

Efecto de la **contaminación** **hídrica** por **aguas** **residuales**

en la diversidad de
macroinvertebrados
bentónicos del río Ichu,
Huancavelica - Perú.



-  Víctor Guillermo Sánchez Araujo
-  Pedro Antonio Palomino Pastrana
-  Wilfredo Sáez Huaman
-  Blanca Ninoska Flores Paucar
-  Nelson Silvestre Soto
-  Eycol Antonio Palomino Morales
-  Víctor Raúl Jurado Mamani

ISBN 978-628-97718-3-1

Editorial
CICI

**CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES**

Autores

Víctor Guillermo Sánchez Araujo

Universidad Nacional de Huancavelica

Doctor en Ciencias Ambientales

victor.sanchez@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0002-7702-0881>

Pedro Antonio Palomino Pastrana

Universidad Nacional de Huancavelica

Doctor en Ciencias Ambientales

pedro.palomino@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0001-7833-6805>

Wilfredo Sáez Huaman

Universidad Nacional de Huancavelica

Doctor en Ciencias Ambientales

wilfredo.saez@uhn.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0002-1485-8273>

Blanca Ninoska Flores Paucar

Universidad Nacional de Huancavelica

Magister en Ecología y Gestión Ambiental

blancaninoska.28@gmail.com

 <https://orcid.org/0000-0001-5134-6923>

Nelson Silvestre Soto

Universidad Nacional de Huancavelica

Magister en Ecología y Gestión Ambiental

nelson.silvestre@unh.edu.pe

 <https://orcid.org/0000-0002-3794-4078>

Eycol Antonio Palomino Morales

Universidad Nacional de Huancavelica

Magister en Ecología y Gestión Ambiental

palominomorales@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-9231-0341>

Víctor Raúl Jurado Mamani

Universidad Nacional de Huancavelica

Magister en Planeación Estratégica y Gestión en

Ingeniería de Proyectos

victorjuramazo@gmail.com

 <https://orcid.org/0009-0005-4716-1498>

Editor: Alain Fitzgerald Castro Alfaro

Título:

Efecto de la contaminación hídrica por aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica - Perú

Autores: Víctor Guillermo Sánchez Araujo, Pedro Antonio Palomino Pastrana, Wilfredo Sáez Huaman, Blanca Ninoska Flores Paucar, Nelson Silvestre Soto, Eyclon Antonio Palomino Morales, Víctor Raúl Jurado Mamani

ISBN Versión Digital: 978-628-97718-3-1

Sello Editorial:

Editorial Centro de Investigaciones y Capacitaciones Interdisciplinarias SAS – CICI

Coordinadora: Nora González Pérez –Cartagena –Colombia

Portada: Linda Castro González

Diagramación: Alain Castro González

Prohibida la reproducción total o parcial por cualquier medio sin la autorización escrita del titular de los derechos patrimoniales

Esta obra está bajo una licencia Creative Commons – Atribución – No comercial – Sin Derivar 4.0 internacional

https://co.creativecommons.org/?page_id=13



Cartagena –Colombia, Junio 2026

***EFFECTO DE LA CONTAMINACIÓN HÍDRICA
POR AGUAS RESIDUALES EN LA DIVERSIDAD
DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
DEL RIO ICHU, HUANCVELICA - PERÚ***

**Víctor Guillermo Sánchez Araujo
Pedro Antonio Palomino Pastrana
Wilfredo Sáez Huaman
Blanca Ninoska Flores Paucar
Nelson Silvestre Soto
Eycol Antonio Palomino Morales
Víctor Raúl Jurado Mamani**

**Colombia
Latinoamérica
2026**

Contenido

Resumen	7
Introducción.....	9
CAPITULO I – PROBLEMA DE INVESTIGACION	12
1.1. Planteamiento del problema.....	12
1.2 .Formulación del problema	14
1.2.1.Problema general	14
1.2.2.Problemas específicos.....	14
1.3.Objetivos.....	15
1.3.1.Objetivo general	15
1.3.2.Objetivos específicos	15
1.4. Justificación.....	15
1.5. Limitaciones.....	16
CAPÍTULO II - MARCO TEORICO.....	18
2.1. Antecedentes de la investigación	18
2.1.1. Antecedente internacional.....	18
2.1.2.Antecedente nacional	23
2.1.3.Antecedente regional.....	30
2.2.Bases teóricas....	32
2.2.1.Contaminación hídrica	32
2.2.2.Macroinvertebrados bentónicos	38
2.3.Formulación de las hipótesis.....	46
2.3.1.Hipótesis general.....	46
2.3.2.Hipótesis específicas	46
2.4.Definición de términos.....	47
2.5.Identificación de variables	48
CAPITULO III - METODOLOGIA	51
3.1. Tipo y diseño de investigación	51
3.2. Nivel de investigación	51
3.3. Método de investigación	52

3.3.1.Método general	52
3.3.2.Método específico	52
3.4.Diseño de investigación	52
3.5.Población, muestra y muestreo	54
3.5.1.Población.....	54
3.5.2.Muestra.....	55
3.5.3.Muestreo.....	55
3.6.Técnicas e instrumentos para recolección de datos	55
3.6.1.Técnicas.....	55
3.6.2.Instrumentos.....	56
3.7.Técnicas y procesamiento de análisis de datos	57
3.8. Descripción de la prueba de hipótesis	58
CAPÍTULO IV – PRESENTACIÓN DE RESULTADOS	60
4.1.Presentación e interpretación de datos.....	60
4.1.1.Datos de la contaminación hídrica	61
4.1.2.Datos de los macroinvertebrados bentónicos	69
4.2.Proceso de prueba de hipótesis.....	76
4.2.1.Proceso de prueba de normalidad.....	76
4.2.2.Proceso de prueba de hipótesis.....	77
CAPÍTULO V- DISCUSIÓN	84
CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	88
5.1. Conclusiones.....	88
5.2. Recomendaciones	89
Referencias bibliográficas	90
ANEXOS.....	96

Resumen

Las aguas residuales generan diversos impactos adversos a la fuente receptoras y más aún si estas no tienen un tratamiento, partiendo de ello surge la investigación que tuvo como propósito “Determinar el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú”, para lo cual se aplicó la investigación de tipo aplicada, nivel explicativo, método científico, diseño no experimental correlacional causal, población y muestra de 8 punto de muestreo ubicados estratégicamente en el río Ichu, obteniendo que obtuvo que la temperatura promedio de 13 °C, oxígeno disuelto de 8 a 4 mg/L, conductividad eléctrica de 1026 a 1197 uS/cm, el pH de 7 a 9 unidades de pH, nitratos de 6.8 a 15 mg/L, DBO de 8 a 27 mg/L y coliformes termotolerantes de 1175 a 2362 NMP/100mL, para los macroinvertebrados bentónicos fue de 6 órdenes y 20 familias predominado las ordenes dípteras con Blepharoceridae en un 16.6%, Chironomidae con un 15%, Tipulidae en un 8%, coleópteras con Leptoceridae en un 19.8% Hydrophilidae con un 8%, y las Basommatophoras Physidae en un 18.4% y Lymnaeidae con un 13.8%, concluyendo así que la contaminación hídrica generada principalmente por el vertimiento de las aguas residuales al río Ichu tiene un impacto negativo en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos.

Palabras clave: Macroinvertebrados bentónicos, contaminación hídrica, indicadores.

Abstract

Wastewater generates various adverse impacts to the receiving source and even more so if these are not treated, based on this arises the research whose purpose was to "Determine the effect of water pollution by the discharge of wastewater on the diversity of benthic macroinvertebrates of the Ichu River, Huancavelica - Perú", for which applied type research was applied, explanatory level, scientific method, causal correlational non-experimental design, population and sample of 8 sampling points strategically located in the Ichu River, obtaining that the average temperature was 13 °C, dissolved oxygen from 8 to 4 mg/L, electrical conductivity from 1026 to 1197 uS/cm, pH from 7 to 9 pH units, nitrates from 6. 8 to 15 mg/L, BOD from 8 to 27 mg/L and thermotolerant coliforms from 1175 to 2362 NMP/100mL, for benthic macroinvertebrates was 6 orders and 20 families dominated by dipteran orders with Blepharoceridae in 16.6%, Chironomidae with 15%, Tipulidae in 8%, coleoptera with Leptoceridae in 19. 8% Hydrophlidae with 8%, and the Basommatophoras Physidae with 18.4% and Lymnaeidae with 13.8%, thus concluding that water pollution generated mainly by the discharge of wastewater into the Ichu River has a negative impact on the benthic macroinvertebrate community.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, water pollution, indicators.

Introducción

La investigación tuvo como título “Efecto de la contaminación hídrica por aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica - Perú” que se planteó debido a en los últimos años ha aumentado la tendencia a emplear macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua con el fin de proteger los hábitats bentónicos, sin embargo, existe una falta de investigación sobre los ecosistemas de agua dulce, especialmente los situados en lugares altoandinos.

Así mismo en Huancavelica, el caudal del río Ichu ha disminuido en los últimos años, mientras que sus niveles de contaminación han ido en aumento, esto se debe principalmente al vertido de aguas residuales, contaminantes y otras toxinas. como consecuencia, la ecología local de la región se está viendo alterada, de ahí que el objetivo de esta investigación sea evaluar la contaminación hídrica examinando la composición de los grupos de macroinvertebrados bentónicos mediante los índices biológicos, alfa y beta.

En función a ello se definió como problema principal ¿Cuál es el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?, cuyo objetivo central fue Determinar el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú e hipótesis planteada que se encaminó a El efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo.

Se justifica esta investigación ya que tiene un impacto ambiental ya que examina la calidad del agua de un río importante de la ciudad de Huancavelica. Específicamente se enfoca en identificar las áreas de contaminación mediante el estudio de los macroinvertebrados bentónicos que habitan en el ecosistema de la subcuenca. Esto se suma a la recopilación de datos ambientales con el propósito de monitorear y tomar medidas para

mitigar, regular y reducir la contaminación en el río. Además, se elaboró un inventario exhaustivo de macroinvertebrados, que servirá no sólo para fines de evaluación, sino también de vigilancia ambiental.

En tal sentido, para poder comprender mejor la presente investigación El informe de investigación está constituido de la siguiente estructura: el capítulo I: problema, presentación del planteamiento del problema, formulación del problema, objetivos y la justificación. El capítulo II: marco teórico, considera los antecedentes de investigación, bases teóricas, definición de términos, formulación de hipótesis, identificación de variables y la definición operativa de variables. El capítulo III: metodología, exposición del tipo de investigación, nivel y método de investigación, diseño de investigación, población, muestra, muestreo, técnicas e instrumentos de recolección de datos, técnicas de procesamiento y análisis de datos y descripción de la prueba de hipótesis. El capítulo IV: presentación de resultados, considera la presentación e interpretación de resultados, la prueba de hipótesis y la discusión de resultados. Asimismo, se considera las conclusiones, recomendaciones, referencias bibliográficas y los anexos correspondientes.

Capítulo I

PROBLEMA DE INVESTIGACIÓN

CAPITULO I – PROBLEMA DE INVESTIGACION

1.1. Planteamiento del problema

El agua es un componente esencial de los procesos naturales de la Tierra y, por tanto, tiene una influencia significativa en todos los aspectos de la vida, donde todos los organismos dependen del agua para sobrevivir, lo que la convierte en un factor crucial para el desarrollo de la sociedad a lo largo de la historia, sin embargo, el agua también es un recurso finito que se ha vuelto cada vez más vulnerable y escaso en los últimos años, desgraciadamente, existe una falta de concienciación global sobre la necesidad de una gestión responsable del agua (Acosta, 2001).

La contaminación del agua es un problema medioambiental importante que implica el vertido de aguas residuales, residuos sólidos y otros tipos de contaminantes en fuentes de agua como ríos, lagunas y lagos. Esta actividad altera el equilibrio natural de estos ecosistemas (Alonso y Camargo, 2005).

Un ecosistema es un sistema ecológico complejo en el que los microorganismos interactúan con el medio ambiente, los ecosistemas bentónicos se caracterizan específicamente por la interacción entre el agua y las criaturas que la habitan (Acosta, 2001).

Existen diferentes formas de clasificar los ecosistemas bentónicos, entre ellas la basada en el tipo de agua (salada o continental) y el movimiento del agua (lótica o léntica), cada clasificación tiene características distintas, por ejemplo, los sistemas lóticos con corrientes rápidas tienen agua bien oxigenada, que favorece la vida microbiana, fúngica, animal y vegetal, en cambio, los sistemas lénticos son hábitats de especies endémicas (Acosta, et. al, 2009).

Los ríos poseen un sistema lótico, lo que resulta en la formación de ecosistemas adaptados que impactan directamente a la comunidad, por lo tanto, mantener la calidad del agua es crucial para preservar el equilibrio de la comunidad que depende de este tipo particular de ecosistema (Alba-Tercedor, 1996).

Los bioindicadores bentónicos desempeñan un papel crucial en la evaluación del estado y la integridad de un ecosistema muestran una gran sensibilidad a las fluctuaciones ambientales y son capaces de responder a distintos niveles de tolerancia, por lo que proporcionan una evaluación fiable del estrés ambiental de las especies, como los macroinvertebrados bentónicos que son bioindicadores fundamentales que pueden determinar con precisión las características únicas del ecosistema en el que se desarrollan, a pesar de su gran influencia e importancia, son escasos los estudios que utilizan esta metodología para evaluar la calidad del agua (Alonso y Camargo, 2005).

Sin embargo, la evaluación de la calidad del agua se realiza convencionalmente mediante análisis físicos, químicos y biológicos (bacteriológicos), obteniéndose resultados satisfactorios, no obstante, este proceso supone un cierto reto debido a la posible contaminación de las muestras, la limitada integración temporal y los elevados costes, recientemente, se ha hecho hincapié en todo el mundo en la inclusión de poblaciones acuáticas, como los macroinvertebrados, como método fundamental para evaluar la salud de los ecosistemas acuáticos (Acosta, 2001).

A nivel nacional, en los últimos años ha aumentado la tendencia a emplear macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua con el fin de proteger los hábitats bentónicos, sin embargo, existe una falta de investigación sobre los ecosistemas de agua dulce, especialmente los situados en lugares altoandinos.

En Huancavelica, el caudal del río Ichu ha disminuido en los últimos años, mientras que sus niveles de contaminación han ido en aumento, esto se debe principalmente al vertido de aguas residuales, contaminantes y otras toxinas. Como consecuencia, la ecología local de la región se está viendo alterada, de ahí que el objetivo de esta investigación sea evaluar la contaminación hídrica examinando la composición de los grupos de macroinvertebrados bentónicos mediante los índices biológicos, alfa y beta.

1.2. Formulación del problema

1.2.1. Problema general

¿Cuál es el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?

1.2.2. Problemas específicos

- ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?
- ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?
- ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?

1.3. Objetivos

1.3.1. Objetivo general

Determinar el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.

1.3.2. Objetivos específicos

- Señalar el efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.
- Analizar el efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.
- Establecer el efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.

1.4. Justificación

Esta investigación tiene un impacto ambiental ya que examina la calidad del agua de un río importante de la ciudad de Huancavelica. Específicamente se enfoca en identificar las áreas de contaminación mediante el estudio de los macroinvertebrados bentónicos que habitan en el ecosistema de la subcuenca. Esto se suma a la recopilación de datos ambientales con el propósito de monitorear y tomar medidas para mitigar, regular y reducir la contaminación en el río. Además, se elaborará un

inventario exhaustivo de macroinvertebrados, que servirá no sólo para fines de evaluación, sino también de vigilancia ambiental.

