre y en el mes de febrero se obtuvo un valor mínimo de 62 macroinvertebrados acuáticos, indicando así que existe una mejor presencia de organismos en el mes de diciembre y menor presencia en el mes de febrero, finalmente se señala que se hizo el conteo de un total de 719 macroinvertebrados colectados en 3 meses de investigación.

MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS

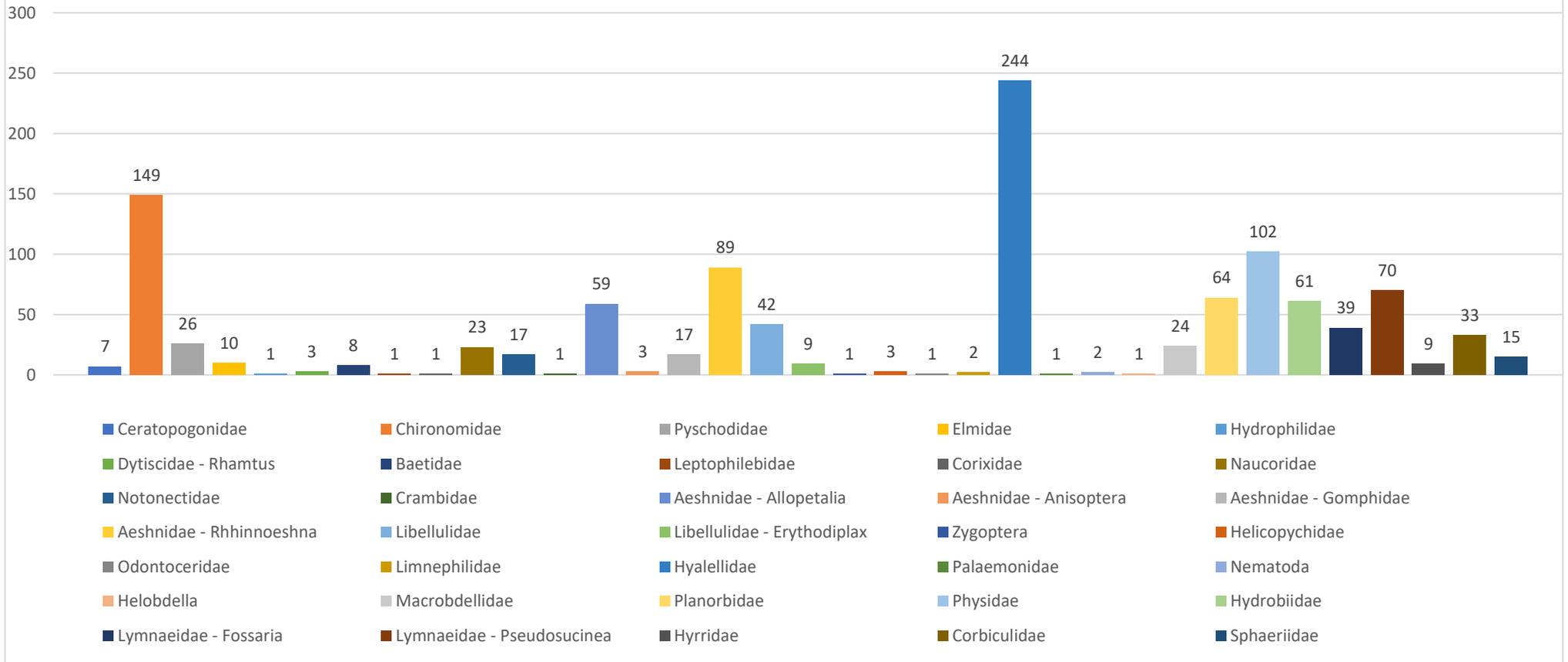


Figura 9. Presencia de los macroinvertebrados acuáticos de diciembre – febrero.

Fuente: Tabla 9 y 10

Tabla 11.*Porcentaje de cantidad de macroinvertebrados acuáticos.*

CLASIFICACION DE MACROINVERTBRADOS										
PHYLUM	CLASE	ORDEN	FAMILIA	GENERO	MUESTREO 1	MUESTREO 2	MUESTREO 3	MUESTREO 4	TOTAL	(%)
ARTROPODA	Insecta		Ceratopogonidae		0	7	0	0	7	0.6%
		Diptera	Chironomidae		56	37	49	7	149	13.1%
			Pyschodidae		0	5	21	0	26	2.3%
			Elmidae		0	10	0	0	10	0.9%
		Coleoptera	Hydrophilidae		1	0	0	0	1	0.1%
			Dytiscidae	Rhamtus	2	0	1	0	3	0.3%
		Ephemerópteros	Baetidae		3	0	5	0	8	0.7%
			Leptophlebiae		1	0	0	0	1	0.1%
			Corixidae		0	1	0	0	1	0.1%
		Hemiptera	Naucoridae		5	5	13	0	23	2.0%
			Notonectidae		4	3	10	0	17	1.5%
		Lepidoptera	Crambidae		0	1	0	0	1	0.1%
			Aeshnidae	Allopetalia	29	17	8	5	59	5.2%
				Anisoptera	0	2	1	0	3	0.3%
				Gomphidae	4	0	11	2	17	1.5%
		Odonata		Rhinnosheana	23	33	24	9	89	7.8%
			Libellulidae		14	12	6	10	42	3.7%
				Erythodiplax	4	0	5	0	9	0.8%
			Zygoptera		1	0	0	0	1	0.1%
			Helicopychidae		3	0	0	0	3	0.3%
		Trichoptera	Odontoceridae		1	0	0	0	1	0.1%
			Limnephilidae		0	2	0	0	2	0.2%

		Amphipoda	Hyaellidae		140	39	48	17	244	21.4%
	Malacostraca	Decapoda	Palaemonidae		0	1	0	0	1	0.1%
	Adenophorea	Araeolaimida	Nematoda		1	0	1	0	2	0.2%
ANNELIDA	Citellata	Rhynchobdellida	Helobdella		0	0	1	0	1	0.1%
	Hirudinea	Arhynchobdellida	Macrobdellidae		7	14	3	0	24	2.1%
		Basommatophora	Planorbidae		15	18	24	7	64	5.6%
			Physidae		34	43	18	7	102	9.0%
	Gastropoda	Neotaenioglossa	Hydrobiidae		28	8	19	6	61	5.4%
			Lymnaeidae	Fossaria	18	7	14	0	39	3.4%
MOLLUSCA		Pulmonata		Pseudosucinea	15	23	17	15	70	6.2%
		Unionida	Hyrridae		0	0	9	0	9	0.8%
	Bivaldia	Veneroidea	Corbiculidae		5	6	15	7	33	2.9%
			Sphaeriidae		0	1	14	0	15	1.3%
		TOTAL			414	295	337	92	1138	100.0 %

Como se muestra en la Figura 10. y Tabla 11, el porcentaje de presencia de macroinvertebrados acuáticos cuenta con mayor presencia de la especie Hyaellidae del Phylum Annelida con un total de 21.4% (244 macroinvertebrados acuáticos), así mismo se cuenta con la especie Chironomidae del Phylum Artrópoda con un total de 13.1% (149 macroinvertebrados acuáticos), también se cuenta con la especie Physidae del Phylum Annelida con un total de 9.0% (102 macroinvertebrados acuáticos), de manera contraria, el mejor porcentaje de presencia de macroinvertebrados fue de la especie Hylallidae así como la especie Helobdella del Phylum Annelida con un mínimo de 0.1% (1 macroinvertebrado acuático).

4.1.3. Resultados de la diversidad específica.

Los resultados de la diversidad se realizaron mediante el cálculo de los índices Shannon (riqueza y abundancia), Simpson (diversidad) y Margalef (biodiversidad), teniendo en cuenta las fórmulas establecidas, lo cual se muestran en las siguientes tablas.

Tabla 12.

Resultados de la diversidad específica del mes de diciembre.

MACROINVERTEBRADOS DEL MES DE DICIEMBRE						
Nº	FAMILIA	GENERO	TOTAL	PI	PI ²	PI*LNPI/LN2
1	Libellulidae		14	0.034	0.001	-0.165
2		Erythrodiplax	4	0.010	0.000	-0.065
3	Aeshnidae	Rhinnioeshna	23	0.056	0.003	-0.232
4		Allopetalia	29	0.070	0.005	-0.269
5	Chironomidae		56	0.135	0.018	-0.390
6	Planorbidae		15	0.036	0.001	-0.173
7	Physidae		34	0.082	0.007	-0.296
8	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	15	0.036	0.001	-0.173
9	Hyaellidae		140	0.338	0.114	-0.529
10	Hydrobiidae		28	0.068	0.005	-0.263
11	Macrobdellidae		7	0.017	0.000	-0.100
12	Fossaria		18	0.043	0.002	-0.197
13	Corbiculidae		5	0.012	0.000	-0.077
14	Notonectidae		4	0.010	0.000	-0.065
15	Naucoridae		5	0.012	0.000	-0.077
16	Gomphidae		4	0.010	0.000	-0.065
17	Zygoptera		1	0.002	0.000	-0.021
18	Rhamtus		2	0.005	0.000	-0.037
19	Helicopchidae		3	0.007	0.000	-0.052
20	Odontoceridae		1	0.002	0.000	-0.021
21	Leptophlebiae		1	0.002	0.000	-0.021
22	Baetidae		3	0.007	0.000	-0.052
23	Nematoda		1	0.002	0.000	-0.021
24	Hydrophilidae		1	0.002	0.000	-0.021
TOTAL			414	1.000	0.1586	-3.3800
Índice Shannon			3.3800	Índice Alto		
Índice Simpson			0.8414	Índice Alto		
Índice Margalef			3.8169	Índice Relativamente Alto		

Interpretación:

Como se puede ver en la Tabla 12, los resultados específicos de diversidad de este mes de diciembre, el índice de Shannon obtuvo un valor de 3.3800 que es mayor a 3 indicando que existe una alta heterogeneidad de especies, la dominancia que indica de Simpson fue de 0.8414, lo que indica una alta diversidad de especies en el área de estudio, asimismo,

respecto al índice de Margalef se obtuvo un valor de 3.8169, lo que indica una biodiversidad relativamente alta.

Tabla 13.

Resultados de la diversidad específica del mes de enero.

MACROINVERTEBRADOS ENERO I						
N°	FAMILIA	GENERO	TOTAL	PI	PI²	PI*LNPI/LN2
1	Libellulidae		12	0.041	0.0017	-0.3758
2		Rhinnosheana	33	0.112	0.0125	-0.7070
3	Aeshnidae	Anisoptera	2	0.007	0.0000	-0.0977
4		Allopetalia	17	0.058	0.0033	-0.4745
5	Chironomidae		37	0.125	0.0157	-0.7513
6	Planorbidae		18	0.061	0.0037	-0.4924
7	Physidae		43	0.146	0.0212	-0.8099
8	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	23	0.078	0.0061	-0.5740
9	Hyalellidae		39	0.132	0.0175	-0.7718
10	Hydrobiidae		8	0.027	0.0007	-0.2823
11	Sphaeriidae		1	0.003	0.0000	-0.0556
12	Macrobdellidae		14	0.047	0.0023	-0.4174
13	Palaemonidae		1	0.003	0.0000	-0.0556
14	Fossaria		7	0.024	0.0006	-0.2561
15	Psychodidae		5	0.017	0.0003	-0.1994
16	Ceratopogonidae		7	0.024	0.0006	-0.2561
17	Limnephilidae		2	0.007	0.0000	-0.0977
18	Corixidae		1	0.003	0.0000	-0.0556
19	Elmidae		10	0.034	0.0011	-0.3310
20	Crambidae		1	0.003	0.0000	-0.0556
21	Corbiculidae		6	0.020	0.0004	-0.2286
22	Notonectidae		3	0.010	0.0001	-0.1346
23	Naucoridae		5	0.017	0.0003	-0.1994
TOTAL			295	1	0.0882	-7.6797
Índice Shannon			7.6797	Índice Alto		
Índice Simpson			0.9118	Índice Alto		
Índice Margalef			3.8685	Índice Alto		

Interpretación:

La Tabla 13, muestra el resultado de la diversidad específica del mes de enero, donde se identifica que la zona donde se obtuvo un valor para el índice Shannon de 7.6797 que es mayor a 3 indicando que existe una alta heterogeneidad de especie, la dominancia que indica el índice de Simpson fue de 0.9118, lo que indica una alta diversidad de especies en el área de estudio; asimismo, respecto al índice de Margalef se obtuvo un valor de 3.8685, lo que indica una biodiversidad relativamente alta.

