

UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO
FACULTAD DE INGENIERÍA
PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL



TESIS

“Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en la microcuenca las Pavas distrito de Mariano Dámaso Beraun provincia de Leoncio Prado región Huánuco - 2022”

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERA AMBIENTAL

AUTORA: Cajas Condezo, Yovali Milagros

ASESOR: Riveros Agüero, Elmer

HUÁNUCO – PERÚ

2023

U

D

H



UDH
UNIVERSIDAD DE HUANUCO
<http://www.udh.edu.pe>

TIPO DEL TRABAJO DE INVESTIGACIÓN:

- Tesis (X)
- Trabajo de Suficiencia Profesional ()
- Trabajo de Investigación ()
- Trabajo Académico ()

LÍNEAS DE INVESTIGACIÓN: Meteorología, hidrología y climatología

AÑO DE LA LÍNEA DE INVESTIGACIÓN (2020)

CAMPO DE CONOCIMIENTO OCDE:

Área: Ingeniería, Tecnología

Sub área: Ingeniería ambiental

Disciplina: Ingeniería ambiental y geológica

DATOS DEL PROGRAMA:

Nombre del Grado/Título a recibir: Título

Profesional de Ingeniera ambiental

Código del Programa: P09

Tipo de Financiamiento:

- Propio (X)
- UDH ()
- Fondos Concursables ()

DATOS DEL AUTOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 75003800

DATOS DEL ASESOR:

Documento Nacional de Identidad (DNI): 28298517

Grado/Título: Maestro en Administración y Gerencia en Salud

Código ORCID: 0000-0003-3729-5423

DATOS DE LOS JURADOS:

N°	APELLIDOS Y NOMBRES	GRADO	DNI	Código ORCID
1	Cámara Llanos, Frank Erick	Maestro en ciencias de la salud con mención en: salud pública y docencia universitaria	44287920	0000-0001-9180-7405
2	Vásquez Baca, Yasser	Máster universitario en planificación territorial y gestión ambiental	42108318	0000-0002-7136-697X
3	Valdivia Martel, Perfecta Sofía	Maestro en ingeniería con mención en: gestión ambiental y desarrollo sostenible	43616954	0000-0002-7194-3714



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

Facultad de Ingeniería

PROGRAMA ACADÉMICO DE INGENIERÍA AMBIENTAL

ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE INGENIERO(A) AMBIENTAL

En la ciudad de Huánuco, siendo las 15:00 horas del día 01 del mes de junio del año 2023, en cumplimiento de lo señalado en el Reglamento de Grados y Títulos de la Universidad de Huánuco, se reunieron el sustentante y el **Jurado Calificador** integrado por los docentes:

- Mg. Frank Erick Cámara Llanos (Presidente)
- Mg. Yasser Vásquez Baca (Secretario)
- Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel (Vocal)

Nombrados mediante la **Resolución N° 1203-2023-D-FI-UDH**, para evaluar la Tesis intitulada: "**MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LAS PAVAS DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAUN PROVINCIA DE LEONCIO PRADO REGIÓN HUÁNUCO - 2022**", presentado por el (la) Bach. **CAJAS CONDEZO, YOVALI MILAGROS**, para optar el Título Profesional de Ingeniero(a) Ambiental.

Dicho acto de sustentación se desarrolló en dos etapas: exposición y absolución de preguntas: procediéndose luego a la evaluación por parte de los miembros del Jurado.

Habiendo absuelto las objeciones que le fueron formuladas por los miembros del Jurado y de conformidad con las respectivas disposiciones reglamentarias, procedieron a deliberar y calificar, declarándolo(a) **APROBADO** por **UNANIMIDAD** con el calificativo cuantitativo de **16** y cualitativo de **BUENO** (Art. 47)

Siendo las **15:55** horas del día **01** del mes de **JUNIO** del año **2023**, los miembros del Jurado Calificador firman la presente Acta en señal de conformidad.

Mg. Frank Erick Cámara Llanos
ORCID: 0000-0001-9180-7405
Presidente

Mg. Yasser Vásquez Baca
ORCID: 0000-0002-7136-697X
Secretario

Mg. Perfecta Sofía Valdivia Martel
ORCID: 0000-0002-7194-3714
Vocal



UNIVERSIDAD DE HUÁNUCO

CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD

Yo, Elmer Riveros Agüero, asesor del PA INGENIERÍA AMBIENTAL, y designado mediante documento: RESOLUCIÓN N° 2488-2022-D-FI-UDH, del bachiller (a) Yovali Milagros CAJAS CONDEZO, de la investigación intitulada: "MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LAS PAVAS DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAUN PROVINCIA DE LEONCIO PRADO REGIÓN HUÁNUCO - 2022".

Puedo constar que la misma tiene un índice de similitud de 21% verificable en el reporte final del análisis de originalidad mediante el Software Antiplagio Turnitin.

Por lo que concluyo que cada una de las coincidencias detectadas no constituyen plagio y cumplen con todas las normas de la Universidad de Huánuco.

Se expide la presente, a solicitud del interesado para los fines que estime conveniente.

Huánuco, 05 de junio del 2023.



RIVEROS AGÜERO, ELMER
DNI N° 28298517
CÓDIGO ORCID N° 0000-0003-3729-5423

3era Entrega

INFORME DE ORIGINALIDAD

21 %
INDICE DE SIMILITUD

20 %
FUENTES DE INTERNET

10 %
PUBLICACIONES

9 %
TRABAJOS DEL ESTUDIANTE

FUENTES PRIMARIAS

1 repositorio.udh.edu.pe 8 %
Fuente de Internet

2 Submitted to Universidad Marcelino Champagnat 2 %
Trabajo del estudiante

3 repositorio.ucv.edu.pe 1 %
Fuente de Internet

4 hdl.handle.net 1 %
Fuente de Internet

5 dspace.ucacue.edu.ec <1 %
Fuente de Internet

6 portal.unas.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

7 www.cdc.gov <1 %
Fuente de Internet

8 distancia.udh.edu.pe <1 %
Fuente de Internet

9 www.ecociencia.org
Fuente de Internet



Apellidos y Nombres: Riveros Agüero
Elmer DNI N° 28298517 Código
ORCID N° 0000-0003-3729-5423

DEDICATORIA

En primer lugar, dedico esta tesis a Dios por darme la vida, la salud y la sabiduría a si mismo dedico a mis padres por su apoyo moral y económico en todo momento como también a mis hermanos.

AGRADECIMIENTO

Para finalizar este trabajo de investigación agradezco a Dios por toda la sabiduría brindada durante mi etapa de estudiante en la universidad, a mi familia por darme la oportunidad de estudiar la carrera, como también a las personas que me brindaron su tiempo y apoyo para ejecutar este proyecto; así también agradecer a los docentes por todos los conocimientos brindados durante mi formación profesional

ÍNDICE

DEDICATORIA	II
AGRADECIMIENTO	III
ÍNDICE.....	IV
ÍNDICE DE TABLAS	VII
ÍNDICE DE FIGURAS.....	VIII
ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS	IX
RESUMEN.....	XII
ABSTRACT.....	XIII
INTRODUCCIÓN.....	XIV
CAPÍTULO I.....	16
PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN.....	16
1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA.....	16
1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA	18
1.2.1. PROBLEMA GENERAL	18
1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO.....	18
1.3. OBJETIVO GENERAL.....	18
1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS.....	18
1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA	19
1.5.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA.....	19
1.5.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA	19
1.5.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL.....	19
1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN	19
1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN.....	20
CAPÍTULO II.....	21

MARCO TEÓRICO	21
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	21
2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES.....	21
2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES	24
2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES	27
2.2. BASES TEÓRICAS	28
2.2.1. LOS MACROINVERTEBRADOS	28
2.2.2. CALIDAD DEL AGUA.....	38
2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES	51
2.4. HIPÓTESIS	53
2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL	53
2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS.....	54
2.5. VARIABLES.....	54
2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE	54
2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE	54
2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES	55
CAPÍTULO III	56
METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN	56
3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN	56
3.1.1. ENFOQUE	56
3.1.2. ALCANCE O NIVEL.....	56
3.1.3. DISEÑO	56
3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA	57
3.2.1. POBLACIÓN	57
3.2.2. MUESTRA.....	57
3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS ..	57
3.2.3. TÉCNICA	57

3.2.4. INSTRUMENTO.....	58
3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN	59
CAPÍTULO IV.....	61
RESULTADOS.....	61
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS	61
4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS..	83
CAPÍTULO V.....	87
DISCUSIÓN DE RESULTADOS.....	87
5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS.....	87
CONCLUSIONES	90
RECOMENDACIONES.....	91
REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS.....	92
ANEXOS.....	96

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Marco institucional	37
Tabla 2 Tabla de sensibilidad	51
Tabla 3 Operacionalización de variables	55
Tabla 4 Coordenadas UTM - Puntos de monitoreo.....	57
Tabla 5 Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 1	68
Tabla 6 Análisis de sensibilidad de la calidad de agua - Punto 1.....	69
Tabla 7 Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 2	71
Tabla 8 Análisis de sensibilidad del agua - Punto 2.....	73
Tabla 9 Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 3	74
Tabla 10 Análisis de sensibilidad del agua - Punto 3.....	76
Tabla 11 Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 4	77
Tabla 12 Análisis de sensibilidad del agua – Punto 4.....	79
Tabla 13 Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 5	80
Tabla 14 Análisis de sensibilidad del agua - Punto 5.....	82

ÍNDICE DE FIGURAS

Figura 1 Efemerópteros	29
Figura 2 Odonatos	30
Figura 3 Plecópteros	30
Figura 4 Hemípteros	31
Figura 5 Coleópteros	31
Figura 6 Dípteros	32
Figura 7 Tricópteros	33
Figura 8 Gerridae y veliidae	36
Figura 9 Cladóceros y los copépodos	36
Figura 10 Análisis del Caudal	62
Figura 11 Análisis de la Conductividad	62
Figura 12 Análisis de la temperatura	63
Figura 13 Análisis del PH.....	64
Figura 14 Oxígeno disuelto	64
Figura 15 Aceites y grasas	65
Figura 16 Detergentes	66
Figura 17 Coliformes totales	67
Figura 18 Coliformes Termotolerantes.....	67

ÍNDICE DE FOTOGRAFÍAS

Fotografía 1 Red de malla para la captura de macroinvertebrados	106
Fotografía 2 Materiales utilizados para la captura de macroinvertebrados	106
Fotografía 3 Toma de coordenadas	107
Fotografía 4 Medición de parámetros de campo con multiparámetro	107
Fotografía 5 Toma de muestras	108
Fotografía 6 Presencia de huevos en las piedras del rio muestreado	108
Fotografía 7 Captura de los macroinvertebrados	109
Fotografía 8 Macroinvertebrados encontrados apegados en las piedras ..	109
Fotografía 9 Captura de macroinvertebrados	110
Fotografía 10 Preservación de los macroinvertebrados con alcohol	110
Fotografía 11 Captura de macroinvertebrados	111
Fotografía 12 Anfibio encontrado en la captura de macroinvertebrados....	111
Fotografía 13 Macroinvertebrados encontrados en el punto de muestreo .	112
Fotografía 14 Carachama encontrado en el punto de muestreo	112
Fotografía 15 Anfibios encontrados en el punto de muestreo indicadores de calidad	113
Fotografía 16 Captura de macroinvertebrados	113
Fotografía 17 Muestras obtenidas de los puntos de muestreo	114
Fotografía 18 Macroinvertebrados capturados para ser analizados con el Estereoscopio	114
Fotografía 19 Macroinvertebrado identificado orden “Megaloptera” familia “Corydalidae”	115
Fotografía 20 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Trycorithidae”	115
Fotografía 21 Macroinvertebrado identificado orden “Gastropoda” familia “Thiaridae”	116
Fotografía 22 Macroinvertebrado identificado orden “Coleóptera” familia “Elmidae”	116
Fotografía 23 Macroinvertebrado identificado orden “Hemíptera” familia “Gerridae”	117
Fotografía 24 Macroinvertebrado identificado orden “Megaloptera” familia “Corydalidae”	117

Fotografía 25 Macroinvertebrado identificado orden “Trichoptera” familia “Hydropsychidae”	118
Fotografía 26 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Euthyplocidae”	118
Fotografía 27 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Baetidae”	119
Fotografía 28 Macroinvertebrado identificado orden “Odonata” familia “Gomphidae”	119
Fotografía 29 Macroinvertebrado identificado Orden “Trichoptera” familia “Hydropsychidae”	120
Fotografía 30 Macroinvertebrado identificado Orden “Odonata” familia “Coenagrionidae”	120
Fotografía 31 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Trycorithidae”	121
Fotografía 32 Macroinvertebrado identificado orden “Odonata” familia “Calopterygidae”	121
Fotografía 33 Macroinvertebrado identificado orden “Decápoda” familia “Palaeomonidae”	122
Fotografía 34 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Trycorithidae”	122
Fotografía 35 Macroinvertebrado identificado orden “Coleóptera” familia “Psephenidae”	123
Fotografía 36 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Leptophlebiae”	123
Fotografía 37 Macroinvertebrado identificado orden “Trichoptera” familia “Hydropsychidae”	124
Fotografía 38 Macroinvertebrado identificado orden “Hemíptera” familia “Veliidae”	124
Fotografía 39 Macroinvertebrado identificado orden “Hemíptera” familia “Veliidae”	125
Fotografía 40 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Leptophlebiae”	125
Fotografía 41 Macroinvertebrado identificado orden “Coleóptera” familia “Elmidae”	126

Fotografía 42 Macroinvertebrado identificado orden “Plecóptera” familia “Perlidae”	126
Fotografía 43 Macroinvertebrado identificado orden “Ephemeroptera” familia “Oligoneuridae”	127
Fotografía 44 Macroinvertebrado identificado orden “Prostigmata” familia “Hidrachnydia”	127

RESUMEN

La tesis titulada “MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LAS PAVAS DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAUN PROVINCIA DE LEONCIO PRADO REGION HUÁNUCO - 2022” tiene como **objetivo** Evaluar la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco – 2022, la investigación aporta a la sociedad nuevos conocimientos teóricos y prácticos en relación a la calidad del agua tomando en cuenta los macroinvertebrados acuáticos; la investigación conto con estudios similares que se han realizado en el ámbito internacional, nacional y local, con el propósito de ser un respaldo a nuestro estudio; la presente investigación tiene un alcance no experimental, descriptivo, correlacional analizadas mediante una muestra en 5 puntos de monitoreo realizado en la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun; de acuerdo al análisis realizado se contó con **resultados** que fueron analizados mediante cuadros estadísticos y gráficas, concluyendo que mediante la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua, y analizando el índice de sensibilidad y abundancia el agua tiene una calificación de bueno y muy bueno con respecto a la calidad del agua; independientemente a ello se analizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, cuyo **resultado** corresponde favorable para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.

Palabras clave: Macroinvertebrados, acuáticos, calidad del agua, ambiente, microbiológicos.

ABSTRACT

The thesis entitled "AQUATIC MACROINVERTEBRATES AS WATER QUALITY INDICATORS WITH THE MICROQUENCE OF LAS PAVAS, MARIANO DAMASO BERAUN DISTRICT, LEONCIO PRADO PROVINCE, HUANUCO REGION - 2022" aims to: Evaluate the relationship of aquatic macroinvertebrates as quality indicators of the water of the Las Pavas micro-basin, District of Mariano Damaso Beraun Province of Leoncio Prado Huánuco Region - 2022, the research provides society with new theoretical and practical knowledge in relation to water quality taking into account aquatic macroinvertebrates; The research had similar studies that have been carried out internationally, nationally and locally, with the purpose of being a support for our study; This research has a non-experimental, descriptive, correlational scope analyzed through a sample at 5 monitoring points carried out in the Las Pavas micro-watershed, Mariano Damaso Beraun District; According to the analysis carried out, there were results that were analyzed through statistical tables and graphs, concluding that by evaluating aquatic macroinvertebrates as indicators of water quality, and analyzing the sensitivity and abundance index, the water has a good rating. and very good regarding the quality of the water; Regardless of this, the physical, chemical, and microbiological parameters of the water were analyzed, the result of which corresponds favorable to category 4: Conservation of the aquatic environment, according to Supreme Decree No. 004-2017-MINAM.

Keyword: Macroinvertebrates, aquatic, water quality, environment, microbiology.

INTRODUCCIÓN

El presente estudio que tiene como título “MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA MICROCUENCA LAS PAVAS DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAUN PROVINCIA DE LEONCIO PRADO REGION HUÁNUCO - 2022” parte del problema de determinar ¿Cuál es la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?; en el mundo existe muchos ríos, que tiene diferentes usos, las cuales están compuestas por diferentes valores en lo que se refiere a sus parámetros físicos, químicos y microbiológicos, en el Perú según la Autoridad Nacional del Agua (ANA) existen alrededor de 1,007 ríos, para ello, se cuenta con parámetros establecidos el cual permiten tener límites máximos permisibles de cada indicador del agua de acuerdo a sus categorías planteadas, por otro lado, existen algunos ,macroinvertebrados que solo viven dentro de agua limpia, donde su ausencia permiten tener una sospecha que cierto agua no es de calidad; la presente investigación estudio ello, de acuerdo a una metodología planteada por la universidad. En los primeros capítulos se planteó y se describió el problema a investigar; donde como producto del planteamiento se contó con el problema general y los problemas específicos de la investigación, posteriormente siguiendo con la metodología de la universidad se realizó una justificación de la investigación, al igual que su importancia mediante la generación de valor teórico, se describen las limitaciones y viabilidad de la investigación para su ejecución. Posteriormente la investigación se apoya en la incorporación de un marco teórico para analizar los aspectos generales a través de investigaciones de diversos autores que generan antecedentes sobre el desarrollo de la investigación, describen las teorías primarias sobre las variables de estudio, definen los conceptos más utilizados en la investigación y formulan posibles soluciones a los problemas de investigación (hipótesis generales y específicas) y se redactan la operacionalización de las variables como una síntesis general. En la parte metodológica de la investigación comenzó por definirse el enfoque, alcance del estudio y tipo de investigación: se determinó la población y una muestra,

la muestra viene a ser 5 puntos de monitoreo de agua en la microcuenca las Pavas, se formula las técnicas y los instrumentos de medición de las variables y las técnicas para la presentación y análisis de los resultados (cuadros estadísticos). En lo que concierne a ser el análisis de resultados, se analizó la información y el procesamiento de la información extraído de los 5 puntos de monitoreo mediante prueba de laboratorio que permiten tener valores que fueron analizados y procesados en cuadros estadísticos y gráficas, posteriormente estos resultados permitieron contrastar la hipótesis planteada en la investigación y explicar las variables.

Finalmente, se discutieron los resultados utilizando los datos de la aplicación estadística, se estableció una comparación de acuerdo con el marco teórico y se hicieron sugerencias a la luz de las conclusiones establecidas. Por último, se identificaron los autores que aportaron conocimientos y se crearon referencias bibliográficas.

CAPÍTULO I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

1.1. DESCRIPCIÓN DEL PROBLEMA

Según, Carrera y Fierro (2001) Los macroinvertebrados son conocidos comúnmente como invertebrados totales, lo conforman los insectos, crustáceos, moluscos y anélidos; se le conoce como macroinvertebrado por que se pueden observar sin la ayuda de algún instrumento de observación, miden aproximadamente entre 2 milímetro a 30 centímetros; se le denomina invertebrado porque su cuerpo no contiene hueso, son acuáticos por que viven en el agua especialmente en lugares con agua dulce.

El mundo está rodeado de agua de diferente tipo que albergan numerosos seres vivos como los macroinvertebrados; Los macroinvertebrados son insectos que por sus características permiten medir la calidad del agua; algunos de ellos desaparecen cuando el agua está contaminada y otros simplemente logran adaptarse y se reproducen a gran escala (Carrera y Fierro, 2001).

Según, Davies (2020) el 97.5% de las aguas en el mundo se encuentran en el océano, solo el 2.5% de las aguas son aguas dulces y se encuentran distribuidos en ríos, lagos, lagunas, etc.; la calidad de las aguas dulces depende de ciertos factores naturales como las erosiones que pueden alterar las composiciones químicas y físicas del agua y también como el ser humano interviene; el ser humano puede actuar positivamente y negativamente ante los recursos hídricos, cuando el ser humano contamina los ríos, lagos y lagunas arrojando desechos sólidos, restos químicos , etc., ocasiona que la composición química del agua sea no apta para la supervivencia de seres vivos por que cambia su composición; y cuando el ser humano interviene conservando la calidad del agua, sin arrojar desechos sólidos ni desechos tóxicos va lograr que los niveles de toxicidad del agua sea aceptable para el consumo de las personas y los seres vivos.

Alrededor del mundo se visualiza una contaminación sustancial de la calidad del agua, según Davies (2020) el 95% de las aguas dulces en el

mundo tiene emisiones de desechos domésticos, emisiones industriales y emisiones de los afluentes provenientes de la combustión de los combustibles y de los incendios de áreas forestales en el mundo.

En el Perú, según la Autoridad nacional del Agua – ANA (2016) ha identificado 41 unidades hidrográficas donde sus parámetros de acuerdo a los Estándares de la Calidad del Agua (ECA) exceden a los límites permitidos, siendo uno de los principales factores contaminantes las aguas residuales domésticas, industriales y municipales; las aguas residuales municipales son generados por el ser humano proveniente de las zonas urbanizadas que muchos de ellos no cuenta con una planta de tratamiento de agua residual; la minería informal también es un factor contaminante de la calidad de agua, en el proceso de búsqueda de algunos minerales se derrama sustancias tóxicas para el agua.