Además, existe un número creciente de ríos contaminados, una falta de concienciación pública respecto a la conservación del agua y un interés limitado por parte de las organizaciones públicas y privadas. Por lo tanto, esta investigación se justifica teóricamente por la identificación de macroinvertebrados bentónicos, que son bioindicadores muy sensibles utilizados para determinar la calidad del agua en el río Ichu. Además, esta investigación implica la revisión de diversas fuentes bibliográficas.

Del mismo modo, este estudio emplea la monitorización biológica para evaluar la calidad del agua. Esta técnica es rentable, ya que no requiere equipos avanzados, lo que la hace adecuada para zonas remotas que carecen de acceso a herramientas y materiales de análisis fisicoquímico. Por consiguiente, el objetivo es fomentar la adopción más frecuente de este método de seguimiento por parte de los investigadores en este campo.

1.5. Limitaciones

La investigación no contó con limitaciones relevantes que hayan impedido su adecuado desarrollo.

Capítulo II

MARCO TEÓRICO

CAPÍTULO II - MARCO TEORICO

2.1. Antecedentes de la investigación

2.1.1. Antecedente internacional

Romero (2022), con su investigación titulada "Evaluación de la calidad del agua del río Bermúdez y su impacto sobre los macroinvertebrados bentónicos y la degradación de la materia orgánica alóctona" realizada en la Universidad Nacional tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua y su influencia sobre la composición de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos durante la descomposición de la materia orgánica alóctona.

El estudio buscó aportar elementos para el manejo de especies nativas beneficiosas para la reforestación en zonas de protección ribereña dentro de la microcuenca del río Bermúdez, Heredia. Se recolectaron mediciones de factores físicos, químicos y biológicos en diferentes elevaciones a lo largo del río. Adicionalmente, se realizaron experimentos para evaluar la descomposición de la hojarasca de las especies *Citharexylum donnell-smithii* y *Conestegia oerstedina*.

Los resultados sobre la calidad del agua indicaron elevados niveles de contaminación en las zonas aguas abajo de la cuenca, lo que se relacionó con el aumento de las actividades humanas. Por el contrario, los experimentos de descomposición indicaron una propensión de los lugares mejor conservados a tener tasas de K más rápidas. En cuanto a la tasa de descomposición, sólo se identificaron especies que mostraron variaciones estadísticamente significativas ($F= 35,78$, $p< 0,001$). El experimento sobre la descomposición de la materia orgánica reveló variaciones sustanciales en los grupos de macroinvertebrados relacionados con los paquetes de hojarasca en distintos lugares del río ($F= 2,34$, $R^2= 0,424$, $p=0,0001$). La

composición de la comunidad de macroinvertebrados se ve directamente afectada por el efecto urbano sobre la ecología del río, como muestran los índices IHF y BMWP-CR. No obstante, la degradación de la materia orgánica alóctona en las cuencas urbanas tropicales depende principalmente de la acción mecánica del agua y de otros grupos descomponedores, como hongos y bacterias, más que de la fragmentación de los grupos funcionales de macroinvertebrados.

Bravo y Restrepo (2021), en su trabajo científico titulado "Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Docello, Caquetá" pretendía determinar el uso de los macroinvertebrados acuáticos en la evaluación de la estabilidad ecológica.

El estudio incluyó tres periodos de muestreo distintos: aguas bajas, aguas de transición y aguas altas. Además, se seleccionaron tres lugares de muestreo y las muestras se recogieron utilizando una red de tipo D con muestreo intenso. Este método permitió identificar 95 géneros, 56 familias y 15 órdenes. La familia Chironomidae (Diptera) presenta la mayor abundancia, seguida de Philopotamidae (Trichoptera) y Leptophlebiidae (Ephemeroptera).

Los índices de calidad biótica bmwp, aspt y ept demostraron el impacto de la contaminación por residuos orgánicos de origen domiciliario y la capacidad de autodepuración del agua en el arroyo Anayá. La comunidad de macroinvertebrados observada mostró una respuesta a las perturbaciones inducidas por el hombre en los ecosistemas investigados. Las estaciones con menor intervención presentaron el mayor número de especies diferentes, mientras que las estaciones con mayor nivel de perturbación exhibieron una limitada diversidad de especies y una alta prevalencia de especies dominantes.

Carrero (2020), en su investigación acerca del “Estudio preliminar de la deriva de maroinvertebrados acuáticos y el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera del río altoandino del municipio de Rondón Boyacá”, tuvo como fin principal comparar las variaciones diurnas y nocturnas en la deriva de macroinvertebrados acuáticos con el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera del río Altoandino en el municipio de Rondón Boyacá.

La investigación empleó una metodología cuantitativa e identificó dos puntos de muestreo.

Los resultados del análisis de transporte de MOPG revelaron variaciones notables entre las estaciones. La estación aguas arriba presentó una mayor cantidad de MOPG transportado por la corriente, midiendo 36,6 g PS de MOPG m⁻³. Por el contrario, la estación aguas abajo sólo transportó 13,8 g PS de MOPG m⁻³. Estos resultados apoyan la hipótesis de que el río funciona como un sistema continuo. En cuanto a la densidad de deriva a lo largo del ciclo diario (día-noche), se observaron notables disparidades en la estación aguas arriba, con una mayor inclinación a la deriva durante las horas nocturnas, midiendo 3,80 Ind.m⁻³ frente a 1,78 Ind.m⁻³ durante el día.

López y Huertas (2019), en su investigación sobre “Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (Cundinamarca, Colombia)” cuyo objetivo del estudio fue evaluar la calidad del agua del río Teusacá mediante el análisis de la presencia de macroinvertebrados acuáticos en tres puntos específicos. Se empleó un enfoque cuantitativo y los puntos de muestreo se determinaron mediante técnicas cartográficas. En cada estación de muestreo se realizaron mediciones de turbidez, pH, oxígeno disuelto y temperatura. En la evaluación de los macroinvertebrados se tuvieron en cuenta diversos índices, como

BMWP Col, Shannon, Simpson, Margalef y Menhinick. Se recogieron un total de 6781 macroinvertebrados acuáticos individuales en los tres puntos de muestreo, que representaban tres filos, cinco clases, once órdenes y veintiuna familias. El muestreo se realizó en julio, septiembre y noviembre de 2017. La calidad del agua del río Teusacá se caracteriza por ser moderadamente contaminada, con tendencia a altos niveles de contaminación. De igual forma, el ecosistema acuático presentó una limitada variedad de especies y una notable prevalencia de especies de macroinvertebrados recolectados. Los resultados de los indicadores de calidad y variedad utilizados no se ven afectados por la época específica del año durante la cual se recogieron las muestras correspondientes.

Marin (2018), en su investigación denominada "Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua del río Amanalco", evaluar el nivel de contaminación de seis localidades del cauce del río Amanalco mediante la categorización del índice BMWP, que mide la tolerancia de los macroinvertebrados a la contaminación. En 2017 y 2018 se realizaron tres muestreos de macroinvertebrados acuáticos en el río utilizando una red bentónica tipo D. Los muestreos cubrieron varios microhábitats. Los organismos se conservaron en alcohol al 96% en recipientes de plástico estériles y luego se reconocieron taxonómicamente a nivel de familia. Luego se clasificaron con base en el índice BMWP, modificado para México. La muestra arrojó un total de 1000 especies, que se clasificaron en 33 familias. Basándose en estos datos, las seis localidades pueden clasificarse como aguas de clase III, lo que indica una calidad regular, condiciones eutróficas y niveles de contaminación moderados. Entre los organismos descubiertos destacan los de las familias Aeshnidae y Perlidae, que los autores clasifican como indicadores de aguas no contaminadas o mínimamente contaminadas. En cambio, los caracoles de la

familia Planorbidae, los escarabajos de la familia Dytiscidae y las sanguijuelas de la familia Glossiphoniidae están presentes en masas de agua contaminadas.

Forero (2017), en su investigación sobre “Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)”, donde objetivo principal fue conocer las comunidades de macroinvertebrados existentes en la parte alta de la cuenca del Río Frío Tabio, Cundinamarca, y las variables fisicoquímicas relacionadas para un análisis integrado de la calidad del agua impactada por las actividades socioeconómicas cercanas en la cuenca. La calidad del agua se analizó mediante técnicas biológicas (BMWP/col, índice de diversidad y abundancia), fisicoquímicas y bacteriológicas (índice de calidad del agua WQI). Se eligieron cinco lugares de muestreo, separados en zonas rápidas y lentas para la recolección de especies de macroinvertebrados. Para las muestras fisicoquímicas, cada estación de muestreo recibió variables de oxígeno disuelto, D.B.O, coliums fecales, sólidos totales, nitratos, fósforo total. A medida que disminuye la calidad del agua, se observaron cambios en las estructuras de las poblaciones de macroinvertebrados; del mismo modo, los cambios en las variables fisicoquímicas también se corresponden con el grado de intervención antrópica producido en la Cuenca. La abundancia relativa de grupos y géneros de macroinvertebrados y los factores fisicoquímicos investigados muestran una relación significativa. En cuanto al estado de las aguas, tanto los índices biológicos como los fisicoquímicos arrojaron resultados idénticos; el mayor grado de contaminación del sitio 5 se debe a su proximidad a la ciudad y a las explotaciones mineras de extracción de grava y arena que tienen lugar en la cuenca.

2.1.2. Antecedente nacional

Chauca (2022), en su tesis denominada "Calidad del agua y su relación con macro invertebrados bentónicos en la cuenca del río Mariño Distrito de Abancay – Apurímac, 2018", donde tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua en la cuenca del río Mariño y su impacto sobre los macroinvertebrados bentónicos en la zona Abancay-Apurímac en el año 2018. Se realizaron muestreos en tres puntos, donde se extrajeron parámetros fisicoquímicos y se complementaron con parámetros biológicos como cloruros, potencial de hidrógeno, conductividad eléctrica, sólidos totales, fosfatos, demanda bioquímica de oxígeno, demanda química de oxígeno, oxígeno disuelto, nitratos, aceites y grasas, amonio y la identificación de bioindicadores (macroinvertebrados) para el índice nPeBMWP.

Las aguas del río Mariño se encuentran contaminadas durante los meses de septiembre, octubre, noviembre y diciembre, con indicadores de OD, DBO, DQO, aceites y grasas que no cumplen con los estándares de conservación para ambientes acuáticos categoría 4 del ECA (DS 004-2017-MINAM). En cuanto a macroinvertebrados, se reporta la presencia de 4 Clases, 8 Órdenes y 22 Familias, estableciendo que la calidad del agua, en base a la aplicación del índice nPeBMWP, muestra que el agua presenta una condición de agua muy contaminada (RIMA₁ y RIMA₃), mientras que entre los meses de septiembre - diciembre (RIMA₃), la calidad es de agua extremadamente contaminada, concluyendo así que el monitoreo con parámetros fisicoquímicos proyectan los mismos resultados que los parámetros biológicos.

Cruz (2020), realizó una investigación sobre "Determinación de la calidad de agua en áreas circundantes a la represa del Pañe - Arequipa, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (noviembre, diciembre 2017 -

abril 2018)”, donde El estudio tuvo como objetivo evaluar la calidad del agua y la diversidad de macroinvertebrados cerca de la presa de Pañe. La metodología fue de enfoque cuantitativo, diseño no experimental, la recolección de macroinvertebrados se realizó con la red de D.

Como resultados se obtuvieron alrededor de 55 taxones con 36 familias, 22 órdenes, 10 clases, y 5 Phylum, en cuanto a riqueza se obtuvieron 52 taxones y 73 está presente en todos los meses, en cuanto a abundancia se obtuvo un total de 59430 individuos, con mayor abundancia el phylum Annelida, en diversidad de macroinvertebrados se obtuvo mayor presencia. *Cricotopus* sp. El índice de Shannon arroja valores que oscilan entre 1,22 y 2,21, mientras que el índice de Margalef arroja valores que oscilan entre 1,52 y 7,60. El índice de similitud arroja un valor de 35%, el índice BMWP arroja resultados críticos indicando que las aguas están contaminadas y el índice ABI arroja un índice de calidad que va de malo a bueno, concluyendo que hay mayor riqueza, abundancia y diversidad.

Ochoa (2020), en su investigación sobre “Parámetros fisicoquímicos y su influencia en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de quebradas del área de influencia del eje carretero Iquitos, Nauta, Loreto, Perú, 2019” donde objetivo principal fue evaluar las características fisicoquímicas del agua de las quebradas del área de influencia del eje vial Iquitos-Nauta en épocas de creciente y estiaje; comparar los parámetros fisicoquímicos con la Norma de Calidad Ambiental del Agua DECRETO SUPREMO N°004-2017-MINAM; estimar la abundancia, dominancia y diversidad de macroinvertebrados bentónicos; y evaluar la influencia de los parámetros fisicoquímicos en la estructura Un total de diez quebradas fueron analizadas a lo largo de las temporadas de crecida y estiaje (mayo y septiembre de 2019). Se evaluaron las propiedades fisicoquímicas del agua de los arroyos y se compararon con el ECA-Agua. Se recogieron un total de 5028 macroinvertebrados

de los diez arroyos estudiados; 2569 durante la estación de crecida y 2459 durante la estación seca. Chironomidae fue el taxón más prevalente tanto en la estación seca como en la de crecida. En la estación de crecida 0,72 (Simpson 1-D), las familias fueron más prevalentes, siendo Chironomidae el taxón más dominante en ambas colecciones. Durante la estación de inundación, los arroyos Habanillo y Paujil tuvieron más variedad, mientras que Lindero y Paujil no. El análisis de correlación múltiple (coeficiente de correlación de Spearman) reveló una mayor correlación entre la dureza, el cloro, la conductividad y la alcalinidad con algunos grupos taxonómicos; los otros parámetros analizados no mostraron correlación con los grupos taxonómicos (Community Analysis Package-4).

Ayala y Vera (2020), en su tesis denominada "Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su relación con los parámetros fisicoquímicos de agua del río Sa lucas, Cajamarca, 2018-2019", donde el objetivo principal fue determinar la relación entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y los parámetros fisicoquímicos del río San Lucas, provincia de Cajamarca, entre septiembre de 2018 y febrero de 2019, en seis puntos de muestreo, arrojando cuatro clases, una subclase, seis órdenes y trece familias, así como la riqueza, abundancia, frecuencia y diversidad. Además, se utilizaron los índices ABI y BMWP/Col. Por un lado, el índice ABI mostró un claro predominio de la calidad "muy mala", mientras que el índice BMWP/Col. mostró un predominio de la calidad "muy crítica" en la mayoría de los puntos monitorizados (Po4, Po5, Po6) y en ambos meses. Temperatura, SDT, SST, pH, cloruro, nitrito, nitrato, sulfato, OD, DQO, DBO5 y coliformes totales fueron los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos estudiados, respectivamente. Estos datos fueron comparados con las Normas de Calidad Ambiental para el agua, categoría 3, agua de bebida animal, según lo prescrito por la legislación (D.S. N° 004- 2017-MINAM), y los valores que no

cumplieron con las normas fueron DQO, DBO₅, OD y coliformes totales. Finalmente, solo la DQO, el pH y los nitratos demuestran una asociación positiva.

Jauregui (2019), en su investigación sobre “Determinación de la calidad de agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Sendamal, Celendín”, donde el objetivo de esta investigación fue estimar la calidad del agua utilizando parámetros fisicoquímicos y macroinvertebrados bentónicos, utilizando los métodos de un estudio realizado en nueve sitios de monitoreo en mayo y agosto de 2018, correspondientes a los períodos de crecida y estiaje, respectivamente.