Tabla 14.*Resultados de la diversidad específica del mes de enero.*

MACROINVERTEBRADOS ENERO II						
N°	FAMILIA	GENERO	TOTAL	PI	PI^2	PI*LNPI/LN2
1	Libellulidae		6	0.0178	0.0003	-0.1034714
2		Erythrodiplax	5	0.0148	0.0002	-0.0901287
3		Rhinnioeshna	24	0.0712	0.0051	-0.2714523
4	Aeshnidae	Anisoptera	1	0.0030	0.0000	-0.0249157
5		Allopetalia	8	0.0237	0.0006	-0.1281093
6	Chironomidae		49	0.1454	0.0211	-0.4044892
7	Planorbidae		24	0.0712	0.0051	-0.2714523
8	Physidae		18	0.0534	0.0029	-0.2257574
9	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	17	0.0504	0.0025	-0.2173751
10	Hyaellidae		48	0.1424	0.0203	-0.4004713
11	Hydrobiidae		19	0.0564	0.0032	-0.2339017
12	Sphaeriidae		14	0.0415	0.0017	-0.1906513
13	Macrobdellidae		3	0.0089	0.0001	-0.0606378
14	Fossaria		14	0.0415	0.0017	-0.1906513
15	Psychodidae		21	0.0623	0.0039	-0.2495253
16	Corbiculidae		15	0.0445	0.0020	-0.1998389
17	Notonectidae		10	0.0297	0.0009	-0.1505839
18	Naucoridae		13	0.0386	0.0015	-0.1811577
19	Gomphidae		11	0.0326	0.0011	-0.161154
20	Rhamtus		1	0.0030	0.0000	-0.0249157
21	Baetidae		5	0.0148	0.0002	-0.0901287
22	Nematoda		1	0.0030	0.0000	-0.0249157
23	Hyriidae		9	0.0267	0.0007	-0.1395849
24	Helobdella		1	0.0030	0.0000	-0.0249157
TOTAL			337	1	0.0750	-4.0602
Índice Shannon			4.0602	Índice Alto		
Índice Simpson			0.9250	Índice Alto		
Índice Margalef			3.9518	Índice Alto		

Interpretación:

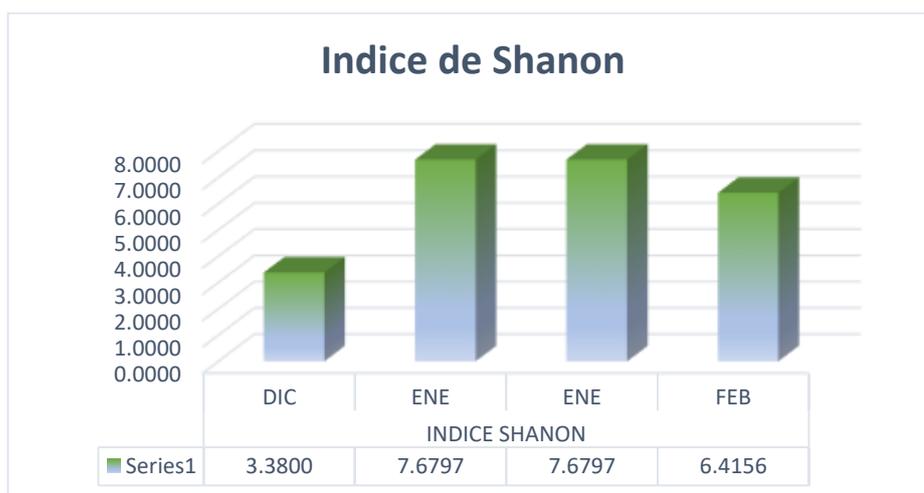
Como se puede observar en la Tabla 14, los resultados de diversidad de enero el índice de Shannon obtuvo un valor de 4.0602 que es mayor a 3 indicando que existe una alta heterogeneidad de especies, la dominancia que indica el índice de Simpson fue de 0.9250, lo que indica una alta diversidad de especies en el área de estudio; asimismo, respecto al índice de Margalef se obtuvo un valor de 3.9518, lo que indica una biodiversidad relativamente alta.

Tabla 15.*Resultados de la diversidad específica del mes de febrero.*

MACROINVERTEBRADOS FEBRERO						
N°	FAMILIA	GENERO	TOTAL	PI	PI^2	PI*LNPI/LN2
1	Libellulidae		10	0.1111	0.0123	-0.7044
2	Aeshnidae	Rhinnioeshna	9	0.1000	0.0100	-0.6644
3		Allopetalia	5	0.0556	0.0031	-0.4633
4	Chironomidae		7	0.0778	0.0060	-0.5731
5	Planorbidae		7	0.0778	0.0060	-0.5731
6	Physidae		7	0.0778	0.0060	-0.5731
7	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	15	0.1667	0.0278	-0.8617
8	Hyaellidae		17	0.1889	0.0357	-0.9083
9	Hydrobiidae		6	0.0667	0.0044	-0.5209
10	Corbiculidae		7	0.0778	0.0060	-0.5731
TOTAL			90	1	0.1175	-6.4156
Índice Shannon			6.4156	Índice Alto		
Índice Simpson			0.8825	Índice Alto		
Índice Margalef			2.0001	Índice Medio		

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 15, los resultados de diversidad de febrero medidos con el índice Shannon obtuvo un valor de 6.4156 que es mayor a 3 indicando que existe una alta heterogeneidad de especies, la dominancia que indica el índice de Simpson fue de 0.8825, lo que indica una alta diversidad de especies en el área de estudio; asimismo, respecto al índice de Margalef se obtuvo un valor de 2.0001, lo que indica una biodiversidad relativamente medio.

**Figura 10.** Resultados del índice de Shannon.

Interpretación:

Como se muestra en la Figura 10., el índice Shannon medidos para los meses de diciembre, enero y febrero, presenta que en el mes de enero cuentan con altos valores de heterogeneidad de especies, así mismo en el mes de diciembre se obtuvo el menor índice de Shannon.

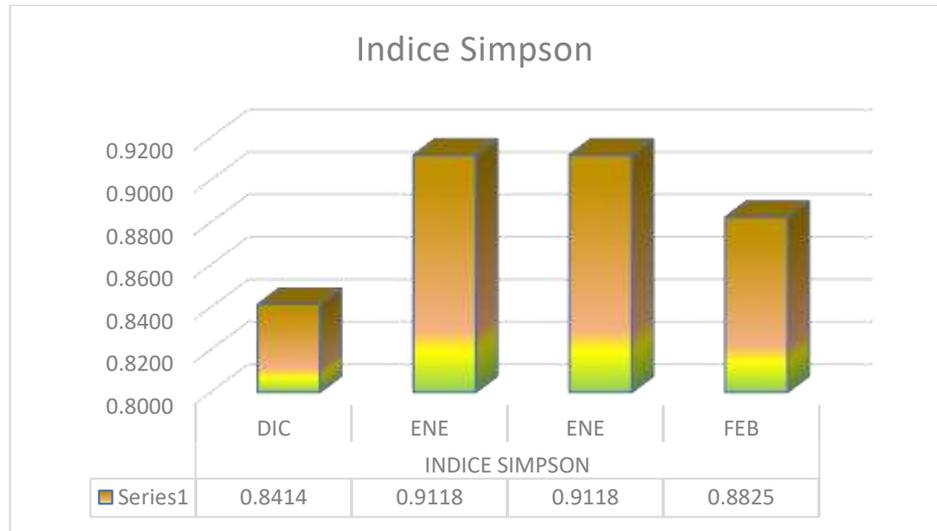


Figura 11. Resultados del índice de Simpson.

Interpretación:

La Figura 11., muestra los valores obtenidos en el índice de Simpson para los meses de diciembre, enero y febrero de la laguna Ñahuimpuquio, donde se evidencia que se consiguió mayores valores en el mes de enero y el menor valor fue en el mes de diciembre con un índice de 0.8414, pero aun ello se obtuvieron valores cercanos a lo cual indica que el área de estudio tiene una alta variedad de especies.

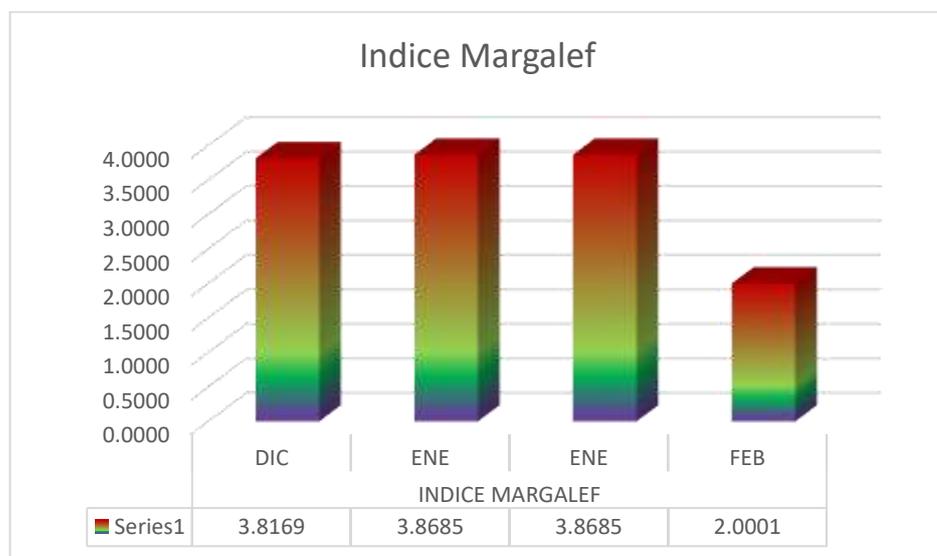


Figura 12. Resultados del índice de Margalef.

Interpretación:

La Figura 12., muestra los valores del índice de Margalef de la laguna Ñahuimpuquio para diciembre, enero y febrero, mostrando que tanto los valores de diciembre a enero fueron relativamente altos, debido a que están por encima de 3 y el promedio solo se observa en febrero, lo que sugiere que el área de estudio tiene una biodiversidad relativamente alta.

4.1.3.1. Identificación de familia de los macroinvertebrados acuáticos con los Índice BMWP/col y ABI.

Los resultados del índice biológico fueron procesados aplicando el método BMWP/col y ABI, el cual se realiza poniéndole un valor al género de acuerdo con la sensibilidad de macroinvertebrados acuáticos. Los valores encontrados se muestran en las siguientes tablas:

a. Temporada de muestreo mes de diciembre.

- Índice biológico BMWP/col

Tabla 16.
Índice BMWP/col del mes de diciembre.

Nº	FAMILIA	GENERO	TOTAL	BMWP/COL
1			14	5
2	Libellulidae	Erythrodiplax	4	5
3		Rhinnoeshna	23	6
4	Aeshnidae	Allopetalia	29	6
5	Chironomidae		56	2
6	Planorbidae		15	5
7	Physidae		34	3
8	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	15	8
9	Hyalellidae		140	7
10	Hydrobiidae		28	8
11	Macrobdellidae		7	5
12	Fossaria		18	8
13	Corbiculidae		5	8
14	Notonectidae		4	3
15	Naucoridae		5	8
16	Gomphidae		4	9
17	Zygoptera		1	5
18	Rhamtus		2	3
19	Helicopchidae		3	8
20	Odontoceridae		1	10
21	Leptophlebiae		1	9

22	Baetidae	3	7
23	Nematoda	1	4
24	Hydrophilidae	1	8
Total		414	150

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 16, en diciembre se encontraron en la laguna un total de 24 familias de macroinvertebrados, lo cual hizo un total de 414 macroinvertebrados y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice BMWP/col se obtuvo un valor de 150 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuentan con aguas limpias sin contaminación.

- **Índice biológico ABI**

Tabla 17.
Índice ABI del mes de diciembre.