A menudo se observa situaciones de comportamiento negativo de las personas, muchos de ellos arrojan basura al suelo, a los ríos, generando una clara contaminación del agua y contribuyendo a que los parámetros de calidad del agua cambien; a ello se atribuye que tienen una mala formación en casa y en los colegios, por ello uno de los problemas a nivel nacional sobre la contaminación del agua lo tiene que ver el comportamiento humano directamente.

La región Huánuco cuenta con importantes recursos hídricos por la existencia de grandes cantidades de ríos, lagos, lagunas, riachuelos, etc. en sus tres cuencas hidrográficas (Huallaga, Marañón y Pachitea) las aguas generalmente son utilizados para el consumo humano, agricultura, minería y generación de energía; en la provincia de Leoncio Prado, específicamente en el distrito de Mariano Dámaso Beraun se encuentra ubicado la microcuenca las Pavas donde se encuentran 9 caseríos que cuentan con ríos, pozos de aguas, riachuelos, etc. que mediante el presente estudio se determinara la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas con la finalidad de proponer a las autoridades de turno a realizar un plan de conservación de los ríos, riachuelos.

1.2. FORMULACIÓN DEL PROBLEMA

1.2.1. PROBLEMA GENERAL

- ¿Cuál es la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?

1.2.2. PROBLEMA ESPECÍFICO

- ¿Cómo se relaciona los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?
- ¿Cómo se relaciona los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?
- ¿Cómo se relaciona los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?

1.3. OBJETIVO GENERAL

- Evaluar la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

1.4. OBJETIVOS ESPECIFICOS

- Determinar la relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

- Determinar la relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.
- Determinar la relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

1.5. JUSTIFICACIÓN DE LA INVESTIGACIÓN

1.5.1. JUSTIFICACIÓN TEÓRICA

El desarrollo de la investigación permitirá contar con valor teórico y con antecedentes para futuras investigaciones que se realizaran en la microcuenca las Pavas distrito de Mariano Dámaso Beraun con respecto a la calidad del agua mediante los macroinvertebrados acuáticos.

1.5.2. JUSTIFICACIÓN METODOLÓGICA

El desarrollo de la presente investigación permitirá contar con instrumentos, técnicas y metodología para futuras investigaciones que se realizarán en la microcuenca las Pavas.

1.5.3. JUSTIFICACIÓN PRÁCTICA

El desarrollo de la presente investigación permitirá que la población que habitan en la microcuenca las Pavas tenga conocimiento sobre la calidad de sus aguas y a las autoridades locales a realizar un plan de conservación de sus aguas.

1.5.4. JUSTIFICACIÓN SOCIAL

El desarrollo de la investigación permitió conocer los macroinvertebrados acuáticos que habitan en aguas limpias y que se relacionan directamente con la calidad del agua aptas para el consumo humano de los pobladores de la microcuenca las Pavas.

1.6. LIMITACIONES DE LA INVESTIGACIÓN

Las limitaciones para el desarrollo de la investigación identificado son las siguiente:

- La extracción de muestras para el análisis de la calidad del agua de la microcuenca las Pavas, se requirió de equipos adecuados y recursos económicos para el procesamiento de las muestras, las mismas que como investigador se ha tomado todas las previsiones posibles.
- La distancia desde la Universidad de Huánuco hasta la microcuenca las Pavas fue una limitante que nos permitió planificarnos oportunamente nuestras actividades para disponer del tiempo necesario y viajar al lugar de los hechos.

1.7. VIABILIDAD DE LA INVESTIGACIÓN

- Preparación técnica; el investigador estuvo equipado con métodos y procesos de recojo y tratamiento de datos para llevar a cabo la investigación.
- Se dispuso de recursos financieros; el investigador asumió con los gastos de las numerosas actividades previstas para la ejecución de la investigación.
- La disponibilidad de información secundaria; hubo suficientes fuentes de información secundaria en Internet, en publicaciones periódicas, libros, revistas científicas y otras publicaciones, sobre el tema de la investigación.

CAPÍTULO II

MARCO TEÓRICO

2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN

2.1.1. ANTECEDENTES INTERNACIONALES

Urdanigo, (2019), desarrolla su investigación “*DIVERSIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN QUEBRADAS CON DIFERENTE COBERTURA RIBEREÑA EN EL BOSQUE PROTECTOR MUROCOMBA, ECUADOR*” artículo desarrollado en la Universidad Técnica Estatal de Quevedo, con el **objetivo** de “Evaluar las respuestas del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos al cambio en la cobertura ribereña en el bosque protector Murocomba, Valencia, Ecuador” (p.15). La **metodología** utilizada en la investigación fue un tipo de investigación explicativo, cuantitativo por que los indicadores de medición fueron numéricos, con un tipo de análisis descriptivo; sobre las muestras se “realizaron en las temporadas seca (de junio a diciembre 2014) y de lluvias (diciembre hasta abril 2015) en tres quebradas”. Como **resultado** de la investigación se tuvo un conjunto de datos numéricos, que representa los indicadores de las investigaciones analizadas de acuerdo a los parámetros físicos, químicos y microbiológicos, las mismas que son presentados con cuadros y gráficos estadísticos. Se **concluye** que “se evidenció una influencia negativa de las actividades antrópicas en las variables fisicoquímicas y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados. Esto indica que la vegetación ribereña es un factor determinante para el establecimiento y la estructura de las comunidades acuáticas” (p.78).

Quesada, (2020), menciona en su artículo “*COLONIZACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN TRES TIPOS DE SUSTRATOS ARTIFICIALES, EN UN RÍO TROPICAL*”. Resumen: “Existen diferentes metodologías para la recolecta de macroinvertebrados acuáticos (p.e., la red D y Red Surber), sin embargo, algunas de estas no son efectivas en todos los cuerpos de agua o representa un riesgo para la persona que adquiere la muestra” (p.16). “Los sustratos artificiales

pueden emplearse en ríos profundos, contaminados o con presencia de cocodrilos”. “En Costa Rica hay estudios donde se utilizó los sustratos artificiales, para determinar la riqueza y abundancia en humedales tipo lago y lagunas, no obstante, se desconoce la efectividad de un tipo de sustrato sobre otro y en sistemas loticos”. “El **objetivo** del estudio fue demostrar la efectividad de tres tipos de sustratos artificiales” (p.32). “Las muestras se obtuvieron de manera bimensual entre los años 2013 y 2017, en el Río Parismina, Costa Rica, en cuatro sitios a lo largo del río y se evaluó los sustratos piedra, madera y hojas”. “Se aplicó los **métodos** de la prueba de Kruskal-Wallis para determinar las diferencias entre la abundancia y el tipo de sustrato, como también para determinar la diferencia entre la abundancia y el sitio de muestreo”. Por siguiente, “para determinar si existe una diferencia entre los sustratos por sitio, se aplicó una prueba Permanova de dos vías”. “Un análisis de correspondencia múltiple para determinar el grado de asociación de la comunidad con respecto al tipo de sustrato”. “Los **resultados** arrojaron un total de 1159 organismos fueron recolectados, siendo Díptera y Ephemeroptera los órdenes más abundantes; la madera y hojas fueron los sustratos con mayor biodiversidad, como también los sitios con mayor vegetación” (p.78). la investigación **concluye** que “el uso en conjunto de los tres tipos de sustratos artificiales, es efectivo para obtener una mayor riqueza de organismos, ya que se observó afinidad por un sustrato según el género de macroinvertebrado acuático” (p.84).

Nuñez, (2020), menciona en su artículo “*USO DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO SISTEMA DE EVALUACIÓN DE LAS LAGUNAS DE ESTABILIZACIÓN EL SALGUERO (COLOMBIA)*” Resumen: “El **objetivo** de este trabajo fue evaluar la eficiencia del sistema de lagunas de estabilización El Salguero mediante el uso de macroinvertebrados acuáticos; se aplicó del índice BMWP/Col (adaptado para Colombia) y los índices ecológicos de diversidad alfa y beta; se colectaron macroinvertebrados acuáticos en las lagunas anaeróbicas, facultativas y de maduración; los 2619 individuos colectados están distribuidos en tres phylum, tres Clases, cinco Órdenes y 14

Familias” (p.35). Los **resultados** de la investigación, “demuestran la dominancia del orden Díptera, a través del índice BMWP/Col indica que existen diferencias entre la calidad de agua en las diferentes lagunas de estabilización; los índices ecológicos alfa y beta mostraron valores de diversidad entre medio y bajo y asociaciones entre las diferentes familias de taxones” (p.80). En **conclusión**, “la mayor diversidad de los macroinvertebrados acuáticos se obtuvo en las lagunas de maduración siendo el orden Díptera los que tienen mayor presencia de individuos en cada fase de tratamiento” (p.91).

Macías, (2020). Ecuador. En su trabajo de investigación titulado: *“MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTERO EL TACO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO”*. Resumen: El uso de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua se ha utilizado como complemento al análisis de parámetros fisicoquímicos, debido a los mismos cumplen importantes funciones en la transformación de la materia orgánica, y considerados componentes esenciales en el funcionamiento del ecosistema acuático. La presente investigación tiene como **objetivo** determinar las comunidades de macroinvertebrados acuáticos presentes en el estero el Taco y su relación con los usos de suelo. Durante los meses de diciembre de 2020 a febrero del 2021 se realizaron 27 muestreos en 9 estaciones en tres usos de suelo (agrícola, bosque, y pastizal), para lo cual se empleó la D-net con malla de 500µm, los especímenes recolectados fueron identificados hasta nivel de género. La estructura de la comunidad de insectos acuáticos se determinó mediante el **método** del uso de los índices de diversidad de Shannon– Weaver, dominancia de Simpson y de riqueza de Pielou utilizando el programa estadístico PAST. “Se realizó un análisis de similitudes no paramétricas (ANOSIM), para identificar las diferencias estadísticas en la similitud de géneros de macroinvertebrados acuáticos entre los usos de suelo y un análisis de varianza o ANOVA para comprobar diferencias de los índices calculados, y parámetros fisicoquímicos” (p.71), además se empleó un análisis de redundancia

(RDA) que permitió evaluar el grado de correlación entre la abundancia de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Para establecer la calidad del agua se aplicó el índice BMWP-Cr, y en la evaluación de estado actual de la vegetación de ribera los índices de calidad de bosque ribera (QBR) e índice de hábitat fluvial (IHF). Se recolectaron un total de 1425 individuos distribuidos en 10 órdenes, 14 familias y 17 géneros. Los **resultados** de los índices de diversidad demostraron que el sitio con mayor dominancia y diversidad de géneros de macroinvertebrados fue el uso suelo bosque, mientras que el uso de suelo agrícola mostro la mayor riqueza. Se **concluye** que la prueba ANOSIM demostró que el uso de suelo pastizal presentó diferencias estadísticas en la similitud de abundancia de géneros de macroinvertebrados acuáticos entre los usos de suelo. El índice BMWP-Cr mostro que el suelo bosque presenta agua de calidad de agua excelente, mientras que el índice (QBR) una calidad buena, algo similar indico el índice (IHF) con calidad moderada para el uso de suelo bosque
Palabras claves: Calidad de agua, índice BMWP-Cr, índice (IHF), índice (QBR).

2.1.2. ANTECEDENTES NACIONALES

Castillo, (2020), en su investigación *“VARIACIÓN ESPACIAL DE LA COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN LA ZONA LITORAL DEL HUMEDAL COSTERO SANTA ROSA, LIMA, PERÚ”* “Los humedales costeros son ecosistemas sensibles de alta productividad por los servicios ecosistémicos que brindan: purificación del agua, reducción de las inundaciones, protección de las costas marinas y; además, son lugares de gran diversidad biológica” (p.16). El **objetivo** de la investigación “fue determinar la estructura comunitaria de los macroinvertebrados acuáticos en relación con las variaciones espaciales en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa en Lima, Perú; el estudio fue realizado en seis periodos bimestrales desde agosto 2015 a junio 2016” (p.24). “Donde se establecieron ocho estaciones de muestreo: tres estaciones en la laguna principal, tres estaciones en el brazo de la laguna y dos estaciones en pozas pequeñas aisladas; los muestreos se

realizaron con una red tipo D de 250 μm de apertura de malla y tres réplicas por cada estación” (p.28). Los **resultados** “demuestran que las ocho estaciones evaluadas se caracterizaron ambientalmente y se registraron los parámetros fisicoquímicos del agua para cada estación” (p.34). Se **concluye** que “se recolectaron en total 28 655 macroinvertebrados distribuidos en 76 géneros, los órdenes de mayor riqueza fueron: Díptera y Coleóptera con 24 y 19 géneros respectivamente”.

Pascual, (2019), en su investigación “*MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y ENSAYOS TOXICOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SEDIMENTO DEL RÍO RÍMAC, LIMA, PERÚ*”, Resumen: “El **objetivo** del estudio fue emplear a los macroinvertebrados bentónicos (MIB) y a los ensayos toxicológicos para evaluar en época de avenida y estiaje la calidad del agua y sedimentos del río Rímac (Lima-Perú) durante 2009; se establecieron doce estaciones de muestreo (E₁ -E₁₂), teniendo en cuenta las fuentes de contaminación” (p.35). Los **resultados** de la investigación determinaron que en “la época de avenida presentó mayores valores de pH, en cambio, mayores valores de conductividad específica, sólidos totales, oxígeno disuelto y transparencia se observaron en la época de estiaje, entre épocas de avenida y estiaje se observaron diferencias en la abundancia de Planorbidae, Baetidae, Chironomidae, Empididae y Tipulidae” (p.48). La investigación **concluye** que “los índices de diversidad y equitatividad fueron mayores en época de avenida, pero los índices de dominancia y abundancia fueron mayores en época de estiaje” (67).

Carrasco, (2020), en su investigación “*MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS EN ARROYOS ASOCIADOS CON BOFEDALES ALTOANDINOS, AYACUCHO PERÚ*”. Resumen: “Los arroyos asociados a bofedales se hallan en ambientes donde las condiciones son extremas con temperaturas muy variables, baja presión atmosférica e intensa radiación solar; Sin embargo, existen ensamblajes de macroinvertebrados asociados a estos ambientes, cuya información es escasa” (p.17). “A escala global y regional, las características de los macroinvertebrados

cambian con el aumento de la latitud y altitud (disminución de la riqueza y variación de la composición); a nivel local, también se puede agregar el efecto de las aguas ácidas y de elevada conductividad proveniente de manantiales que se unen a los arroyos, que generan heterogeneidad en la calidad de agua y consecuentemente en las características de los macroinvertebrados” (p.27), con el **objetivo** de “Comparar la diversidad, composición y abundancia de macroinvertebrados y las características fisicoquímicas del agua de arroyos asociados a dos bofedales altoandinos, ubicados en el departamento de Ayacucho, Perú” (p.31). La **metodología** empleada fue estudiar “once estaciones ubicados en arroyos de dos bofedales: 7 en Guitarrachayocc (G) de 43 ha (n = 28) y 4 en Pichcchahuasi (P) de 28 ha (n = 8). Se empleó una red de Surber (0.3 mm de malla, área de muestreo de 1 200 cm²), para realizar muestreos mensuales de octubre de 2016 a abril de 2017” (p.42). “Análisis de componentes principales (PCA) y análisis de varianza multivariante no paramétrico (NP-MANOVA) se aplicaron para comparar las características del agua”. Además, se utilizó un análisis de coordenadas principales (PCoA) y NP-MANOVA para comparar el ensamblaje. La prueba no paramétrica de Kruskal-Wallis ($\alpha = 0.05$) se utilizó para comparar las abundancias absolutas de los taxa principales. Los **resultados** mostraron que las características del agua fueron heterogéneas, con pH de 3.2 (± 0.4) a 7.6 (± 0.1), conductividad de 168.9 (± 91) $\mu\text{S}/\text{cm}$ a 1 117 (± 159.3) $\mu\text{S}/\text{cm}$; diferencias que fueron significativas ($p < 0.05$) al comparar las estaciones de muestreo, donde el agua de G6 presenta los mínimos valores de pH y los máximos de conductividad, al igual que cloruros. Se recolectaron un total de 8 126 individuos, distribuidos en 26 taxa de 20 familias, 11 órdenes y cinco clases. Los insectos fueron el grupo más diverso y abundante. Se **concluye** que la riqueza, composición y densidad de los macroinvertebrados son diferentes en los arroyos según el bofedal al cual se halla asociado. La contribución de los manantiales a los arroyos genera cambios drásticos en la calidad del agua y los macroinvertebrados, determinando la formación de ensamblajes con diferente riqueza y estructura.

2.1.3. ANTECEDENTES LOCALES

Morales, (2019) En su tesis: *“RELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA UCHPAS, EN EL CENTRO POBLADO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRAN, PROVINCIA Y REGIÓN HUÁNUCO, MAYO – JULIO 2019”*. Resumen: El presente trabajo de investigación se realizó con el **objetivo** de “determinar la relación que tienen los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en la quebrada Uchpas ubicado en el distrito de San Francisco de Cayran, para el manejo de datos se establecieron 7 puntos de monitoreo ubicados respectivamente en la parte baja de la microcuenca” (p.17), en esta ubicación “se encontraron 17 familia taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos, correspondiente a 7 órdenes, destacando la Coleóptera, Díptera, Trichoptera, Plecóptera y Ephemeroptera; de la misma manera se hizo un análisis fisicoquímico y microbiológico del agua considerando parámetros como Oxígeno disuelto, Demanda Química de Oxígeno, Demanda Bioquímica de Oxígeno, pH, Conductividad, Nitratos, Nitritos, Coliformes totales y Bacterias heterotróficas, todas estas fueron comparados con los Estándares de Calidad Ambiental (ECA), siendo aceptable dentro de su categoría” (p.28). “Para la calificación y puntuación de los macroinvertebrados se aplicó el **método** del Índice Biótico Andino (ABI), que consiste en una escala de valores asignada a cada familia variando de 1 donde la tolerancia es mayor y de 10 perteneciente a las familias más sensibles”. Finalmente se **concluye** que “se pudo determinar una buena calidad del agua en base a los puntos evaluados y a las familias taxonómicas presentes, teniendo en cuenta un nivel de significancia de 5% (0.05), no pudo ser demostrado la relación entre las variables de estudio que señala que la cantidad de macroinvertebrados no está relacionada a la calidad del agua; abriendo la posibilidad de una investigación mucho más exhaustiva” (p.58).

Ayala, (2019), en su revista *“DEGRADACIÓN ACUÁTICA Y SU IMPACTO SOBRE COMUNIDAD MACROINVERTEBRADOS*

BENTÓNICOS DEL RÍO HIGUERAS EN LA PROVINCIA DE HUÁNUCO, PERÚ. En resumen: El **objetivo** de investigación fue evaluar y determinar el deterioro en calidad del río Higueras en la Provincia de Huánuco; degradación ambiental acuática impacta significativamente sobre vida libre de Macroinvertebrados bentónicos del río” (p.19). Los **resultados** “del análisis organoléptico y los parámetros fisicoquímica de 13 estaciones de muestreo, evidencian en zonas 9, 10, 11, 12, 13 aguas abajo el proceso degradativo en calidad, comprometiendo en reducir la diversidad biológica y salud del ambiente, causados por la actividad antrópica constante acelerando su degradación” (p.87). Finalmente, como **conclusión**, “los parámetros organolépticos y fisicoquímicas muestran la calidad acuática de Higueras es muy malo ocasionados por contaminación antrópica” (p.197).

Cruz (2019) investiga “*ESTADO ECOLÓGICO DEL AGUA MEDIANTE INDICADORES BIOLÓGICOS (MACROINVERTEBRADOS) EN LA QUEBRADA TRES DE MAYO DEL PARQUE NACIONAL TINGO MARÍA*” la investigación es desarrollado con el **objetivo** de “Evaluar el estado ecológico del agua mediante macroinvertebrados en la quebrada Tres de Mayo del Parque Nacional Tingo María” (p.14). Los **resultados** de la investigación afirman que “los resultados del análisis del estado ecológico del agua de la quebrada Tres de Mayo del PNMT de la zona baja establece que presentan aguas contaminadas” (p.45), donde cuya **conclusión** de la investigación es: “De acuerdo con los resultados obtenidos en la identificación de los macroinvertebrados, la orden con mayor número de familias en el punto 1 es la Coleóptera seguido por la Trichoptera, Ephemeroptera, Odonata, Megaloptera, Plecoptera y en el punto 2 es la Diptera y Coleóptera seguida por la Megaloptera, Odonata, Trichoptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Hemiptera y Gastropoda” (p.60).

2.2. BASES TEÓRICAS

2.2.1. LOS MACROINVERTEBRADOS

Según, Ladera (2012) los macroinvertebrados acuáticos “Se denominan macroinvertebrados acuáticos aquellos invertebrados con un

tamaño superior a 500 μm , entre los que se incluyen animales como esponjas, planarias, sanguijuelas, oligoquetos, moluscos o crustáceos, entre los que se encuentran los cangrejos” p.16. No obstante, existe una gran diversidad de macroinvertebrados acuáticos distribuidos en todas las fuentes de agua dulce, y estos son los insectos; los insectos tienen su periodo de vida, en su estado de huevo y larva son acuáticos, cuando van creciendo se van adaptando a la vida terrestre. Los insectos que son acuáticos en alguna etapa de su crecimiento y que han abundado en las aguas dulces son lo siguiente:

- Efemerópteros-. Son larvas de agua dulce que pueden vivir en el agua hasta un periodo de dos años, cuando llega a la etapa de maduras según Ladera (2012) estos pueden vivir hasta minutos, su respiración se realiza por las branquias abdominales, se alimentan de materias orgánicas muertas, presentan diferencias en cuanto a su tolerancia a una disminución del oxígeno del agua, la abundancia de estos tipos de insectos en el agua son indicadores de calidad del ecosistema y generalmente poseen una gran sensibilidad en las condiciones del agua específicamente cuando son ácidas.