En cada estación de monitoreo se registraron datos fisicoquímicos como oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), pH, dureza, nitratos y nitritos, y temperatura (T°). También se recolectaron macroinvertebrados bentónicos en tres réplicas por sitio de monitoreo para evaluar la biodiversidad utilizando índices bióticos como el EPT (Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera), el Índice Biótico Andino (ABI) y el Grupo de Trabajo de Monitoreo Biológico (BMWP/Col). Los individuos descubiertos pertenecían a tres clases, diez órdenes y treinta familias.

El índice EPT muestra que el río Sendamal tiene una calidad de agua moderadamente impactada en las dos estaciones de monitoreo; el índice BMWP/Col muestra que el agua es de calidad aceptable en la estación seca, pero de calidad dudosa en la estación húmeda; y los resultados del índice ABI muestran que los promedios de la estación seca muestran una buena calidad de agua, mientras que la estación húmeda tiene una clasificación de calidad moderada.

Peralta (2019) desarrollo una investigación denominada “Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos” donde el fin de la investigación fue evaluar la calidad del agua en base a indicadores biológicos

como macroinvertebrados y microalgas en la laguna de Huacachina, como metodología se utilizó un tipo de investigación básica, con un método no experimental correlacional, la población de estudio fueron las comunidades de microalgas e invertebrados bentónicos, se contó con 12 muestras para su análisis, se realizó una colecta de muestras cuantitativas y cualitativas para estudios taxonómicos, los principales resultados fueron: temperatura de 31 C, DQO El índice de Shannon fue de 1. 46 nats/individuo, y el índice BMWP indicó un agua de clase V altamente crítica, lo que implica que los indicadores de calidad ambiental proporcionan altos niveles de fiabilidad en la identificación de la calidad del agua.

Pezo y Quinteros (2018), en su investigación denominada "Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del Río Cumbaza", donde El objetivo principal de este estudio fue evaluar la calidad del agua a lo largo de la cuenca del río Cumbaza mediante la identificación de las familias de macroinvertebrados presentes y su relación con algunos parámetros fisicoquímicos. Se trata de un estudio básico de nivel descriptivo y correlacional, que se realizó en cuatro estaciones fluviales concretas entre mayo y octubre de 2015. Se recogieron un total de 678 macroinvertebrados, divididos en dos clases (insecta y gastropoda), diez órdenes y veintiuna familias.

El índice BMWP/col permitió clasificar la calidad ambiental como Categoría II y III moderadamente contaminada; no se identificaron cantidades sustanciales de contaminación en ninguna de las estaciones analizadas; hubo una calificación cuestionable; por lo que se ofrecen tres sugerencias de conservación ambiental en la investigación. En mayo, la estación con mayor diversidad fue (Estación II: $H' = 2,39681$), (Estación I: $H' = 2,37276$), y (Estación III: $H' = 1,78021$); en octubre, la estación con mayor diversidad fue (Estación III: $H' = 2,15521$), (Estación II: $H' = 2,07076$), y (Estación I: $H' = 1,71241$). Paralelamente a la evaluación con los

bioindicadores, se evaluaron algunos parámetros fisicoquímicos, como pH, cloruros (mg/L), nitratos (mg/L), aluminio (mg/L), hierro (mg/L), sulfatos (mg/L), oxígeno disuelto (mg/L), manganeso (mg/L), y conductividad (uS/cm), resultando que estos cumplen con lo establecido en el D. S. No 015-2015 del MINAM, Normas de Calidad Ambiental, categoría 3 de agua para riego de hortalizas. L

a Correlación de Pearson entre el BMWP y los parámetros fisicoquímicos tuvieron una correlación negativa y positiva que explican ciertas condiciones ambientales; Al comparar el periodo de muestreo y las estaciones en cada estación, son estadísticamente significativas en ambas situaciones, debido en parte a los macroinvertebrados característicos de las cabeceras de cuenca y que las condiciones ambientales de los periodos de muestreo y estaciones no son las mismas porque se evalúan como se presentan en la cuenca.

Pizan (2018), en su investigación sobre "Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el río Colcaqui, distrito de Tamburco, Abancay - Apurímac, 2017", donde el objetivo de esta investigación fue evaluar la calidad del agua del río Colcaqui empleando macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad. La investigación incluyó nueve lugares de muestreo. Se utilizaron dos formas para recolectar macroinvertebrados: sustrato artificial y recolección manual.

Roldán (1988) estudió cada macroinvertebrado a nivel de familia en el laboratorio de la DIRESA utilizando un estereoscopio y guías de identificación. Para evaluar la calidad del agua se utilizó el índice biótico BMWP/Col. La investigación de este índice revela que el agua del río Colcaqui es segura. La investigación se complementó con índices ecológicos y un índice de diversidad alfa. Los indicadores ecológicos sugieren una alta calidad del agua, mientras que el índice de diversidad implica una calidad adecuada del agua. La conclusión final del estudio fue que el río

Colcaqui tiene una calidad de agua clase II según el índice biótico: aguas tolerables que están ligeramente contaminadas y muestran los impactos de la contaminación causada por las actividades humanas.

Leiva (2017) en su investigación acerca de “Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua de la microcuenca Atuén, del distrito de Leymebamba, Chachapoyas, Perú, 2017”, donde se establecieron 17 estaciones de muestreo a lo largo del cauce del canal principal y de los afluentes más importantes para evaluar la calidad del agua de la microcuenca Atuén, en el distrito de Leymebamba, provincia de Chachapoyas, utilizando un ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y parámetros fisicoquímicos. Se recolectaron 39 familias taxonómicas de macroinvertebrados acuáticos, representando 11 órdenes y tres clases. Asimismo, se determinaron nueve parámetros fisicoquímicos, como la temperatura, el pH, el oxígeno disuelto, los fosfatos, los nitratos, los nitritos, la conductividad eléctrica, la demanda bioquímica de oxígeno y la demanda química de oxígeno, para obtener una visión más completa de los factores que influyen en la presencia y ausencia de especies y su impacto directo en la calidad del agua.

Se utilizó el índice biótico BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party Colombia) para evaluar la calidad del agua a través de los macroinvertebrados acuáticos; los resultados corresponden a dos periodos estacionales distintos, ya que se realizaron dos campañas de muestreo, una en época seca y otra en época de lluvias. Los resultados demuestran que los cursos de agua están contaminados o tienen una calidad adecuada en ambas estaciones (79 puntos). Según los estudios fisicoquímicos, los resultados de todos los parámetros estudiados fueron aceptables, a excepción de las concentraciones de fosfato, que superaron las Normas de Calidad Medioambiental para la categoría IV. Este estudio demuestra el valor de emplear

macroinvertebrados como indicadores de calidad, lo que se ve apoyado por los estudios fisicoquímicos.

2.1.3. Antecedente regional

Osorio (2023) en su tesis denominado "Aplicación de macroinvertebrados bentónicos para determinar los niveles de contaminación orgánica del río Ichu – Huancavelica, 2023" donde planteó la "metodología de tipo de investigación aplicada, nivel explicativo, diseño no experimental, con método general científico, la población aguas del río Ichu y la muestra de 2 puntos de muestreo", obteniendo que las especies predominantes en el ecosistema acuático son: "Chironomus sp, Camelobaetidius kondratieffi, Psychoda sp, Eristalis tenax, los macroinvertebrados antes de la descarga de 2005 especies y después de la descarga con un valor de 1074 especies, el índice BMWP promedio (antes 148 – después 73), índice EPT promedio (antes 0480 – después 0.993), índice Shannon-Wiener promedio (antes 6.728 – después 3.699), índice Margalef promedio (antes 3.503 – después 3.632), índice Pielou promedio (antes 0.736 – después 0.792), índice Berger-Parker promedio (antes 0.526 – después 0.622), índice Simpson promedio (antes 0.861 – después 0.605), turbiedad promedio (4.51 – 13.89), temperatura promedio (14 – 14.5), OD promedio (5.7 – 7.6), pH promedio (7.4 – 8.6), conductividad promedio (428.6 – 633.3), DQO promedio (9.4 – 19.6), DBO promedio (3.1 – 12.1), coniformes termotolerantes promedio (2540 – 2103)", y concluyendo así que la aplicación de los macroinvertebrados bentónicos ayuda a determinar el nivel de contaminación orgánica de un medio acuático.

Alanya y Cabrera (2023) en su tesis denominado "Identificación de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua de la zona urbana de la subcuenca del río Ichu, Huancavelica – 2023" donde tuvo el objetivo de

“determinar la relación entre la calidad del agua y la identificación de los macroinvertebrados bentónicos en la zona urbana de la subcuenca del río Ichu, Huancavelica – 2023 a través de muestreos y la medición de parámetros de calidad del agua, se emplearon los índices BMWP, ABI, y el análisis del número de individuos por familia para evaluar su relación con la calidad del agua”. Los resultados de la “prueba de hipótesis de Pearson revelaron diferentes correlaciones entre los índices de macroinvertebrados (ABI, BMWP, número de individuos por familia) y la calidad del agua evaluada por parámetros como pH, temperatura (T), oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE)”. “Se observaron correlaciones significativas y positivas entre el pH y el índice BMWP (0.642), indicando una asociación relevante. Además, se encontró una correlación significativa negativa entre el índice BMWP y la conductividad eléctrica (-0.687). Sin embargo, para el resto de las correlaciones, a pesar de mostrar cierta tendencia, los intervalos de confianza incluyen el cero y los valores de p superan 0.05. se concluyó que el índice BMWP se mostró relevante en relación al pH del agua en la subcuenca del Río Ichu”. Sin embargo, el número de individuos por familia y el índice ABI no demostraron correlaciones significativas con los parámetros de calidad del agua evaluados.

Torpoco (2022), en su tesis sobre “Diversidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua en la laguna Choclococha, provincia de Castrovirreyna, Huancavelica – 2022” donde tuvo como fin identificar la diversidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua en la laguna Choclococha, provincia de Castrovirreyna, Huancavelica – 2022, la “metodología empleada fue del tipo de investigación aplicada, el nivel fue correlacional, el método general fue el científico y el específico fue el cuantitativo, el diseño fue el no experimental transversal, se tuvo la población del agua de la Laguna de Choclococha, la muestra fue de 4 puntos de muestreo y el muestreo que se empleó

fue el no probabilístico por conveniencia”, los resultados fueron: “la presencia de macroinvertebrados acuáticos son del género Hyalellidae que tuvo presencia del 20.5%, de la familia Chironomidae con un 8.4%, de la especie Rhinnoeshna con un 8.2%, de la especie Allopatalia con un 5.5%, así mismo las menores presencias de especies fueron del género Crambidae con un 0.6%, género Sphaeriidae con 0.8%, género Palaemonidae con 0.8%, y el género Rhamtus con una presencia de 0.9%; también se obtuvo un total de 1818 macroinvertebrados acuáticos, en el mes de marzo un recuento de 600 especies de los 3 phylum, en el mes de abril un total de 460 especies, en el mes de mayo un valor de 468 y en el mes de junio un total de 290 especies”; la “calidad de agua tuvo promedios de la temperatura que varió de 14.7 a 18.7, el oxígeno disuelto de 19.17% a 21.11%, la conductividad eléctrica de 0.303 a 0.323 $\mu\text{S}/\text{cm}$ y el pH desde 7.85 a 8.2”, las conclusiones fueron “que existe una relación positiva y significativa entre la presencia de macroinvertebrados acuáticos y la calidad de agua, así mismo los índices de diversidad específica y biológica señalan la calidad de agua con un nivel de correlación alto”.

2.2. Bases teóricas

2.2.1. Contaminación hídrica

Se define como la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que pueden generar una gran cantidad de consecuencias, entre las que se incluye el desequilibrio en la vida de los seres vivos (animales, plantas y personas) (Martinez, 2004).

La contaminación hídrica se mide en función a los parámetros físicos, químicos u microbiológicos de la calidad de agua.

2.2.1.1. Calidad del agua

El término Calidad de Agua hace referencia a la condición general que permite que el agua se utilice para usos concretos, La Agencia de Protección Ambiental de los Estados Unidos de América señala que la calidad de agua está definida como las características físicas, químicas, biológicas y estéticas (apariencia y olor) del agua.

Algunos autores sostienen que la calidad del ambiente acuático es definida como la composición y bienestar de la biota en un cuerpo de agua (Chapman, 1996), al evaluar la calidad de las aguas mediante el estudio de la composición y estructura de comunidades de organismos surge el término de calidad biológica, donde se considera que un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene características naturales que permiten que en su seno se desarrollen las comunidades de organismos que les son propias (Alba-Tercedor, 1996).

En este sentido los estudios limnológicos están orientados a la determinación de las características físico-químicas del agua y de las comunidades asociadas a ellas, ya que es parte del principio de que a cada tipo de ecosistema está asociado una determinada comunidad de organismos; de manera que la calidad del agua está determinada por la hidrología, la físico-química y la biología de la masa de agua (Margalef, 1983).

Para los estudios hidrológicos, el análisis de la calidad del agua comprende principalmente la evaluación de las aguas superficiales: agua de lluvia, escorrentías, lagos, lagunas, ríos, caudal freático que aflora, entre otros (Alba-Tercedor, 1996).

2.2.1.2. Parámetros de la calidad de agua

Los parámetros de la calidad de agua son:

Parámetros físicos

Son los que definen las características organolépticas del agua y que responden a los sentidos de la vista, tacto, gusto y olfato como pueden ser los sólidos suspendidos, turbiedad, color, sabor, olor y temperatura.

A. Turbiedad

Se determina como la dificultad que tiene el agua para dejar traspasar la luz debido a materiales insolubles que se encuentran suspendidos, en la mayoría de los casos son muy finos y se presenta dificultad al momento de decantar y filtrar, en algunas de las actividades a los cuales se puede destinar el agua se presenta una interrupción debido a la aparición de estos materiales que se encuentran suspendidos, para realizar la medición de este parámetro se hace una comparación con la turbidez que presentan diferentes sustancias, estos valores se representan en ppm de sílice (Alonso & Camargo, 2005).

Los valores que suelen presentar las aguas subterráneas son inferiores a 1 ppm de sílice, estas aguas son muy cristalinas y permiten traspasar la luz hasta unos fondos de 4 o 5 m, mientras que las superficiales pueden llegar a alcanzar varias decenas, pero lo máximo admisible es 10 ppm para que no se presente una interferencia por parte de ellas en algún proceso (Stewart & Stark, 2002).

B. Temperatura

Es un componente abiótico encargado de regularizar algunos procesos significativos para los organismos vivos, además de tener la capacidad para cambiar algunas propiedades físicas y químicas de los ecosistemas bentónicos, propiedades tales como la solubilidad de nutrientes, gases y el grado de toxicidad, pH, densidad y la viscosidad factor que desempeña un importante rol en el agua ya que de ella depende

la estructura física de peces, larvas e insectos en los ambientes lóticos, factor que afecta notoriamente tanto la composición como la distribución de los integrantes de un ecosistema la temperatura nos indica que hay una discrepancia de energía que provoca la transferencia de calor (Rojas, 1996).

La temperatura en el agua tiene gran importancia debido a que estudios han comprobado que afecta notoriamente el desarrollo de un protozoo una vez la temperatura sobrepase los 10 °C y así mismo sucede con otros organismos acuáticos (Rojas, 1996)s.

C. Sólidos disueltos

Es la medida de la cantidad de materia que se encuentra disuelta en el agua, se determina a partir de un proceso de evaporación de cierto volumen de agua que ha sido previamente filtrada, estos sólidos pueden tener como origen orgánico o inorgánico (Martínez, 2004).

Al igual que el resto de sólidos generan una serie de complicaciones para el desarrollo de la vida de aquellos organismos que habitan en un sistema acuático, en cuanto al valor máximo para las aguas potables se establece una cantidad deseable de 500 ppm (Mihelcic, 2001).