Nº	FAMILIA	TOTAL	ABI
1	Libellulidae	14	6
2	Chironomidae	56	2
3	Planorbidae	15	3
4	Lymnaeidae	15	3
5	Hyaellidae	140	6
6	Hydrobiidae	28	3
7	Notonectidae	4	5
8	Naucoridae	5	5
9	Gomphidae	4	8
10	Helicopychidae	3	10
11	Odontoceridae	1	10
12	Leptophlebiae	1	10
13	Baetidae	3	4
Total		289	75

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 17, en diciembre se encontraron en la laguna de Ñahuimpuquio un total de 13 familias de macroinvertebrados, lo cual hizo un total de 289 macroinvertebrados y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice ABI se obtuvo un valor de 75, lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuenta con aguas Bueno.

b. Temporada de muestreo mes de enero I.

• **Índice biológico BMWP/col**

Tabla 18

Índice BMWP/col muestra del mes de enero I

N°	FAMILIA	GENERO	TOTAL	BMWP
1	Libellulidae		12	5
2		Rhinnoeshna	33	6
3	Aeshnidae	Anisoptera	2	10
4		Allopetalia	17	6
5	Chironomidae		37	2
6	Planorbidae		18	5
7	Physidae		43	8
8	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	23	8
9	Hyaellidae		39	7
10	Hydrobiidae		8	8
11	Sphaeriidae		1	8
12	Macrobdellidae		14	3
13	Palaemonidae		1	8
14	Fossaria		7	8
15	Psychodidae		5	2
16	Ceratopogonidae		7	5
17	Limnephilidae		2	9
18	Corixidae		1	7
19	Elmidae		10	7
20	Crambidae		1	5
21	Corbiculidae		6	8
22	Notonectidae		3	3
23	Naucoridae		5	8
Total			295	146

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 18, hubo un total de 23 familias de macroinvertebrados en la laguna durante la muestra del mes enero I, lo cual hizo un total de 295 macroinvertebrados y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice BMWP/col se obtuvo un valor de 146, lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuenta con aguas limpias sin contaminación.

• **Índice biológico ABI**

Tabla 19.

Índice ABI muestra del mes de enero I.

N°	FAMILIA	TOTAL	ABI
1	Libellulidae	12	7

2	Chironomidae	37	2
3	Planorbidae	18	3
4	Lymnaeidae	23	3
5	Hyaellidae	39	6
6	Hydrobiidae	8	3
7	Sphaeriidae	1	3
8	Planorbidae	1	3
9	Ceratopogonidae	7	4
10	Limnephilidae	2	7
11	Corixidae	1	5
12	Elmidae	10	5
13	Notonectidae	3	5
14	Naucoridae	5	5
Total		167	61

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 19, hubo un total de 14 familias de macroinvertebrados en la laguna durante la muestra del mes enero I, lo cual hizo un total de 167 macroinvertebrados y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice ABI se obtuvo un valor de 61 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuentan calidad de agua bueno.

c. Temporada de muestreo mes de enero II.

- Índice biológico BMWP/col

Tabla 20.

Índice BMWP/col muestra del mes de enero II.

N°	FAMILIA	GENERO	TOTAL	BMWP
1	Libellulidae		6	5
2		Erythrodiplax	5	5
3	Aeshnidae	Rhinnosheana	24	6
4		Anisoptera	1	10
5		Allopetalia	8	6
6	Chironomidae		49	2
7	Planorbidae		24	5
8	Physidae		18	3
9	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	17	8
10	Hyaellidae		48	7
11	Hydrobiidae		19	8
12	Sphaeriidae		14	8
13	Macrobdellidae		3	3
14	Fossaria		14	8
15	Psychodidae		21	8

16	Corbiculidae	15	8
17	Notonectidae	10	3
18	Naucoridae	13	8
19	Gomphidae	11	9
20	Rhamtus	1	3
21	Baetidae	5	7
22	Nematoda	1	4
23	Hyriidae	9	8
24	Helobdella	1	4
Total		337	146

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 20, para el segundo muestreo del mes de enero, se contó con un total de 24 familias de macroinvertebrados acuáticos lo cual hizo un total de 337 macroinvertebrados, y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice BMWP/col se obtuvo un valor de 146 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuentan con aguas limpias sin contaminación.

- **Índice biológico ABI**

Tabla 21.
Índice ABI muestra del mes de enero II.

N°	FAMILIA	TOTAL	ABI
1	Libellulidae	6	6
2	Aeshnidae	24	6
3	Chironomidae	49	2
4	Planorbidae	24	3
5	Lymnaeidae	17	3
6	Hyalellidae	48	6
7	Hydrobiidae	19	3
8	Sphaeriidae	14	3
9	Notonectidae	10	5
10	Naucoridae	13	5
11	Gomphidae	11	8
12	Baetidae	5	4
Total		240	54

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 21, para el segundo muestreo del mes de enero, se contó con un total de 12 familias de macroinvertebrados acuáticos lo cual hizo un total de 240 macroinvertebrados y siguiendo con el proceso de

identificación mediante el índice ABI se obtuvo un valor de 54 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuentan con aguas regular.

d. Temporada de muestreo mes de febrero.

- Índice biológico BMWP/col

Tabla 22.
Índice BMWP/col para el mes de febrero.

Nº	FAMILIA	GENERO	TOTAL	BMWP
1	Libellulidae		10	5
2	Aeshnidae	Rhinnioeshna	9	6
3		Allopetalia	5	6
4	Chironomidae		7	3
5	Planorbidae		7	5
6	Physidae		7	5
7	Lymnaeidae	Pseudosuccinea	15	8
8	Hyalellidae		17	7
9	Hydrobiidae		6	8
10	Corbiculidae		7	8
Total			90	61

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 22, en febrero habitaban en el agua un total de 10 familias de macroinvertebrados lo cual hizo un total de 90 macroinvertebrados, y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice BMWP/col se obtuvo un valor de 61 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuenta con aguas con algún efecto de contaminación.

- Índice biológico ABI

Tabla 23.
Índice ABI para el mes de febrero.

Nº	FAMILIA	TOTAL	ABI
1	Libellulidae	10	6
2	Aeshnidae	9	6
3	Chironomidae	7	2
4	Planorbidae	7	3
5	Lymnaeidae	15	3
6	Hyalellidae	17	6
7	Hydrobiidae	6	3
Total		71	29

Interpretación:

Como se puede observar en la Tabla 23, en febrero habitaban en el agua un total de 7 familias de macroinvertebrados lo cual hizo un total de 71 macroinvertebrados, y siguiendo el proceso de identificación mediante el índice ABI, se obtuvo un valor de 29 lo cual indica que en la laguna de Ñahuimpuquio se cuenta con aguas pésimos.

4.1.4. Resultados de la identificación de los puntos críticos, con los Índices BMWP/col y ABI para la calidad de agua.

A continuación, se prestan las siguientes tablas con la finalidad de visualizar los resultados de manera detallada de los puntos críticos con su respectivo índice de la calidad del agua.

Tabla 24.

Resultados de los puntos críticos para la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico BMWP/col.

PUNTOS DE MUESTREO	MUESTREOS				PROMEDIO	CALIDAD DEL AGUA
	DICIEMBRE	ENERO I	ENERO II	FEBRERO		
A	92	33	24	8	39	Aguas moderadamente contaminadas
B	150	94	74	15	83	Aguas ligeramente contaminadas
C	28	41	26	11	27	Aguas muy contaminadas
D	21	22	48	4	24	Aguas muy contaminadas
E	29	14	22	20	21	Aguas muy contaminadas
F	25	30	13	14	21	Aguas muy contaminadas
G	31	35	101	10	44	Aguas moderadamente contaminadas
H	38	26	29	10	26	Aguas muy contaminadas

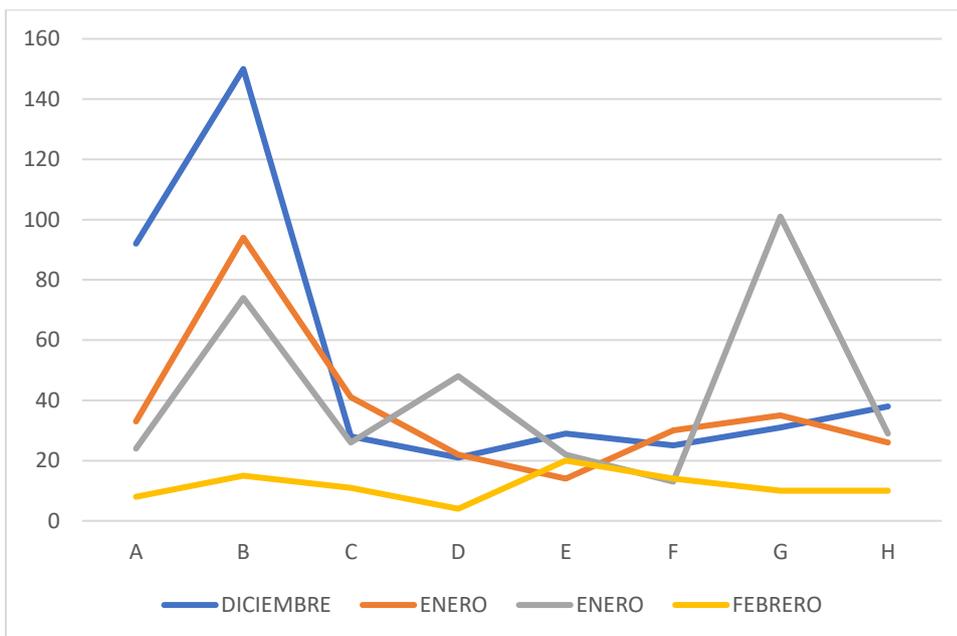


Figura 13. Resultado de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico BMWP/col.

Fuente: Tabla 24

Interpretación:

Se muestra en la Tabla 24 y Figura 13, los resultados de la evaluación de la calidad del agua mediante el índice de BMWP/col de los 8 puntos de muestreo durante los meses de diciembre a febrero del 2021 – 2022.

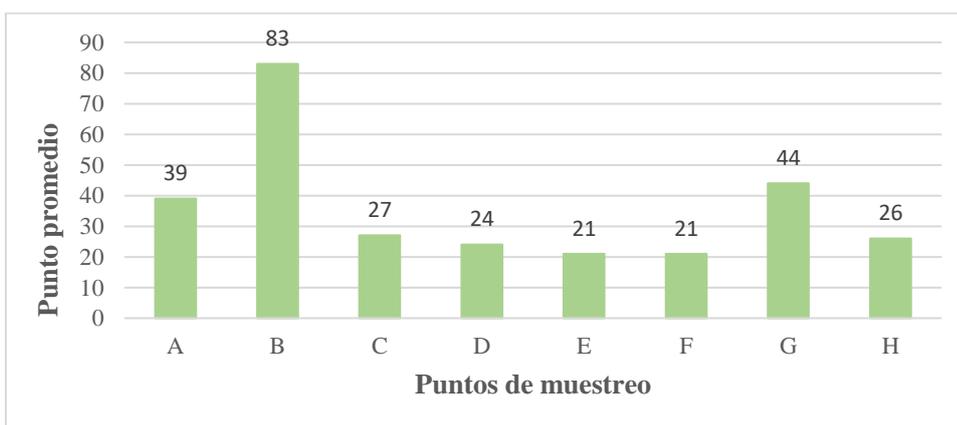


Figura 14. Puntaje promedio de la evolución del agua con el índice biótico BMWP/col.

Fuente: Tabla 24

Interpretación:

En la Figura 14., se aprecia el promedio de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico BMWP/col, teniendo como resultado que en el punto B

presentan puntaje alto en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad del agua “Aguas ligeramente contaminadas”, en los puntos de muestreo A y G, presentan puntaje media en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad de agua “Aguas moderadamente contaminadas” y en los puntos de muestreo C, D, E, F y H presentan puntaje bajo en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad de agua “Aguas muy contaminadas”.

Tabla 25.

Resultados de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico ABI.