Figura 1
Efemerópteros



- Odonatos-. En este tipo de insectos generalmente lo lidera las libélulas y caballitos del diablo, cuando son larvas viven en el agua,

pero cuando llega a la etapa de la madures viven en las inmediaciones de las aguas.

Figura 2
Odonatos



- Plecópteros-. Los plec6pteros son larvas que viven exclusivamente dentro de las aguas, generalmente en aguas dulces donde existe mayor cauce, alejado de la contaminación y donde existe mucha oxigenación; por ello es utilizado por muchos investigadores como un bioindicador para determinar la calidad del ambiente acuático; cuando llegan a su etapa de la madurez suelen caminar desorientadas por las rocas. Su alimento suele ser de fragmentos de material inorgánicos.

Figura 3
Plec6pteros



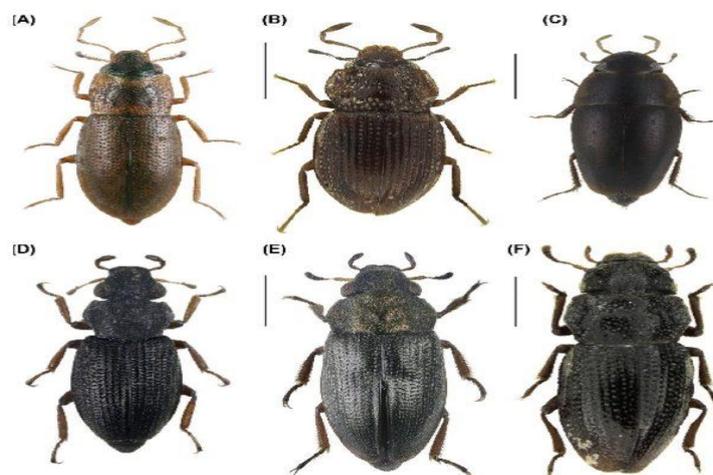
- Hemípteros-. Los hemípteros son insectos que tienen un aspecto chupador, viven en el agua y también en la superficie terrestre, en la superficie terrestre son conocidos como los zapateros; es bastante vulnerable a los peces porque con su capacidad de saltar son devorados.

Figura 4
Hemípteros



- Coleópteros-. Este tipo de insecto ha evolucionado con el tiempo, según Ladera (2012) solo un 15 % de estas especies son acuáticas, su adaptación al agua y al suelo son variados en diferentes grupos, algunos grupos la etapa de larva y adultez pueden vivir dentro del agua y en la superficie, mientras que en algunos grupos solo se han adaptado en uno de ellas.

Figura 5
Coleópteros



- Dípteros-. Estas especies se encuentran distribuidos ampliamente en todas las condiciones del agua, algunas especies habitan en condiciones de agua limpia, con gran cantidad de oxígeno, y algunos se encuentran viviendo en condiciones extremas; Estas especies son consideradas como indicador de la calidad del agua, pero para su asertividad es tomado en cuenta otros tipos de insectos.

Figura 6

Dípteros



- Tricópteros-. Estas especies se consideran las más importantes del mundo acuático, su habitat es 100% acuático, algunas especies construyen dentro del agua un larvario de arena y otros materiales orgánicos las cuales son utilizados para el desarrollo de sus especies; presentan generalmente ciertas exigencias sobre la calidad del agua para su habitat, por ello es tomado en cuenta con mayor frecuencia para determinar la calidad del agua.

Figura 7
Tricópteros



Deriva de macroinvertebrados y estrategias para mantener una población a pesar de la deriva

Ladera (2012) menciona que muchos macroinvertebrados tiene la deriva como parte de su ciclo de vida, la deriva se encuentra definida como el transporte o el arrastre de organismos vivos por la corriente de ríos; la corriente de los ríos puede ocasionar una gran pérdida poblacional de especies de macroinvertebrados por ellos estas especies han desarrollado ciertas estrategias de sobrevivencia, las que se describen a continuación:

- Remonte de los ríos-. Generalmente las hembras adultas voladoras saltan contra la corriente con la finalidad de depositar sus huevos en la parte superior del río.
- Tasas elevadas de reproducción-. Los macroinvertebrados se reproducen a gran escala, esto permite que la población que muere sea compensada con especies más jóvenes.
- Migración-. Con esta estrategia los macroinvertebrados han aprendido a adaptarse a la superficie, y también meterse por los agujeros subterráneos.
- Estrategias morfológicas-. Estas estrategias permiten que los macroinvertebrados desarrollen estrategias de resistencia contra el arrastre de las aguas.

Importancia de los macroinvertebrados en las redes tróficas

Los macroinvertebrados cumple un rol muy importante en los ecosistemas acuáticos porque es el componente importante de los ríos, porque se alimentan de materia orgánica producido por el río, y esto a su vez sirve de alimentos para peces, mamíferos o aves acuáticas.

Impactos al ecosistema fluvial que alteran la comunidad de macroinvertebrados

- Contaminación del agua-. La contaminación del agua se da frecuente por la acumulación de vertidos que vienen de las zonas urbanas o zonas industriales que traen consigo sustancias tóxicas; muchas veces el sistema de depuración que se implementa no es lo suficiente para disminuir los niveles de toxicidad del vertido, los vertidos llegan a los ríos provocando un impacto negativo contra la supervivencia de los macroinvertebrados.
- Eutrofización-. Es el crecimiento de material sintético en las aguas dulces proveniente de actividades ganaderas y detergentes producto de los desagües, que provocan el crecimiento de nuevas algas, putrefacción, reduciendo los niveles de oxígeno de las aguas lo cual provoca una disminución de la población de macroinvertebrados.
- Alteraciones morfológicas-. Los macroinvertebrados se encuentran distribuido en diferentes zonas del agua según sus grupos, algunos viven en las piedras, algunos debajo de las raíces, algunos en las orillas, una alteración de los componentes del agua homogenizando su calidad, provoca una disminución de la población de macroinvertebrados.
- Alteraciones del régimen del caudal-. Ladera (2012) menciona que este impacto hace referencia a la modificación del cauce del río producto de aperturas de canales de riego, construcciones de hidroeléctricas, estas alteraciones del cauce normal del agua provocan que la población de macroinvertebrados disminuya

porque ellos han desarrollado estrategias de sobrevivencia que al alterar el cauce su habitad cambia.

- **Especies invasoras-** Este impacto generalmente se da por la intervención del ser humano en el sentido que en un rio con especies normal introducen nuevas especies como por ejemplo un nuevo tipo de peces, u otros seres vivos al agua, esto provoca que haya un desequilibrio en las aguas, alterando sus componentes físicos y químicos; en algunos casos los peces no logran adaptarse a su nuevo habitad, mueren y se putrefacta en las aguas alterando las oxigenaciones.
- **Importancia de la madera en el cauce-** Las maderas secas en el agua se ha comprobado que es muy importantes para los seres macroinvertebrados e invertebrados, algunas maderas dentro del agua sirven de alimentos, otras sirven de refugio contra depredadores y forman nuevos habitad para los seres vivos acuáticos.

Ladera (2012) demuestra que el mundo acuático es mega diverso, que los componentes físicos y químicos del agua se alteran con alguna intervención del ser humano o un mal manejo de vertidos.

Habitad y locomoción

Hanson (2010) menciona que los macroinvertebrados se encuentran dispersos y se clasifican basándose en la manera de trasladarse y de acuerdo al tipo de agua en donde viven, y siendo clasificado por lo siguiente:

Neuston (Pleuston)- Son especies de macroinvertebrados que viven en la superficie del agua en otras palabras viven en la parte aérea del agua como lo pueden ser los Gerridae y veliidae.

Figura 8
Gerridae y veliidae



Plancton- Son aquellas especies que se encuentran dentro del agua que se dividen en dos grupos, los cladóceros y los copépodos (Hanson, 2010.)

Figura 9
Cladóceros y los copépodos



Marco legal

- “Ley N° 29338, “Ley de Recursos Hídricos” del 31 de marzo de 2009, faculta a la autoridad máxima del sistema nacional de gestión de los recursos hídricos velar por la protección del agua” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 001-2010-AG del 24 de marzo de 2010, aprueba el Reglamento de la Ley N°29338 “Ley de Recursos Hídricos”, a través del cual establece el artículo 126° referido al protocolo para el monitoreo de la calidad de las aguas, que la Autoridad Nacional del Agua deberá aprobar” (Portal WEB Minam).

- “Resolución Jefatura N° 182-2011-ANA, protocolo nacional de monitoreo de la calidad de los cuerpos naturales de agua superficial” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 002-2008-MINAM de fecha 31 de julio de 2008, aprueba los estándares nacionales de calidad ambiental para agua y su modificatoria Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM de fecha 19 de diciembre de 2015” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 023-2009-MINAM del 19 de diciembre de 2009, aprueba disposiciones para la implementación de los estándares nacionales de calidad ambiental” (Portal WEB Minam).
- “Resolución Jefatura N° 202-2010-ANA del 22 de marzo de 2010, aprueba la clasificación de cuerpos de agua superficiales y marinos” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 003-2010-MINAM: Límites Máximos Permisibles (LMP) para los efluentes de Plantas de Tratamiento de Aguas Residuales Domésticas o Municipales (PTAR), para el sector Vivienda” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM: Modifican los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua y establecen disposiciones complementarias” (Portal WEB Minam).
- “Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM. Aprueban Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen Disposiciones Complementarias” (Portal WEB Minam).

Marco institucional sobre el agua

En la siguiente Tabla se observa las instituciones que intervienen funcionalmente en el proceso de administración, conservación, y racionalización del agua.

Tabla 1
Marco institucional

Institución	Funciones
Ministerio de Agricultura y Riego	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar, conservar, proteger y aprovechar los recursos hídricos de las diferentes cuencas

	<p>hidrográficas de manera sostenible, a la vez que promueve la cultura del agua.</p>
Autoridad Nacional del Agua - ANA	<ul style="list-style-type: none"> • Administrar y vigilar las fuentes naturales de agua. • Autorizar volúmenes de agua que utilizan y/o distribuyen los prestadores de servicios de agua (EPS y Juntas de regantes). • Evaluar instrumentos ambientales. • Otorgar derechos de uso de agua, autorizaciones de vertimiento y reúso de agua residual tratada.
Ministerio de Vivienda, Construcción y Saneamiento	<ul style="list-style-type: none"> • Normar sobre el tratamiento de los residuos de la construcción, de instalaciones de saneamiento y otros en el ámbito de su competencia. • Formular, adoptar, dirigir y coordinar la política sobre las actividades relacionadas con el aprovechamiento integral de los recursos naturales no renovables y de la totalidad de las fuentes energéticas del país.
Ministerio de Energía y Minas	<ul style="list-style-type: none"> • Imponer, en primera instancia y en el ámbito nacional, las sanciones por infracciones que se deriven del ejercicio de las actividades pesqueras marítimas de mayor escala y menor escala y las acuícolas de mayor escala, por las infracciones ambientales que se deriven del ejercicio de dichas actividades;
Ministerio de Producción	<ul style="list-style-type: none"> • Formular y proponer la política y las estrategias nacionales de gestión de los recursos naturales y de la diversidad biológica.

Nota. ROF aprobado de cada institución.

2.2.2. CALIDAD DEL AGUA

El agua es un líquido elemento vital para la supervivencia de la humanidad; los seres humanos a diario ingerimos agua para hidratar y garantizar el correcto funcionamiento de su cuerpo, las plantas necesitan de agua para poder desarrollarse, dar frutos y volver a crecer, los animales necesitan agua al igual que los seres humanos.

El agua es un elemento que se divide en dos: el agua dulce y el agua salada, las plantas en su totalidad necesitan de agua dulce para desarrollarse al igual que muchos animales y el ser humano; de toda el agua que existe en el mundo solo un 2.5% de agua es dulce (Jumapan, 2021) de los 2.5% el 0.007% se encuentra disponible para el ser humano,

el porcentaje de agua dulce sobrante se encuentra disponible para la industria energética, uso agrícola y las demás industrias. La calidad del agua para el consumo o para la agricultura tiene que tener ciertos estándares de calidad que garantice la sostenibilidad de la vida en el planeta, lo va hacer mediante un adecuado parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua.

Según, Vélez (2011) el agua es el que más territorio abarca en el planeta tierra, porque las 3 cuartas partes del planeta está compuesto por agua, de estas tres cuartas partes existe un porcentaje mínimo que el ser humano puede disfrutar.

El agua es un motor de desarrollo que constituye uno de los pilares fundamentales para el desarrollo del hombre en la tierra, es el objetivo prioritario para cualquier grupo social de conservación, está destinada a conservar la vida en el planeta por lo tanto debe ser conservada (Bethemont, 1980).

Aguas residuales y su clasificación

Estas aguas residuales tienen una característica particular, que, para su transformación, el ser humano ha tenido una intervención previa mediante su uso en diferentes aspectos de la vida diaria, logrando alterar su componente físico, químicos y microbiológico del agua, por lo que posteriormente el agua sea apta para el consumo humano tiene que pasar un proceso de purificación tecnificado; en casi todos los países del mundo estas aguas descargan directamente a un sistema de alcantarillado que posteriormente con un pequeño tratamiento no suficiente, descargan a ríos, lagos o en algunos lugares (OEFA, 2014).

Aguas residuales domesticas

Las aguas residuales domésticas son las que originan de la actividad domestica de las personas, como por ejemplo de casas, residencias, de edificios, de asentamientos humanos de acuerdo a las necesidades de utilización del agua que las personas han tenido, algunos utilizan sustancias biodegradables, algunos detergentes, jabón y otros microorganismos patógenos. (OEFA, 2014).

Aguas residuales industriales

Las aguas residuales industriales son las que originan las industrias que son utilizados para su proceso de producción o transformación de la materia para obtener un bien y ser comercializado en el mercado; en este grupo de aguas residuales está incluido la actividad minera, la minería es un sector que contamina ríos y lagos alterando sus parámetros químicos del agua, la actividad agrícola, energética, agroindustrial, entre otras (OEFA, 2014)

Aguas residuales Municipales

Las aguas residuales municipales es la mezcla de las aguas domésticas, pluviales e industriales en los drenajes pluviales, este tipo de agua no es apto para el consumo humano, estas aguas desembocan a un sistema de alcantarilla para su procesamiento, sin embargo posterior a ellos el agua sigue siendo no apto para el consumo, llegando a desembocar en ríos o lagos contaminando las especies que habitan en ello (OEFA, 2014).

Clasificación de la contaminación

Según el origen la contaminación es de dos tipos:

- **Contaminantes biogénicos:** “Esta es la contaminación debida a fenómenos naturales, como la erosión y las erupciones volcánicas y está relacionada con la composición de suelos, aguas y los componentes de algunos alimentos. Esta clase de contaminación no es tan grave como la antropogénica” (Vélez, 2011).
- **Contaminantes antropogénicos:** “Es la contaminación que el ser humano a generado por su actividad en la naturaleza y la gran variedad de contaminantes generados. Dichas actividades son las industriales, mineras, agropecuarias, artesanales y domésticas” (Vélez, 2011).

Características físicas del agua

Según (DIGESA- GESTA 2011), los parámetros físicos del agua característicos son las siguientes:

- **Turbidez**, porque la luz es difícil de trascender en estas aguas; la turbidez es un parámetro que es frecuentemente empleado para medir la calidad del agua en los ríos, lagos, lagunas, manantiales y otros; La turbidez del agua usualmente es producido por materias orgánicas e inorgánicas que caen al agua y se disuelven generando un color opaco en el agua, o dependiendo del material que haya caído puede cambiar de color a amarillo, marrón, etc. La materia suspendida en el agua absorbe la luz, haciendo que el agua tenga un aspecto nublado. Esto se llama turbidez. La turbidez se puede medir con diversas técnicas; los altos niveles de turbidez en el agua pueden producir que microorganismos o bacterias en el agua siga viviendo antes una limpieza mediando ciertos componentes solubles en el agua, esto perjudica el correcto nivel de calidad de agua que existe en el río, lagos, lagunas, etc.

Cuando el agua presenta niveles altos de turbidez el agua pierde la habilidad de que los seres acuáticos se alimenten o su correcta supervivencia, algunos animales se pueden adaptar, algunos no, algunos peces mueren por que en las agallas se obstruye y no permite su correcta respiración.

- **Sabor y Olor**, “Estos dos parámetros son determinaciones organolépticas y de determinación subjetiva, para sus observaciones no existen instrumentos de observación, ni registro, ni unidades de medida” (Moreno, 2011).

“Tienen un interés muy evidente en las aguas potables dedicadas al consumo humano y podemos establecer ciertas reglas” (FAO-OMS, 2013)

“El agua producto de sus parámetros adquieren un sabor salado a partir de 300 ppm de Cl⁻, y un gusto salado y amargo con más de 450 ppm de SO₄⁼, el CO₂ libre en el agua le da un gusto picante; trazas de fenoles u otros compuestos orgánicos le confieren un olor y sabor desagradables” (Andrea, 2010)

- **Color-**, “El color se refiere básicamente en absorber ciertas radiaciones del espectro visible, existen numerosas causas y que no podemos atribuirlo a un constituyente en exclusiva, algunos

colores específicos dan indicios de la causa que los provoca, sobre todo en las aguas naturales, el agua pura no tiene color sólo aparece como azulada en grandes espesores” (García, 2014).

A continuación, los colores que se presentan con respecto al color del suelo son los siguientes:

- Color amarillento es por los ácidos húmicos.
- Color rojizo, significar la presencia de hierro.
- Color negro afirma la presencia de manganeso.

“El color propio del agua, no altera al agua cuando se potabiliza, pero se puede rechazar la estética en aguas de proceso puede colorear el producto y en circuito cerrado las sustancias colorantes que hacen que se produzcan espumas; los análisis para determinar el color del agua se hacen en un laboratorio por comparación, se suelen medir en ppm de Pt, las aguas subterráneas no sobrepasan los 5 ppm de Pt, pero las superficiales pueden alcanzar varios cientos de ppm de Pt, la eliminación suele hacerse por coagulación-floculación con posterior filtración o la absorción en carbón activo” (Fernández A, Molina M, Alvarez A, 2001).

Impactos de la Contaminación de los Ríos

Según, IBERDROLA (2023) EL “deterioro de la calidad del agua tiene efectos negativos para el medio ambiente, la salud y la economía global”; el propio presidente del Banco Mundial, David Malpass, alerta del impacto económico: "El deterioro de la calidad del agua frena el crecimiento y exacerba la pobreza en muchos países". Del mismo modo, se sustenta que “que cuando la demanda biológica de oxígeno (medida que muestra la contaminación orgánica registrada en el agua) supera determinado umbral el crecimiento del Producto Interior Bruto (PIB) de las regiones ubicadas en las cuencas cae hasta un tercio”. A continuación, describimos algunas consecuencias:

- **Destrucción de la biodiversidad.** “La contaminación hídrica empobrece los ecosistemas acuáticos y facilita la proliferación descontrolada de algas fitoplanctónicas en los lagos (eutrofización)” (Iberdrola, 2023).

- **Contaminación de la cadena alimentaria.** “La pesca en aguas contaminadas, así como la utilización de aguas residuales en la ganadería y la agricultura, pueden transmitir toxinas a los alimentos que perjudiquen nuestra salud a través de su ingesta” (Iberdrola, 2023).
- **Escasez de agua potable-** Según la ONU “admite que aún existen miles de millones de personas en el mundo sin acceso a agua potable y saneamiento, sobre todo en zonas rurales”.
- **Enfermedades-** Según la OMS calcula “que unos 2.000 millones de personas beben agua potable contaminada por excrementos, exponiéndose a contraer enfermedades como el cólera, la hepatitis A y la disentería”.
- **Mortalidad infantil.** Según la ONU, “las enfermedades diarreicas vinculadas a la falta de higiene causan la muerte a unos mil niños al día en todo el mundo”.

Impactos a la salud de la contaminación de Ríos

Según, La Division of Parasitic Diseases and Malaria (2016) “El agua es un recurso esencial para la vida; todos usamos agua todos los días”. No solo las personas necesitan beber agua para sobrevivir, el agua también tiene un rol importante en casi todos los aspectos de nuestra vida: desde la recreación a la fabricación de computadoras y realización de procedimientos médicos. Sin embargo, cuando el agua está contaminada por parásitos, puede provocar diversas enfermedades.

A nivel mundial, el agua contaminada es un problema grave que puede provocar dolor intenso, discapacidad e incluso la muerte. “Las enfermedades comunes relacionadas con el agua y provocadas por parásitos en todo el mundo incluyen dracunculosis, esquistosomiasis, amebiasis, criptosporidiosis (Crypto) y giardiasis” (CDC, 2021). Las personas se infectan y desarrollan estas enfermedades al ingerir o entrar en contacto con agua contaminada por ciertos parásitos.

Características Microbiológicas del agua

En el siguiente párrafo se describirán los grupos microbiológicos del agua que serán estudiadas en el desarrollo de la investigación (EPA United States Environmental Protection Agency, 2011).

- **Bacterias Coliformes totales-**. “Pertenece a la familia Enterobacteriácea, son bacilos Gram negativos, anaerobios facultativos, no esporulados, fermentadores de lactosa a 35 °C con producción de gas y ácido láctico de 24 a 48 h de incubación y presentar actividad de la enzima β -galactosidasa, constituyen aproximadamente el 10 % de los microorganismos intestinales de los seres humanos y otros animales” (American Public Health Association, 2012). “Se encuentran en grandes cantidades en el ambiente (fuentes de agua, vegetación y suelos), no están asociados necesariamente con la contaminación fecal y no plantean ni representan necesariamente un riesgo evidente para la salud; son indicadores de degradación de los cuerpos de agua, en aguas tratadas estas bacterias funcionan como una alerta de que ocurrió contaminación, sin identificar el origen, indican que hubo fallas en el tratamiento, en la distribución o en las propias fuentes” (Fernández A, Molina M, Alvarez A, Alcántara M, Espigares A. , 2001)
- **Coliformes fecales o termotolerantes-**. “Son subgrupo de bacterias del grupo coliforme, presentes en el intestino de animales de sangre caliente y humanos, su origen es esencialmente fecal, tienen la capacidad de fermentar la lactosa, con producción de ácido y gas a $(44,0 \pm 0,2)$ °C en 24 h de incubación” (Fernández, 2001). “Incluye a escherichia y en menor grado las especies de los géneros de Klebsiella, Enterobacter y Citrobacter;18,23,24 estas últimas tienen una importante función secundaria como indicadoras de la eficacia de los procesos de tratamiento del agua para eliminar las bacterias fecales. Indican la calidad del agua tratada y la posible presencia de contaminación fecal” (Fernández, 2001).