En cuanto a sus procesos de tratamiento se encuentran; precipitación, intercambio iónico, destilación, electrodiálisis y ósmosis inversa (Carretero & Pozo, 2007).

D. Conductividad

Es una expresión numérica de la capacidad que posee el agua para transportar una corriente eléctrica, por tal razón este parámetro depende de la concentración de sustancias ionizadas que se encuentran disueltas en el agua, además de otros

parámetros como la temperatura y a su vez se encuentra relacionada a la concentración de sólidos disueltos (Fregusson, 1990).

Parámetros químicos

Los parámetros químicos que se pueden evaluar en el agua son:

A. Alcalinidad

Es la capacidad que presenta el agua para neutralizar ácidos, además de la capacidad de reaccionar con iones hidrógeno, parámetro de gran importancia para procesos como coagulación, ablandamiento, control de corrosión, las aguas naturales pueden registrar altas concentraciones de alcalinidad debido a la presencia de compuestos de bicarbonato, carbonatos e hidróxidos (Rojas, 1996).

B. Dureza

Es la concentración de los cationes metálicos no alcalinos es decir iones de calcio, estroncio, bario y magnesio en forma de carbonatos y bicarbonatos, bajo la presencia de estos compuestos se puede producir las incrustaciones calcáreas es decir que se puede producir partículas sólidas que quedan suspendidas en el sistema acuática, casi siempre se deben a que hay vertimientos de aguas industriales, sin embargo no hay que dejar de lado que la presencia de calcio en las aguas naturales tiene como origen en la lixiviación de algunos terrenos que poseen cierto porcentaje de material calizo (García, 2010)

C. Ph

Es la forma de expresar la concentración de ión hidrógeno ó más exactamente, la actividad del ión hidrógeno. En general se usa para expresar la intensidad de la condición ácida o alcalina de una solución, sin que esto quiera decir que mida la acidez total o la alcalinidad total (Mihelcic, 2001).

En el suministro de aguas es un factor que debe considerarse con respecto a la coagulación química, la desinfección, el ablandamiento y el control de corrosión, en las plantas de tratamiento de aguas residuales que emplean procesos biológicos, el pH debe controlarse dentro de un intervalo favorable a los organismos, tanto por estos factores como por las relaciones que existen entre pH, alcalinidad y acidez es importante entender los aspectos teóricos y prácticos del pH (Mihelcic, 2001).

D. Nitratos, nitritos y nitrógeno amoniacal

El nitrógeno amoniacal se encuentra presente en aguas residuales sin tratar, debido a que las bacterias hacen el proceso de descomposición, transformando el nitrógeno orgánico en amoniacal, en la naturaleza debido a la presencia de O₂, se da paso a la transformación de amoniacal a nitrito y éste pasa rápidamente a nitratos, que es la forma más oxidada que se encuentra el nitrógeno en el agua (Martinez, 2004).

El exceso de nutrientes y nitrógeno en el agua ocasiona que las plantas y otros organismos crezcan rápidamente y cuando termine su ciclo de vida e inicie su proceso de descomposición la calidad del agua cambia totalmente debido a la alta carga de materia orgánica presente (Martinez, 2004).

E. Oxígeno disuelto

Es la cantidad de oxígeno que se encuentra disuelto en el agua, parte de este oxígeno es el mismo que se encuentra en el aire solo que se ha mezclado con el agua, suceso que ocurre cuando en un sistema acuático hay turbulencia, motivo por el cual en los ríos con bajas velocidades o quizás con velocidad nula, presentan un nivel muy bajo de oxígeno disuelto, la otra parte es resultado de la fotosíntesis de las plantas acuáticas (Carretero & Pozo, 2007).

Este parámetro del agua indica cómo está contaminada el agua, en cuanto mayor sea el nivel de oxígeno disuelto en el agua mayor es su calidad, mientras menor sea el nivel indica que su calidad es muy baja y que además presenta desventaja para algunos organismos bentónicos que no poseen la habilidad para adaptarse a tan estrechas condiciones, los factores que pueden alterar al oxígeno disuelto son la salinidad, la temperatura y la altitud (Carretero & Pozo, 2007).

F. Demanda química de oxígeno

Este parámetro mide el oxígeno equivalente de sustancias orgánicas e inorgánicas en una muestra acuosa que es susceptible a la oxidación por dicromato de potasio en una solución de ácido sulfúrico además se emplea para estimar el contenido de orgánicos en aguas y aguas residuales (Fregusson, 1990).

Este parámetro se puede ver afectado por factores como la presencia de compuestos orgánicos que son oxidables por el dicromato no son bioquímicamente oxidables (Fregusson, 1990).

2.2.2. Macroinvertebrados bentónicos

Los macroinvertebrados bentónicos son organismos abundantes y ubicuos, los cuales son sensibles a perturbaciones ambientales específicamente en el sistema acuático, tienen una respuesta negativa a cualquier tipo de contaminación del agua como acidificación, alteración del hábitat y eutrofización del cuerpo de agua, y a diferencia de otras especies acuáticas generan la identificación precisa de los cambios o perturbaciones ocurridas en el ambiente acuático (Chacón & Rivas, 2009).

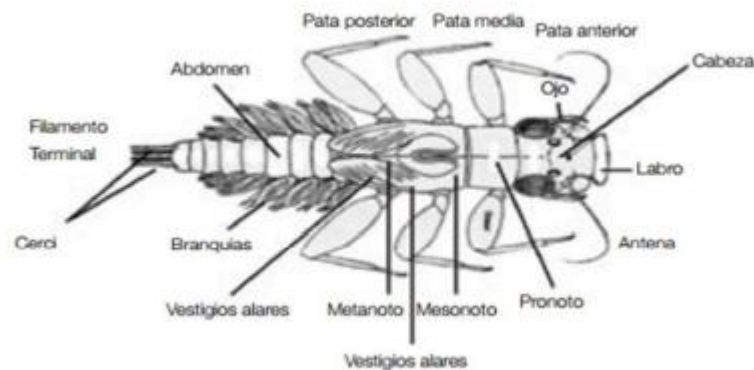
Los macroinvertebrados bentónicos son bichos que se aprecian a simple vista, miden entre 2 a 30 centímetros, lo cual los hace fácilmente identificables a simple vista, pertenecen al grupo de los invertebrados ya que no presentan huesos, viven en

ambientes bentónicos dulces como ríos, quebradas, lagunas o lagos, conviven con especies como artrópodos, moluscos y anélidos (Chacón & Rivas, 2009).

Existen diferentes tipos de formas en las cuales se presentan los macroinvertebrados bentónicos que son: redondeados, alargados, espiralados y ovalados, algunos no cuentan con patas y otros presentan hasta 10 patas, y generalmente presentan las siguientes partes (Chacón & Rivas, 2009):

Figura 1

Partes de un macroinvertebrado en estado larval



Nota: Extraído de Chacón & Rivas, 2009.

2.2.2.1. Familias de macroinvertebrados

Existen cuatro grandes familias de macroinvertebrados bentónicos, los cuales son:

a. Efemerópteros

Proviene del latín ephemerus que significa dura un día, y pteros que es alas, por ende, los macroinvertebrados de esta familia viven algunas horas, generalmente emergen por la tarde y fallecen por el alba, cuentan con un ciclo de vida incompleto ya que solo

tienen el proceso de huevo, ninfa y adulto por lo que no pasan por la etapa de pupa que generalmente tiene un lapso de un año, al final de todo el proceso los adultos poseen colores pardos o amarillos (Chacón & Rivas, 2009).

b. Plecópteros

Parte de la familia de los macroinvertebrados bentónicos, cuentan con cabeza, antenas generalmente largas, alas membranosas y ojos compuestos, pueden medir hasta 5 cm (Chacón & Rivas, 2009).

c. Tricópteros

Forma parte de una orden de insectos pterigógenos, poseen cuerpo blando, aparato bucal adaptado para la absorción de líquidos, cuentan con alas delicadas, sus antenas son alargadas y finas miden desde 2 a 20 mm de longitud (Chacón & Rivas, 2009).

d. Dípteros

El nombre proviene de dos palabras en latín, di que significa dos y pteron de significado alas, lo cual indica que la especie de dípteros son macroinvertebrados que poseen un par de alas similares a los balancines lo cual es conocido como halaterios (Chacón & Rivas, 2009).

2.2.2.2. Bioindicadores

El bioindicador aplicado a la evaluación de calidad de agua se define como: especie, población o comunidad que posee requerimientos particulares con relación a uno o un conjunto de variables físicas o químicas, tal que los cambios de presencia/ausencia, número, morfología o de conducta de esa especie en particular, indica que las variables físicas o químicas consideradas, se encuentran cerca de sus límites de tolerancia (Rosenberg & Resh, 1993).

Índices biológicos

Los bioindicadores son atributos de los sistemas biológicos que se emplean para estudiar alguna característica de su ambiente, estos atributos suelen ser especies o asociaciones de éstas, y también incluso poblaciones y comunidades (Aguirre, 2011).

a. Índice BMWP

El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores, este método sólo requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia o ausencia) (Roldán, 2003).

El BMWP es un índice de fácil utilización y de aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados bentónicos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación, a cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1, con este sistema de puntuación es posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo (Roldán, 2003).

Tabla 1

Clasificación de las aguas; significados ecológico y colores de acuerdo al índice BMWP

Clase	Valor	Calidad	Significado	Color
I	>150	Buena	Aguas muy limpias a limpias	AZUL
II	61-100	Aceptable	Aguas ligeramente contaminadas	VERDE

III	30-60	Dudosa	Aguas moderadamente contaminadas	AMARILLO
IV	16-35	Crítica	Aguas muy contaminadas	NARANJA
V	<15	Muy crítica	Aguas fuertemente contaminadas	ROJO

Nota: Extraído de Rosero y Fossati, (2009)

b. Índice ABI

Es una propuesta de índice biótico cualitativo usado para la elaboración de Estudios de Impacto Ambiental y estudios ecológicos (Acosta *et al.* 2009); este índice es una adaptación del BMWP (Biological Monitoring Working Party) para ríos de la zona de los Andes con altitudes mayores a 2000 msnm., que cuenta con una lista taxonómica de macroinvertebrados bentónicos para esta zona (Magurran, 2004).

El ABI asigna un valor de sensibilidad a la contaminación a cada familia, de esta manera al encontrar una cantidad específica de familias el valor final de este índice será la sumatoria de los valores de sensibilidad (Rosero y Fossati, 2009).

Tabla 2

Clasificación de las aguas; significados ecológico y colores de acuerdo al índice ABI

Clase	Calidad	ABI	Color
I	Muy Bueno	>96	AZUL

II	Bueno	59-96	VERDE
III	Regular	35-58	AMARILLO
IV	Malo	<35	ROJO

Nota: Extraído de Rosero y Fossati, (2009)

2.2.2.2.1. Índice Alfa

El índice de diversidad alfa (α) mide la riqueza de especies de un punto de muestreo o comunidad en particular, este valor puede expresarse como el número de especies que tiene una comunidad en un punto determinado o también conocido como diversidad “alfa puntual”; pudiendo también darse la diversidad alfa promedio y la acumulada dependiendo si se toman valores puntuales correspondientes a diferentes lugares ocupados por una misma comunidad o como el número de especies que se colecta en un punto determinado en cierto lapso de tiempo (Pimentel, 2014). Este índice (α) incluye el desarrollo de los siguientes:

c. Índice de Shannon Wiener (H')

Este índice considera la riqueza y abundancia, empleando una escala logarítmica; cero (0) es cuando hay una sola especie, toma el máximo valor cuando todas las especies están representadas por el mismo número de individuos (Pino, et. al, 2003).

En el contexto de los ecosistemas fluviales este índice adquiere un valor máximo de 4.5 bits/individuo para las comunidades de macroinvertebrados bentónicos, valores inferiores a 2.4-2.5 bits/individuo son indicativos de que el ecosistema se encuentra sometido a tensión, este índice disminuye mucho en aguas muy contaminadas (Pino, et. al, 2003).

La fórmula de hallar este índice es:

$$H' = \sum_{i=1}^S p_i \times \ln p_i$$

Donde:

S = número total de especies (riqueza de especies)

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

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos de todas las especies

d. Índice de Simpson (DS)

Este índice se deriva de la teoría de la probabilidad y funciona como la probabilidad de extraer dos individuos al azar que sean de la misma especie (Moreno, 2001). Los valores se dan en un rango de 0 a 1; siendo mayor cuando se aproxima a uno y menor al acercarse a cero, lo que indicaría una mayor diversidad (Pino, et. al, 2003).

El cálculo se realiza de la siguiente manera:

$$DS = \sum p_i^2$$

Donde:

S = número total de especies (riqueza de especies)

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

n_i = número de individuos de la especie i

N = número total de individuos de todas las especies

Índice Beta

Se denomina así al grado de cambio en diversidad de especies a lo largo de un transecto o entre hábitats (Pino, et. al, 2003). En este caso el medio más fácil de medir la diversidad Beta (β) entre pares de localidades es mediante el uso de los coeficientes de similaridad; utilizando para ello una matriz de afinidades para comparar los datos obtenidos en los puntos o localidades muestreadas.

a. Índice Jaccard

Este índice relaciona el número de especies compartidas con el número total de especies exclusivas. El índice está diseñado para que los resultados sean iguales a 1, cuando hay similitud y es igual a 0 si las estaciones o puntos de muestreo son disimilares y no tienen especies en común (Moreno, 2001).

$$I_j = \frac{c}{a+b+c}$$

Donde:

a = Número de especies presentes en el lugar A

b = Número de especies presentes en el lugar B

c = Número de especies presentes en los lugares A y B

b. Índice Berger - Parker

Este es un índice de dominancia que varía entre 0 y 1, cuanto más se acerca a 1 significa que mayor es la dominancia y menor la diversidad (Moreno, 2001).

$$D = N_{\max} / N$$

Donde: $N_{\max}$ = abundancia de la especie dominante

2.3. Formulación de las hipótesis

2.3.1. Hipótesis general

Existe efecto negativo de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.

2.3.2. Hipótesis específicas

- Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.
- Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.
- Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.

2.4. Definición de términos

- A. **Macroinvertebrados bentónicos.** En la vigilancia y control de la contaminación, en base a organismos como “bioindicadores”, existe multitud de metodologías que utilizan una amplia variedad de organismos: bacterias, protozoos, algas, macrófitos, macroinvertebrados, peces (Alonso & Camargo, 2005).
- B. **Calidad de agua.** Una serie de factores determinan la calidad del agua, científicos miden los niveles de sustancias químicas y observan la presencia de los seres vivos (o en algunos casos, ausencia), esto indica que el agua está contaminada (Minchola, 2021).
- C. **Índice Simpson.** El índice de Simpson es un índice de dominancia más que de diversidad y representa la probabilidad de que dos individuos escogidos al azar pertenezcan a la misma especie (Moreno, 2001).
- D. **Índice Shannon.** El índice de diversidad Shannon mide la probabilidad de seleccionar todas las especies en la proporción con que existen en la población, donde el índice H aumenta a medida que: 1) aumenta el número de especies 2) los individuos se distribuyen homogéneamente (Moreno, 2001).
- E. **Índice Margalef.** Transforma el número de especies por muestra a una proporción a la cual las especies son añadidas por expansión de la muestra, supone que hay una relación funcional entre el número de especies y el número total de individuos (Moreno, 2001).
- F. **Índice BMWP.** El Biological Monitoring Working Party (BMWP') es un índice biótico cualitativo, que toma en cuenta solo la presencia o ausencia de las diferentes familias de macroinvertebrados bentónicos a las cuales se les atribuye

un puntaje de acuerdo a su tolerancia a la contaminación orgánica (Moreno, 2001).