PUNTOS DE MUESTREO	MUESTREOS				PROMEDIO	CALIDAD DEL AGUA
	DICIEMBRE	ENERO	ENERO	FEBRERO		
A	55	7	15	5	21	Malo
B	116	50	49	11	57	Bueno
C	19	32	20	8	20	Malo
D	15	14	33	4	17	Malo
E	19	11	12	46	22	Malo
F	12	15	10	5	11	Pésimo
G	22	23	54	8	27	Malo
H	28	14	12	5	15	Malo

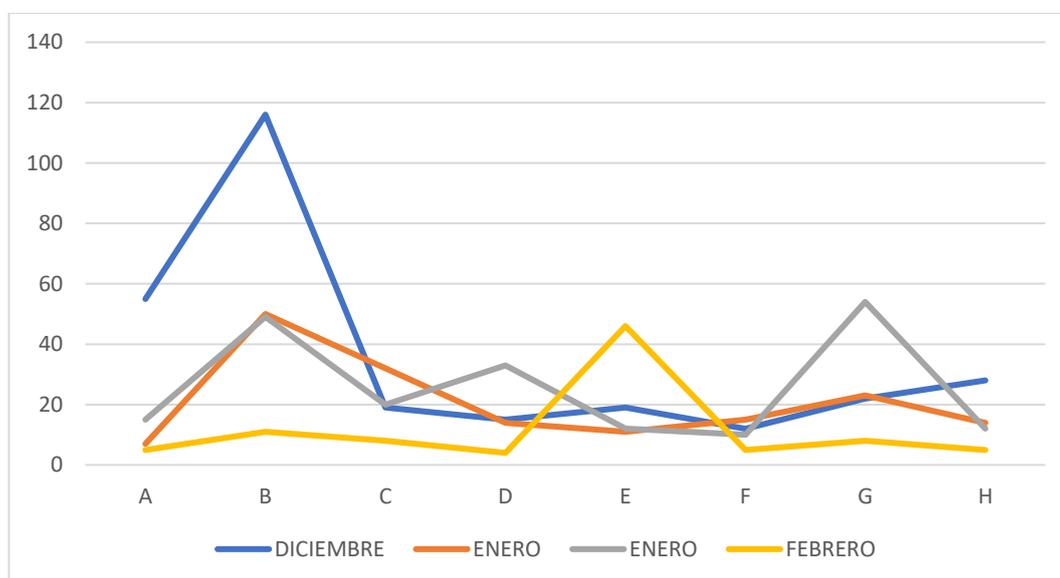


Figura 15. Resultados de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico ABI

Fuente: Tabla 25

Interpretación:

Se muestra en la Tabla 25 y Figura 15, los resultados de la evaluación de la calidad del agua mediante el índice ABI en los 8 puntos de muestreo durante los meses de diciembre a febrero del 2021 – 2022.

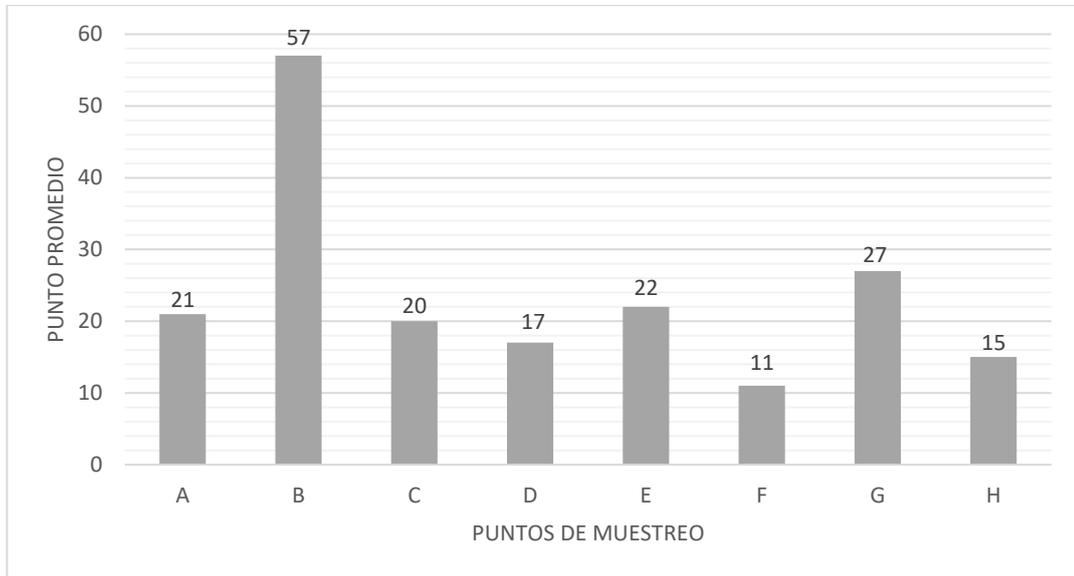


Figura 16. Puntaje promedio de la evaluación del agua con el índice biótico ABI.
Fuente: Tabla 25

Interpretación:

En la Figura 16, se aprecia el promedio de la evaluación de la calidad del agua con el índice biótico ABI, teniendo como resultado que el los punto B presentan puntaje alto en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad del agua “Buena”, en los puntos de muestreo A , C, D, E, G y H, presentan puntaje media en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad de agua “Malo” y en el punto de muestreo F presentan puntaje bajo en la laguna Ñahuimpuquio, interpretando como calidad de agua “Pésimo”.

4.1.5. Resultados comparativos de los Índice BMWP/col y ABI.

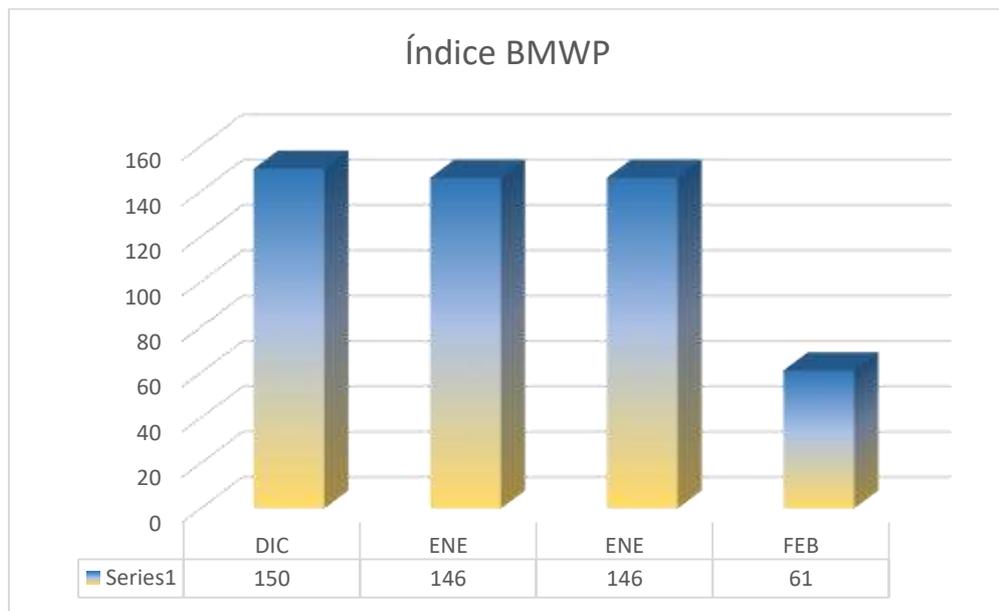


Figura 17. Índice BMWP/col según los meses de estudio.

Interpretación:

Como se aprecia en la Figura 17, presenta sobre el índice biológico BMWP/col de la laguna de Ñahuimpuquio para los meses de diciembre a febrero, se aprecian índices altos a excepción del mes de febrero en donde se obtuvo una menor cantidad de macroinvertebrados lo cual indica que puede estar evidenciando algún efecto de contaminación de las aguas.

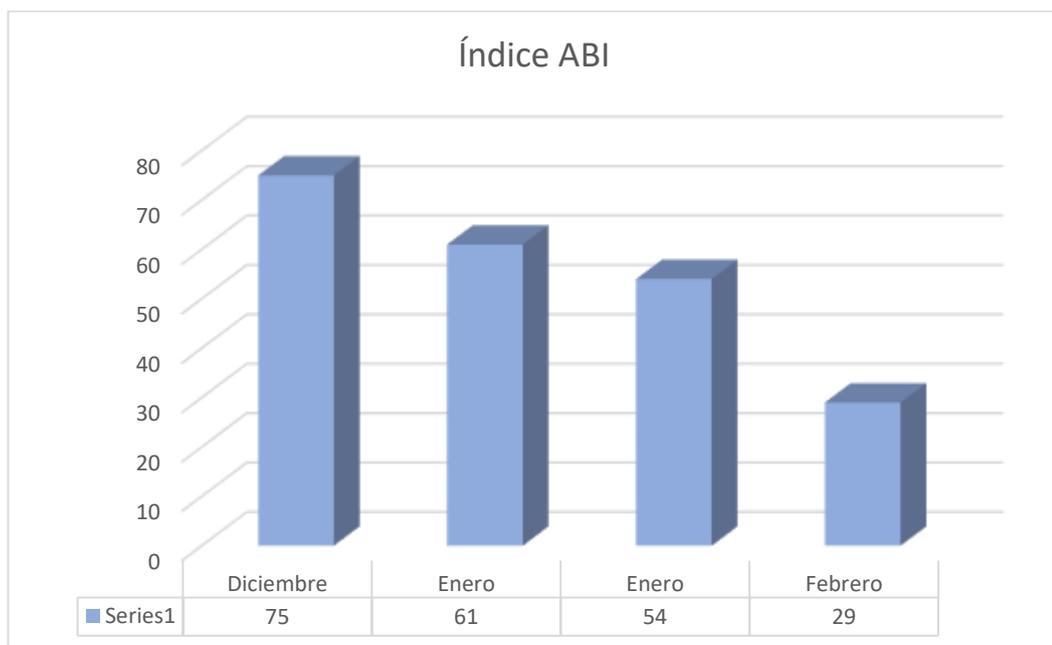


Figura 18. Índice ABI según los meses de estudio

Interpretación:

Como se aprecia en la Figura 18, presenta el índice biológico ABI de la laguna de Ñahuimpuquio para los meses de diciembre a febrero, se aprecia índices descendentes del mes de diciembre a febrero en donde se obtuvo una menor cantidad de macroinvertebrados en el mes febrero, lo cual indica que puede estar evidenciando algún efecto de contaminación de las aguas.

4.2. Evaluación de la hipótesis.

Para contraste la prueba de hipótesis general se tuvo la siguiente pregunta de investigación ¿Cuál es la calidad del agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca – Junín, 2021 – 2022?

a. Planteamiento de Hipótesis.

Hipótesis Alterna (H_a): La calidad del agua es aceptable de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca – Junín, 2021 – 2022.

Hipótesis Nula (H_0): La calidad del agua está contaminada de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca – Junín, 2021 – 2022.

b. Prueba unilateral o de una cola.

$$H_a < \alpha$$

$$H_0 > \alpha$$

c. Prueba de normalidad de datos.

En esta prueba de normalidad de datos se utilizó Shapiro Wilk porque se analizaron muestras reducidas y el nivel de significancia fue de 0,712 para macroinvertebrados acuáticos y de 0,659 para calidad del agua. Este análisis concluye que la distribución de ambas variables es normal, por tanto, la tabla estadística a utilizar para la prueba de hipótesis es una prueba paramétrica consistente con la hipótesis propuesta al inicio del estudio.

Tabla 26.

Resultados de la prueba de normalidad de hipótesis generales.

	Shapiro - Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Macroinvertebrados acuáticos	0,910	4	0,659

Calidad de agua	0,841	4	0,712
-----------------	-------	---	-------

Como se puede observar, la distribución de las muestras tanto para los macroinvertebrados acuáticos como para la calidad del agua es normal, con una significancia superior a 0,05.

d. Evaluación de la hipótesis.

Se realizó una prueba de chi-cuadrado para evaluar la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua al nivel de significancia $\alpha = 0.05$ (5%), midiendo así la asociación o independencia de las variables categóricas, por lo que a partir del procedimiento se obtuvo como resultado el P valor de 0.741.

Tabla 27.
Resultados de la prueba hipótesis general.