- **Escherichia coli** -. “Estudios efectuados han demostrado que está presente en las heces de humanos y animales de sangre caliente en concentraciones entre 10^8 y 10^9 Unidades formadoras de colonias (UFC)/g de heces, *E coli* es considerada un habitante normal del microbiota intestinal de los seres humanos, sin embargo, puede estar asociada a diversas condiciones patológicas, las diferentes cepas patógenas de *E coli* muestran especificidad de huésped y poseen atributos de virulencia distintos, cuando ocurren aumentos repentinos de la concentración de patógenos, aumenta de forma considerable el riesgo o se desencadenan brotes de enfermedades” (Johnson TJ and Nolan LK. , 2009).
- **Microorganismos heterótrofos** -. “Las bacterias heterótrofas abundan en el agua, incluidas el agua tratada y del grifo; poseen gran capacidad de adaptación, pueden tolerar condiciones adversas de suministro de oxígeno y permanecer más tiempo que otros microorganismos en el agua” (Pulles, 2014). “Es un indicador de la carga total bacteriana, que favorece el recuento de bacterias viables a 37 °C en 48 h de incubación; sus resultados se expresan en UFC de los microorganismos existentes. Mediante este indicador se obtiene información útil que se estudia junto con el índice de coliformes, para controlar un determinado proceso o para verificar la calidad del tratamiento, desinfección o descontaminación, se ha comprobado que el conteo total de microorganismos heterótrofos es uno de los indicadores más confiables y sensibles del tratamiento o del fracaso de la desinfección” (Pulles, 2014).
- **Clostridium perfringens**-. “Su origen no es exclusivamente fecal, estas bacterias se encuentran en suelos y aguas contaminadas, esta bacteria es esporulada por ende tolera condiciones adversas tales como: elevadas temperaturas, desecación, pH extremos, falta de nutrientes, entre otras; cuando está presente en el agua potabilizada y desinfectada indica fallos en el tratamiento o en la desinfección” (Barbeau, 2018). “La detección de este

microorganismo en el agua inmediatamente después de su tratamiento, constituye un indicador de alerta sobre el funcionamiento de la planta de filtración. Debido a su elevada resistencia, las esporas pueden indicar, de forma indirecta, la presencia de quistes de protozoarios” (Payment P, Berte A., Prévost M, Ménard B and Barbeau B. , 2010).

Características químicas del agua

En el siguiente párrafo se describen las características químicas del agua que se desarrollaran conforme la investigación es desarrollado.

- **pH-** “El nivel óptimo de pH es indispensable, por que determina los niveles de hidrógeno en el agua; mide la naturaleza ácida o alcalina en las soluciones acuosa. La mayoría de las aguas naturales tienen un pH entre 6 y 8” (Rigola, 2015).
- **Dureza-** “Anteriormente se describió sobre la dureza se definió y sea tabulado en función de las sales que contiene el agua, hemos definido sus unidades de medida y las correspondientes equivalencias; la dureza es la presencia de sales de calcio y magnesio y mide la capacidad de un agua para producir incrustaciones” (Payeras, 2011).

Afecta tanto a las aguas domésticas como a las industriales y desde la ósmosis inversa que es uno de los principales parámetros que se deben controlar.

Las aguas que contienen menos de 50 ppm de CO_3Ca se llaman blandas.

- Hasta 100 ppm de CO_3Ca , ligeramente duras.
- Hasta 200 ppm de CO_3Ca , moderadamente duras.
- A partir de 200 ppm de CO_3Ca , muy duras.

Lo recurrente es encontrar aguas con menos de 300 ppm de carbonato cálcico, pero pueden llegar hasta 1000 ppm e incluso hasta 2000 ppm.

“La estabilidad de las aguas duras y alcalinas se describirá posteriormente, la eliminación de la dureza del agua se realiza,

principalmente, por descalcificación o ablandamiento por intercambio iónico con resinas” (Rigola, 2015).

- **Alcalinidad-** “La alcalinidad es una medida de neutralizar ácidos, la alcalinidad contribuye, principalmente a una solución acuosa los iones bicarbonato (CO_3H^-), carbonato (CO_3^{2-}), y hidroxilo (OH^-), los fosfatos, ácido silícico u otros ácidos de carácter débil, su presencia en el agua puede producir CO_2 en el vapor de calderas que es muy corrosivo y también puede producir espumas, arrastre de sólidos con el vapor de calderas, etc.; la alcalinidad y la dureza se mide en la misma unidad; se corrige por descarbonatación con cal, tratamiento ácido o desmineralización por intercambio iónico” (Gunther F, Craun J, Brunkard M, Jonathan S, 2010).
- **Coloides-** “Es una medida del material en suspensión en el agua que, por su tamaño alrededor de 10^{-4} ~ 10^{-5} mm, se comportan como una solución verdadera y atraviesa el papel de filtro, los coloides pueden ser de origen orgánico (macromoléculas de origen vegetal) o inorgánico (oligoelementos: óxidos de hierro y manganeso)” (Payeras, 2011).
“Se eliminan por floculación y coagulación, precipitación y eliminación de barros. La filtración es insuficiente y se requiere ultrafiltración” (Velasco, 2017).
- **Acidez mineral-** “La acidez es la capacidad para neutralizar bases. Es bastante inusual que las aguas naturales presenten acidez, no así las superficiales. Es responsable de corrosión se mide en las mismas unidades que la alcalinidad y se corrige por neutralización con álcalis” (Payeras, 2011).
- **Sólidos Disueltos-** “Los sólidos disueltos es una medida de la cantidad de materia disuelta en el agua. Su origen puede ser tanto en las aguas subterráneas y en las superficiales. Para las aguas potables se fija un valor máximo que se debe alcanzar de 500 ppm, por sí sólo no es suficiente para catalogar la bondad del agua” (Payeras, 2011).
“El proceso de tratamiento, entre otros, es la ósmosis inversa” (Rigola, 2015).

- **Sólidos en Suspensión-** “Se separan por filtración y decantación, exactamente son sólidos sedimentables, no disueltos, que pueden ser retenidos por filtración, el valor en aguas subterráneas suele ser menos de 1 ppm, las superficiales pueden tener mucho más según el origen y forma de captación” (Payeras, 2011).
- **Cloruros-** “Las aguas salobres suelen contener millares de ppm de cloruros, el agua de mar siempre está bordeando los 20.000 ppm de cloruros” (Guzmán, 2015).
- **Sulfatos-** “El ión sulfato (SO_4^{2-}) son sales moderadamente solubles a muy solubles. Las aguas dulces suelen contener entre 2 y 250 ppm y el agua de mar alrededor de 3.000 ppm. Anteriormente ya se describió que el agua pura se satura de SO_4Ca a unas 1.500 ppm, y esto se produce cuando se presenta otras sales de calcio aumenta la solubilidad” (Rigola, 2015).
- **Nitratos-** “El ión nitrato (NO_3^-) es importante porque forman muy solubles y estables, es reductor que pasa de nitritos a nitrógeno e incluso amoníaco, se estima que las aguas normales contienen menos de 10 ppm, concentraciones muy elevadas en agua de bebida puede producir la cianosis infantil, cuando se presenta junto con fosfatos, en aguas superficiales, provocan la aparición de un excesivo crecimiento de algas es lo que se conoce como eutrofización” (Payment P, Berte A, 2010).
- **Fosfatos-** “El ión fosfato (PO_4^{3-}) por su naturales forma sales muy poco solubles y se precipita fácilmente como fosfato cálcico. Como proviene de un ácido débil contribuye a la alcalinidad del agua, no suele haber en el agua más de 1 ppm, salvo en los casos de contaminación por fertilizantes” (Velasco, 2017).
- **Fluoruros-** “El ión fluoruro (F^-), son sales de solubilidad muy limitada, estas sales se encuentran en cantidades superiores a 1 ppm. ya que también se almacena en el organismo y no existen estudios a largo plazo de efectos secundarios” (Payeras, Parámetros de la calidad del agua, 2011)

- **Sílice-** “Las aguas naturales por lo general contienen entre 1 y 40 ppm, pudiendo llegar a las 100 ppm” (Montoya Valer, 2015).
- **Bicarbonatos y Carbonatos-** “El equilibrio, como ya vimos, está muy afectado por el pH; todos estos iones contribuyen, fundamentalmente, a la alcalinidad del agua” (Velasco, 2017).
“Las aguas dulces de lagunas, manantiales y ríos suelen contener entre 50 y 350 ppm de ión bicarbonato, y es el pH inferior a 8,3, con ello no habrá ión carbonato, el agua de mar contiene alrededor de 100 ppm de ión bicarbonato” (Del águila, 2015).
- **Otros Componentes Aniónicos-** “Los sulfuros, S⁼, y el ácido sulfhídrico son muy característicos de medios reductores, pero en general las aguas contienen menos de 1 ppm, su principal característica es que el agua tiene muy mal olor. Los compuestos fenólicos” (Del águila, 2015)
- **Magnesio-** “El ión magnesio, Mg⁺⁺, tiene casi las mismas propiedades a las del ión calcio, no obstante sus sales son un poco más solubles y difíciles de precipitar, el hidróxido de magnesio es poco soluble. En aguas dulces generalmente contiene entre 1 y 100 ppm. Las aguas del mar comprenden alrededor de 1.300 ppm. Su contenido en el agua potable con un centenar de ppm ocasiona un sabor amargo con efectos laxantes” (Baque, 2016).
- **Hierro-** “El hierro es un catión importante donde su presencia es relevante en la contaminación, se presenta en dos formas: ión ferroso, Fe⁺⁺, o más oxidado como ión férrico, Fe⁺⁺⁺; la estabilidad y aparición del hierro en diferentes formas depende del pH, condiciones oxidantes o reductoras, composición de la solución, etc.” (American Public Health Association. , 2012).
“Por todo lo anterior y de acuerdo a los parámetros de calidad de agua, las aguas subterráneas sólo contienen el ión ferroso disuelto, que suele aparecer con contenidos entre 0 y 10 ppm, no obstante, al airear el agua se incrementa el hidróxido férrico de un color pardo-rojizo, donde se reduce la cantidad a menos de 0,5 ppm.

Para que parezcan contenidos de hierro de varias docenas de ppm hacen falta que el medio sea ácido” (Payeras, 2011).

- **Manganeso-**. “Formando el MnO_2 que es insoluble, rara vez el agua contiene más de 1 ppm y requiere un pH ácido” (Payeras 2011)
- **Metales tóxicos-**. “Los más comunes son el arsénico, el cadmio, el plomo, el cromo, el bario y el selenio. Todos deben ser seriamente controlados en el origen de la contaminación” (Sevillano, 2011)
- **Gases Disueltos-**. “El dióxido de carbono, CO_2 , se conoce que es un gas soluble que se hidroliza cuando se constituye en iones bicarbonato y carbonato, en función del pH del agua. Las aguas del sub suelo más profundas pueden contener hasta 1.500 ppm, pero las superficiales se sitúan entre 1 y 30 ppm, un exceso hace que el agua sea corrosiva” (American Public Health Association. , 2012)
“El oxígeno en el agua es vital para la vida superior y para la mayoría de los microorganismos” (Rigola, 1990).
El ácido sulfhídrico, SH_2 , causa un olor a huevos podridos y es corrosivo.

Macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua

Salvatierra (2012) menciona que los macroinvertebrados “son excelentes indicadores biológicos de las condiciones de calidad de un determinado recurso hídrico superficial. Cuando hay evidencias de contaminación orgánica o química los macroinvertebrados son utilizados para determinar la calidad del ecosistema acuático”.

Gamboa, et. (2008) señala que “las comunidades de macroinvertebrados son los mejores bioindicadores de contaminación acuática, debido a que son muy abundantes, se encuentran en prácticamente todos los ecosistemas de agua dulce y su recolección es simple y de bajo costo”.

Carrera y Fierro (2001) afirma en su artículo que según estudios realizados con científicos especialistas en Macroinvertebrados y calidad del agua han determinado una sensibilidad de los macroinvertebrados a los contaminantes y estos parámetros están con un valor numérico de 1 a

10, donde 1 indica que los macroinvertebrados es menos sensibles y 10 que los macroinvertebrados es sensible por lo tanto las aguas son de buena calidad, como se muestra en la siguiente Tabla:

Tabla 2
Tabla de sensibilidad

Sensibilidad	Calidad del agua	Calificación
No aceptan contaminantes	Muy buena	9-10
Aceptan muy pocos contaminantes	buena	7-8
Aceptan pocos contaminantes	Regular	5-6
Aceptan mayor cantidad de contaminantes	Mala	3-4
Aceptan muchos contaminantes	Muy mala	1-2

Nota. Información recuperada de Carrera y Fierro (2001)

2.3. DEFINICIONES CONCEPTUALES

- **Aguas residuales:** Se le conoce agua residual, a aquellas aguas que con la intervención del ser humano han originado un cambio total en sus componentes originales, para ser utilizado nuevamente requieren de una adecuado procedimiento técnico de purificación (OEFA, 2014).
- **Aguas residuales domesticas:** “Son aquellas de origen residencial y comercial que contienen desechos fisiológicos, entre otros, provenientes de la actividad humana, y deben ser dispuestas adecuadamente” (OEFA, 2014).
- **Aguas residuales industriales:** “Son aquellas que resultan del desarrollo de un proceso productivo, incluyéndose a las provenientes de la actividad minera, agrícola, energética, agroindustrial, entre otras” (OEFA, 2014).
- **Aguas residuales municipales:** “Son aquellas aguas residuales domésticas que pueden estar mezcladas con aguas de drenaje pluvial o con aguas residuales de origen industrial previamente tratadas, para ser admitidas en los sistemas de alcantarillado de tipo combinado” (MINSA., 1998).

- **Coleópteros:** Este tipo de insecto ha evolucionado con el tiempo, según Ladera (2012) solo un 15 % de estas especies son acuáticas, su adaptación al agua y al suelo son variados en diferentes grupos
- **Dípteros:** Estas especies se encuentran distribuidos ampliamente en todas las condiciones del agua, algunas especies habitan en condiciones de agua limpia, con gran cantidad de oxígeno, y algunos se encuentran viviendo en condiciones extremas.
- **Efemerópteros:** Son larvas de agua dulce que pueden vivir en el agua hasta un periodo de dos años, cuando llega a la etapa de maduras (Ladera,2012).
- **Eutrofización:** Es el crecimiento de material sintético en las aguas dulces procedente de actividades ganaderas y detergentes producto de los desagües.
- **Odonatos:** En este tipo de insectos generalmente lo lidera las libélulas y caballitos del diablo, cuando son larvas viven en el agua, pero cuando llega a la etapa de la madures viven en las inmediaciones de las aguas (Ladera, 2012)
- **Plecópteros:** Los plecópteros son larvas que viven exclusivamente dentro de las aguas, generalmente en aguas dulces donde existe mayor caudal, alejado de la contaminación y donde existe mucha oxigenación.
- **Hemípteros:** Los hemípteros son insectos que tienen un aspecto chupador, viven en el agua y también en la superficie terrestre, en la superficie terrestre son conocidos como los zapateros.
- **Tricópteros:** Estas especies se consideran las más importantes del mundo acuático, su habitat es 100% acuático, algunas especies construyen dentro del agua un larvario de arena y otros materiales orgánicos las cuales son utilizados para el desarrollo de sus especies.
- **Coliformes fecales:** “Los coliformes fecales o termotolerantes, se definen como el grupo de organismos coliformes que pueden fermentar

la lactosa a 44°-45°C, comprenden un grupo muy reducido como el género *Escherichia* y en menor grado, especies de *Klebsiella*, *Enterobacteria* y *Citrobacter*” (EASTON, 1998).

- **Coliformes totales:** “Son las Enterobacteriácea lactosa-positivas y constituyen un grupo de bacterias que se definen más por las pruebas usadas para su aislamiento que por criterios taxonómicos, pertenecen a la familia Enterobacteriácea y se caracterizan por su capacidad para fermentar la lactosa con producción de ácido y gas, más o menos rápidamente, en un periodo de 48 horas y con una temperatura de incubación comprendida entre 30-37°C” (MINSA., 1998).
- **Coliformes:** “Grupo de bacterias que comprende todos los bacilos aerobios y anaerobios **facultativos**, gramnegativos, no esporulados que producen ácido y gas al fermentar la lactosa” (MINSA., 1998).
- **Contaminación:** “Distribución de una sustancia química o una mezcla de sustancias en un lugar no deseable (aire, agua, suelo), donde puede ocasionar efectos **ambientales** o sobre la salud adversa, la contaminación puede ser ocasionada por la producción industrial, transporte, agricultura o escorrentía” (Vélez-Arellano et al., 2011).

2.4. HIPÓTESIS

2.4.1. HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis Alterna (Ha): Existe relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho): No existe relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

2.4.2. HIPÓTESIS ESPECÍFICAS

Hipótesis Alterna (Ha1): Existe relación de los parámetros físicos con los **macroinvertebrados** acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco – 2022.

Hipótesis Nula (Ho1): No Existe relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Alterna (Ha2): Existe relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho2): No existe relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Alterna (Ha3): Existe relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho3): No existe relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

2.5. VARIABLES

2.5.1. VARIABLE DEPENDIENTE

Calidad del agua.

2.5.2. VARIABLE INDEPENDIENTE

Macroinvertebrados acuáticos.

2.6. OPERACIONALIZACIÓN DE VARIABLES

Tabla 3

Operacionalización de variables

VARIABLE	DIMENSIONES	INDICADOR	VALOR FINAL	TIPO DE VARIABLE
DEPENDIENTE: -Calidad del agua	Parámetros físicos	-Caudal	- m ³ /s	- Numérica continua
		- Conductividad	- (us/cm)	
		-Temperatura	- C°	
	Parámetros químicos	- PH	- Unidad de PH	- Numérica continua
		- Oxígeno disuelto	- mg/l	
		- Coliformes totales	- NMP/100 ml	
	Parámetros microbiológicos	- Coliformes termo tolerantes	- NMP/100 ml	- Numérica continua
		- Aceites y Grasas	- mg/l	
		- Detergentes	- mg/l	
		-Tricoptera	-Unidades	
INDEPENDIENTE: -Macroinvertebrados acuáticos	Macroinvertebrados Acuáticos	-Plecóptera	-Unidades	- Numéricas continuas
		-Ephemeroptera	-Unidades	
		-Turbelaria	-Unidades	
		-Oligochaeta	-Unidades	
		-Coleóptera	-Unidades	
		-Díptera	-Unidades	
		-Amphipoda	-Unidades	

CAPÍTULO III

METODOLOGÍA DE INVESTIGACIÓN

3.1. TIPO DE INVESTIGACIÓN

El desarrollo del presente estudio de investigación es de tipo aplicada, de acuerdo con Hernández (2014), las investigaciones aplicadas también toman el nombre de “investigación empírica o practica”, las características principales de esta investigación es la aplicación de conocimientos de la realidad, para resolver un determinado problema o planteamiento específico.

En la presente investigación contamos con los conocimientos teóricos y prácticos de las variables de estudio y sus dimensiones, lo que nos será de mucha importancia para sustentar nuestros resultados y correlacionar nuestras variables.

3.1.1. ENFOQUE

El enfoque de investigación es cuantitativo, según Dzul (2021) las investigaciones con enfoque cuantitativo para su certeza utilizan los datos numéricos; en la presente investigación los indicadores de medición se realizan en términos cuantitativos.

3.1.2. ALCANCE O NIVEL

El nivel de investigación es descriptivo – correlacional porque analizaremos cada variable presente en la investigación y lo relacionaremos entre las mismas para determinar alguna causa y efectos (Hernández, 2014).

3.1.3. DISEÑO

“El diseño de investigación es no experimental, ya que las variables no serán manipuladas y que no existen grupos control ni hay intervención o manipulación de variables en sentido estricto al diseño es descriptivo observacional” (Hernández, Fernández & Baptista 2010).

3.2. POBLACIÓN Y MUESTRA

3.2.1. POBLACIÓN

La población estará conformada por todos los macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun, Tingo María.

3.2.2. MUESTRA

Estará conformado por los macroinvertebrados acuáticos presentes en cinco puntos de muestreo de la microcuenca las Pavas con 5 km de diferencia.

Las estaciones de monitoreo a considerar, están ubicadas en la microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun, provincia Leoncio Prado región Huánuco. Tal y como se detalla en la siguiente Tabla y plano adjunto.

Tabla 4
Coordenadas UTM - Puntos de monitoreo

PUNTOS	COORDENADAS UTM-WGS 84		ALTITUD
	NORTE	ESTE	
A	8964323	0394065	725
B	8964361	0393777	767
C	8964290	0393680	760
D	8964249	0393309	711
E	8963978	0392890	702

Nota. Información extraída mediante google earth.