2.5. Identificación de variables

Variable Independiente: Contaminación hídrica

Variable Dependiente: Macroinvertebrados bentónicos

2.6. Operacionalización de variables

Tabla 3. Operacionalización de variab

Variable	Definición conceptual	Definición operacional	Dimensiones	Indicadores	Escala
Contaminación hídrica	Se define como la acumulación de una o más sustancias ajenas al agua que pueden generar una gran cantidad de consecuencias, entre las que se incluye el desequilibrio en la vida de los seres vivos (animales, plantas y personas) (Martinez, 2004).	Se tomaron muestras de agua para determinar la contaminación hídrica por medio de la evaluación de la calidad de agua.	Parámetros físicos	Temperatura	Nominal
				Oxígeno disuelto	
			Parámetros químicos	Conductividad eléctrica	Nominal
				pH	
Macroinvertebrados bentónicos	Los macroinvertebrados bentónicos son organismos abundantes y ubicuos, los cuales son sensibles a perturbaciones ambientales específicamente en el sistema acuático, tienen una respuesta negativa a cualquier tipo de contaminación del agua (Chacón & Rivas, 2009).	Se colectaron las especies que presenta en el río Ichu y se evaluaron microscópicamente.	Parámetros microbiológicos	DBO	Nominal
				Nitratos	
			Índices biológicos	Coliformes termotolerantes	Nominal
				Índice BMWP	
			Índices Alfa	Índice ABI	Nominal
				Índice Simpson	
			Índices Beta	Índice Shannon - Wiener	Nominal
				Índice Berger Parker	Nominal
				Índice Jaccard	Nominal

Capítulo III

METODOLOGÍA

CAPITULO III - METODOLOGIA

3.1. Tipo y diseño de investigación

Para Borja (2012), la investigación de tipo aplicada “está dirigida a un conocimiento más completo a través de la comprensión de los aspectos fundamentales de los fenómenos, de los hechos observables o de las relaciones que establecen los entes” (p.27).

El tipo de investigación fue aplicada ya que se buscó ampliar los conocimientos de los macroinvertebrados bentónicos y como estos se ven o no afectados por la alteración del ambiente acuático.

3.2. Nivel de investigación

La investigación explicativa de acuerdo a Valderrama (2002), se centra en la descripción de conceptos, se identifica mediante las respuestas de las causas de los fenómenos, básicamente se centra en explicar el porqué de cada suceso y las condiciones en las que sucede, así como la relación entre variables para que dicho fenómeno ocurra, busca establecer la relación causa y efecto.

Mediante este nivel de investigación se buscó identificar como la disposición de las aguas residuales afecta el ambiente acuático de los macroinvertebrados bentónicos, por lo que se presenta una explicación muy detallada del proceso que se lleva a cabo.

3.3. Método de investigación

3.3.1. Método general

El método científico es un procedimiento a seguir, para responder las preguntas que se plantean en una investigación y buscar una solución a través del uso de técnicas e instrumentos, del mismo modo es usado para plantearse problemas científicos y probar las hipótesis en la investigación (Borja, 2012).

La investigación desarrollada empleó el método científico, ya que para desarrollarse se hizo uso de los procedimientos propios de este método los cuales fueron: identificación del problema, objetivo de investigación, planteamiento de hipótesis, interpretación de resultados y conclusiones.

3.3.2. Método específico

El método cuantitativo permite conocer la realidad de los casos mediante la recolección de información o datos para su posterior análisis, este método de investigación se basa en la cuantificación del caso que estudia (Baena, 2014).

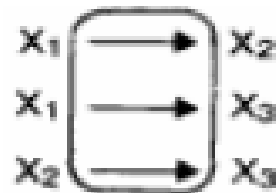
Mediante la aplicación de este método se pudo manifestar que las variables son cuantificables al convertirlas en valores numéricos y obtener resultados, ya que todas las etapas por las que cruza una investigación con este método mantienen un orden riguroso en tanto todo ese esquema clarifica las relaciones entre ambas variables, formando una estructura ordenada para llegar a un buen resultado.

3.4. Diseño de investigación

La investigación no experimental es aquella que se conforma con visualizar los fenómenos de su provecho en su ambiente natural, para analizarlos y describirlos, sin la necesidad de manipular deliberadamente a las variables (Behar, 2008).

La investigación transeccional se centra en la recopilación de datos en un tiempo único a fin de describir las variables y como estos influyen en un solo momento dado, y la descriptiva se fundamenta en la evaluación de la frecuencia y distribución de un tema de estudio

El propósito de los diseños transversales correlacionales/causales es delinear las asociaciones entre dos o más variables en un momento específico, además, engloban descripciones de las interrelaciones entre variables, abarcando tanto las conexiones causales como las meramente correlacionales, indicando que se evalúa en estos diseños es la relación temporal entre variables (Hernández, Fernández, & Baptista, 2014). A continuación, se ofrece una representación gráfica de la distinción entre diseños correlacionales causales y diseños transversales descriptivos:



Donde:

X1: Variable 1 (Contaminación hídrica)

X2: Variable 2 (Macroinvertebrados bentónicos)

X3: Dimensiones de la variable

En la investigación se realizó el análisis del efecto que tiene la contaminación hídrica sobre los macroinvertebrados bentónicos.

3.5. Población, muestra y muestreo

3.5.1. Población

De acuerdo a Hernández, Fernández y Baptista (2014), la población en la investigación se define como un grupo total de elementos, individuos u objetos que tienen características en común y están presentes dentro de un área o lugar determinado, pueden ser seleccionados bajo criterios de homogeneidad, tiempo, espacio y cantidad de la población.

La población de la investigación es el recorrido del río Ichu que parte desde el sector Chuñuranra (antes del camal municipal) hasta el puente Santa Rosa, teniendo un total de 12 kilómetros de recorrido del río Ichu que fluctúa por medio de la ciudad de Huancavelica.

Figura 2

Población de la investigación



Nota: Imagen extraída de Google Earth

3.5.2. Muestra

Es una fracción, parte o subconjunto de la población, esta debe ser representativa dado que de acuerdo a la cantidad de datos obtenidos los resultados pueden reducir su porcentaje de error o aumentar su grado de confiabilidad (Niño, 2011).

La muestra para el análisis de la contaminación hídrica, así como de los macroinvertebrados bentónicos estuvo determinado por 8 puntos esenciales de muestreo que son aguas arriba (4 puntos) ubicados antes del camal municipal y el punto aguas abajo (4 puntos) ubicados estratégicamente en el recorrido del río Ichu.

3.5.3. Muestreo

El muestreo no probabilístico por conveniencia según Bernal (2010), “es un método para la obtención de la muestra la cual está definida por el investigador ya que va a depender del criterio que utilice para elegir los elementos que desea analizar siguiendo ciertos parámetros para la selección de dichos elementos”.

Para la presente investigación se aplicó el muestreo no probabilístico por conveniencia para realizar el análisis de la contaminación hídrica mediante puntos de muestreo específicos identificados en el recorrido del río Ichu.

3.6. Técnicas e instrumentos para recolección de datos

3.6.1. Técnicas

De acuerdo a Borja (2012), “la técnica de la observación es un elemento fundamental en todo proceso de investigación, ya que se realiza el uso de los sentidos en la búsqueda de datos que se requieren para la resolución de un problema de investigación” (p.35).

La técnica de la observación nos permitió identificar el avance que se tiene en la adaptación, crecimiento y desarrollo de las especies vegetales que se instalaron en el área de estudio, así mismo contribuyó con los análisis cualitativos y cuantitativos del suelo tales como estructura, pH, entre otros.

De acuerdo la Autoridad Nacional del Agua – ANA, en el protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recurso hídricos superficiales (2016) “el muestreo para aguas contaminadas se realiza en un punto fuera de la zona de mezcla, considerando una distancia de 50 metros del vertimiento y un punto aguas debajo de 200 metros en la misma orilla del punto de vertimiento” (p.7), por lo general es necesario georreferenciar los puntos con mayor proximidad al punto de monitoreo.

Para el muestreo se aplicó el protocolo establecido por la Autoridad Nacional del Agua, donde se tuvo en consideración la muestra simple o puntual de donde se recolectará una porción de agua en un punto para su análisis individual.

3.6.2. Instrumentos

La ficha de observación según Lerma (2012), es un instrumento apropiado para la técnica de la observación ya que en este instrumento el investigador podrá realizar la recolección de datos necesarios que están establecidos en la ficha de conservación, por lo general la ficha de observación está elaborada de acuerdo al tema que se va evaluar por ello posee los ítems apropiados para recolectar datos específicos de la investigación.

Mediante la aplicación de la ficha de observación se recolectó y almacenó la información específica de los datos de campo como la altura de la planta, el crecimiento de las raíces, y demás.

Así mismo, el trabajo de campo es muy empleado en las investigaciones a nivel de ingeniería ya que se puede estar en contacto con el lugar de los hechos; este trabajo nos permite recolectar información detallada y necesaria para el investigador.

El trabajo de campo que se realizará tuvo que ver con el estudio del agua, teniendo así los siguientes procedimientos:

- Se estableció los puntos para el muestreo de agua.
- Se realizaron georreferencian los puntos de muestreo.
- Se extrajeron las muestras realizando el procedimiento adecuado.
- Se etiquetaron las muestras para luego llevarlas al laboratorio especializado en estudios de agua y el análisis bajo microscopio.

3.7. Técnicas y procesamiento de análisis de datos

Conforme a lo señalado por Valderrama (2002), existen dos tipos de análisis para el procesamiento de los datos obtenidos de una investigación:

El análisis descriptivo que se basa en el procesamiento de los datos que se obtienen a partir de los instrumentos aplicados en el campo, estos resultados generalmente se plasman en forma de gráficos (histogramas), y en tablas de frecuencia, esta técnica se utiliza con la finalidad de dar un mejor enfoque a los resultados y mediante ello generar una mejor comprensión del lector.

El análisis inferencial, se emplea para comprobar si las hipótesis establecidas inicialmente en la investigación son verdaderas o falsas, generalmente estos datos

parten del análisis descriptivo, aunque de acuerdo al nivel y tipo de investigación se puede tener claro qué tipo de análisis inferencial se va a realizar.

En la investigación se realizó el análisis descriptivo en el programa Microsoft Excel, ya que tiene las bondades de un procesamiento estadístico rápido, sencillo y fácil, los resultados de este programa se obtuvieron en forma de tablas y figuras los cuales se plasmaron en el informe final con previa descripción e interpretación.

De la misma manera, para el análisis inferencial se empleó el software estadístico SPSS, por lo que a partir de los datos ya cargados se realizaron las pruebas de normalidad, después de ello se identificó el estadístico a emplear para finalmente identificar si se acepta o rechaza la hipótesis de la investigación.

3.8. Descripción de la prueba de hipótesis

La prueba de hipótesis que se tuvo en consideración para la contratación de las hipótesis propuestas será la siguiente:

Se realizará las pruebas de normalidad para los datos obtenidos, en función a ello se determinó la aplicación de la prueba estadística de Chi cuadrado tal como se aprecia en la contrastación de la hipótesis.

Capítulo IV

PRESENTACION DE RESULTADOS

CAPÍTULO IV – PRESENTACIÓN DE RESULTADOS

4.1. Presentación e interpretación de datos

A partir del análisis de los parámetros físicos, químicos y microbiológicos del agua del río Ichu donde se observa la descarga de aguas residuales en aproximadamente 20 puntos en su recorrido por la ciudad de Huancavelica, se pudo determinar el nivel de contaminación hídrica en la zona, así mismo se realizó el conteo y determinación de los macroinvertebrados bentónicos que se encuentran dentro del ecosistema del río Ichu, antes y después de la confluencia con las aguas residuales.

Este análisis se realizó a nivel deductivo, partiendo desde las dimensiones de estudio hasta llegar a la conclusión general de las variables estudiadas tal como se aprecia en el desarrollo de la presente investigación, cuyos datos se plasman en forma de tablas y figuras.

4.1.1. Datos de la contaminación hídrica

Para la determinación de la contaminación hídrica se realizó el análisis de los parámetros indicados, los cuales para tener una referencia general se han comparado con los Estándares de Calidad Ambiental para agua categoría 4 – conservación del ambiente acuático.

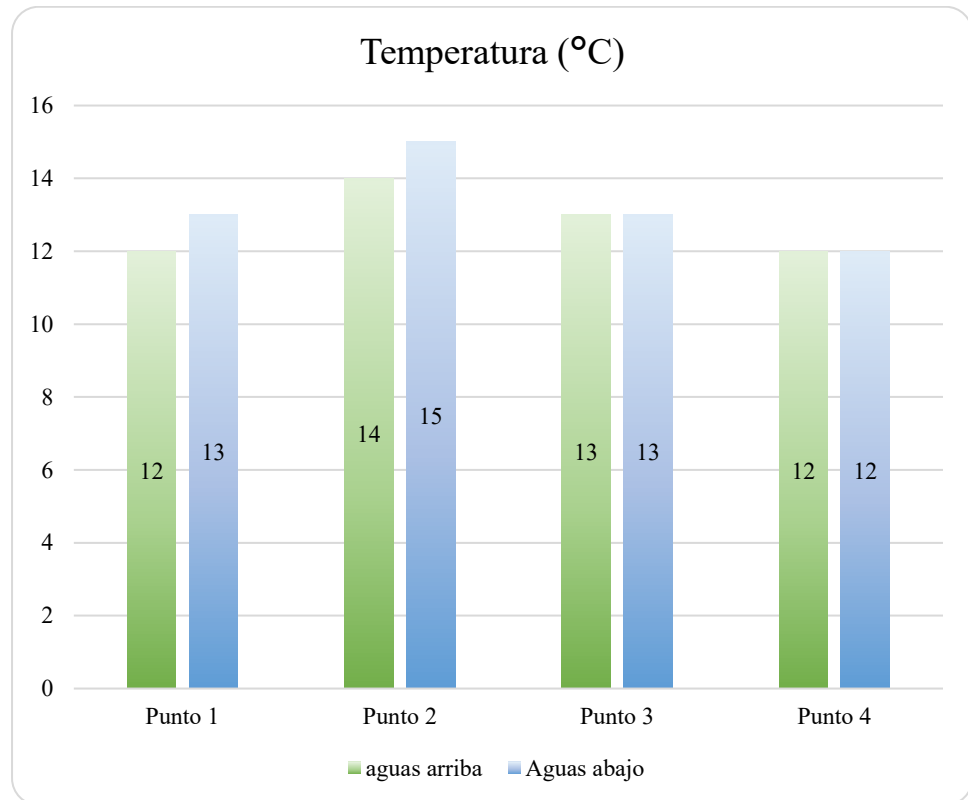
Tabla 3

Datos de la contaminación hídrica

Parámetros	Unidad	Aguas arriba					Aguas abajo					ECA
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Prom	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Prom	
Temperatura	°C	12	14	13	12	13	13	15	13	12	13	3
Oxígeno disuelto	mg/L	7.4	8.1	7.9	6.7	8	4.9	4.6	4.2	4.1	4	5
Conductividad	uS/cm	528	512	575	586	550	1026	1193	1262	1305	1197	1000
pH	Und. De pH	6.9	7.1	7.3	7.2	7	8.2	8.5	8.7	8.8	9	6,5-9
Nitratos	mg/L	7.4	7.6	7.9	6.8	7	13.9	14.2	15.8	16.4	15	13
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	mg/L	7.8	8.5	7	8.1	8	23.5	24.7	28.2	29.6	27	10
Coliformes termotolerantes	NMP/100mL	1100	1250	1140	1210	1175	2200	2250	2400	2600	2362.5	2000