	Valor	df	Significancia asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	,600	2	,741
Índice de probabilidad	,908	2	,635
Asociación lineal por lineal	,421	1	,516
No. de casos válidos	9		

Fuente: Elaborado en el programa estadístico SPSS v.25.

e. Decisión estadística.

Según la prueba estadística Chi-cuadrado, que evalúa la relación entre los macroinvertebrados acuáticos y la calidad del agua, el nivel de significancia es inferior al estudio conceptual 0.005 superior al alto grado de asociación 0.741, estos dos valores demuestran que el valor encontrado está en el rango de aceptación de la hipótesis alternativa y rechazo de la hipótesis nula.

f. Conclusión estadística.

La conclusión es que la calidad del agua medida por macroinvertebrados se encuentra en un nivel aceptable con un nivel de confianza del 95% en el caso de una distribución normal, valor de P inferior a 0,05.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN

Características fisicoquímicas de la laguna Ñahuimpuquio.

La estructura y composición de las comunidades de macroinvertebrados son diferentes principalmente por la intervención de agentes contaminantes en el medio acuático que también afecta la calidad del agua (36), uno de los parámetros más relevantes para determinación de la concentración de especies es el oxígeno disuelto ya que, permite la supervivencia de especies, por ende el oxígeno disuelto tiene relación significativa con la fisiología de los organismos y se encuentra reflejado en la composición y estructura de las comunidades acuáticas (37), esto se denota en la laguna de Ñahuimpuquio donde la concentración estimada de oxígeno disuelto en varios puntos y en la época de los meses comprendidos entre diciembre y febrero es adecuado, lo cual coincide con la abundancia de los macroinvertebrados.

La conductividad eléctrica presento valores inferiores a los permitidos por la normativa nacional en los diversos puntos evaluados indicando así que existe una mineralización muy débil en la estación del año que comprende los meses de diciembre a febrero, este parámetro influye en la presencia de Leptohyphidae, señalados en el estudio.

Los valores de la temperatura (T°), en el área de estudio se mantiene dentro de los rangos naturales que permite la vida acuática.

Los niveles de pH medidos en los puntos de monitoreo registran valores bajos en los puntos de muestreo F, correspondientes al segundo muestreo del mes de enero y el punto de muestreo H, en la primera muestra del mes de enero. Si bien, estas fluctuaciones están dentro de los rangos naturales que permite la vida acuática. Esta variación en el pH puede estar afectado por las diversas descargas, entre ellas son los agroquímicos y residuos domésticos (11), y con descargas de aguas residuales que afectan directamente a la laguna de Ñahuimpuquio (26). Además, otro factor relevante que influye en la variación del pH del agua son las actividades antropogénico (13).

Estructura de la diversidad de macroinvertebrados.

El estudio de diversidad alfa es un criterio que describe las especies encontradas en un lugar determinado. Se registro 34 familias en la laguna Ñahuimpuquio respectivamente, la diversidad de un sistema biológico se basa en la riqueza y abundancia de organismos en el

medio ambiente. La cantidad de especies diversas en un área se conoce como riqueza, mientras que la abundancia es el número de especies distribuidas.

Por otro lado, el Índice de Shannon – Wiener (H'), es comprendido como máximo en 5 valores, pero hay excepciones donde los ecosistemas superan este rango, valores superiores a 3 se interpretan como “diversos”, cuanto mayor sea el valor del índice, mayor será la biodiversidad en el ecosistema, la laguna mostro valores de 7.6797 bits/individuos, los cuales son interpretados como diversos, los resultados están vinculados con la calidad de agua.

Los valores del índice de diversidad de Simpson van de 0 a 1, donde 0 es baja diversidad y 1 es alta diversidad, la laguna de Ñahuimpuquio registro un valor de 0.9118 lo que representa una diversidad alta de especies. Cabe mencionar que si aumenta el nivel de agua se provocara la descomposición de algunas plantas que están sumergidas, es por esta razón que se presta la reducción de especies de macroinvertebrados (26).

Los valores del índice de Margalef van de 2 a 5, donde las puntuaciones por debajo a 2 son áreas de baja diversidad, mientras que las puntuaciones mayores a 5 indican una alta diversidad, se observa que el índice de Margalef para la laguna de Ñahuimpuquio aumento sucesivamente de diciembre con 3.8169 a enero primera muestra con 3.8685 y manteniendo así en la segunda muestra de enero, con un registro un valor de 3.8685, los cuales son interpretados como áreas de media diversidad, esto sugiere que ciertas condiciones temporales influyen en la dinámica de los macroinvertebrados (26). En febrero ya baja la diversidad con un resultado de 2.0001, esto se da que hay alteraciones antropogénicas presentes en la laguna, cambio de temperatura o clima (50).

Caracterización de la calidad del agua.

Para llevar a cabo la evaluar de la calidad del agua, el índice que más se utilizo fue BMWP (48), si bien para determinar la calidad de las aguas en humedales altoandinos se ha estandarizado el Índice Biótico Andino (ABI) , el presente trabajo comparan ambos índices, hallando diferencias muy pequeñas entre los valores de sensibilidad a la contaminación en la misma familia entre el índice BWMP para Colombia (roldan), y ABI (Acosta et), para las regiones altoandinas, como se aprecia en las tablas 8 y 9.

En definitiva, la presencia de macroinvertebrados acuáticos es significativa debido a que la calidad de agua es limpia de acuerdo con lo hallado mediante el índice BMWP/col, ABI y los parámetros fisicoquímicos, este hallazgo difiere con lo hallado por Peralta (39), que recibió el índice de calidad del agua BMWP/col categoría V "Muy crítico", este muestra que los parámetros fisicoquímicos influyen en la abundancia de macroinvertebrados, si bien es cierto la ubicación geográfica, el uso que se le da al recurso hídrico influye también

en la presencia de los microorganismos ya que estos no son tolerantes a ciertos parámetros o contaminantes que pueden ser vertidos en el agua principalmente por la actividad antrópica, de la misma manera se puede citar a Cruz (21), que identifico 55 taxones como *Trichocorixa* sp., *Pristina* sp., y *Ciprididae* sp., indicando que la calidad de agua dudosa-aceptable, pueda señalar que la abundancia de macroinvertebrados juega un papel clave en la determinación de la calidad del agua y más aún si se emplean indicadores biológicos como el índice BMWP/col y ABI (53).

Finalmente, se puede enfatizar la importancia del uso de los índices para diagnosticar la calidad del agua en el ecosistema léntico, aunque tiene la tasa de error más baja porque se basa únicamente en el nivel taxonómico de la familia (32), por lo que es fundamental seguir avanzando en la implementación de estos índices para la complementación puntual que indican mejor la calidad del agua en el sistema.

Puntos críticos de la zona

Es fundamental mencionar la metodología que utilizo (26)., la cual es similar al método de recolección de datos aplicando en las lagunas Ñahuimpuquio y Pucush Uclo. Al igual que en este estudio, se establecieron puntos de monitoreo, se utilizó una red tipo D-net para la recolección de macroinvertebrados. La calidad de agua en lagunas, lagos y ríos se ve afectado por diversas descargas, como los desechos industriales y domésticos, siendo los agroquímicos que llegan a persistir en el medio ambiente por mucho tiempo, afectando la biodiversidad (41). Se identifican macroinvertebrados bioindicadores de la calidad del agua, como (*Leptophlebiidae*, *Corixidae*), los cuales son sensibles a la contaminación. En cambio, se hallaron macroinvertebrados como *Baetidae*, *Chironomidae* y *Hyaellidae*, que son tolerantes a la contaminación. Estos resultados coinciden con los de nuestro estudio, donde se observan macroinvertebrados sensibles como tolerantes en los diferentes puntos de muestreo. Se aplicaron los índices BMWP/col y ABI, para los puntos de contaminación, el índice BMWP/col presento que el agua significa “Aguas muy contaminadas”, mientras que el índice ABI, presento agua de calidad “Malo”.

CONCLUSIONES

- Existe 34 familias, con un aproximado de 5 género, en función a los meses se evidencia una mayor presencia de macroinvertebrados acuáticos con un total de 414 y en el mes de febrero se obtuvo un valor mínimo de 92 macroinvertebrados acuáticos, indicando así que existe una mejor presencia de dichos organismos en el mes de diciembre a enero y menor presencia en febrero, finalmente se señala que se hizo el conteo de un total de 1138 macroinvertebrados.
- Viendo los resultados, encontramos la presencia de macroinvertebrados acuáticos es mayor en la especie Hyalellidae del phylum Anélida con un total del 21.4% (244 macroinvertebrados acuáticos), así mismo se cuenta con la especie Chironomidae del phylum Artrópoda con un total de 13.1% (149 macroinvertebrados acuáticos), también se cuenta con la especie Physidae del phylum Annelida con un total de 9.0% (102 macroinvertebrados acuáticos), de manera contraria, el menor porcentaje de presencia de macroinvertebrados fue de la especie Hyalellidae así como la especie Helobdella del phylum Annelida con un mínimo de 0.1% (1 macroinvertebrado acuático).
- Al medir la temperatura del agua fue un promedio de 14.7% - 18.7%, el oxígeno disuelto fue 19.17% - 21.11%, la conductividad eléctrica fue 0.303 – 0,323 $\mu\text{s/cm}$ y el pH fue 7,85% - 8,2%.
- En cuanto a la biodiversidad evaluada por los índices de Simpson, Shannon Wiener y Margalef, se obtuvieron índices altos entre 1, 3 y 5 mayores a 7, encontraron una relación entre biodiversidad y calidad del agua según el chi cuadrado de Pearson.
- El índice de BMWP/Col fue utilizado en el presente estudio, por su diversidad de aplicación, por el bajo costo y por la sensibilidad que estas especies poseen frente a contaminaciones en su medio, su sola ausencia o presencia nos indica la calidad del agua y el índice ABI fue utilizado para cuerpos de agua mayores a 2000 m.s.n.m., donde cuenta con una tabla de puntuación más compacta y de fácil interpretación.
- Para los índices de BMWP/Col, la calidad de agua se encuentra con aguas muy contaminadas y el índice ABI, la calidad de agua en la laguna Ñahuimpuquio se encuentra con aguas muy malo.
- Los puntos críticos para el índice BMWP/col aguas muy contaminadas, son los puntos C, D, E, F y H, que reciben descargas de diferentes tipos, tales como residuos sólidos, aguas residuales, químicos de lavandería, entre otros, mientras

que en los puntos A y G son aguas moderadamente contaminadas y el punto B son aguas ligeramente contaminados.

- En los puntos críticos para el índice ABI, los puntos A, C, D, E, G y H, que reciben descargas de diferentes tipos, tales como residuos sólidos, aguas residuales, químicos de lavandería, entre otros, son de tipo “Malo” mientras que en los puntos B son “Bueno” y el punto F son aguas tipos “Pésimo”.