3.3. TÉCNICAS E INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

3.2.3. TÉCNICA

“Para el procesamiento de datos se utilizará la guía de observación, estadística descriptiva, tablas de frecuencias, gráficos y otros, con la finalidad de hacer un adecuado análisis e inferencia estadística, para la recolección de datos las técnicas más usadas serán; la observación experimental, así mismo con la preparación de los materiales (libreta de campo, etiquetado para la identificación de los frascos, plumón indeleble, frasco de vidrio, frasco de plástico, guantes desechables, mascarilla,

lentes, cooler, etc.) y equipos (GPS, cámara fotográfica, medidor multiparámetro) para el muestro” (Hernández, 2019).

3.2.4. INSTRUMENTO

Los instrumentos que se utilizarán para el desarrollo de la investigación son de acuerdo al proceso de la toma de muestra, y son lo siguiente:

- **Identificación de puntos de monitoreo**

Los puntos de monitoreo serán 5 estaciones en la microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun, Tingo María.

- **Toma de muestra**

- Con respecto al análisis de calidad del agua-. se ubicará el río de la microcuenca las Pavas, se tomarán 1 muestras de agua por cada punto de monitoreo para el análisis físicos, químicos y microbiológicos; se tomará como referencia el protocolo de procesamiento para la toma de muestras (Según, Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA) ver Anexo. Se rotularán frascos estériles de plástico de 1 litro para los análisis físicos, químicos y frascos de 500 ml de vidrio para el análisis microbiológico.
- Con respecto al análisis de macroinvertebrados-. Se realizará un estudio cuantitativo en el punto de monitoreo, donde se utilizará equipos de sondeos como las redes tipo surber, se realizará disturbios en el punto de muestreo y se creará corrientes para que los organismos caigan en la red, los macroinvertebrados serán conservados en un frasco y serán llevados al laboratorio donde con ayuda de un microscopio y una lupa se observarán y se clasificarán según su tipo (Ramírez, 2010).

- **Preparación de materiales y equipos para la toma de muestras**

Materiales

Los materiales a emplear serán:

- Libreta de campo
- Plumón indeleble

- Frasco de vidrio (500 ml) análisis microbiológicos
- Frasco de plástico (1 litro)
- Cooler
- Gel pack de hielo

Equipos

- Cámara Fotográfica
- GPS
- Termómetro
- pH-metro

Rotulados: Previa toma de muestra, se identificará los frascos, esta identificación debe ser clara y precisa, considerando lo siguiente: Solicitante, número de muestra, parámetro, tipo de cuerpo de agua, fecha y hora de muestreo.

Cadena de custodia: En la cual se considerará los parámetros a evaluar en cada estación de muestreo detallando fecha y hora.

3.4. TÉCNICAS PARA EL PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE LA INFORMACIÓN

“El instrumento de investigación, tienen como objetivo principal evaluar la calidad ambiental del agua en la conservación de los recursos hidrobiológicos, por tanto, se utilizarán instrumentos, métodos y equipos de relevancia significativa para sus respectivos datos y los análisis de las muestras de trabajo” (Blanco del agua, 2013).

- **Tabulación:** Posterior a la aprobación del proyecto de investigación, se procederá con la ejecución del monitoreo considerando los siguientes pasos:
 - Reconocimiento del lugar
 - Medición de parámetros de campo
 - Rellenado de la cadena de custodia
 - Rotulado o etiquetado
 - Toma de muestras
 - Preservación de las muestras

- Transporte de la muestra
- Análisis de la muestra
- Procesamiento y revisión de los datos analizados

- **Prueba estadística**

Para el contraste de la hipótesis se utilizará el análisis realizado de la calidad del agua y los índices de sensibilidad y abundancia de acuerdo al DS.004-2017 -MINAM.

CAPÍTULO IV

RESULTADOS

En el presente capítulo se describen los datos analizados según corresponde; la descripción de los resultados se realiza mediante gráficas y cuadros procesados a través de programas estadísticos con el Excel. En el presente análisis se describen los resultados de las siguientes variables con sus respectivas dimensiones:

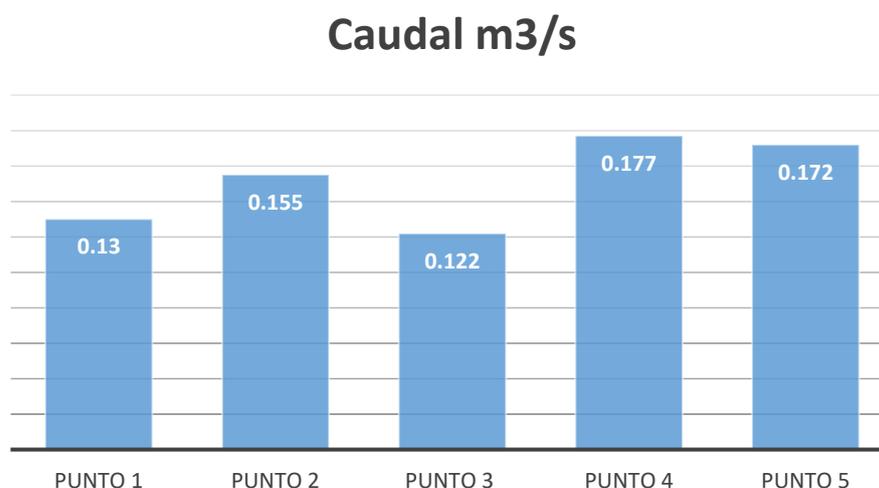
4.1. PROCESAMIENTO DE DATOS

Calidad de agua

La calidad de agua está representada por parámetros, y son 3 parámetros principales que el agua debe de cumplirse en óptimas condiciones para poder afirmar que cierta cantidad de agua es de calidad. En la variable calidad de agua se toma en cuenta los parámetros físicos, químicos y microbiológicos que serán analizados tomando en cuenta el análisis realizado en los 5 puntos de monitoreo.

- **Parámetros físicos-** Los parámetros físicos que se han tomado en cuenta para el proceso de análisis son: El caudal, Conductividad eléctrica y Temperatura.
- ✓ **Caudal-** En la presente Figura se observa los niveles de caudal del agua analizado en los 5 puntos de monitoreo, las cuales se visualiza que en el punto 4 el nivel de caudal del agua es mayor que a los demás puntos de monitoreo, y en el punto 3 los niveles de caudal del agua es menor a los demás puntos de monitoreo; con ello se puede afirmar que en el punto 4 la velocidad del agua es mayor con respecto a los demás puntos de monitoreo; y en el punto 3 la velocidad del agua es menor a los demás puntos de monitoreo.

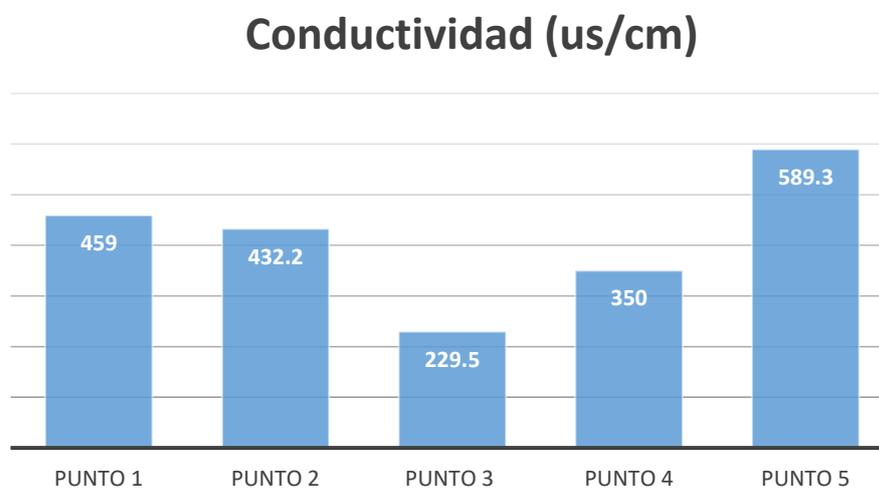
Figura 10
Análisis del Caudal



Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Conductividad eléctrica-** En la presente Figura se observa la conductividad de los puntos de monitoreo 1, 2, 3, 4 y 5 del agua.

Figura 11
Análisis de la Conductividad

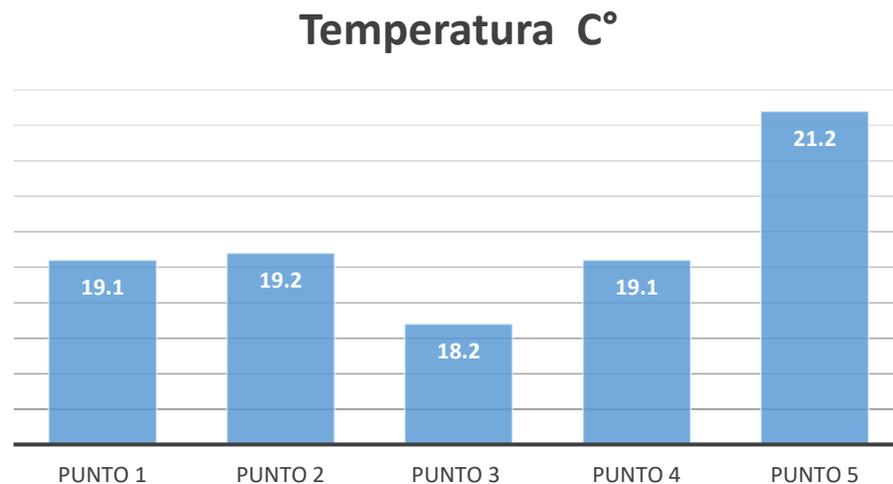


Nota. En la Figura 11 se observa que el punto 5 tiene más conductividad y el punto 3 tiene menos conductividad, según los Estándares de Calidad Ambiental para el agua (ECA) en todas sus categorías la conductividad se encuentra entre los niveles máximos permisibles, tanto para uso recreacional, aguas destinadas para uso como agua potable y riego de vegetales, así como bebida para animales. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Temperatura-** Con respecto a la temperatura del agua es variable, cada nivel de temperatura favorece la reproducción de

microorganismo y seres vivos; según, Sernaque (2022) la temperatura ideal del agua, que permiten la reproducción de microorganismos acuáticos y seres vivos son menores a 30°C, según el análisis de temperatura realizado, los 5 puntos de monitoreo tienen una temperatura menor a 30°C.

Figura 12
Análisis de la temperatura



Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- **Parámetros químicos-** Los parámetros químicos que se han priorizado para el proceso del análisis son: Ph, Oxígeno disuelto, Aceites y grasas y Detergentes.
 - ✓ **Ph-** Para el presente trabajo de investigación se han realizado el análisis de calidad de agua de 5 puntos de monitoreo, según los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para el agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático específicamente en la subcategoría E2: Ríos los niveles óptimos de Ph en un río se encuentra de entre 6.5 a 9.0; según la Figura 13 los puntos 1, 2, 3 y 4 se encuentran dentro de lo permisible propuesto por el ECA, mientras que el punto 5 sobrepasa los niveles óptimos.

Figura 13
Análisis del PH

PH - Unidad de pH

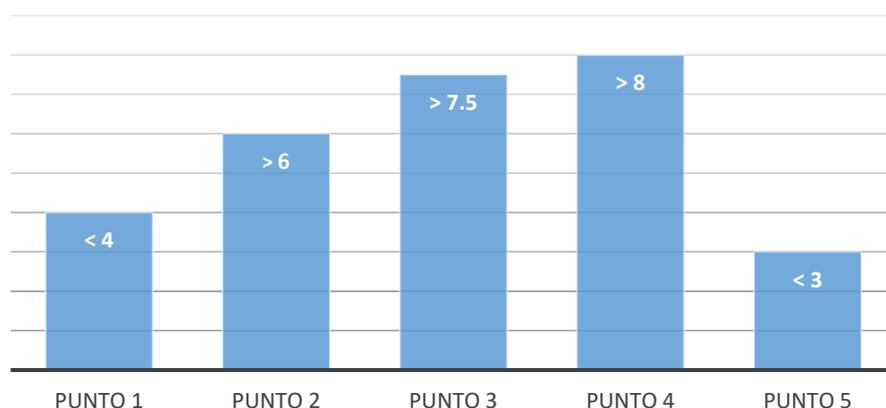


Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Oxígeno disuelto-**. Según los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para el agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático específicamente en la subcategoría E2: Ríos, los niveles óptimos de oxígeno disuelto son mayores o iguales a 5, de acuerdo a la Figura 14, los puntos 1 y 5 tienen el resultado menor a los límites permitidos, mientras que los puntos de análisis, 2, 3 y 4 cuentan con un resultado mayores a 5.

Figura 14
Oxígeno disuelto

Oxigeno Disuelto

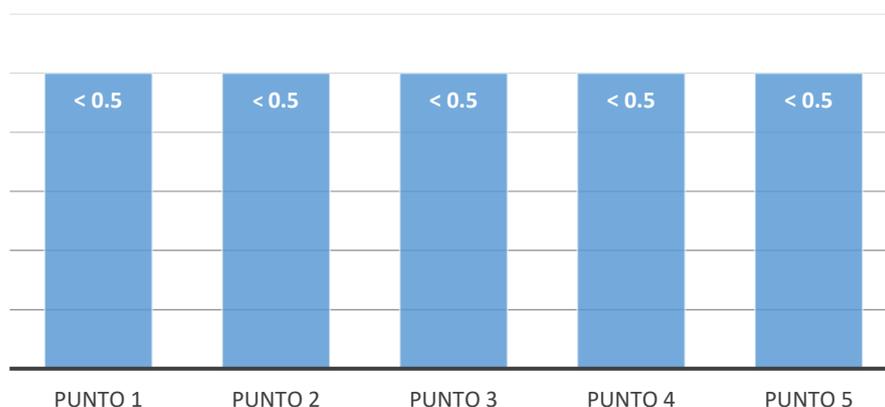


Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Aceites y grasas-**. Según los Estándares de la Calidad Ambiental (ECA) para el agua en su categoría 4: Conservación del ambiente acuático específicamente en la subcategoría E2: Ríos, los niveles óptimos de aceites y grasas de un río son menores a 5.0 mg/L, de acuerdo al análisis de la calidad del agua de los 05 puntos de monitoreo realizado, todas cuentan con menores a 0.5 mg por litro, esto significa que se encuentran en los niveles permisibles por el ECA.

Figura 15
Aceites y grasas

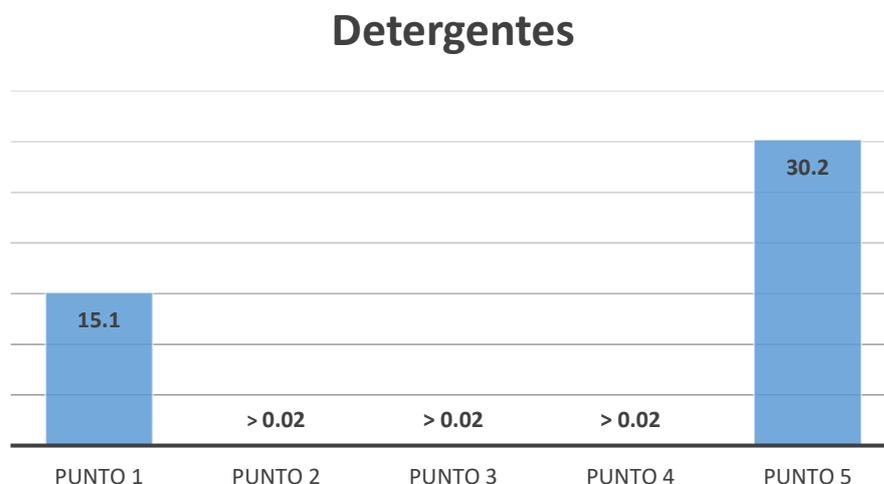
Aceites y Grasas



Nota: Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Detergentes-**. En nuestro trabajo de investigación realizado en 05 puntos de monitoreo, el punto 1 y 5 exceden los límites permisibles de 0.5 mg/l propuestos por el ECA, y solo los puntos 2, 3 y 4 se encuentran dentro de lo permisible.

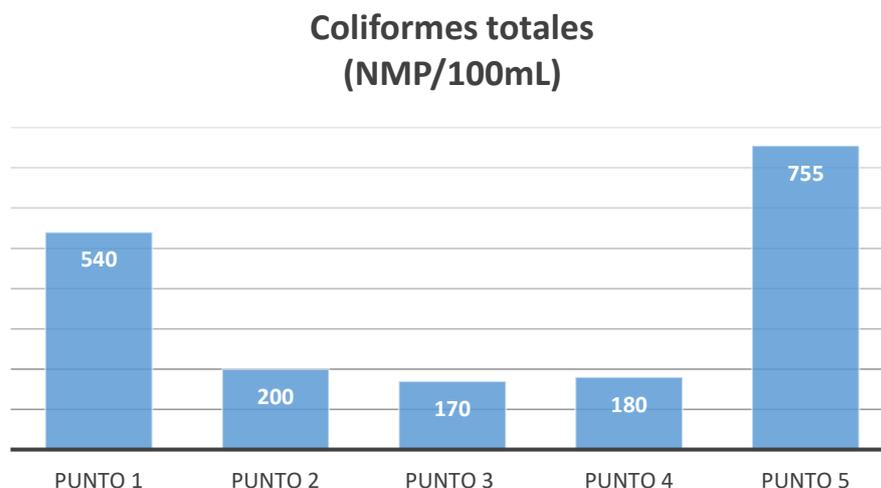
Figura 16
Detergentes



Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- **Parámetros Microbiológicos-**. Los parámetros microbiológicos que fueron evaluados fueron: Coliformes totales y coliformes termo tolerantes.
 - ✓ **Coliformes totales-**. En el presente estudio se realizó un análisis de la calidad de agua analizando los coliformes totales presentes y comparándolas con los límites máximos permisibles en el ECA; para el caso de la categoría 4 no se aplica, pero para medir la categoría 1: Poblacional y recreacional si están considerados el presente parámetro, por lo que su límite máximo permisible es de 50 NMP/100 ml; los 5 puntos de monitoreo analizados sobre pasa los límites permisibles para la subcategoría A: aguas destinadas a la producción de agua potable.

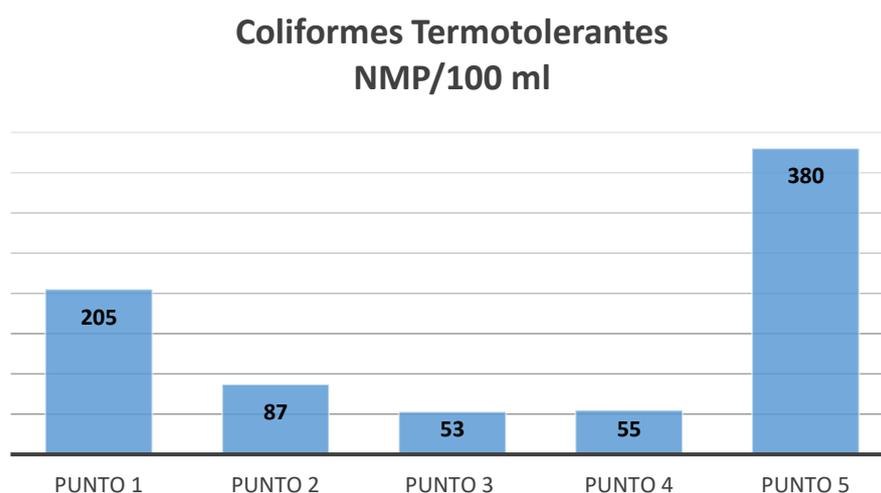
Figura 17
Coliformes totales



Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

- ✓ **Coliformes Termotolerantes**-. Para el presente trabajo se está analizando la categoría 4: conservación del medio acuático según el ECA cuyos límites máximos permisibles es de 2000 NMP/100 ml; de acuerdo al análisis de los 5 puntos de monitoreo, los coliformes termotolerantes son menores a 2000 NMP/100 ml.

Figura 18
Coliformes Termotolerantes



Nota. Información analizada en Excel de acuerdo a los datos de campo.

Macroinvertebrados acuáticos

En la presente investigación se estudian los siguientes macroinvertebrados: Tricoptera, Plecóptera, Ephemeroptera, Turbelaria, Oligochaeta, Coleóptera, Díptera y Amphipoda. Los macroinvertebrados acuáticos fueron analizados en 5 puntos de monitoreo, cuyo resultado se muestran a continuación:

- **Punto 01-** En el presente punto se analizan la calidad del agua en base a los siguientes macroinvertebrados estudiados:

Tabla 5
Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 1

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (número de individuos)	EPT PRESENTES
TRICHOPTERA	19	19
Glossosomatidae	5	5
Hydrobiosidae	0	0
Hydropschidae	4	4
Leptoceridae	8	8
Philopotamidae	2	2
PLECOPTERA	0	0
Perlidae	0	0
EPHEMEROPTERA	25	25
Baetidae	8	8
Euthyplocidae	5	5
Leptohyphidae	8	8
Leptophlebiidae	3	3
Oligoneuridae	1	1
COLEOPTERA	0	0
Elmidae	0	0
Psephenidae	0	0
Ptilodactylidae	0	0
DIPTERA	4	0
Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	0	0
Simuliidae	4	0
Tipulidae	0	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0

AMPHIPODA	0	0
ODONATA	3	0
Anisoptera	0	0
Zygoptera	3	0
MEGALOPTERA	0	0
Corydalidae	0	0
GORDIOIDEA	0	0
Gordiidae	0	0
ANNELIDA	0	0
Hirudinea	0	0
ACARI	0	0
Hydrachnidae	0	0
Bivalvia	0	0
HEMIPTERA	2	0
Naucoridae	0	0
Veliidae	2	0
PLATYHELMINTES	2	0
Turbellaria	2	0
LEPIDOPTERA	0	0
Pyralidae	0	0
GASTROPODA	0	0
Otros grupos	10	0
TOTAL	65	44
EPT TOTAL+ABUNDANCIA		44/65=0.67
TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	0.67x100=67%

Nota. En la Tabla 5, se observa el análisis de abundancia de los macroinvertebrados, Carrera & Fierro (2021) en su libro "Manual de monitoreo de macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua" en la página 34 propone rangos que indican los niveles de calidad del agua según escalas como, Mala, Regular, Buena, y Muy Buena; la calidad del agua es Mala cuando tiene un nivel de abundancia de entre 0 – 24%, es Regular con un rango de 25% - 49%, Buena de 50% - 74% y Muy buena de 75% - 100%; de acuerdo a ellos, en el punto 1 se ha determinado la abundancia total de invertebrados acuáticos, cuyo resultado es de 67%, ubicándose en un rango de entre 50% - 74% teniendo una calidad de agua de bueno.