Figura 3

Resultados del parámetro de temperatura

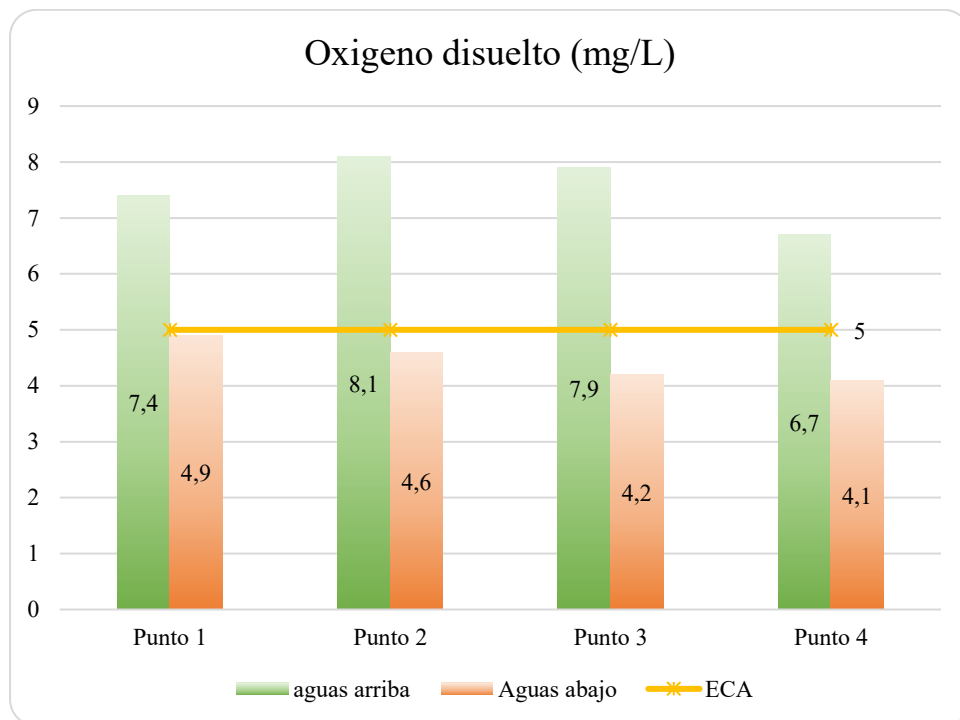


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de la temperatura (°C) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 4 hubo un menor valor (12 °C) tanto en el agrupado de aguas arriba como aguas abajo y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (15 °C) en el agrupado de aguas abajo, indicando así que no existe una gran variación de los valores de temperatura entre los agrupados de aguas arriba como aguas abajo con respecto al vertimiento de aguas residuales..

Figura 4

Resultados del parámetro de oxígeno disuelto

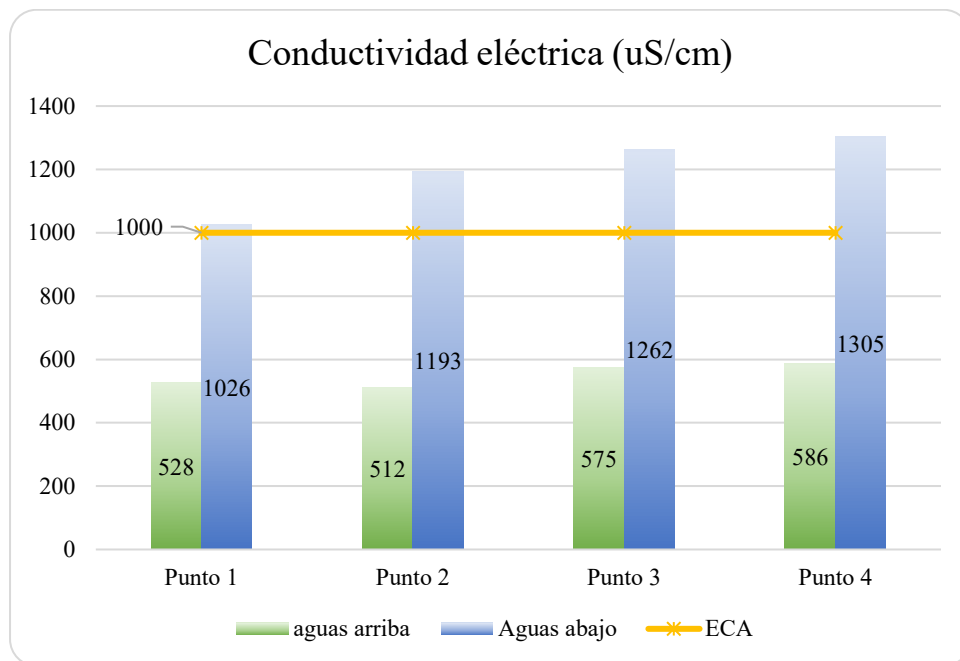


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador del oxígeno disuelto (mg/L) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 4 hubo un menor valor (6.7 mg/L) y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (8.1 mg/L), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 4 un menor valor (4.1 mg/L) y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (4.9 mg/L), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por encima de 5 mg/L, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas abajo no se cumple con lo establecido por esta normativa.

Figura 5

Resultados del parámetro de conductividad eléctrica

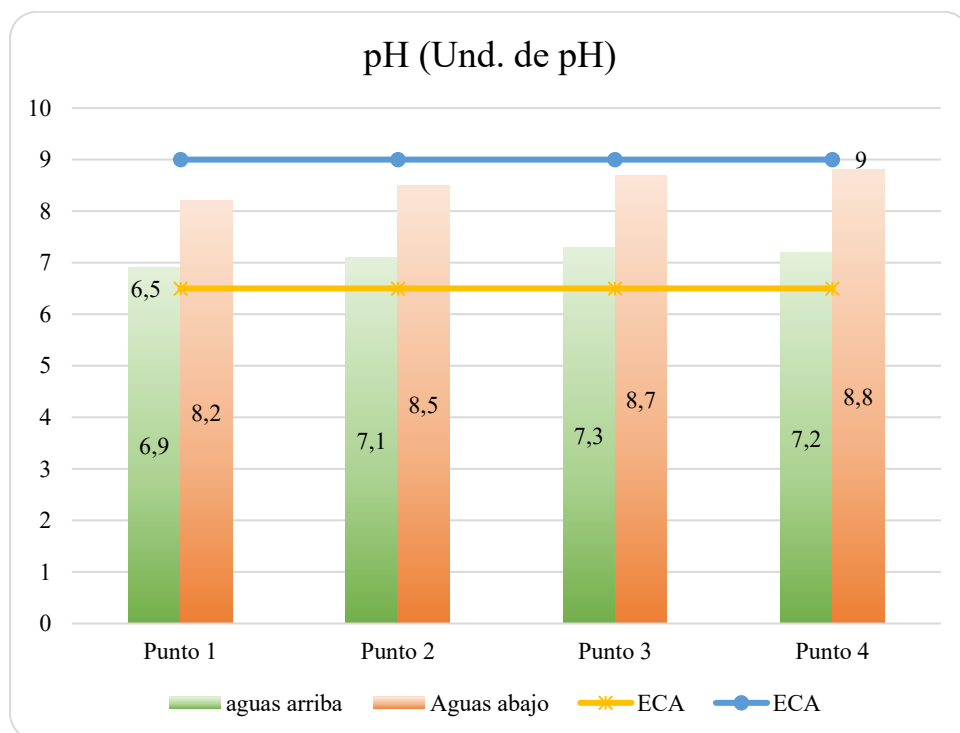


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de la conductividad eléctrica ($\mu\text{S/cm}$) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 2 hubo un menor valor (512 $\mu\text{S/cm}$) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (586 $\mu\text{S/cm}$), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 1 un menor valor (1026 $\mu\text{S/cm}$) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (1305 $\mu\text{S/cm}$), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por debajo de 1000 $\mu\text{S/cm}$, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas abajo no se cumple con lo establecido por esta normativa.

Figura 6

Resultados del parámetro de pH

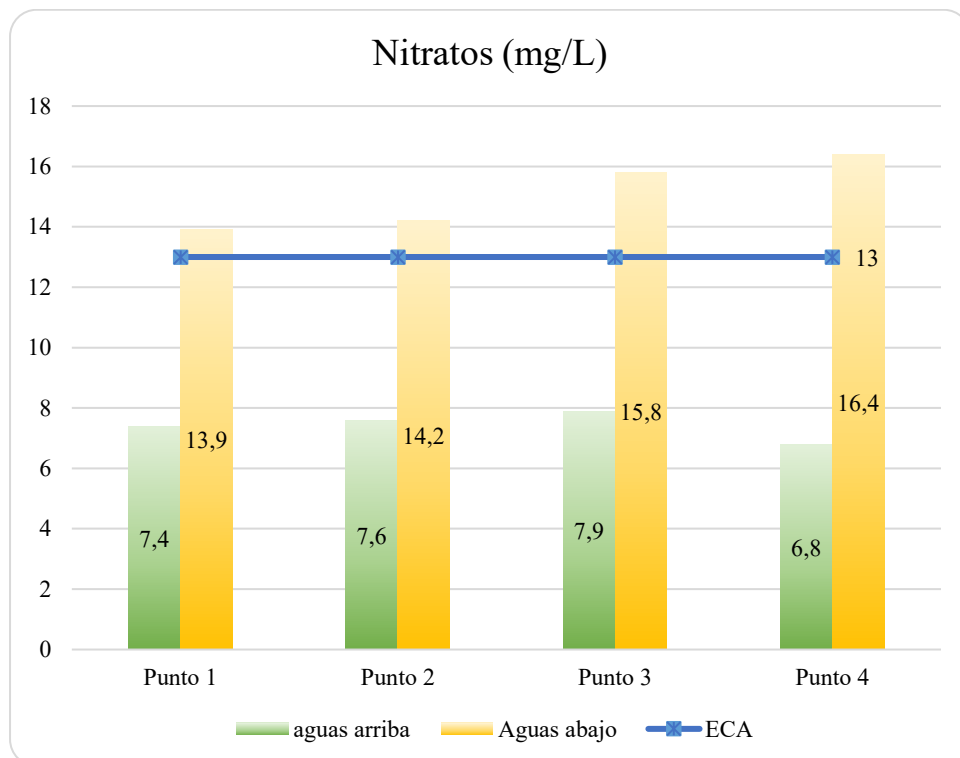


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de del pH (unidades de pH) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 1 hubo un menor valor (6.9 unidades de pH) y en el punto 3 se tuvo un mayor valor (7.3 unidades de pH), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 1 un menor valor (8.2 unidades de pH) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (8.8 unidades de pH), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por encima de 6.5 unidades de pH y por debajo de 9 unidades de pH, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas arriba y aguas abajo cumple con lo establecido por esta normativa.

Figura 7

Resultados del parámetro de nitratos

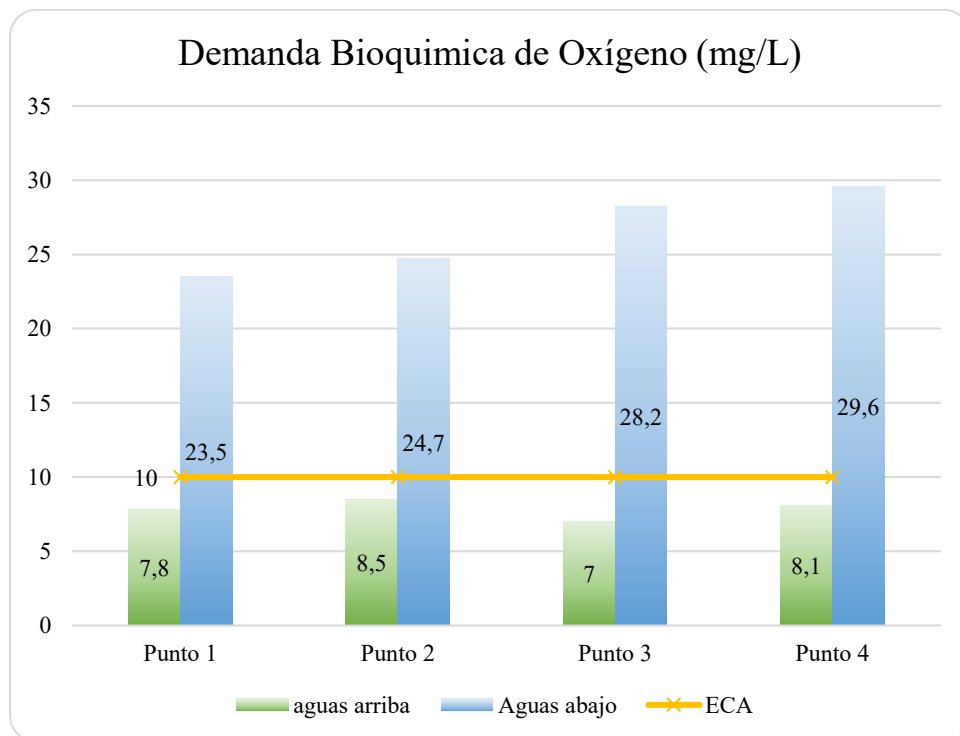


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de nitratos (mg/L) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 4 hubo un menor valor (6.8 mg/L) y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (7.9 mg/L), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 1 un menor valor (13.9 mg/L) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (16.4 mg/L), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por debajo de 13 mg/L, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas abajo no se cumple con lo establecido por esta normativa.

Figura 8

Resultados del parámetro de demanda bioquímica de oxígeno

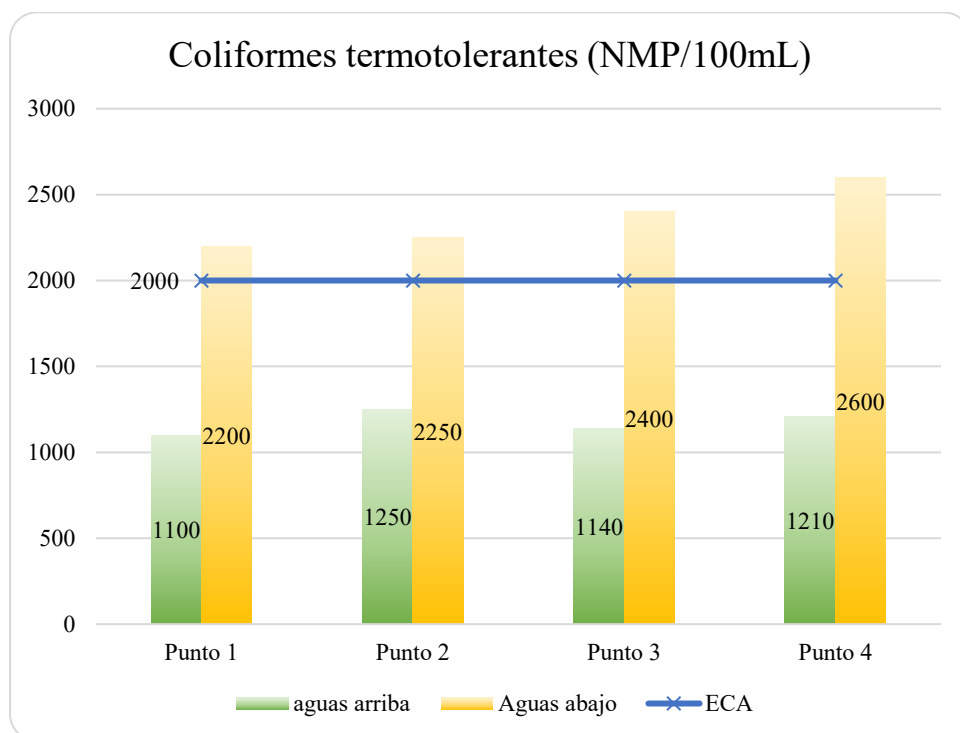


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de nitratos (mg/L) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 3 hubo un menor valor (7 mg/L) y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (8.5 mg/L), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 1 un menor valor (23.5 mg/L) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (29.6 mg/L), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por debajo de 10 mg/L, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas abajo no se cumple con lo establecido por esta normativa.