RECOMENDACIONES

- AL MINAM, realizar un estudio a gran escala sería una excelente iniciativa para comprender mejor los ecosistemas acuáticos y su relación con la calidad del agua. Este tipo de estudios son fundamentales para la gestión sostenible de los recursos hídricos y la conservación de la biodiversidad.
- Al ANA, evaluar la calidad del agua que en relación a los Estándares de Calidad Ambiental para agua (ECA); es fundamental para la protección y manejo sustentable de los recursos acuáticos y ambiente natural de la Laguna de Ñahuimpuquio, garantizando su preservación para las generaciones futuras y su uso sustentable en la actualidad.
- A la Universidad, promover mayor investigación en este tema con el fin de verificar los macroinvertebrados presentes en el área a nivel de especie, ya que falta información relevante sobre las comunidades de los ecosistemas altoandinos.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. ABANTO, V. (2015). *Evaluación Ecosistémica de tres Lagunas Altoandinas en la Provincia de Pataz - Departamento La Libertad, 2015.*
2. AGUIRRE, J. (2021). VALIDACIÓN DE LOS INDICADORES BIOLÓGICOS (MACROINVERTEBRADOS) PARA EL MONITOREO DE LA CUENCA DEL RÍO YANUNCAY". *Universidad Politécnica Salesiana - Sede Cuenca.*
3. ALBA-TERCEDOR, J. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos* (Vol. 276). Ministerio de Medio Ambiente.
4. ALONSO, Á., CAMARGO, J. A., ALONSO, A., & CARNARGO, J. A. (2005). Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 20(2), 311–320. <https://doi.org/10.1080/02705060.2005.9664971>
5. ÁLVAREZ, L. (2005). *Metodología para la utilización de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua.*
6. ARIAS, F. (2012). *EL PROYECTO DE INVESTIGACIÓN.* <https://www.researchgate.net/publication/301894369>
7. AVILA, H. (2006). *INTRODUCCION A LA METODOLOGIA DE LA INVESTIGACION.*
8. AVILA, N., y Quilca, J. (2021). Diversidad de macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua, sub - cuenca del río Shullkas - Huancayo. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ.*
9. BAENA, G. (2017). *Metodología de la investigación.* Grupo Editorial Patria.
10. BRAVO, L, y RESTREPO F.(2021). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Doncello, Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 17(1), 57–72. <https://doi.org/10.18359/rfcb.5432>
11. BULLÓN, V. (2016). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo. *UNIVERSIDAD NACIONAL DEL CENTRO DEL PERÚ FACULTAD DE CIENCIAS FORESTALES Y DEL AMBIENTE.*
12. CAMPO, A., y Duval, V. S. (2014). Diversidad y valor de importancia para la conservación de la vegetación natural. Parque Nacional Lihué Calel (Argentina). *Anales de Geografía de La Universidad Complutense*, 34(2), 25–42. https://doi.org/10.5209/rev_AGUC.2014.v34.n2.47071
13. CAMPOS, E. (2015). *Estudio de los efectos de las actividades ribereñas de la población en el comportamiento de la laguna de Ñahuimpuquio - Chupaca.*

14. CARRASCO, S. (2006). *Metodología de La Investigación Científico*. Aplicaciones En Educación y Otras Ciencias Sociales. https://www.academia.edu/26909781/Metodologia_de_La_Investigacion_Cientifica_Carrasco_Diaz_1_
15. CARRASCO, C., RAYME, C., DEL PILAR, R., AYALA, Y., ARANA, J., y APONTE, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol)*, 68, 116–131.
16. CARRERA, C., y FIERRO, K. (2001). *Manual de monitoreo los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua*. EcoCiencia.
17. CARRERO, J. (2020). Estudio preliminar de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera de un río altoandino del municipio de Rondón Boyacá. *Universidad de La Salle, Bogotá*, 7(1), 343–354. <https://doi.org/10.2/JQUERY.MIN.JS>
18. CHACÓN, M. (2020). Paleontología de Invertebrados. Sociedad Española de Paleontología–Universidad de Oviedo–Universidad de Granada–Instituto Geológico y Minero de España. *Spanish Journal of Palaeontology*, 25(1), 71. <https://doi.org/10.7203/sjp.25.1.18908>
19. CHAPMAN. (1996). *Water Quality Assessments-A Guide to Use of Biota, Sediments and Water in Environmental Monitoring-Second Edition*. <http://www.earthprint.com>
20. CRUZ, C. (2020a). Comunidad de Macroinvertebrados Acuáticos y Calidad del Agua mediante variables físico-químicas de la Represa el Pañe-Arequipa (noviembre, diciembre 2017-abril 2018). *UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN AGUSTÍN DE AREQUIPA FACULTAD DE CIENCIAS BIOLÓGICAS ESCUELA PROFESIONAL Y ACADÉMICA DE BIOLOGÍA*.
21. CRUZ, C. (2020b). *Determinación de la calidad de agua en áreas circundantes a la represa del Pañe, - Arequipa, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (noviembre, diciembre 2017- abril 2018)*.
22. DOMÍNGUEZ, R., LEÓN, M., Samaniego, J., Sunkel, O., & Sánchez, J. (2019). Recursos naturales, medio ambiente y sostenibilidad. *CEPAL*. www.cepal.org/apps
23. D.S. N°004-2017-MINAM. (n.d.). Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias. *EL peruano*.
24. GARCÍA, R. (2016). Diversidad de macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del Río Chillón (Lima, Perú) y su uso como indicadores biológicos. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.

25. Gil, J. (2014). Determinación de la calidad del agua mediante variables físico químicas, y la comunidad de macroinvertebrados como bioindicadores de calidad del agua en la cuenca del río Garagoa. *UNIVERSIDAD DE MANIZALES*.
26. HUAMÁN, L. (2019). Diversidad de macroinvertebrados indicadores de calidad de agua en las lagunas de Pucush Uclo y Ñahuimpiquio - provincia de Chupaca. *Huancayo: Universidad Nacional Del Centro Del Perú*.
27. LADRERA, R. (2012). Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos. *Paginas Con Firma*, 24–29.
28. LÓPEZ, S., HUERTAS, D., JARAMILLO, Á., CALDERÓN, D., y DÍAZ, J. (2019). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)*. Revista Scielo. <https://www.redalyc.org/articulo.oa?id=85263724007>
29. MARGALEF, R. (1986). Ecología. *Universidad Barcelona - España*.
30. Martínez, M. L., & Rivas, P. (2009). Paleantología de Invertebrados. *Instituto Geológico y Minero de España*. <https://doi.org/10.7203/sjp.25.1.18908>
31. MENESES, Y., CASTRO, M., y JARAMILLO, A. (2019a). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta Biol. Colomb*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
32. MENESES, Y., CASTRO, M., y JARAMILLO, A. (2019b). COMPARACIÓN DE LA CALIDAD DEL AGUA EN DOS RÍOS ALTOANDINOS MEDIANTE EL USO DE LOS ÍNDICES BMWP/COL. Y ABI. *Acta Biológica colombiana*, 24(2), 299–310. <https://doi.org/10.15446/ABC.V24N2.70716>
33. MINCHOLA, G. (2021). MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS INDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO NEGRO-AGUAYTÍA. *Universidad Nacional Agraria de La Selva*.
34. MONTOYA, Y., y ESCOBAR, A. (2019). Los macroinvertebrados acuáticos y la calidad biológica del agua en una quebrada andina, Antioquia-Colombia. *Revista Politécnica*, 15(29), 65–81. <https://doi.org/10.33571/RPOLITEC.V15N29A6>
35. MORENO, C. (2021). *Método para medir la biodiversidad*. <http://entomologia.rediris.es/sea>
36. MURILLO, M., CAICEDO, O., HERNÁNDEZ, E., GRAJALES, H., MESA, J., CORTÉS, F., VÉLEZ, F. y AGUIRRE, N. (2016). Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia. *Revista Mutis*, 6(2), 59–73. <https://doi.org/10.21789/22561498.1151>
37. NARANJO, J., y LÓPEZ, P. (2013). BIOLOGICAL MONITORING WORKING PARTY, A BIOTIC INDEX TO EVALUATE WATER QUALITY IN CUBAN RIVERS. *Ciencia En s PC*, 15–25.

38. PALMA, A. (2013). *GUÍA PARA LA IDENTIFICACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUATICOS DE CHILE*.
<https://www.researchgate.net/publication/318970118>
39. PERALTA, R. (2019). Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos. *Universidad Ricardo Palma*.
40. PRAT, N., RÍOS, B., ACOSTA, R., y RIERADEVALL, M. (2012). *Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas*.
41. QUESADA, M., y URBANO, R. (2023). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores en la calidad de agua del río Rímac*. Universidad Peruana Unión.
<https://repositorio.upeu.edu.pe/handle/20.500.12840/6654>
42. QUISPE, W. (2018). Comunidad macroinvertebrada acuática de la zona litoral de la laguna Condorccocho, Los Morochucos, Cangallo – Ayacucho 2017. *Universidad Nacional de San Cristóbal de Huamanga*.
43. ACOSTA, R., RIOS, B., RIERADEVALL, M., y PRAT, N. (2009). Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*, 28, 35–64.
44. RESOLUCIÓN JEFATURAL N°010-2016-ANA. (2016). Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales. *Autoridad Nacional Del Agua*.
45. REYMUNDO, J., y ARAUJO, A. (2021). Influencia del microhábitat sobre índices de calidad de agua en una quebrada de bosque montano, Junín, Perú. *Revista Del Instituto de Investigación de La Facultad de Minas, Metalurgia y Ciencias Geográficas*, 24(47), 141–153. <https://doi.org/10.15381/iigeo.v24i47.20659>
46. ROCHA, Z., y CUÉLLAR, L. (2019). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en áreas restauradas de la quebrada La Colorada, municipio de Villa de Leyva, Colombia*. Cuaderno Activa.
<https://ojs.tdea.edu.co/index.php/cuadernoactiva/article/view/573/732>
47. ROLDÁN, G. (1988). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia*. Fondo para la Protección del Medio Ambiente “José Celestino Mutis.”
48. ROLDÁN, G. (2003). Bioindicación de la calidad del agua en Colombia. *Bioindicación de La Calidad Del Agua En Colombia: Propuesta Para El Uso Del Método BMWP Col*, 9, 1–165.
https://books.google.com/books/about/Bioindicaci%C3%B3n_de_la_calidad_del_agua_en.html?hl=es&id=ZEjgIKZTF2UC
49. ROSENBERG, D., y RESH, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates* (D. M. Rosenberg & V. H. Resh, Eds.) [Book]. Chapman & Hall.

50. SAMANEZ, I., RIMARACHIN, V., PALMA, C., ARANA, J., ORTEGA, H., CORREA, V., y HIDALGO, M. (2014). Métodos de colecta identificación y análisis de comunidades biológicas. *Universidad Nacional Mayor de San Marcos*.
51. SEGNINI, S. (2003). *EL USO DE LOS MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS COMO INDICADORES DE LA CONDICIÓN ECOLÓGICA DE LOS CUERPOS DE AGUA CORRIENTE* BENTHIC MACROINVERTEBRATES AS INDICATORS IN THE ECOLOGICAL ASSESSMENT OF STREAMS*. <http://ecotropicos.saber.ula.ve>
52. WALTEROS, J. (2018). *Fichas rápidas para la identificación de macroinvertebrados acuáticos*. <https://doi.org/10.13140/RG.2.2.24858.54721>
53. YALTA, J., SALAS, R., y ALVARADO, L. (2013). *Evaluación de la calidad ecológica del agua en las microcuencas de Chinata y Gocta, cuenca media del río Utcubamba, región Amazonas*. Programa de Investigación En Agua y Clima INDES-CES de La UNTRM. <https://revistas.untrm.edu.pe/index.php/INDES/article/view/6/155>

ANEXOS

ANEXO 1
Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRAS	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
<p>Problema General: ¿Cuál es la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022?</p> <p>Problemas Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuáles son las características fisicoquímicas del agua de la Laguna de Ñahuimpuquio de Chupaca - Junín, 2021 – 2022? • ¿Cuáles son los macroinvertebrados acuáticos bioindicadores presentes en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022? • ¿Cuáles son los puntos críticos de contaminación en relación a los macroinvertebrados acuáticos 	<p>Objetivo General: Analizar la calidad de agua de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.</p> <p>Objetivos Específicos:</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar las características fisicoquímicas del agua de la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022. • Describir las familias de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores presentes en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022. • Identificar los puntos críticos de contaminación con relación a los macroinvertebrados acuáticos 	<p>Hipótesis General: La calidad de agua es aceptable de acuerdo a la presencia de macroinvertebrados acuáticos bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.</p>	<p>Variable 1: Macroinvertebrados acuáticos</p> <p>Variable 2: Calidad del agua</p>	<p>Tipo de investigación: Investigación aplicada</p> <p>Nivel de investigación: Investigación descriptiva</p> <p>Método general: Método científico</p> <p>Diseño: Diseño no experimental</p>	<p>Población: Laguna de Ñahuimpuquio en el distrito de Chupaca.</p> <p>Muestra: 8 puntos de muestreo ubicados en la laguna de Ñahuimpuquio.</p> <p>Muestreo: Muestreo no probabilístico por conveniencia</p>	<p>Técnicas: Observación</p> <p>Instrumentos: Hoja de observación</p>

bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022?, 2021 - 2022?	bioindicadores en la Laguna de Ñahuimpuquio Chupaca - Junín, 2021 – 2022.
---	---

ANEXO 2: TABLA DE CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA LAGUNA ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA 2021 – 2022, DURANTE EL MES DE DICIEMBRE.