Tabla 6
Análisis de sensibilidad de la calidad de agua - Punto 1

CLASIFICACION	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
TRICHOPTERA	38	29
Glossosomatidae	7	7

Hydrobiosidae	9	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
PLECOPTERA	10	0
Perlidae	10	0
EPHEMEROPTERA	42	42
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9
Leptohephidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Oligoneuridae	10	10
COLEOPTERA	26	0
Elmidae	6	0
Psephenidae	10	0
Ptilodactylidae	10	0
DIPTERA	16	8
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	2	0
Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	16	8
Anisoptera	8	0
Zygoptera	8	8
MEGALOPTERA	6	0
Corydalidae	6	0
GORDIOIDEA	3	0
Gordiidae	3	0
ANNELIDA	3	0
Hirudinea	3	0
ACARI	10	0
Hydrachnidae	10	0
Bivalvia	?	0
HEMIPTERA	16	8
Naucoridae	7	0
Naucoridae	1	0
Veliidae	8	8

PLATYHELMINTES	5	5
Turbellaria	5	5
LEPIDOPTERA	5	0
Pyralidae	5	0
GASTROPODA	3	0
Otros grupos	?	0
TOTAL		100

Nota. En la Tabla 6 se observa el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados frente a los contaminantes, al igual que para determinar la abundancia, Carrera & Fierro (2001) proponen el índice de sensibilidad que está compuesto por rangos desde muy mala a muy bueno, distribuido de la siguiente manera : 101 - 145 Muy buena, 61 - 100 Buena, 36 - 60 Regular, 16 - 35 Mala y 0 - 15 Muy mala; según nuestro análisis de sensibilidad se obtiene una presencia de 100, que se encuentra dentro del rango de 61 – 100 bueno, entonces podemos afirmar que la sensibilidad de los macroinvertebrados en el punto 1 es bueno.

- **Punto 02-** En el presente punto se analizan la calidad del agua en base a los siguientes macroinvertebrados estudiados:

Tabla 7

Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 2

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (número de individuos)	EPT PRESENTES
TRICHOPTERA	14	14
Glossosomatidae	3	3
Hydrobiosidae	0	0
Hydropschidae	3	3
Leptoceridae	7	7
Philopotamidae	1	1
PLECOPTERA	0	0
Perlidae	0	0
EPHEMEROPTERA	19	19
Baetidae	6	6
Euthyplocidae	4	4
Leptohyphidae	6	6
Leptophlebiidae	2	2
Oligoneuridae	1	1
COLEOPTERA	0	0
Elmidae	0	0
Psephenidae	0	0
Ptilodactylidae	0	0
DIPTERA	3	0

Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	0	0
Simuliidae	3	0
Tipulidae	0	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	3	0
Anisoptera	0	0
Zygoptera	3	0
MEGALOPTERA	0	0
Corydalidae	0	0
GORDIOIDEA	0	0
Gordiidae	0	0
ANNELIDA	0	0
Hirudinea	0	0
ACARI	0	0
Hydrachnidae	0	0
Bivalvia	0	0
HEMIPTERA	2	0
Naucoridae	0	0
Veliidae	2	0
PLATYHELMINTES	3	0
Turbellaria	3	0
LEPIDOPTERA	0	0
Pyralidae	0	0
GASTROPODA	0	0
Otros grupos	8	0
TOTAL	52	33
EPT TOTAL+ABUNDANCIA		33/52=0.63
TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	0.63x100=63%

Nota. En la Tabla 7, se observa el análisis de abundancia de los macroinvertebrados, según Carrera & Fierro (2021) que propone rangos que indican los niveles de calidad del agua según escalas como, Mala, Regular, Buena, y Muy Buena; la calidad del agua es Mala cuando tiene un nivel de abundancia de entre 0 – 24%, es Regular con un rango de 25% - 49%, Buena de 50% - 74% y Muy buena de 75% - 100%; de acuerdo a ellos, en el punto 2 se ha determinado la abundancia total de invertebrados acuáticos, cuyo resultado es de 63%, ubicándose en un rango de entre 50% - 74% bueno, por ello afirmamos que la calidad del agua en el punto 2 es bueno.

Tabla 8
Análisis de sensibilidad del agua - Punto 2

CLASIFICACION	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
TRICHOPTERA	38	29
Glossosomatidae	7	7
Hydrobiosidae	9	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
PLECOPTERA	10	0
Perlidae	10	0
EPHEMEROPTERA	42	42
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Oligoneuridae	10	10
COLEOPTERA	26	0
Elmidae	6	0
Psephenidae	10	0
Ptilodactylidae	10	0
DIPTERA	16	8
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	2	0
Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	16	8
Anisoptera	8	0
Zygoptera	8	8
MEGALOPTERA	6	0
Corydalidae	6	0
GORDIOIDEA	3	0
Gordiidae	3	0
ANNELIDA	3	0
Hirudinea	3	0
ACARI	10	0
Hydrachnidae	10	0

Bivalvia	?	0
HEMIPTERA	16	8
Naucoridae	7	0
Naucoridae	1	0
Veliidae	8	8
PLATYHELMINTES	5	5
Turbellaria	5	5
LEPIDOPTERA	5	0
Pyralidae	5	0
GASTROPODA	3	0
Otros grupos	?	0
TOTAL		100

Nota. En la Tabla 8 se observa el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados frente a los contaminantes, al igual que para determinar la abundancia, Carrera & Fierro (2001) proponen el índice de sensibilidad que está compuesto por rangos desde muy mala a muy bueno, distribuido de la siguiente manera : 101 - 145 Muy buena, 61 - 100 Buena, 36 - 60 Regular, 16 - 35 Mala y 0 - 15 Muy mala; según nuestro análisis de sensibilidad se obtiene una presencia de 100, que se encuentra dentro del rango de 61 – 100 bueno, entonces podemos afirmar que la sensibilidad de los macroinvertebrados en el punto 2 es bueno.

- **Punto 03-** En el presente punto de monitoreo se analizan la calidad del agua en base a los siguientes macroinvertebrados estudiados:

Tabla 9
Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 3

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (número de individuos)	EPT PRESENTES
TRICHOPTERA	23	23
Glossosomatidae	8	8
Hydrobiosidae	0	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	7	7
Philopotamidae	3	3
PLECOPTERA	1	1
Perlidae	1	1
EPHEMEROPTERA	29	29
Baetidae	10	10
Euthyplocidae	7	7
Leptohyphidae	8	8
Leptophlebiidae	2	2
Oligoneuridae	2	2

COLEOPTERA	0	0
Elmidae	0	0
Psephenidae	0	0
Ptilodactylidae	0	0
DIPTERA	5	0
Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	0	0
Simuliidae	5	0
Tipulidae	0	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	0	0
Anisoptera	0	0
Zygoptera	0	0
MEGALOPTERA	0	0
Corydalidae	0	0
GORDIOIDEA	0	0
Gordiidae	0	0
ANNELIDA	0	0
Hirudinea	0	0
ACARI	0	0
Hydrachnidae	0	0
Bivalvia	0	0
HEMIPTERA	3	0
Naucoridae	0	0
Veliidae	3	0
PLATYHELMINTES	4	0
Turbellaria	4	0
LEPIDOPTERA	0	0
Pyralidae	0	0
GASTROPODA	0	0
Otros grupos	11	0
TOTAL	76	53
EPT TOTAL+ABUNDANCIA		53/76=0.69
TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	0.68x100=69%

Nota. En la Tabla 9, se observa el análisis de abundancia de los macroinvertebrados, según Carrera & Fierro (2021) que propone rangos que indican los niveles de calidad del agua según escalas como, Mala, Regular, Buena, y Muy Buena; la calidad del agua es Mala cuando tiene un nivel de abundancia de entre 0 – 24%, es Regular con un rango de

25% - 49%, Buena de 50% - 74% y Muy buena de 75% - 100%; de acuerdo a ellos, en el punto 3 se ha determinado la abundancia total de invertebrados acuáticos, cuyo resultado es de 69%, ubicándose en un rango de entre 50% - 74% bueno, por ello afirmamos que la calidad del agua en el punto 3 es bueno.

Tabla 10
Análisis de sensibilidad del agua - Punto 3

CLASIFICACION	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
TRICHOPTERA	38	29
Glossosomatidae	7	7
Hydrobiosidae	9	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
PLECOPTERA	10	10
Perlidae	10	10
EPHEMEROPTERA	42	42
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Oligoneuridae	10	10
COLEOPTERA	26	0
Elmidae	6	0
Psephenidae	10	0
Ptilodactylidae	10	0
DIPTERA	16	10
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	2	2
Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	16	0
Anisoptera	8	0
Zygoptera	8	0
MEGALOPTERA	6	0
Corydalidae	6	0
GORDIOIDEA	3	0
Gordiidae	3	0

ANNELIDA	3	0
Hirudinea	3	0
ACARI	10	0
Hydrachnidae	10	0
Bivalvia	?	0
HEMIPTERA	16	8
Naucoridae	7	0
Naucoridae	1	0
Veliidae	8	8
PLATYHELMINTES	5	8
Turbellaria	5	8
LEPIDOPTERA	5	0
Pyralidae	5	0
GASTROPODA	3	0
Otros grupos	?	0
TOTAL		107

Nota. En la Tabla 10 se observa el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados frente a los contaminantes, al igual que para determinar la abundancia, Carrera & Fierro (2001) proponen el índice de sensibilidad que está compuesto por rangos desde muy mala a muy bueno, distribuido de la siguiente manera : 101 - 145 Muy buena, 61 - 100 Buena, 36 - 60 Regular, 16 - 35 Mala y 0 - 15 Muy mala; según nuestro análisis de sensibilidad se obtiene una presencia de 107, que se encuentra dentro del rango de 101 – 145 Muy bueno, entonces podemos afirmar que la sensibilidad de los macroinvertebrados en el punto 3 es muy bueno.

- **Punto 04-** En el presente punto de monitoreo se analizan la calidad del agua en base a los siguientes macroinvertebrados estudiados:

Tabla 11
Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 4

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (número de individuos)	EPT PRESENTES
TRICHOPTERA	8	8
Glossosomatidae	1	1
Hydrobiosidae	0	0
Hydropschidae	2	2
Leptoceridae	3	3
Philopotamidae	2	2
PLECOPTERA	0	0
Perlidae	0	0

EPHEMEROPTERA	9	9
Baetidae	3	3
Euthyplocidae	2	2
Leptohyphidae	2	2
Leptophlebiidae	1	1
Oligoneuridae	1	1
COLEOPTERA	0	0
Elmidae	0	0
Psephenidae	0	0
Ptilodactylidae	0	0
DIPTERA	5	0
Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	3	0
Simuliidae	2	0
Tipulidae	0	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	2	0
Anisoptera	0	0
Zygoptera	2	0
MEGALOPTERA	0	0
Corydalidae	0	0
GORDIOIDEA	0	0
Gordiidae	0	0
ANNELIDA	0	0
Hirudinea	0	0
ACARI	0	0
Hydrachnidae	0	0
Bivalvia	0	0
HEMIPTERA	1	0
Naucoridae	0	0
Veliidae	1	0
PLATYHELMINTES	1	0
Turbellaria	1	0
LEPIDOPTERA	0	0
Pyralidae	0	0
GASTROPODA	0	0
Otros grupos	2	0
TOTAL	28	17

EPT TOTAL+ABUNDANCIA	ABUNDANCIA TOTAL	17/28=0.60
TOTAL		0.60x100=60%

Nota. En la Tabla 11, se observa el análisis de abundancia de los macroinvertebrados, según Carrera & Fierro (2021) que propone rangos que indican los niveles de calidad del agua según escalas como, Mala, Regular, Buena, y Muy Buena; la calidad del agua es Mala cuando tiene un nivel de abundancia de entre 0 – 24%, es Regular con un rango de 25% - 49%, Buena de 50% - 74% y Muy buena de 75% - 100%; de acuerdo a ellos, en el punto 4 se ha determinado la abundancia total de invertebrados acuáticos, cuyo resultado es de 60%, ubicándose en un rango de entre 50% - 74% bueno, por ello afirmamos que la calidad del agua en el punto 4 es bueno.

Tabla 12
Análisis de sensibilidad del agua – Punto 4

CLASIFICACION	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
TRICHOPTERA	38	29
Glossosomatidae	7	7
Hydrobiosidae	9	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
PLECOPTERA	10	0
Perlidae	10	0
EPHEMEROPTERA	42	42
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Oligoneuridae	10	10
COLEOPTERA	26	0
Elmidae	6	0
Psephenidae	10	0
Ptilodactylidae	10	0
DIPTERA	16	10
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	2	2
Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0

ODONATA	16	8
Anisoptera	8	0
Zygoptera	8	8
MEGALOPTERA	6	0
Corydalidae	6	0
GORDIOIDEA	3	0
Gordiidae	3	0
ANNELIDA	3	0
Hirudinea	3	0
ACARI	10	0
Hydrachnidae	10	0
Bivalvia	?	0
HEMIPTERA	16	8
Naucoridae	7	0
Naucoridae	1	0
Veliidae	8	8
PLATYHELMINTES	5	5
Turbellaria	5	5
LEPIDOPTERA	5	0
Pyralidae	5	0
GASTROPODA	3	0
Otros grupos	?	0
TOTAL		102

Nota. En la Tabla 12 se observa el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados frente a los contaminantes, al igual que para determinar la abundancia, Carrera & Fierro (2001) proponen el índice de sensibilidad que está compuesto por rangos desde muy mala a muy bueno, distribuido de la siguiente manera : 101 - 145 Muy buena, 61 - 100 Buena, 36 - 60 Regular, 16 - 35 Mala y 0 - 15 Muy mala; según nuestro análisis de sensibilidad se obtiene una presencia de 102, que se encuentra dentro del rango de 102 – 145 Muy bueno, entonces podemos afirmar que la sensibilidad de los macroinvertebrados en el punto 4 es muy bueno.

- **Punto 05-** En el presente punto de monitoreo se analizan la calidad del agua en base a los siguientes macroinvertebrados estudiados:

Tabla 13
Análisis de abundancia de macroinvertebrados - Punto 5

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (número de individuos)	EPT PRESENTES
TRICHOPTERA	9	9
Glossosomatidae	1	1

Hydrobiosidae	0	0
Hydropschidae	2	2
Leptoceridae	5	5
Philopotamidae	1	1
PLECOPTERA	0	0
Perlidae	0	0
EPHEMEROPTERA	12	12
Baetidae	4	4
Euthyplocidae	2	2
Leptohyphidae	4	4
Leptophlebiidae	1	1
Oligoneuridae	1	1
COLEOPTERA	0	0
Elmidae	0	0
Psephenidae	0	0
Ptilodactylidae	0	0
DIPTERA	5	0
Ceratopogonidae	0	0
Chironomidae	0	0
Simuliidae	5	0
Tipulidae	0	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	2	0
Anisoptera	0	0
Zygoptera	2	0
MEGALOPTERA	0	0
Corydalidae	0	0
GORDIOIDEA	0	0
Gordiidae	0	0
ANNELIDA	0	0
Hirudinea	0	0
ACARI	0	0
Hydrachnidae	0	0
Bivalvia	0	0
HEMIPTERA	1	0
Naucoridae	0	0
Veliidae	1	0
PLATYHELMINTES	1	0

Turbellaria	1	0
LEPIDOPTERA	0	0
Pyralidae	0	0
GASTROPODA	0	0
Otros grupos	5	0
TOTAL	35	21
EPT TOTAL+ABUNDANCIA		21/35=0.60
TOTAL	ABUNDANCIA TOTAL	0.60x100=60%

Nota. En la Tabla 13, se observa el análisis de abundancia de los macroinvertebrados, según Carrera & Fierro (2021) que propone rangos que indican los niveles de calidad del agua según escalas como, Mala, Regular, Buena, y Muy Buena; la calidad del agua es Mala cuando tiene un nivel de abundancia de entre 0 – 24%, es Regular con un rango de 25% - 49%, Buena de 50% - 74% y Muy buena de 75% - 100%; de acuerdo a ellos, en el punto 5 se ha determinado la abundancia total de invertebrados acuáticos, cuyo resultado es de 60%, ubicándose en un rango de entre 50% - 74% bueno, por ello afirmamos que la calidad del agua en el punto 5 es bueno.

Tabla 14
Análisis de sensibilidad del agua - Punto 5

CLASIFICACION	SENSIBILIDAD	PRESENCIA
TRICHOPTERA	38	29
Glossosomatidae	7	7
Hydrobiosidae	9	0
Hydropschidae	5	5
Leptoceridae	9	9
Philopotamidae	8	8
PLECOPTERA	10	0
Perlidae	10	0
EPHEMEROPTERA	42	42
Baetidae	7	7
Euthyplocidae	9	9
Leptohyphidae	7	7
Leptophlebiidae	9	9
Oligoneuridae	10	10
COLEOPTERA	26	0
Elmidae	6	0
Psephenidae	10	0
Ptilodactylidae	10	0
DIPTERA	16	8
Ceratopogonidae	3	0
Chironomidae	2	0

Simuliidae	8	8
Tipulidae	3	0
TURBELARIA	0	0
OLIGOCHAETA	0	0
AMPHIPODA	0	0
ODONATA	16	8
Anisoptera	8	0
Zygoptera	8	8
MEGALOPTERA	6	0
Corydalidae	6	0
GORDIOIDEA	3	0
Gordiidae	3	0
ANNELIDA	3	0
Hirudinea	3	0
ACARI	10	0
Hydrachnidae	10	0
Bivalvia	?	0
HEMIPTERA	16	8
Naucoridae	7	0
Naucoridae	1	0
Veliidae	8	8
PLATYHELMINTES	5	5
Turbellaria	5	5
LEPIDOPTERA	5	0
Pyralidae	5	0
GASTROPODA	3	0
Otros grupos	?	0
TOTAL		100

Nota. En la Tabla 14 se observa el grado de sensibilidad de los macroinvertebrados frente a los contaminantes, al igual que para determinar la abundancia, Carrera & Fierro (2001) proponen el índice de sensibilidad que está compuesto por rangos desde muy mala a muy bueno, distribuido de la siguiente manera : 101 - 145 Muy buena, 61 - 100 Buena, 36 - 60 Regular, 16 - 35 Mala y 0 - 15 Muy mala; según nuestro análisis de sensibilidad se obtiene una presencia de 100, que se encuentra dentro del rango de 61 – 100 bueno, entonces podemos afirmar que la sensibilidad de los macroinvertebrados en el punto 5 es bueno.

4.2. CONTRASTACIÓN DE HIPÓTESIS Y PRUEBA DE HIPÓTESIS

La investigación es de tipo descriptivo, por ello, la contrastación de hipótesis se desarrolla de acuerdo al análisis de los resultados realizado,

comparado con el DS 004-2017 MINAM donde indica los parámetros de los estándares de calidad ambiental (ECA) de agua y el manual de monitoreo de calidad de agua mediante los invertebrados acuáticos propuestos por Carrera & Fierro (2001).

HIPÓTESIS GENERAL

Hipótesis Alternativa (Ha): Existe relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho): No existe relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Para el presente estudio se realizaron análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos según el DS 004-2017 MINAM, en 5 puntos de monitoreo, en lo que corresponde a parámetros físicos los 5 puntos de monitoreo se encuentran dentro del rango permitido, en lo que corresponde a los parámetros químicos no todos los indicadores cumplen en los 5 puntos de monitoreo; con respecto a los parámetros microbiológicos algunos indicadores de medición sobrepasan los límites establecidos y algunos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Con respecto al análisis de sensibilidad y abundancia de los macroinvertebrados en los 5 puntos de monitoreo, en algunos puntos se encuentran en un nivel de bueno, y en otros se encuentran en un nivel de muy bueno.

Por lo tanto, en base a los análisis descritos en los resultados y relacionando los parámetros de calidad de agua y los macroinvertebrados podemos concluir que existe relación de los parámetros de la calidad de agua con los macroinvertebrados acuáticos, por ello, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alternativa, y decimos que existe relación entre las dos variables.

HIPOTESIS ESPECIFICO

Hipótesis Alternativa (Ha1): Existe relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la

microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco – 2022.

Hipótesis Nula (Ho1): No Existe relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Para contrastar la siguiente hipótesis, se analizaron los parámetros físicos según el DS 004-2017 MINAM, en 5 puntos de monitoreo, donde los parámetros físicos los 5 puntos de monitoreo se encuentran dentro del rango permitido

Con respecto al análisis de sensibilidad y abundancia de los macroinvertebrados en los 5 puntos de monitoreo, en algunos puntos se encuentran en un nivel de bueno, y en otros se encuentran en un nivel de muy bueno.

Por lo tanto, en base a los análisis descritos en los resultados y relacionando los parámetros físicos de calidad de agua y los macroinvertebrados podemos concluir que existe relación de los parámetros de la calidad de agua con los macroinvertebrados acuáticos, por ello, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, y decimos que existe relación entre las dos variables.