Figura 9

Resultados del parámetro de coliformes termotolerantes



Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados sobre el indicador de coliformes termotolerantes (NMP/100mL) evaluado en el río Ichu obteniendo para en el agrupado de aguas arriba que en el punto 1 hubo un menor valor (1100 NMP/100mL) y en el punto 2 se tuvo un mayor valor (1250 NMP/100mL), pero en la evaluación del agrupado de aguas abajo se tuvo en el punto 1 un menor valor (2200 NMP/100mL) y en el punto 4 se tuvo un mayor valor (2600 NMP/100mL), esto en comparación con los estándares de calidad ambiental para agua categoría 4 (conservación del ambiente acuático) donde indica que los valores aceptables son los que se encuentran por debajo de 2000 NMP/100mL, por lo que se indica que en todos los punto agrupados de aguas abajo no se cumple con lo establecido por esta normativa.

4.1.2. Datos de los macroinvertebrados bentónicos

En cuanto a los macroinvertebrados bentónicos identificados en el río Ichu se puede evidenciar que 6 órdenes con sus respectivas familias:

Tabla 4

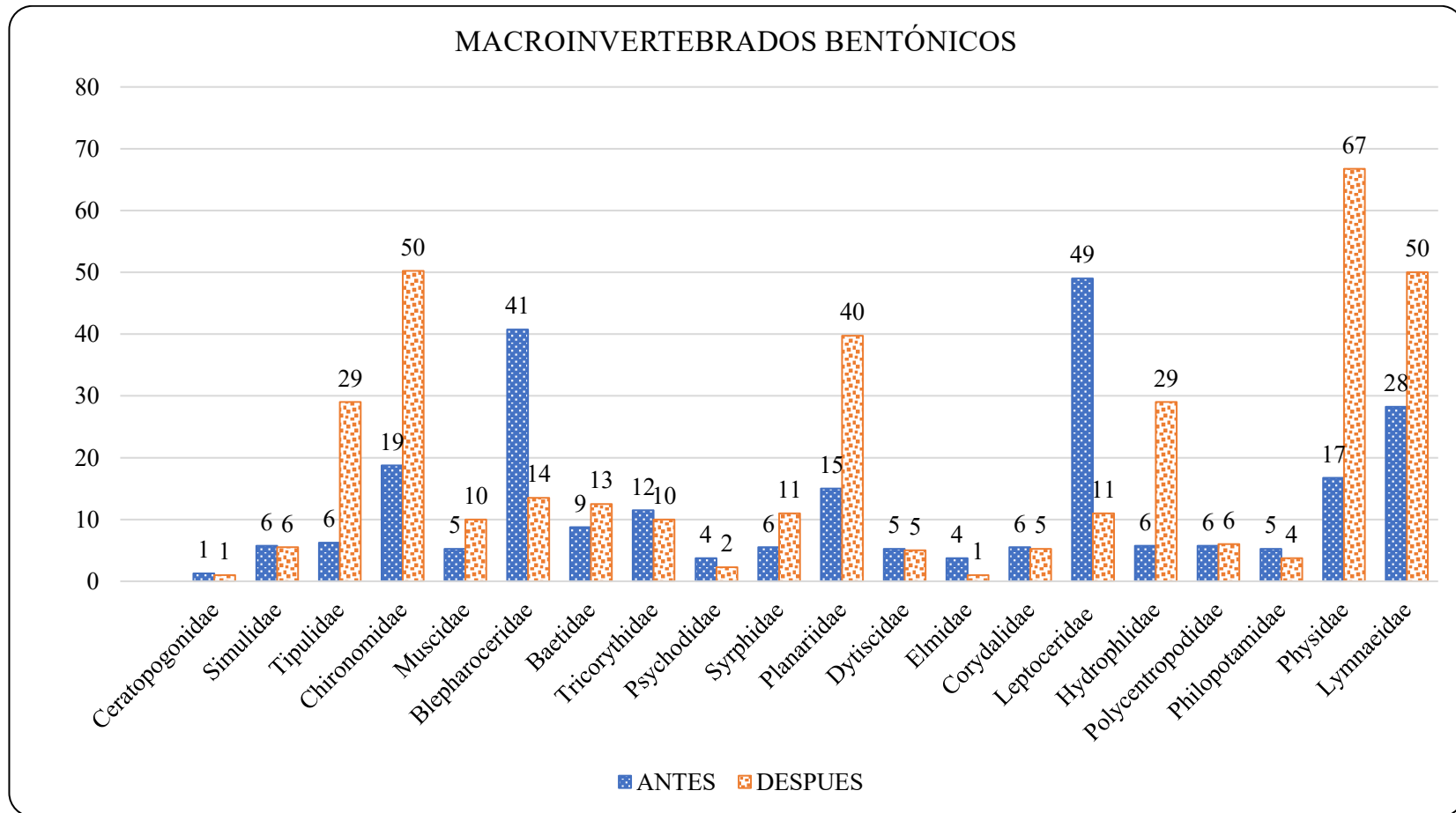
Datos de macroinvertebrados bentónicos

ORDEN	FAMILIA	AGUAS ARRIBA				AGUAS ABAJO				ANTES	(%)	DESPUES	(%)
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4				
Diptera	Ceratopogonidae	2	2	1	0	1	2	1	0	1	0.5%	1	0.3%
	Simuliidae	5	8	1	9	4	3	6	9	6	2.3%	6	1.5%
	Tipulidae	5	7	8	5	23	31	33	29	6	2.5%	29	8.0%
	Chironomidae	11	21	19	24	45	41	52	63	19	7.6%	50	13.9%
	Muscidae	8	2	4	7	9	11	12	8	5	2.1%	10	2.8%
	Blepharoceridae	35	42	45	41	19	16	11	8	41	16.4%	14	3.7%
Ephemeroptera	Baetidae	15	11	7	2	17	18	6	9	9	3.5%	13	3.4%
	Tricorythidae	9	11	14	12	16	9	8	7	12	4.6%	10	2.8%
	Psychodidae	4	5	1	5	2	3	1	3	4	1.5%	2	0.6%
	Syrphidae	3	8	6	5	5	19	11	9	6	2.2%	11	3.0%

Tricladida	Planariidae	8	15	14	23	45	39	42	33	15	6.1%	40	11.0%
Coleoptera	Dytiscidae	7	9	5	0	2	8	9	1	5	2.1%	5	1.4%
	Elmidae	5	0	6	4	0	1	2	1	4	1.5%	1	0.3%
	Corydalidae	0	3	15	4	8	6	7	0	6	2.2%	5	1.4%
	Leptoceridae	49	42	54	51	7	12	11	14	49	19.8%	11	3.0%
	Hydrophilidae	5	2	7	9	25	22	31	38	6	2.3%	29	8.0%
	Polycentropodidae	1	4	7	11	5	6	9	4	6	2.3%	6	1.7%
Trichoptera	Philopotamidae	6	4	9	2	3	7	2	3	5	2.1%	4	1.0%
Basommatophora	Physidae	19	17	12	19	45	62	78	82	17	6.8%	67	18.4%
	Lymnaeidae	34	26	38	15	46	51	55	48	28	11.4%	50	13.8%
Total		231	239	273	248	327	367	387	369	248	100.0%	363	100.0%

Figura 10

Valores promedio de macroinvertebrados bentónicos



Interpretación:

Como se puede apreciar en los datos presentados para los macroinvertebrados bentónicos que se pudieron observar en el cuerpo de agua (río Ichu) indicando que se obtuvo 6 órdenes y 20 familias predominado las ordenes dípteras con Blepharoceridae en un 16.6%, Chironomidae con un 15%, Tipulidae en un 8%, coleópteras con Leptoceridae en un 19.8% Hydrophlidae con un 8%, y las Basommatophoras Physidae en un 18.4% y Lymnaeidae con un 13.8%, obteniendo un promedio de 148 individuos en el agrupado de aguas arriba y 363 individuos en el agrupado de aguas abajo.

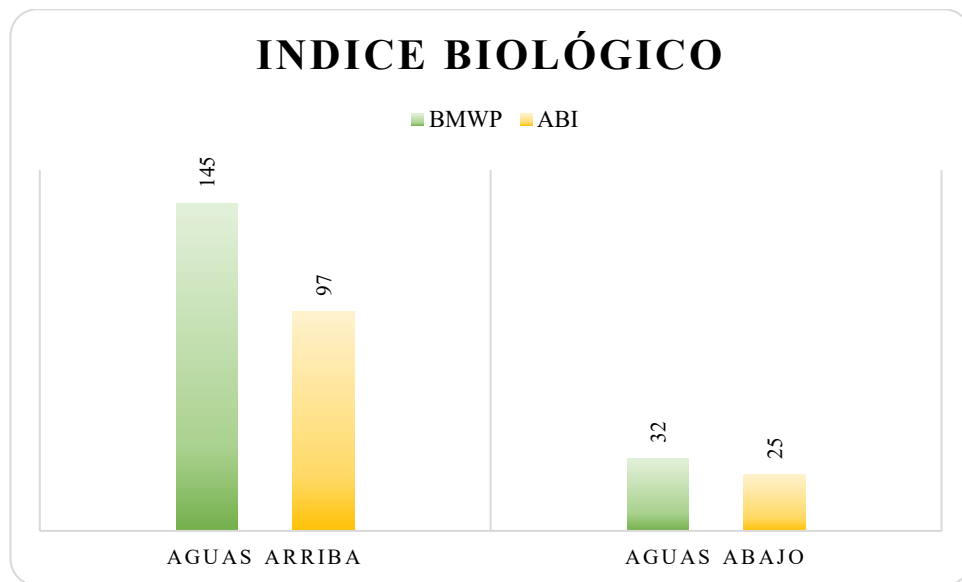
Tabla 5

Datos de los indicadores biológicos, alfa y beta

ÍNDICE		AGUAS ARRIBA					AGUAS ABAJO				
		Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Prom	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Prom
BIOLÓGICO	BMWP	149	151	142	138	145	60	56	59	51	57
	ABI	102	96	90	101	97	55	49	51	42	49
ALFA	Shannon - Wiener (H')	6.516	6.412	6.529	6.214	6.418	4.162	3.945	3.716	3.112	3.734
	Simpson (λ)	0.812	0.795	0.810	0.799	0.804	0.549	0.527	0.514	0.523	0.528
BETA	Jaccard (JA,B)	0.741	0.726	0.699	0.678	0.711	0.412	0.511	0.497	0.466	0.472
	Berger-Parker (B)	0.649	0.618	0.637	0.621	0.631	0.501	0.412	0.498	0.415	0.457

Figura 11

Resultados del índice biológico

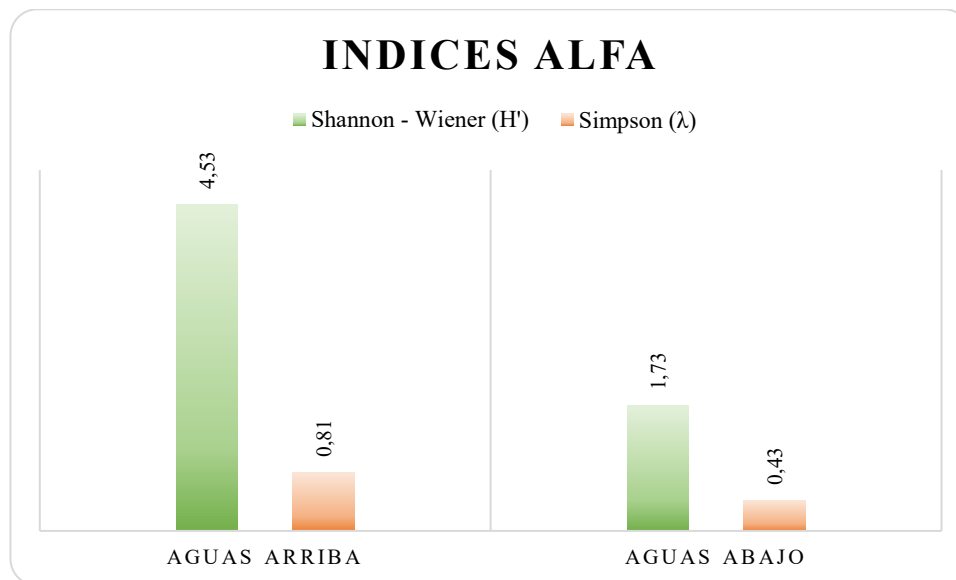


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados los 2 indicadores biológicos evaluados en el río Ichu que son el índice biológico BMWP y el índice ABI donde se evidencia que en el agrupado de aguas arriba los valores fueron de 145 del índice BMWP que indica clase I y significado de aguas no contaminadas y 97.25 con el índice ABI que indica una calidad de agua excelente, pero en el agrupado de aguas abajo se evidencia que han disminuido los valores señalando el valor de 32 en el índice BMWP que indica clase IV y significado de aguas muy contaminadas, en cuanto al índice ABI se evidencia que un valor de 25 que indica una calidad del agua mala.

Figura 12

Resultados del índice alfa

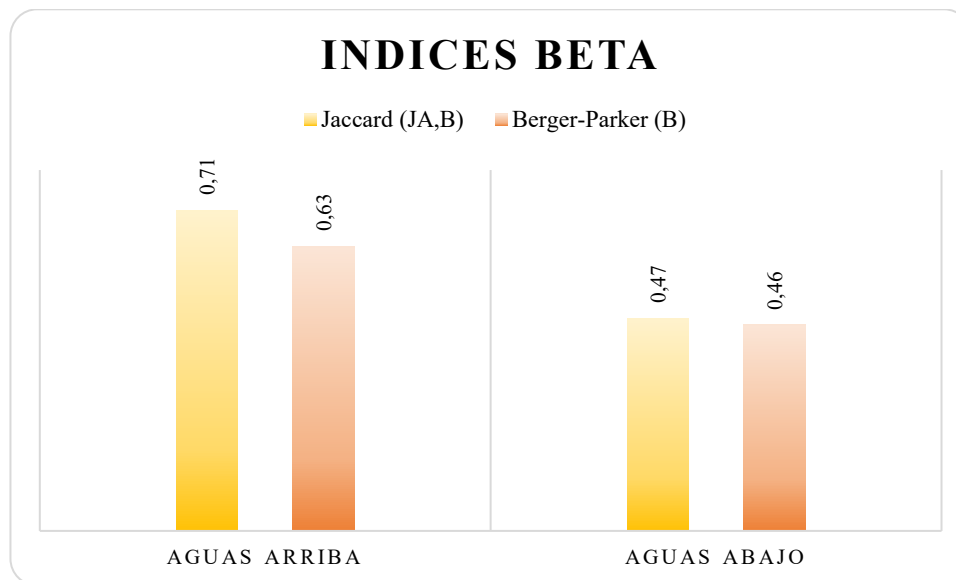


Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados los 2 indicadores alfa evaluados en el río Ichu que son el índice Shannon Wiener (H') y el índice Simpson (λ) donde se evidencia que en el agrupado de aguas arriba los valores fueron de 4.53 en referencia al índice Shannon Wiener y de 0.81 con respecto al índice Simpson, pero en el agrupado de aguas abajo se puede indicar una disminución significativa en los valores teniendo en el índice Shannon Wiener un valor de 1.73 y en el índice Simpson un valor de 0.43, lo que conlleva a señalar que en el agrupado de aguas abajo ha disminuido los valores del índice alfa que indican una baja diversidad de especies de la comunidad (Simpson), así mismo se redujo considerablemente la abundancia de especies (Shannon Wiener), indicando así una baja riqueza de especies.