FAMILIA	GENERO	M1 - DICIEMBRE								
		18/12/2021								
		P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	N°
LIBELLULIDAE		2	1	0	0	2	1	7	1	14
	ERYTHRODIPLAX	4	0	0	0	0	0	0	0	4
AESHNIDAE	RHHINNOESHNA	5	0	3	2	4	5	3	1	23
	ANISOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ALLOPETALIA	10	0	3	2	3	7	4	0	29
CHIRONOMIDAE		3	1	9	8	10	11	3	11	56
PLANORBIDAE		8	4	2	0	0	0	1	0	15
PHYSIDAE		14	11	3	2	0	1	2	1	34
LYMNAEIDAE	PSEUDOSUCCINEA	7	5	2	0	0	0	1	0	15
HYALELLIDAE		7	101	6	2	5	0	7	12	140
HYDROBIIDAE		23	1	0	1	1	0	0	2	28
SPHAERIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
MACROBDELLIDAE		0	7	0	0	0	0	0	0	7
PALAEEMONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOSSARIA		0	13	0	0	2	0	0	3	18
PSYCHODIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CERATOPOGONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMNEPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORIXIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELMIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRAMBIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0

CORBICULIDAE		0	2	0	0	0	0	0	3	5
NOTONECTIDAE		1	0	0	1	1	0	1	0	4
NAUCORIDAE		4	1	0	0	0	0	0	0	5
GOMPHIDAE		3	0	0	0	1	0	0	0	4
ZYGOPTERA		1	0	0	0	0	0	0	0	1
RHAMTUS		0	1	0	0	0	0	0	1	2
HELICOPCHIDAE		0	2	0	1	0	0	0	0	3
ODONTOCERIDAE		0	0	0	1	0	0	0	0	1
LEPTOPHILEBIDAE		0	0	0	1	0	0	0	0	1
BAETIDAE		0	0	0	0	0	0	2	1	3
NEMATODA		0	0	0	0	0	0	0	1	1
HYDROPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	1	1
HYRIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELOBDELLA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		92	150	28	21	29	25	31	38	

ANEXO 3: TABLA DE CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA LAGUNA ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA 2021 – 2022, DURANTE EL PRIMER MUESTREO DEL MES DE ENERO.

FAMILIA	GENERO	M 2 - ENERO								
		3/01/2022								
		P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	N°
LIBELLULIDAE		1	0	0	4	4	1	2	0	12
	ERYTHRODIPLAX	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AESHNIDAE	RHHINNOESHNA	19	0	0	3	0	5	3	3	33
	ANISOPTERA	2	0	0	0	0	0	0	0	2

	ALLOPETALIA	0	0	0	5	1	7	4	0	17
CHIRONOMIDAE		1	0	15	4	5	4	7	1	37
PLANORBIDAE		3	15	0	0	0	0	0	0	18
PHYSIDAE		5	29	0	0	2	3	2	2	43
LYMNAEIDAE	PSEUDOSUCCINEA	1	9	0	0	0	0	10	3	23
HYALELLIDAE		1	22	10	1	1	2	2	0	39
HYDROBIIDAE		0	3	0	2	0	1	0	2	8
SPHAERIIDAE		0	1	0	0	0	0	0	0	1
MACROBDELLIDAE		0	14	0	0	0	0	0	0	14
PALAEEMONIDAE		0	1	0	0	0	0	0	0	1
FOSSARIA		0	0	4	0	0	0	0	3	7
PSYCHODIDAE		0	0	5	0	0	0	0	0	5
CERATOPOGONIDAE		0	0	7	0	0	0	0	0	7
LIMNEPHILIDAE		0	0	0	2	0	0	0	0	2
CORIXIDAE		0	0	0	1	0	0	0	0	1
ELMIDAE		0	0	0	0	1	7	2	0	10
CRAMBIDAE		0	0	0	0	0	0	1	0	1
CORBICULIDAE		0	0	0	0	0	0	2	4	6
NOTONECTIDAE		0	0	0	0	0	0	0	3	3
NAUCORIDAE		0	0	0	0	0	0	0	5	5
GOMPHIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ZYGOPTERA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
RHAMTUS		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELICOPCHIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODONTOCERIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEPTOPHILEBIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0

BAETIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMATODA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYDROPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYRIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELOBDELLA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		33	94	41	22	14	30	35	26	

ANEXO 4: TABLA DE CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA LAGUNA ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA 2021 – 2022, DURANTE EL SEGUNDO MUESTREO DEL MES DE ENERO.

FAMILIA	GENERO	M 3 - ENERO								
		29/01/2022								
		P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	Nº
LIBELLULIDAE		0	0	0	2	1	1	2	0	6
	ERYTHRODIPLAX	0	0	1	0	3	1	0	0	5
AESHNIDAE	RHHINNOESHNA	0	0	3	10	1	1	8	1	24
	ANISOPTERA	0	0	1	0	0	0	0	0	1
	ALLOPETALIA	0	0	0	2	1	1	4	0	8
CHIRONOMIDAE		0	0	11	10	5	5	12	6	49
PLANORBIDAE		0	9	0	11	0	1	3	0	24
PHYSIDAE		0	8	0	0	0	0	6	4	18
LYMNAEIDAE	PSEUDOSUCCINEA	2	3	1	2	2	0	3	4	17
HYALELLIDAE		8	6	2	7	1	1	23	0	48
HYDROBIIDAE		1	3	2	0	1	1	10	1	19
SPHAERIIDAE		0	13	1	0	0	0	0	0	14
MACROBDELLIDAE		0	3	0	0	0	0	0	0	3

PALAEEMONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOSSARIA	3	3	0	1	0	0	3	4	14	
PSYCHODIDAE	0	0	0	0	0	0	14	7	21	
CERATOPOGONIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LIMNEPHILIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CORIXIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ELMIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CRAMBIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
CORBICULIDAE	5	4	0	0	0	0	6	0	15	
NOTONECTIDAE	2	8	0	0	0	0	0	0	10	
NAUCORIDAE	2	7	2	0	0	1	1	0	13	
GOMPHIDAE	1	0	1	2	4	0	3	0	11	
ZYGOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
RHAMTUS	0	0	0	0	1	0	0	0	1	
HELICOPCHIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
ODONTOCERIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
LEPTOPHILEBIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
BAETIDAE	0	0	1	1	2	0	0	1	5	
NEMATODA	0	0	0	0	0	0	1	0	1	
HYDROPHILIDAE	0	0	0	0	0	0	0	0	0	
HYRIIDAE	0	7	0	0	0	0	2	0	9	
HELOBDELLA	0	0	0	0	0	0	0	1	1	
TOTAL	24	74	26	48	22	13	101	29		

ANEXO 5: TABLA DE CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA LAGUNA ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA 2021 – 2022, DURANTE EL MES DE FEBRERO.

FAMILIA	GENERO	M 4 - FEBRERO								
		8/02/2022								
		P. A-1	P. B-2	P. C-3	P. D-4	P. E-5	P. F-6	P. G-7	P. H-8	N°
LIBELLULIDAE		0	0	1	0	6	2	1	0	10
	ERYTHRODIPLAX	0	0	0	0	0	0	0	0	0
AESHNIDAE	RHHINNOESHNA	0	0	1	0	1	5	1	1	9
	ANISOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0
	ALLOPETALIA	0	0	2	0	0	2	1	0	5
CHIRONOMIDAE		0	0	1	0	4	0	2	0	7
PLANORBIDAE		1	5	1	0	0	0	0	0	7
PHYSIDAE		1	2	0	0	0	2	0	2	7
LYMNAEIDAE	PSEUDOSUCCINEA	2	2	1	0	4	1	1	4	15
HYALELLIDAE		0	3	2	4	2	2	4	0	17
HYDROBIIDAE		2	1	2	0	0	0	0	1	6
SPHAERIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
MACROBDELLIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
PALAEEMONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
FOSSARIA		0	0	0	0	0	0	0	0	0
PSYCHODIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CERATOPOGONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
LIMNEPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORIXIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
ELMIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CRAMBIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0
CORBICULIDAE		0	2	0	0	3	0	0	2	7
NOTONECTIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0

NAUCORIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
GOMPHIDAE		2	0	0	0	0	0	0	0	0	2
ZYGOPTERA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
RHAMTUS		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELICOPCHIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
ODONTOCERIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
LEPTOPHILEBIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
BAETIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
NEMATODA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYDROPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HYRIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
HELOBDELLA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
TOTAL		8	15	11	4	20	14	10	10		

ANEXO 6: TABLA DE CONTEO DE MACROINVERTEBRADOS COLECTADOS EN LA LAGUNA ÑAHUIMPUQUIO CHUPACA 2021 – 2022, DURANTE EL MES DE DICIEMBRE - FEBRERO.

		ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS																																				
FAMILIA	GENERO	DICIEMBRE									ENERO								ENERO								FEBRERO								TOTAL			
		18/12/2021									3/01/2022								29/01/2022								8/02/2022											
		P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	Nº	P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	Nº	P. A-1	P. B-1	P. C-1	P. D-1	P. E-1	P. F-1	P. G-1	P. H-1	Nº	P. A-1	P. B-2	P. C-3	P. D-4	P. E-5	P. F-6		P. G-7	P. H-8	Nº
LIBELLULIDAE		2	1	0	0	2	1	7	1	14	1	0	0	4	4	1	2	0	12	0	0	0	2	1	1	2	0	6	0	0	1	0	6	2	1	0	10	42
	ERYTHRODIPLAX	4	0	0	0	0	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	3	1	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
AESHNIDAE	RHHINNOESHNA	5	0	3	2	4	5	3	1	23	19	0	0	3	0	5	3	3	33	0	0	3	10	1	1	8	1	24	0	0	1	0	1	5	1	1	9	89
	ANISOPTERA	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
	ALLOPETAJIA	10	0	3	2	3	7	4	0	29	0	0	0	5	1	7	4	0	17	0	0	0	2	1	1	4	0	8	0	0	2	0	0	2	1	0	5	59
CHIRONOMIDAE		3	1	9	8	10	11	3	11	56	1	0	15	4	5	4	7	1	37	0	0	11	10	5	5	12	6	49	0	0	1	0	4	0	2	0	7	149
PLANORBIDAE		8	4	2	0	0	0	1	0	15	3	15	0	0	0	0	0	0	18	0	9	0	11	0	1	3	0	24	1	5	1	0	0	0	0	0	7	64
PHYSIDAE		14	11	3	2	0	1	2	1	34	5	29	0	0	2	3	2	2	43	0	8	0	0	0	0	6	4	18	1	2	0	0	0	2	0	0	7	102
LYMNAEIDAE	PSEUDOSUCCINEA	7	5	2	0	0	0	1	0	15	1	9	0	0	0	0	10	3	23	2	3	1	2	2	0	3	4	17	2	2	1	0	4	1	1	4	15	70
HYALELLIDAE		7	101	6	2	5	0	7	12	140	1	22	10	1	1	2	2	0	39	8	6	2	7	1	1	23	0	48	0	3	2	4	2	2	4	0	17	244
HYDROBIIDAE		23	1	0	1	1	0	0	2	28	0	3	0	2	0	1	0	2	8	1	3	2	0	1	1	10	1	19	2	1	2	0	0	0	0	0	1	61
SPHAERIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	13	1	0	0	0	0	0	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	15
MACROBELLIDAE		0	7	0	0	0	0	0	0	7	0	14	0	0	0	0	0	0	14	0	3	0	0	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	24
PALAEOMONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
FOSSARIA		0	13	0	0	2	0	0	3	18	0	0	4	0	0	0	0	3	7	3	3	0	1	0	0	3	4	14	0	0	0	0	0	0	0	0	0	39
PSYCHODIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	14	7	21	0	0	0	0	0	0	0	0	0	26
CERATOPOGONIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7
LIMNEPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
CORIXIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
ELMIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	7	2	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	10
CRAMBIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
CORBICULIDAE		0	2	0	0	0	0	0	3	5	0	0	0	0	0	0	2	4	6	5	4	0	0	0	0	6	0	15	0	2	0	0	3	0	0	2	7	33
NOTONECTIDAE		1	0	0	1	1	0	1	0	4	0	0	0	0	0	0	0	3	3	2	8	0	0	0	0	0	10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	
NAUCORIDAE		4	1	0	0	0	0	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	5	5	2	7	2	0	0	1	1	0	13	0	0	0	0	0	0	0	0	0	23
GOMPHIDAE		3	0	0	0	1	0	0	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	2	4	0	3	0	11	2	0	0	0	0	0	0	0	2	17
ZYGOPTERA		1	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
RHAMTUS		0	1	0	0	0	0	0	1	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
HELICOPCHIDAE		0	2	0	1	0	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3
ODONTOCERIDAE		0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
LEPTOPHILEBIDAE		0	0	0	1	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
BAETIDAE		0	0	0	0	0	0	2	1	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	2	0	0	1	5	0	0	0	0	0	0	0	0	0	8
NEMATODA		0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2
HYDROPHILIDAE		0	0	0	0	0	0	0	1	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
HYRIIDAE		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	7	0	0	0	0	2	0	9	0	0	0	0	0	0	0	0	0	9
HELOBDELLA		0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1
TOTAL		92	150	28	21	29	25	31	38	33	94	41	22	14	30	35	26	24	74	26	48	22	13	101	29	8	15	11	4	20	14	10	10		1138			

ANEXO 7: TOMA DE MUESTRAS.