Hipótesis Alterna (Ha2): Existe relación de los parámetros químicos con los **macroinvertebrados** acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho2): No existe relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Para la presente contrastación de hipótesis, con respecto a los parámetros químicos se analizaron según el DS 004-2017 MINAM en 5 puntos de monitoreo donde en lo que corresponde a los parámetros químicos no todos los indicadores cumplen en los 5 puntos de monitoreo.

Con respecto al análisis de sensibilidad y abundancia de los macroinvertebrados en los 5 puntos de monitoreo, en algunos puntos se

encuentran en un nivel de bueno, y en otros se encuentran en un nivel de muy bueno.

Por lo tanto, en base a los análisis descritos en los resultados y relacionando los parámetros químicos de la calidad de agua y los macroinvertebrados podemos concluir que existe relación de los parámetros de la calidad de agua con los macroinvertebrados acuáticos, por ello, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, y decimos que existe relación entre las dos variables.

Hipótesis Alterna (Ha3): Existe relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Hipótesis Nula (Ho3): No existe relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco – 2022.

Para la presente hipótesis se realizaron un análisis de los parámetros microbiológicos según el DS 004-2017 MINAM en 5 puntos de monitoreo, con respecto a los parámetros microbiológicos algunos indicadores de medición sobrepasan los límites establecidos y algunos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Con respecto al análisis de sensibilidad y abundancia de los macroinvertebrados en los 5 puntos de monitoreo, en algunos puntos se encuentran en un nivel de bueno, y en otros se encuentran en un nivel de muy bueno.

Por lo tanto, en base a los análisis descritos en los resultados y relacionando los parámetros microbiológicos de calidad de agua y los macroinvertebrados podemos concluir que existe relación de los parámetros de la calidad de agua con los macroinvertebrados acuáticos, por ello, rechazamos la hipótesis nula y aceptamos la hipótesis alterna, y decimos que existe relación entre las dos variables.

CAPÍTULO V

DISCUSIÓN DE RESULTADOS

5.1. CONTRASTACIÓN DE RESULTADOS

La calidad del agua es determinada por cumplir ciertos parámetros de manera óptima, y estos parámetros se dividen en tres: parámetros físicos, parámetros químicos y parámetros microbiológicos; entendiendo que las aguas se dividen en categorías y sub categorías, de acuerdo al uso; hay aguas que son destinadas para uso humano, aguas que son utilizadas para recreación, aguas que son utilizadas para uso de las plantas y bebida de los animales, y aguas que simplemente son conservadas, cada clasificación del agua tienen sus parámetros y cada parámetro sus indicadores con sus límites máximos permisibles propuestos en DS 004-2017 MINAM.

Los macroinvertebrados son conocidos comúnmente como invertebrados totales, lo conforman los insectos, crustáceos, moluscos y anélidos; se le conoce como macroinvertebrado porque se pueden observar sin la ayuda de algún instrumento de observación, miden aproximadamente entre 2 milímetros a 30 centímetros; se le denomina invertebrado porque su cuerpo no contiene hueso, son acuáticos por que viven en el agua especialmente en lugares con agua dulce.

En el mundo existe muchos tipos de aguas, y en la presente investigación se ha realizado en la Microcuenca las Pavas que está ubicado en el Distrito de Mariano Dámaso Beraun, donde se analizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos según el DS 004-2017 MINAM, en 5 puntos de monitoreo, en lo que corresponde a parámetros físicos los 5 puntos de monitoreo se encuentran dentro del rango permitido, en lo que corresponde a los parámetros químicos no todos los indicadores cumplen en los 5 puntos de monitoreo; con respecto a los parámetros microbiológicos algunos indicadores de medición sobrepasan los límites establecidos y algunos se encuentran dentro de los límites establecidos.

Con respecto al análisis de sensibilidad y abundancia de los macroinvertebrados en los 5 puntos de monitoreo, en algunos puntos se

encuentran en un nivel de bueno, y en otros se encuentran en un nivel de muy bueno.

Estos resultados concuerdan con:

- Macias (2020) que investiga “MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN EL ESTERO EL TACO DE LA MICROCUENCA BAJA DEL RÍO QUEVEDO Y SU RELACIÓN CON LOS USOS DEL SUELO” donde se analizan un conjunto de macroinvertebrados acuáticos a través de índices y usos de las estadísticas, donde se tiene como resultados que el agua tiene una calidad excelente.
- Pascual (2019) investiga “*MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y ENSAYOS TOXICOLÓGICOS PARA EVALUAR LA CALIDAD DEL AGUA Y DEL SEDIMENTO DEL RÍO RÍMAC, LIMA, PERÚ*” donde se han analizado un conjunto de macroinvertebrados acuáticos que pueden determinar la calidad de las aguas estudiadas, la investigación han sido desarrollados en diferentes puntos de monitoreo del agua, cuyo resultado han permitido observar una variación en algunos parámetros físicos, químicos y microbiológicos; con respecto a los macroinvertebrados los índices analizados han tenido variación en diferentes épocas del año.
- Morales (2019) investiga “*RELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA UCHPAS, EN EL CENTRO POBLADO DE SAN JUAN DE MIRAFLORES, DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRAN, PROVINCIA Y REGIÓN HUÁNUCO, MAYO – JULIO 2019*” donde de acuerdo a los índices analizados ha podido concluir que se encuentran en buena calidad de agua, sin embargo no ha podido relacionar con los indicadores de calidad de agua proponiendo una investigación más amplio de los futuros investigadores.

Las investigaciones que se han realizados respaldan nuestros resultados, en algunas investigaciones se observa que los parámetros de calidad del agua son variables, y en los análisis de macroinvertebrados acuáticos tienen resultados favorables de acuerdo

a los índices de sensibilidad y de abundancia, y esto se puede explicar que cada punto de monitoreo es distinto, en algunos puntos de monitoreo se visualizó la presencia de hojas secas, de palos y troncos de árboles dentro del agua, así permiten un mayor hábitat de algunos de los macroinvertebrados, esto se explica la variación frente a otros puntos.

CONCLUSIONES

De acuerdo al análisis de calidad de agua realizado y al análisis de sensibilidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos se concluye:

- Con respecto al objetivo general, se realizó la evaluación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua, mediante el análisis de sensibilidad y abundancia, cuyo resultado fueron de bueno y muy bueno con respecto a la calidad del agua; independientemente a ello se analizó los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua, cuyo resultado corresponde favorable para la categoría 4: Conservación del ambiente acuático, según el Decreto Supremo N° 004-2017-MINAM.
- Con respecto al objetivo específico 1, se analizó la relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas; al respecto afirmamos que los parámetros físicos se encuentran dentro de los límites establecidos, y el análisis de la calidad de agua mediante los macroinvertebrados acuáticos tomando en cuenta el análisis de sensibilidad y abundancia tiene una calificación de buena y muy buena.
- Con respecto al objetivo específico 2, se analizó la relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, al respecto afirmamos que algunos indicadores analizados se encuentran dentro de los límites permisibles por el ECA y algunos supera los límites; de acuerdo al índice de sensibilidad y abundancia realizado a los macroinvertebrados acuáticos se concluye que tiene un nivel de bueno y muy bueno.
- Con respecto al objetivo específico 3, se analizó la relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, donde se puede concluir que los parámetros microbiológicos analizados se encuentran dentro de los límites aceptables, mientras que el índice de sensibilidad y abundancia de macroinvertebrados realizados se encuentran en bueno y muy bueno.

RECOMENDACIONES

Según las conclusiones realizados en la presente investigación se recomienda lo siguiente:

- A las autoridades locales que tienen planificado realizar estudios de calidad de agua en la microcuenca las Pavas tomar en cuenta la presente investigación.
- Con respecto a las variables de estudios continuar con una investigación más amplio que permita analizar todos los parámetros físicos, químicos y microbiológicos con la finalidad de encontrar una relación clara con los macroinvertebrados acuáticos.
- Algunos indicadores analizados no se encuentran dentro de los límites máximos permisibles, al respecto se recomienda realizar un estudio en cada estación del año con la finalidad de analizar si en cada estación del año dicho indicador se encuentra fuera de los límites máximos permisibles por el ECA.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Allen, H. Y. (2003). Pharmaceutical process validation: an overview. EE.UU.: Journal Process Mechanical Engineering 213.
- Alonso, C. C. (2011). "Influencia del vertido del efluente líquido de la Compañía Minera Aurex S.A. en el ecosistema acuático del Río San Juan". San Juan: Universidad Nacional del Centro del Perú.
- Andersen, & M. K. (2006). Flavonoids-chemistry, biochemistry and applications. Tailor and Francis Group,. Boca raton.
- Ayala, Z. P. J., Salcedo, C. Á. L., & Alvarado, G. O. S. (2019). Degradación acuática y su impacto sobre comunidad macroinvertebrados bentónicos del río higueras en la provincia de Huánuco, Perú. Opción: Revista de Ciencias Humanas y Sociales, (90), 1518-1540.
- Bethemont, J. (1980). Aguas Residuales y el Impacto que Causan en los. Madrid.
- Carrasco, C., Rayme, C., Alarcón, R. D. P., Ayala, Y., Arana, J., & Aponte, H. (2020). Macroinvertebrados acuáticos en arroyos asociados con bofedales altoandinos, Ayacucho Perú. Revista de Biología Tropical, 68, 116-131.
- Carrera, R & Fierro, K (2001) Manual de monitoreo: Los Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua. Libro recuperado de la web: <https://biblio.flacsoandes.edu.ec/catalog/resGet.php?resId=56374>
- Carrillo Castro, A. V. (2010). Analisis comparativo de los Índices de calidad del agua (ICA) de los rios Tecolutla y Cazonas en el periodo Marzo-Diciembre 2010. Veracruz-Mexico: Facultad de Ciencias Químicas. Universidad Veracruzana. México.
- Castillo-Velásquez, R. M., & Huamantínco-Araujo, A. A. (2020). Variación espacial de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en la zona litoral del humedal costero Santa Rosa, Lima, Perú. Revista de Biología Tropical, 68(1), 50-68.
- EASTON, J. (1998). The development of a risk assessment methodology to evaluate the adverse human health effect of pathogens found in

- sewage contaminate waters. EE.UU.: Environmental health engineering program. University of Alabama at Birmingham.
- GELDREICH, E. y. (1990). Bacterial pollution indicators in the Intestinal tract of freshwater fish. EE.UU.: Appl. Microbiol. Vol 14 No. 3. 429:437.
- Gómez-Gómez, M., Danglot-Banck, C., & Vega-Franco, L. (2013). Cómo seleccionar una prueba estadística (segunda parte). Revista mexicana de pediatría, 80(2), 81-85.
- Hidalgo, G. E. (2011). "Nivel de contaminación del río Huallaga entre los distritos de amarilis y Huánuco debido a descargas de aguas residuales (mayo- junio 2011)". Huánuco: Universidad nacional Hermilio Valdizán .
- Ladera, R. (2012) " Los macroinvertebrados acuáticos como indicadores del estado ecológico de los ríos" recuperado de la página web: file:///C:/Users/Administrador/Downloads/Dialnet-LosMacroinvertebradosAcuaticosComoIndicadoresDelEs-4015812.pdf
- Macías Aldaz, N. L. (2020). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en el estero el taco de la microcuenca baja del río Quevedo y su relación con los usos del suelo (Bachelor's thesis, Quevedo: UTEQ).
- MINAM., M. d. (2009). Decreto Aprueban disposiciones para la implementación de los estándares nacionales para agua. Lima-Perú.: Edit.MINAM.
- MINSA., M. D. (1998). Reglamento sobre vigilancia y control sanitario de los alimentos y bebidas. Lima – Perú.: MINSA.
- Mitchell, M., Stapp, W., & Bixby, K. (1991). Guía para monitorear la calidad del agua en el Río Bravo. En Manual de campo de Proyecto del Río (pág. 200). New México, USA: Segunda edición. Proyecto del Río.
- Monti , M. (1996). Variedades de papa para uso diferenciado; (Documento oficial 10). Balcarce, Argentina: INTA.
- Morales Aguirre, C. E. (2019). RELACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADOR DE LA CALIDAD DEL AGUA EN LA QUEBRADA UCHPAS, EN EL CENTRO POBLADO DE SAN

JUAN DE MIRAFLORES, DISTRITO DE SAN FRANCISCO DE CAYRAN, PROVINCIA Y REGIÓN HUÁNUCO, MAYO–JULIO 2019.

- Morales, F. (2012). Conozca 3 tipos de investigación: Descriptiva, Exploratoria y Explicativa. Recuperado el, 11, 2018.
- Nuñez, J. C., & Fragoso-Castilla, P. J. (2020). Uso de macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de las lagunas de estabilización El Salguero (Colombia). *Información tecnológica*, 31(3), 277-284.
- Ocasio Santiago, F. A. (2008). Evaluación de la calidad del agua y posibles fuentes de contaminación en un segmento del Río Piedras. San Juan de Puerto Rico: Universidad Metropolitana Escuela graduada de asuntos ambientales .
- O.M.S., O. M. (1995). Guías para la calidad del agua potable. . Ginebra-Francia: Edit-O.M.S.
- Pascual, G., Iannaccone, J., & Alvarino, L. (2019). Macroinvertebrados bentónicos y ensayos toxicológicos para evaluar la calidad del agua y del sedimento del río Rímac, Lima, Perú. *Revista de Investigaciones Veterinarias del Perú*, 30(4), 1421-1442.
- Quesada-Alvarado, F., & Solano-Ulate, D. (2020). Colonización de macroinvertebrados acuáticos en tres tipos de sustratos artificiales, en un río tropical. *Revista de Biología Tropical*, 68, 68-78.
- Ramírez, A. (2010) " Métodos de recolección" recuperado de la página: https://www.scielo.sa.cr/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S0034-77442010000800002#:~:text=Las%20muestras%20de%20macroinvertebrados%20acu%C3%A1ticos,y%20no%20requiere%20mayores%20cuidados
- Salvatierra, T (2012) "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores biológicos de la calidad del agua en el Rio Gil González y tributarios más importantes, Rivas, Nicaragua" recuperado de la página: <file:///C:/Users/USUARIO/Downloads/1754.pdf>
- Urdanigo, J. P., Díaz Ponce, M., Tay-Hing Cajas, C., Sánchez Fonseca, C., Yong Benitez, R., Armijo Albán, K., ... & Mancera-Rodríguez, N. J. (2019). Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en quebradas con

diferente cobertura ribereña en el bosque Protector Murocomba, Ecuador. *Revista de Biología Tropical*, 67(4), 861-878.

COMO CITAR ESTE TRABAJO DE INVESTIGACION

Cajas Condezo, Y. (2023). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en la microcuenca las Pavas distrito de Mariano Dámaso Beraun provincia de Leoncio Prado región Huánuco – 2022* [Tesis de pregrado, Universidad de Huánuco]. Repositorio institucional UDH. <http://...>

ANEXOS

ANEXO 1 *Matriz de consistencia*

TITULO: “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua en la Microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022”

PROBLEMA	OBJETIVOS	HIPOTESIS	VARIABLES	DIMENSIONES	METODOLOGIA / POBLACION
<p>GENERAL ¿Cuál es la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?</p> <p>ESPECIFICOS ¿Cómo se relaciona los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?</p>	<p>GENERAL Determinar la relación de los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.</p> <p>ESPECIFICOS • Determinar la relación de los parámetros físicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio</p>	<p>GENERAL Ha: Los macroinvertebrados acuáticos tiene su relación como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.</p> <p>ESPECIFICOS Ha: Los parámetros físicos tiene su relación con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio</p>	<p>Calidad del agua Calidad de agua se refiere cuando los parámetros que contiene se encuentran en equilibrio para brindar sostenibilidad a los seres vivos.</p> <p>Macroinvertebrados acuáticos Son especies acuáticas de un tamaño menos a 500 µm</p>	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Parámetros físicos. ▪ Parámetros químicos. ▪ Parámetros microbiológicos. ▪ Macroinvertebrados Acuáticos 	<p>TIPO DE INVESTIGACION Descriptivo</p> <p>ENFOQUE Cuantitativo</p> <p>ALCANCE O NIVEL Descriptivo</p> <p>DISEÑO No experimental</p> <p>POBLACIÓN: Estará conformado por todo los macroinvertebrados acuáticos de la microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun, Leoncio Prado.</p>

¿Cómo se relaciona los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?

¿Cómo se relaciona los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022?

Prado Región Huánuco - 2022.

- Determinar la relación de los parámetros químicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

- Determinar la relación de los parámetros microbiológicos con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Prado Región Huánuco - 2022.

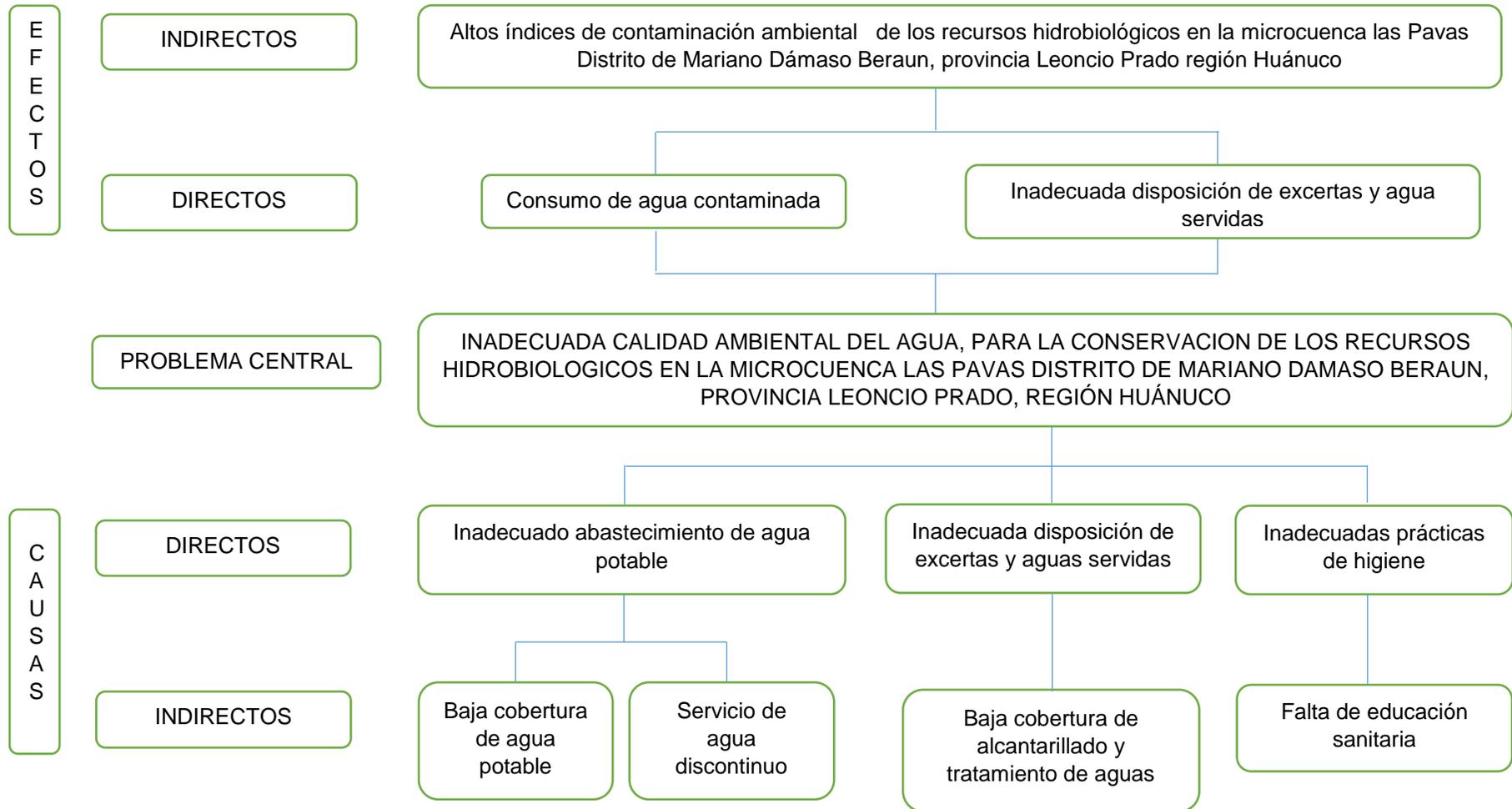
Ha: Los parámetros químicos tiene su relación con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

Ha: Los parámetros microbiológicos tiene su relación con los macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua de la microcuenca las Pavas, Distrito de Mariano Dámaso Beraun Provincia de Leoncio Prado Región Huánuco - 2022.