Sitio de muestreo de macroinvertebrados en la laguna Ñahuimpuquio, Chupaca 2021 – 2022.

Muestreo en diciembre.



Muestreo de la laguna Ñahuimpuquio, Chupaca 2021 – 2022.

Toma de muestras del mes de enero.



Toma de muestras de en la laguna Nahuimpuquio, Chupaca 2021 – 2022.

Toma de muestra del mes de enero.



Muestreo de la laguna Nahuimpuquio, Chupaca 2021 – 2022.

Toma de muestra del mes de febrero.



Procedimiento de muestreo en la laguna Ñahuimpuquio, Chupaca 2021 – 2022.

Parámetros Físicoquímicos



Uso de instrumento de medición, Medidor de conductividad.

Identificación de puntos estratégicos



Registrar coordenadas UTM

Preparación para insumos.



Muestras de alcohol para la conservación de macroinvertebrados.

ANEXO 8: ANÁLISIS Y OBSERVACIÓN EN LABORATORIO
Análisis de Macroinvertebrados



Identificación Morfológica a través de un Estereoscopio.

Identificación de Macroinvertebrados



Observación de Macroinvertebrados con lupa.

Identificación de Macroinvertebrados



Observación de Macroinvertebrados a través del estereoscopio.

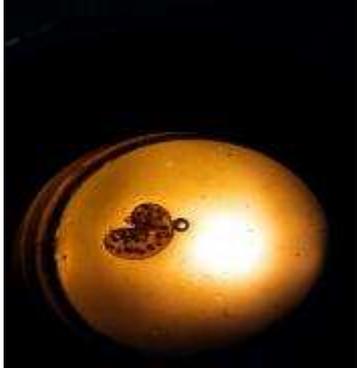
Identificación de Macroinvertebrados



Observación de Macroinvertebrados a través del estereoscopio

ANEXO 9: LOS MACROINVERTEBRADOS DE LA LAGUNA NAHUIMPUQUIO.

CERATOPOGONIDAE	CHIRONOMIDAE	PYSCHODIDAE
		
HYDROPHILIDAE	ELMIDAE	BAETIDAE
		
LEPTOPHILEBIDAE	CORIXIDAE	NAUCORIDAE
		
NOTONECTIDAE	CRAMBIDAE	ALLOPETALIA
		

ANISOPTERA	GOMPHIDAE	RHHINNOESHNA
		
ERYTHODIPLAX	ZYGOPTERA	HELICOPYCHIDAE
		
ODONTOCERIDAE	LIMNEPHILIDAE	HYALELLIDAE
		
PALAEEMONIDAE	NEMATODA	HELOBDELLA
		

MACROBDELLIDAE	PLANORBIDAE	PHYSIDAE
		
HYDROBIDAE	FOSSARIA	PSEUDOSUCINEA
		
HYRRIDAE	CORBICULIDAE	SPHAERIIDAE
		

ANEXO 10: TABLA DE RESULTADO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS EVALUADOS DURANTE LOS MESES DE DICIEMBRE 2022.

FECHA DE SALIDA	PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARÁMETROS				COMENTARIO
			TEMPERATURA (T°) (°C)	OXÍGENO DISUELTO (OD) (%)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) (mS)	pH	
18.12.2021	A-01	06:20 a.m.	14	19.60%	0.295	8.51	zona de botes, presencia de totora, abundancia de insectos voladores, cerca de las islas flotantes.
	B-01	07:23 a.m.	14	13.50%	0.299	8.21	Cerca al puente, salida de la piscigranja, existe eutrofización (algas y acumulación de sedimentos).
	C-01	08:39 a.m.	15	12.60%	0.315	8.3	A la dirección de la torre (existencia de un árbol y totorales)
	D-01	09:36 a.m.	13.8	13.50%	0.285	8.42	Actividades domésticas (lavado de prendas de vestir), presencia de insectos
	E-01	10:17 a.m.	13.2	13.50%	0.287	8.22	Cerca de la desembocadura para el canal de riego, recreos aledaños a 100 metros.
	F-01	11:35 a.m.	14	13.10%	0.289	8.33	Presencia de aves blancas, abundancia de totoras, zona agrícola a 50 metros aprox.
	G-01	12:47 p.m.	13.5	16.20%	0.286	8.51	Presencia de pastos silvestres, abundancia de totoras, salida de botes, recreo las Flores a 30 aprox.
	H-01	01:40 p.m.	14	13.60%	0.293	8.04	Presencia de patos (patos color marrón con pico azul y negro con pico rojo) y salida de botes.

**ANEXO 11: TABLA DE RESULTADO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS
EVALUADOS DURANTE EL MES DE ENERO 2022.**

FECHA DE SALIDA	PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARÁMETROS			
			TEMPERATURA (T°) (°C)	OXÍGENO DISUELTO (OD) (%)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) (mS)	pH
03.01.2022	A-01	06:05 a.m.	13	16.40%	0.293	8.61
	B-01	06:51 a.m.	13	16.50%	0.315	8.04
	C-01	07:49 a.m.	13.5	18.10%	0.286	8.2
	D-01	08:29 a.m.	13.5	19.10%	0.302	8.53
	E-01	09:33 a.m.	13.5	19.50%	0.294	8.55
	F-01	10:24 a.m.	14	17.70%	0.295	8.61
	G-01	11:39 a.m.	13	20.20%	0.276	8.59
	H-01	12:56 p.m.	13	17.50%	0.283	7.73

**ANEXO 12: TABLA DE RESULTADO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS
EVALUADOS DURANTE EL MES DE ENERO 2022.**

FECHA DE SALIDA	PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARÁMETROS			
			TEMPERATURA (T°) (°C)	OXÍGENO DISUELTO (OD) (%)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) (mS)	pH
19.01.2022	A-01	06:13 a.m.	15	20.30%	0.263	8.36
	B-01	06:59 a.m.	15	15.80%	0.301	8.17
	C-01	07:43 a.m.	15	20.60%	0.276	8.51
	D-01	08:37 a.m.	13	20.30%	0.279	8.31
	E-01	09:41 a.m.	13.5	20.10%	0.283	8.21
	F-01	10:36 a.m.	13.2	18.50%	0.285	7.68
	G-01	11:44 a.m.	13	19.20%	0.256	8.03
	H-01	12:45 p.m.	15	18.90%	0.266	8.32

**ANEXO 13: TABLA DE RESULTADO DE LOS PARAMETROS FISICOQUIMICOS
EVALUADOS DURANTE EL MES DE FEBRERO 2022.**

FECHA DE SALIDA	PUNTO DE MUESTREO	HORA	PARÁMETROS			
			TEMPERATURA (T°) (°C)	OXÍGENO DISUELTO (OD) (%)	CONDUCTIVIDAD ELÉCTRICA (CE) (mS)	pH
04.02.2022	A-01	06:09 a.m.	14	17.30%	0.269	8.69
	B-01	06:57 a.m.	14	16.70%	0.309	8.33
	C-01	07:55 a.m.	14	16.40%	0.291	8.52
	D-01	08:49 a.m.	14.5	16.60%	0.288	8.54
	E-01	09:53 a.m.	14.5	16.30%	0.283	8.41
	F-01	10:52 a.m.	15	15.40%	0.288	8.5
	G-01	12:18 p.m.	15	16.40%	0.284	8.64
	H-01	01:45 p.m.	14	18.60%	0.27	8.62

ANEXO 11: CONSTANCIA DE USO DE INSTRUMENTOS Y LABORATORIO.



LABORATORIO DE CALIBRACIÓN ACREDITADO POR EL ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL-DA CON REGISTRO N° LC- 019

Certificado de Calibración LA-741-2022



Pág. 1 de 1

- 1 Cliente : ENVIROPETRUM S.A.C
- 2 Dirección : Calle los Faisanes 700, Int 310 - Chorrillos - Lima
- 3 Datos del Instrumento

. Instrumento de medición	: Medidor de Conductividad*	. N° de serie del instrumento	: AJ.48725
. Marca	: LTLutron	. N° de serie de sensor	: No indica
. Modelo	: YK-2005WA	. Intervalo de Indicación	: 0.0 uS/cm a 200.0 mS/cm
. Identificación	: No indica	. Resolución	: 0.1uS/cm - 0.001mS/cm - 0.01mS/cm

- 4 Lugar de calibración : Laboratorio de Aguas - Green Group PE S.A.C.
- 5 Fecha de calibración : 2021-12-28
- 6 Método de calibración

La calibración se realizó por comparación del instrumento con valores asignados a materiales de referencia de conductividad específica certificados, según procedimiento "PC-022 Calibración de conductímetros" de INDECOP.

7 Condiciones Ambientales.

	Temperatura (°C)	Humedad relativa (% hr)
Inicial	24.2	60.3
Final	24.5	63.0

8 Trazabilidad

Patrón usado	Código Interno	N° de lote o N° de certificado	F. Vencimiento
MRC 89 uS/cm	GGP-S-04.71	CC20146	2021-08-10
MRC 1411 uS/cm	GGP-S-05.65	CC19840	2021-05-18
MRC 9990 uS/cm	GGP-S-07.e3	CC20188	2021-08-18

9 Resultados de medición

Indicación del instrumento	Valor del patrón	Error	Incertidumbre
101.9 uS/cm	89.0 uS/cm	2.9 uS/cm	2.2 uS/cm
1.412 mS/cm	1.411 mS/cm	0.001 mS/cm	0.005 mS/cm
9.97 mS/cm	9.99 mS/cm	-0.02 mS/cm	0.06 mS/cm

10 Observaciones

- a) Los resultados están dados a la temperatura de 25 °C.
- b) La precisión del instrumento declarado en el manual del fabricante es: ± (2% F.S. + 1 dígito)
- c) F.S. = Escala Completa.

* La calibración del medidor de conductividad se realizó en el Multiparámetro.

- La incertidumbre de medición expandida reportada es la incertidumbre de medición estándar multiplicada por el factor de cobertura k=2, de modo que la probabilidad de cobertura corresponde aproximadamente a un nivel de confianza del 95%.
- Los resultados emitidos son válidos solo para el instrumento y sensor calibrado, en el momento de la calibración.
- Se recomienda al usuario recalibrar a intervalos adecuados, los cuales deben ser elegidos con base a las características del trabajo realizado, el mantenimiento, conservación y el tiempo de uso del instrumento.
- La incertidumbre declarada en el presente certificado ha sido estimada siguiendo las directrices de: "Guía para la expresión de la incertidumbre de medida" primera edición, septiembre 2008 CEM.
- Este certificado de calibración solo puede ser otorgado por el personal competente y sin modificaciones, sin firma y solo cuando se autoriza.

Fecha de Emisión
2022-04-16

ISMAEL CURI MELGAREJO
Jefe de Laboratorio de Calibración
GREEN GROUP PE S.A.C

EL USO INDEBIDO DE ESTE CERTIFICADO DE CALIBRACIÓN CONSTITUYE DELITO SANDOYADO CONFORME A LEY.