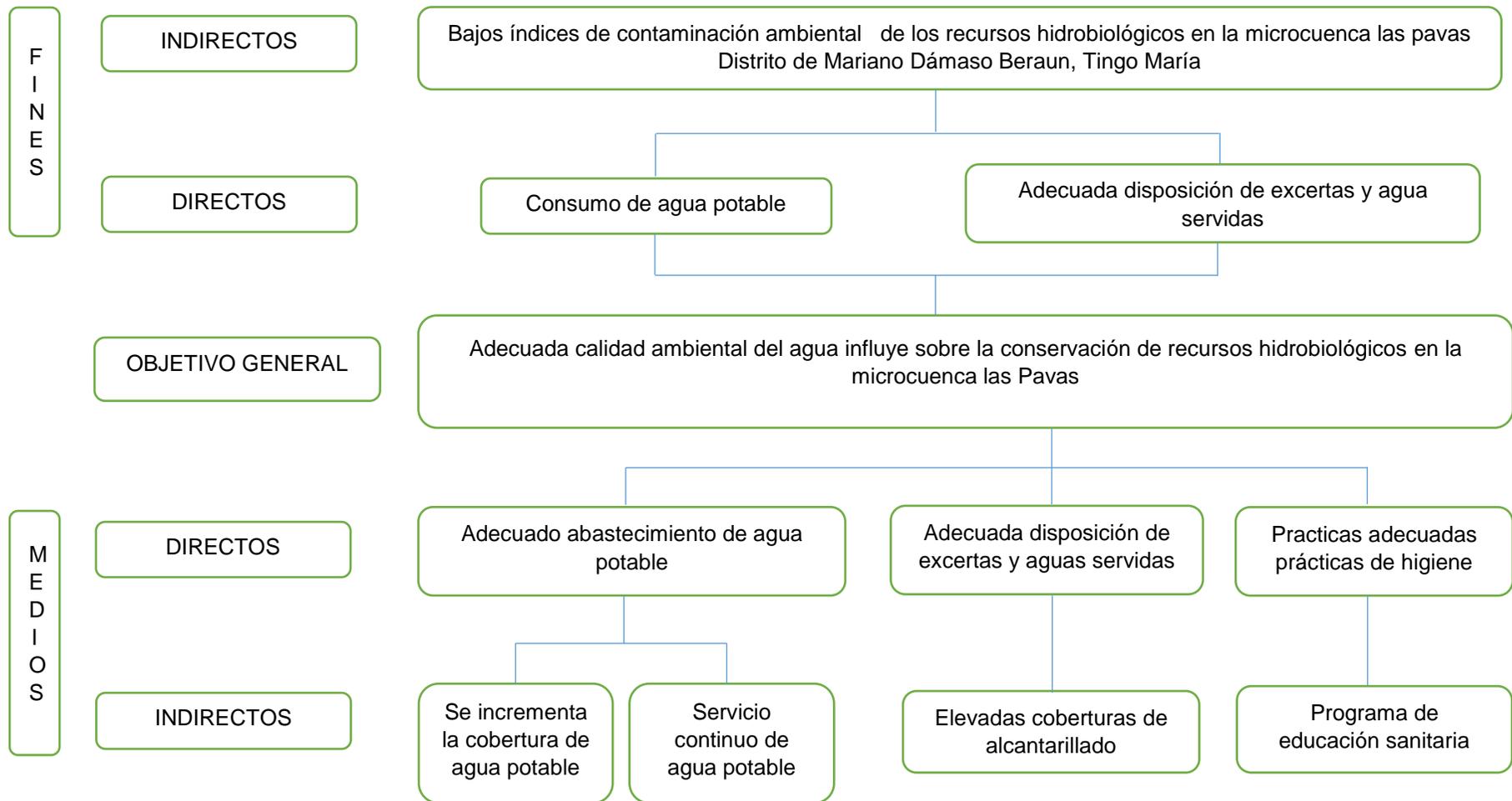
MUESTRA:

Estará conformado por los macroinvertebrados acuáticos presentes en dos puntos de muestreo de la microcuenca las Pavas Distrito de Mariano Dámaso Beraun, con 5 km de diferencia.

ANEXO 2 *Árbol de Causa-Efectos*



ANEXO 3 *Árbol de Medios y Fines*



ANEXO 4 Instrumento de recolección de datos

CADENA DE CUSTODIA DE TOMA DE MUESTRA DE AGUA

Cliente	:		
Proyecto:			
Distrito:	Provincia:	Departamento:	Fecha de reporte:
Contacto:	Teléfono:	Correo:	

Código de campo	Fecha de muestreo	Hora de muestreo	Puntos de muestreo	Coordenadas UTM		N° de envase	Parámetros solicitados							
				Este	Norte		Conductividad eléctrica (us/cm)	Temperatura (°C)	pH (unidad de pH)	Caudal (m3/s)	Oxígeno disuelto (mg/L)	Coliformes totales	Coliformes termo tolerantes	

Nombres y Apellidos:

Firma: _____

ANEXO 5 *Etiquetado de muestras*

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

Solicitante/cliente:			
Nombre laboratorio:			
Código punto de monitoreo:			
Tipo de cuerpo de agua:			
Fecha de muestreo:			Hora:
Muestreado por:			
Parámetro requerido:			
Preservada:	SÍ	NO	Tipo reactivo:

ANEXO 6 *índice EPT*

Hoja de campó 1: Índice EPT

Nombre del río:

Fecha de colección:

Personal responsable:

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (Número de individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthyplocidae		
Gastropoda		
Glossosomatidae		
Gordiodea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		
HYDROPSICHIDAE		
Leptoceridae		
Leptohiphidae		
Leptophlebiidae		
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		
Perlidae		
Philopotamidae		
Psephenidae		
Ptilodactylidae		
PYRALIDAE		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		

total		
EPT TOTAL=		

Calidad de agua 75 - 100% Muy buena

50 . 74 % Buena

25 - 49% Regular

0 - 24 % mala

Hoja de campó 2: Índice de sensibilidad

Nombre del río:

Fecha de colección:

Personal responsable:

CLASIFICACION	ABUNDANCIA (Número de individuos)	EPT PRESENTES
Anisoptera		
Bivalvia		
Baetidae		
Ceratopogonidae		
Chironomidae		
Corydalidae		
Elmidae		
Euthylocidae		
Gastropoda		
Glossosomatidae		
Gordiodea		
Hirudinea		
Hydrachnidae		
Hydrobiosidae		
HYDROPSICHIDAE		
Leptoceridae		
Leptohiphidae		
Leptophlebiidae		
Naucoridae		
Oligochaeta		
Oligoneuridae		
Perlidae		
Philopotamidae		
Psephenidae		
Ptilodactylidae		

PYRALIDAE		
Simuliidae		
Tipulidae		
Turbelaria		
Veliidae		
Zygoptera		
Otros grupos		
total		
EPT TOTAL=	ABUNDANCIA TOTAL	

Calidad del agua: 101 - 145 Muy buena

61 - 100 Buena

36 - 60 Regular

16 - 35 Mala

0 - 15 Muy mala

ANEXO 7 *Panel fotográfico*

Fotografía 1

Red de malla para la captura de macroinvertebrados



Fotografía 2

Materiales utilizados para la captura de macroinvertebrados



Fotografía 3

Toma de coordenadas



Fotografía 4

Medición de parámetros de campo con multiparámetro



Fotografía 5

Toma de muestras



Fotografía 6

Presencia de huevos en las piedras del rio muestreado



Fotografía 7

Captura de los macroinvertebrados



Fotografía 8

Macroinvertebrados encontrados apegados en las piedras



Fotografía 9

Captura de macroinvertebrados



Fotografía 10

Preservación de los macroinvertebrados con alcohol



Fotografía 11

Captura de macroinvertebrados



Fotografía 12

Anfibio encontrado en la captura de macroinvertebrados



Fotografía 13

Macroinvertebrados encontrados en el punto de muestreo



Fotografía 14

Carachama encontrado en el punto de muestreo



Fotografía 15

Anfibios encontrados en el punto de muestreo indicadores de calidad



Fotografía 16

Captura de macroinvertebrados



Fotografía 17

Muestras obtenidas de los puntos de muestreo



Fotografía 18

Macroinvertebrados capturados para ser analizados con el Estereoscopio



Fotografía 19

Macroinvertebrado identificado orden "Megaloptera" familia "Corydalidae"



Fotografía 20

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Trycorithidae"



Fotografía 21

Macroinvertebrado identificado orden "Gastropoda" familia "Thiaridae"



Fotografía 22

Macroinvertebrado identificado orden "Coleóptera" familia "Elmidae"



Fotografía 23

Macroinvertebrado identificado orden "Hemiptera" familia "Gerridae"



Fotografía 24

Macroinvertebrado identificado orden "Megaloptera" familia "Corydalidae"



Fotografía 25

Macroinvertebrado identificado orden "Trichoptera" familia "Hydropsychidae"



Fotografía 26

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Euthyplocidae"



Fotografía 27

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Baetidae"



Fotografía 28

Macroinvertebrado identificado orden "Odonata" familia "Gomphidae"



Fotografía 29

Macroinvertebrado identificado Orden "Trichoptera" familia "Hydropsychidae"



Fotografía 30

Macroinvertebrado identificado Orden "Odonata" familia "Coenagrionidae"



Fotografía 31

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Trycorithidae"



Fotografía 32

Macroinvertebrado identificado orden "Odonata" familia "Calopterygidae"



Fotografía 33

Macroinvertebrado identificado orden "Decápoda" familia "Palaeomonidae"



Fotografía 34

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Trycorithidae"



Fotografía 35

Macroinvertebrado identificado orden "Coleóptera" familia "Psephenidae"



Fotografía 36

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Leptophlebiae"



Fotografía 37

Macroinvertebrado identificado orden "Trichoptera" familia "Hydropsychidae"



Fotografía 38

Macroinvertebrado identificado orden "Hemiptera" familia "Veliidae"



Fotografía 39

Macroinvertebrado identificado orden "Hemiptera" familia "Veliidae"



Fotografía 40

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Leptophlebiae"



Fotografía 41

Macroinvertebrado identificado orden "Coleóptera" familia "Elmidae"



Fotografía 42

Macroinvertebrado identificado orden "Plecóptera" familia "Perlidae"



Fotografía 43

Macroinvertebrado identificado orden "Ephemeroptera" familia "Oligoneuridae"



Fotografía 44

Macroinvertebrado identificado orden "Prostigmata" familia "Hidrachnydia"



ANEXO 8 Resultados de la calidad del agua



LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO DE ACREDITACIÓN INACAL - DA
CON REGISTRO N° LE - 096



Registro N° LE - 096

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-13603

N° Id.: 0000057280

I. DATOS DEL SERVICIO

1.-RAZON SOCIAL : YOVALI MILAGROS CAJAS CONDEZO
2.-DIRECCIÓN : JR. LOS VILCOS LT 28 PILLCO MARCA HUANUCO - HUANUCO
3.-PROYECTO DE TESIS : MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE CALIDAD DEL AGUA EN LA
MICROCUENCA LAS PAVAS DISTRITO DE MARIANO DÁMASO BERAÚN PROVINCIA DE LEONCIO PRADO
REGIÓN HUÁNUCO - 2022
4.-PROCEDENCIA : MARIANO DAMASO BERAUN - LEONCIO PRADO - HUANUCO
5.-SOLICITANTE : YOVALI MILAGROS CAJAS CONDEZO
6.-ORDEN DE SERVICIO N° : 0000003768-2022-0000
7.-PROCEDIMIENTO DE MUESTREO : NO APLICA
8.-MUESTREADO POR : EL CLIENTE
9.-FECHA DE EMISIÓN DE INFORME : 2022-07-04

II. DATOS DE ÍTEMS DE ENSAYO

1.-PRODUCTO : Agua
2.-NÚMERO DE MUESTRAS : 1
3.-FECHA DE RECEP. DE MUESTRA : 2022-06-23
4.-PERÍODO DE ENSAYO : 2022-06-23 al 2022-07-04

Liz Y. Quispe Quispe
Jefe de Laboratorio
CIP N° 211662

Los resultados contenidos en el presente documento sólo están relacionados con los ítems ensayados.
No se debe reproducir el informe de ensayo, excepto en su totalidad, sin la aprobación escrita de Analytical Laboratory E.I.R.L.
Los resultados de los ensayos, no deben ser utilizados como una certificación de conformidad con normas de producto o como certificado del sistema de calidad de la entidad que lo produce.

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-13603

N° Id.: 0000057280

III. MÉTODOS Y REFERENCIAS

TIPO DE ENSAYO	NORMA DE REFERENCIA	TÍTULO
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 F.2, 23rd Ed. 2017.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Escherichia coli Procedure Using Fluorogenic Substrate. Simultaneous Determination of Termotolerant Coliforms and E.coli.
Coliformes Totales (NMP) (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 9221 B, 23rd Ed. 2017.	Multiple-Tube Fermentation Technique for Members of the Coliform Group. Standard Total Coliform Fermentation Technique.
Oxígeno Disuelto (**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O G. 23rd Ed. 2017	Oxygen (Dissolved). Membrana Electrode Method
pH (**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-H+ B, 23 rd Ed. 2017	pH Value Electrometric Method
Temperatura (**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2520 B, 23nd Ed. 2017	Salinity, Electrical Conductivity Method.
Aceites y Grasas (**)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5520 B, 23 rd Ed 2017	Oil and Grease. Liquid-Liquid, Partition-Gravimetric Method
Detergentes (*)	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5540 C, 23 rd Ed. 2017	Surfactants. Anionic Surfactants as MBAS

*SMEWW" - Standard Methods for the Examination of Water and Wastewater

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

INFORME DE ENSAYO N°: IE-22-13603

N° Id.: 0000057280

IV. RESULTADOS

ITEM	1	2	3	4	5			
CÓDIGO DE LABORATORIO:	M-22-41267	M-22-41268	M-22-41269	M-22-41270	M-22-41271			
CÓDIGO DEL CLIENTE:	AGU-01	AGU-02	AGU-03	AGU-04	AGU-05			
COORDENADAS:	E:0394065	E:0393777	E:0393680	E:0393309	E:0392890			
UTM WGS 84:	N:8964323	N:8964361	N:8964290	N:8964249	N:8963978			
PRODUCTO:	Agua Natural							
SUB PRODUCTO:	Agua Superficial							
INSTRUCTIVO DE MUESTREO:	NO APLICA							
FECHA y HORA DE MUESTREO :	22-06-2022 16:00	22-06-2022 16:30	22-06-2022 16:58	22-06-2022 17:27	22-06-2022 17:45			
ENSAYO	UNIDAD	L.D.M.	L.C.M.	RESULTADOS				
Coliformes Fecales (Termotolerantes) (NMP) (*)	NMP/100mL	NA	1,8	205,0	87,0	53,0	55,0	380,0
Coliformes Totales (NMP) (*)	NMP/100mL	NA	1,8	540,0	200,0	170,0	180,0	755,0
Conductividad (**)	µS/cm	NA	0,01	459,0	432,20	229,50	350,0	589,3
Oxígeno Disuelto (**)	mg DO/L	0,04	7,50	<4,0	>6	>7,50	>8	<3
pH (**)	Unidad de pH	NA	0,01	8,60	7,50	7,94	6,35	9,8
Temperatura (**)	(°C)	NA	0,1	19,1	19,2	18,2	19,1	21,2
Aceites y Grasas (*)	mg/L	0,30	0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50	<0,50
Detergentes (*)	mg/L	0,007	0,020	15,1	<0,020	<0,020	<0,020	30,2

(*) Los resultados obtenidos corresponde a métodos que han sido acreditados por el INACAL - DA

(**) El Ensayo indicado no ha sido acreditado

L.C.M.: Límite de cuantificación del método, "<=" Menor que el L.C.M.

L.D.M.: Límite de detección del método, "<=" Menor que el L.D.M.

NA: No Aplica

V. OBSERVACIONES

Los resultados se aplican a la muestra cómo se recibió.

"FIN DE DOCUMENTO"

ANEXO 9 Resultados de medición del caudal

PUNTOS DE MUESTREO	RESULTADO
PUNTO 1	$0.130 \text{ m}^3/\text{seg}$
PUNTO 2	$0.155 \text{ m}^3/\text{seg}$
PUNTO 3	$0.122 \text{ m}^3/\text{seg}$
PUNTO 4	$0.177 \text{ m}^3/\text{seg}$
PUNTO 5	$0.172 \text{ m}^3/\text{seg}$

Determinación de caudal por el método del flotador

“La medición del caudal se realizó utilizando la GUIA DE HIDROMETRIA (Estimación del caudal por el método del flotador) emitido por el SENAMHI en el 2011 y elaborado por la Ing. Gladys Chomorro”.

Formulas a utilizar

➤ **Calculo de la velocidad**

$$V = d/Tp$$

Donde:

V: velocidad expresada en metros sobre segundos (m/s)

d: distancia recorrida por el flotador esta expresada en metros (m)

Tp: es el tiempo promedio que recorren los flotadores esta expresada en segundos (s)

➤ **Cálculo del área de la sección transversal, expresada en metros cuadrados (m²)**

$$A = hp \times a$$

Donde:

A: área de la sección, expresada en metros cuadrados (m²)

hp: profundidad promedio (m)

a = ancho del rio (m)

➤ **Calculo del caudal**

$$Q = A \times V$$

Donde:

Q: caudal del agua (m³/s)

A: área de la sección transversal

V: velocidad del agua (m/s)

PUNTO 1: Caudal = $0.130 \text{ m}^3/\text{seg}$

Tiempo recorrido

N° de repeticiones	Tiempo (s)
1	18.10
2	18.55
3	18.62
Tiempo promedio	18.42

Calculo de la velocidad

$$V = d/Tp$$

$$V = \frac{10m}{18.42 \text{ seg}} = 0.54 \text{ m/seg} \text{ Velocidad superficial}$$

$$Vm = 0.54 \text{ m/seg} \times 0.85 = 0.459 \text{ m/seg} \text{ Velocidad media}$$

Cálculo del área de la sección transversal

$$A = hp \times a$$

$$hp = \frac{5.4 + 7.2 + 15.9 + 12.1 + 8.3}{5} = 9.78 \text{ cm} = 0.0978 \text{ m}$$

$$a = 2.90 \text{ m}$$

$$A = 0.0978 \text{ m} \times 2.90 \text{ m} = 0.284 \text{ m}^2$$

Calculo del caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.284 \text{ m}^2 \times 0.459 \text{ m/seg} = 0.130 \text{ m}^3/\text{seg} = 130 \text{ l/seg}$$

PUNTO 2: Caudal = $0.155 \text{ m}^3/\text{seg}$

Tiempo recorrido

N° de repeticiones	Tiempo (s)
1	17.90
2	17.40
3	17.30
Tiempo promedio	17.53

Calculo de la velocidad

$$V = d/Tp$$

$$V = \frac{10m}{17.53 \text{ seg}} = 0.57 \text{ m/seg Velocidad superficial}$$

$$Vm = 0.57 \text{ m/seg} \times 0.85 = 0.484 \text{ m/seg Velocidad media}$$

Cálculo del área de la sección transversal

$$A = hp \times a$$

$$hp = \frac{6.3 + 10.5 + 19.4 + 10.1 + 5.5}{5} = 10.36 \text{ cm} = 0.1036 \text{ m}$$

$$a = 3.10 \text{ m}$$

$$A = 0.1036 \text{ m} \times 3.10 \text{ m} = 0.321 \text{ m}^2$$

Calculo del caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.321 \text{ m}^2 \times 0.484 \text{ m/seg} = 0.155 \text{ m}^3/\text{seg} = 155 \text{ l/seg}$$

PUNTO 3: Caudal = 0.122 m³/seg

Tiempo recorrido

N° de repeticiones	Tiempo (s)
1	17.40
2	18.40
3	18.00
Tiempo promedio	17.93

Cálculo de la velocidad

$$V = d/Tp$$

$$V = \frac{10m}{17.93 \text{ seg}} = 0.55 \text{ m/seg Velocidad superficial}$$

$$Vm = 0.55 \text{ m/seg} \times 0.85 = 0.467 \text{ m/seg Velocidad media}$$

Cálculo del área de la sección transversal

$$A = hp \times a$$

$$hp = \frac{5.0 + 7.9 + 13.6 + 11.0 + 6.1}{5} = 8.72\text{cm} = 0.0872\text{m}$$

$$a = 3.00\text{m}$$

$$A = 0.0872\text{m} \times 3.00\text{m} = 0.262\text{m}^2$$

Cálculo del caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.262\text{m}^2 \times 0.467\text{m}/\text{seg} = 0.122\text{m}^3/\text{seg} = 122\text{l}/\text{seg}$$

PUNTO 4: Caudal = 0.177 m³/seg

Tiempo recorrido

N° de repeticiones	Tiempo (s)
1	18.15
2	17.20
3	18.00
Tiempo promedio	17.78

Calculo de la velocidad

$$V = d/Tp$$

$$V = \frac{10\text{m}}{17.78\text{seg}} = 0.56\text{m}/\text{seg} \text{ Velocidad superficial}$$

$$Vm = 0.56\text{m}/\text{seg} \times 0.85 = 0.476\text{m}/\text{seg} \text{ Velocidad media}$$

Cálculo del área de la sección transversal

$$A = hp \times a$$

$$hp = \frac{6.3 + 8.9 + 20.0 + 13.8 + 7.5}{5} = 11.3\text{cm} = 0.113\text{m}$$

$$a = 3.30\text{m}$$

$$A = 0.113\text{m} \times 3.30\text{m} = 0.372\text{m}^2$$

Calculo del caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.372\text{m}^2 \times 0.476\text{m}/\text{seg} = 0.177\text{m}^3/\text{seg} = 177\text{l}/\text{seg}$$

PUNTO 5: Caudal = $0.172 \text{ m}^3/\text{seg}$

Tiempo recorrido

N° de repeticiones	Tiempo (s)
1	19.20
2	18.50
3	19.00
Tiempo promedio	18.9

Cálculo de la velocidad

$$V = d/Tp$$

$$V = \frac{10m}{18.90 \text{ seg}} = 0.53 \text{ m/seg Velocidad superficial}$$

$$Vm = 0.53 \text{ m/seg} \times 0.85 = 0.450 \text{ m/seg Velocidad media}$$

Cálculo del área de la sección transversal

$$A = hp \times a$$

$$hp = \frac{6.7 + 11.5 + 14.8 + 10.1 + 5.9}{5} = 9.80 \text{ cm} = 0.0980 \text{ m}$$

$$a = 3.90 \text{ m}$$

$$A = 0.0980 \text{ m} \times 3.90 \text{ m} = 0.382 \text{ m}^2$$

Cálculo del caudal

$$Q = A \times V$$

$$Q = 0.382 \text{ m}^2 \times 0.450 \text{ m/seg} = 0.172 \text{ m}^3/\text{seg} = 172 \text{ l/seg}$$

ANEXO 10 Plano de ubicación del proyecto