Figura 13

Resultados del índice beta



Interpretación:

Como se puede observar en datos presentados los 3 indicadores beta evaluados en el río Ichu que son el índice Jaccard (JA,B) e índice Berger – Parker (B) donde se evidencia que en el agrupado de aguas arriba los valores fueron de 0.73 en referencia al índice Jaccard, 0.63 para el índice Berger – Parker, pero en el agrupado de aguas abajo se puede indicar una disminución significativa en los valores teniendo en el índice Jaccard un valor de 0.47 y 0.46 para el índice Berger – Parker, lo que conlleva a señalar que en el agrupado de aguas abajo ha reducido considerablemente el índice beta ya que redujo las especies compartidos en los sitios analizados (Jaccard) así mismo existe una desproporción de especies (Berger – Parker), conllevando a indicar que se ha disminuido el índice beta que indica que existen diferencias proporcional de las especies observadas en el río Ichu .

4.2. Proceso de prueba de hipótesis

4.2.1. Proceso de prueba de normalidad

La variable, así como las dimensiones de estudio atravesaron en primera instancia por la prueba de normalidad que se midió por medio del estadístico Shapiro Wilk, para ello, se planteó la siguiente premisa estadística:

Ho: La distribución de datos es normal ($p > 0.05$)

Ha: La distribución de datos no es normal ($p < 0.05$)

Tabla 6

Prueba de normalidad de las variables y dimensiones de estudio

	Shapiro Wilk		
	Estadístico	gl	Sig.
Parámetros físicos	,860	8	,020
Parámetros químicos	,858	8	,015
Parámetros microbiológicos	,811	8	,038
Contaminación hídrica	,601	8	,000
Índice biológico	,721	8	,004
Índice alfa	,812	8	,039
Índice beta	,866	8	,036
Macroinvertebrados bentónicos	,606	8	,000

Interpretación:

De la tabla se evidencia que los valores en la significancia tanto para las variables como dimensiones son menores a 0.05 lo que nos conlleva a indicar que la distribución de datos no es normal, identificando así la aplicación de la prueba no paramétrica de Chi Cuadrado.

4.2.2. Proceso de prueba de hipótesis

4.2.2.1. Prueba de hipótesis general

Para el proceso de la prueba de hipótesis se realizó en primer lugar el planteamiento de la hipótesis, para proceder a la prueba estadística para finalmente indicar la decisión estadística.

A. Planteamiento de hipótesis

Ho: El efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es neutro.

Ha: El efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo.

B. Prueba no paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba Chi Cuadrado, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 7

Prueba estadística Chi cuadrado para la hipótesis general

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,761 ^a	4	,005
Razón de verosimilitud	11,436	4	,001
Asociación lineal por lineal	2,512	1	,432
N de casos válidos	8		

C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de "El efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo", corroborado con una significancia menor al 0.05 y una razón de verosimilitud de 0.001.

4.2.2.2. Prueba de hipótesis específica 1

Para el proceso de la prueba de hipótesis se realizó en primer lugar el planteamiento de la hipótesis, para proceder a la prueba estadística para finalmente indicar la decisión estadística.

A. Planteamiento de hipótesis

Ho: El efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es neutro.

Ha: El efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo.

B. Prueba no paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba Chi Cuadrado, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 8*Prueba estadística Chi cuadrado para la hipótesis específica 1*

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	15,411 ^a	2	,008
Razón de verosimilitud	12,602	2	,003
Asociación lineal por lineal	1,471	1	,514
N de casos válidos	8		

C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de “El efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y una razón de verosimilitud de 0.003.

4.2.2.3. Prueba de hipótesis específica 2

Para el proceso de la prueba de hipótesis se realizó en primer lugar el planteamiento de la hipótesis, para proceder a la prueba estadística para finalmente indicar la decisión estadística.

A. Planteamiento de hipótesis

Ho: El efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es neutro.

Ha: El efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo.

B. Prueba no paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba Chi Cuadrado, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 9

Prueba estadística Chi cuadrado para la hipótesis específica 2

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	17,186 ^a	2	,012
Razón de verosimilitud	11,917	2	,009
Asociación lineal por lineal	1,504	1	,419
N de casos válidos	8		

C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de “El efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo”, corroborado con una significancia menor al 0.05 y una razón de verosimilitud de 0.009.

4.2.2.4. Prueba de hipótesis específica 3

Para el proceso de la prueba de hipótesis se realizó en primer lugar el planteamiento de la hipótesis, para proceder a la prueba estadística para finalmente indicar la decisión estadística.

A. Planteamiento de hipótesis

Ho: El efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es neutro.

Ha: El efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo.

B. Prueba no paramétrica

Considerando la premisa se procedió a efectuar la prueba de hipótesis mediante la prueba Chi Cuadrado, obteniendo los siguientes datos:

Tabla 10

Prueba estadística Chi cuadrado para la hipótesis específica 3

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	16,002 ^a	4	,015
Razón de verosimilitud	12,057	2	,003
Asociación lineal por lineal	1,204	1	,319
N de casos válidos	8		

C. Decisión estadística

En función a lo obtenido se indica que se acepta la hipótesis alterna planteada con la premisa de "El efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú, es negativo", corroborado con una significancia menor al 0.05 y una razón de verosimilitud de 0.003.

Capítulo V

DISCUSIÓN

CAPÍTULO V- DISCUSIÓN

La presente investigación tuvo como fin esencial Determinar el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica para lo cual se obtuvo que la temperatura promedio aguas arriba fue de 13 °C, el oxígeno disuelto de 8 mg/L, la conductividad eléctrica de 1026 uS/cm, el pH promedio de 7 unidades de pH, el contenido de nitratos de 6.8 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno de 8 mg/L y coliformes termotolerantes de 1175 NMP/100mL, pero aguas abajo se obtuvo una variación significativa en los parámetros evaluados ya que la temperatura promedio fue de 13 °C, el oxígeno disuelto de 4 mg/L, la conductividad eléctrica de 1197 uS/cm, el pH promedio de 9 unidades de pH, el contenido de nitratos de 15 mg/L, demanda bioquímica de oxígeno de 27 mg/L y coliformes termotolerantes de 2362 NMP/100mL, en cuanto a los macroinvertebrados bentónicos fue de 6 órdenes y 20 familias predominado las ordenes dípteras con Blepharoceridae en un 16.6%, Chironomidae con un 15%, Tipulidae en un 8%, coleópteras con Leptoceridae en un 19.8% Hydrophilidae con un 8%, y las Basommatophoras Physidae en un 18.4% y Lymnaeidae con un 13.8%, obteniendo un promedio de 148 individuos en el agrupado de aguas arriba y 363 individuos en el agrupado de aguas abajo, indicando así que la contaminación hídrica generada principalmente por el vertimiento de las aguas residuales al río Ichu tiene un impacto negativo en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del ecosistema analizado, estos resultados concuerdan con lo hallado por Osorio (2023) quien analizó la comunidad de macroinvertebrados bentonicos en el río Ichu hallando que las especies predominantes en el ecosistema acuático son: "Chironomus sp, Camelobaetidius kondratieffi, Psychoda sp, Eristalis tenax, los macroinvertebrados antes de la descarga de 2005 especies y después de la descarga con un valor de 1074 especies, el índice BMWP promedio (antes 148 – después 73), índice EPT promedio (antes 0480 –

después 0.993), índice Shannon-Wiener promedio (antes 6.728 – después 3.699), índice Margalef promedio (antes 3.503 – después 3.632), índice Pielou promedio (antes 0.736 – después 0.792), índice Berger-Parker promedio (antes 0.526 – después 0.622), índice Simpson promedio (antes 0.861 – después 0.605), turbiedad promedio (4.51 – 13.89), temperatura promedio (14 – 14.5), OD promedio (5.7 – 7.6), pH promedio (7.4 – 8.6), conductividad promedio (428.6 – 633.3), DQO promedio (9.4 – 19.6), DBO promedio (3.1 – 12.1), coniformes termotolerantes promedio (2540 – 2103)”, concluyendo así que la aplicación de los macroinvertebrados bentónicos ayuda a determinar el nivel de contaminación orgánica de un medio acuático, en ese sentido se puede observar variaciones en las concentraciones de los parámetros fisicoquímicos y microbiológicos en su análisis de macroinvertebrados también se observa la presencia de especies indicadoras de aguas contaminadas lo cual es concordante con la investigación realizada.

Así mismo, en cuanto a los indicadores evaluados se obtuvo que al existir una influencia negativa del vertimiento de aguas residuales hay una variación en los valores de los índices biológicos, alfa y beta lo que nos indica que la comunidad de macroinvertebrados bentónicos tiende a disminuir los indicadores de aguas limpias y aumentar los indicadores de aguas contaminadas, en este caso se puede citar a Alanya y Cabrera (2023) quienes obtuvieron a partir de la “prueba de hipótesis de Pearson revelaron diferentes correlaciones entre los índices de macroinvertebrados (ABI, BMWP, número de individuos por familia) y la calidad del agua evaluada por parámetros como pH, temperatura (T), oxígeno disuelto (OD) y conductividad eléctrica (CE), donde observaron correlaciones significativas y positivas entre el pH y el índice BMWP (0.642), indicando una asociación relevante. Además, se encontró una correlación significativa negativa entre el índice BMWP y la conductividad eléctrica (-0.687), sin embargo, para el resto de las correlaciones, a pesar de mostrar cierta tendencia, los intervalos de confianza incluyen el cero y los valores de p superan 0.05. se concluyó que el índice BMWP se mostró relevante en relación al pH

del agua en la subcuenca del Río Ichu”, sin embargo, el número de individuos por familia y el índice ABI no demostraron correlaciones significativas con los parámetros de calidad del agua evaluados, ello puede deberse a la temporada de análisis, ya que el antecedente mencionado realizó el análisis en época de avenidas donde se aprecia un mayor caudal a diferencia de la época de estiaje donde se aprecia menor caudal.

Capítulo VI

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CAPÍTULO VI – CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

- Se pudo determinar que la contaminación hídrica del río Ichu donde se descargan las aguas residuales de la ciudad de Huancavelica tiene un efecto negativo en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos que se encuentran en el ecosistema de la zona, evidenciando una disminución de especies indicadoras de calidad de agua no contaminada y el aumento de las especies indicadoras de mediana y alta contaminación de agua.
- La alteración de los parámetros físicos tales como la temperatura, oxígeno disuelto, conductividad eléctrica influyen de forma negativa en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos del ecosistema del río Ichu, corroborado mediante la prueba de Chi cuadrado, una significancia de 0.05 con la confianza del 95%.
- Así mismo se puede confirmar que la alteración de los parámetros químicos tales como el pH, DBO y nitratos a causa del vertimiento de las aguas residuales de forma directa al río Ichu genera efectos negativos en la comunidad de macroinvertebrados bentónicos indicando una reducción en la diversidad de especies de la zona.
- Finalmente se puede señalar que los macroinvertebrados bentónicos se ven influenciados de forma negativa a causa de la contaminación hídrica generado por el vertimiento de aguas residuales al río Ichu de la ciudad de Huancavelica, en vista que se aprecia una reducción en la abundancia de especies y la diferencia proporcional entre las especies observadas aguas arriba y aguas abajo.

5.2. Recomendaciones

- Al Gobierno Regional de Huancavelica, implementar estrategias y proyectos que ayuden en la conservación del ecosistema del río Ichu, así como en su recuperación de sus propiedades fisicoquímicas y microbiológicas.
- A la Organización de Evaluación y Fiscalización Ambiental, tomar acciones de fiscalización y regulación de las aguas residuales que son vertidas al río Ichu.
- A los pobladores de la localidad de Huancavelica, tomar conciencia de los impactos negativos que se generan al contaminar el río con los residuos sólidos, y otras actividades que generan la pérdida de especies nativas de la zona.
- A estudiantes e interesados en la investigación, tomar como base la investigación con la utilización de bioindicadores y replicarla en otras zonas de difícil acceso, ya que este análisis es más económico y con un bajo sesgo de error.

Referencias bibliográficas

- Acosta, R. (2001). *Patrones de diversidad espacio-temporal de insectos acuáticos y caracterización limnológica en la quebrada Cantón*. Huancayo: Convención Nacional de Entomología.
- Acosta, R., Ríos, B., & Rieradevall, M. (2009). Propuesta de protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos altoandinos y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Revista Limnetica*, 35-64.
- Aguirre, J. (2011). *Validación de los indicadores biológicos para el monitoreo de la cuenca del río Yanuncay*. Ecuador: Universidad Politécnica Salesiana.
- Alanya, C., & Cabrera, V. (2023). *Identificación de macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua de la zona urbana de la subcuenca del río Ichu, Huancavelica – 2023*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Alba-Tercedor, A. (1996). Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. *Simposio del agua en Adalucía*, 203-213.
- Alonso, A., & Camargo, J. (2005). Evaluating the effectiveness of five mineral artificial substrates for the sampling of benthic macroinvertebrates. *Journal of Freshwater Ecology*, 11-320.
- Autoridad Nacional del agua. (2016). *Protocolo nacional para el monitoreo de la calidad de los recursos hídricos superficiales*. Lima: ANA.
- Ayala, C., & Vera, G. (2020). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores y su relación con los parámetros fisicoquímicos de agua del río Sa lucas, Cajamarca, 2018-2019*. Cajamarca - Perú: Universidad Privada del Norte.
- Baena, G. (2014). *Metodología de la investigación*. México: Grupo Editorial Patria.
- Behar, D. (2008). *Metodología de la investigación*. Shalom.
- Bernal, C. A. (2010). *Metodología de la investigación para administración, economía, humanidades y ciencias sociales*. México: Pearson education.

- Borja, M. (2012). *Metodología de la investigación científica*. Chiclayo - Perú.
- Bravo, L., & Restrepo, G. (2021). Diversidad de macronvertebrados acuáticos en dos ecosistemas lóticos en El Docello, Caquetá. *Revista Facultad de Ciencias Básicas*, 57-71.
- Carrero, J. (2020). *Estudio preliminar de la deriva de macroinvertebrados acuáticos y el transporte de materia orgánica particulada gruesa en la cabecera del río altoandino del municipio de Rondón Boyacá*. Bogotá: Universidad de la Salle.
- Carretero, I., & Pozo, M. (2007). *Mineralogía aplicada: salud y medio ambiente*. Madrid, España: Paraninfo.
- Chacón, L., & Rivas, P. (2009). *Paleontología de invertebrados*. España: Sociedad Española de Paleontología.
- Chapman, D. (1996). *Water Quality Assessments: A Guide to the Use of Biota. Sediments and Water in Environmental Monitoring*. London: Chapman Hill.
- Chauca, C. (2022). *Calidad del agua y su relación con macro invertebrados bentónicos en la cuenca del río Mariño Distrito de Abancay – Apurímac, 2018*. Abancay - Perú: Universidad Tecnológica de los Andes.
- Cruz, C. (2020). *Determinación de la calidad de agua en áreas circundantes a la represa del Pañe - Arequipa, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (noviembre, diciembre 2017 - abril 2018)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Cruz, C. (2020). *Determinación de la calidad de agua en áreas circundantes a la represa del Pañe - Arequipa, empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores (noviembre, diciembre 2017 - abril del 2018)*. Arequipa: Universidad Nacional de San Agustín de Arequipa.
- Forero, J. (2017). *Macroinvertebrados bentónicos y su relación con la calidad del agua en la cuenca alta de del Río Frío (Tabio, Cundinamarca)*. Bogotá - Colombia: Pontificia Universidad Javeriana.

- Fregusson, E. (1990). *The Heavy Elements: Chemistry, Environmental Impact, and Health Effects*. Oxford: Pergamon Press.
- García, N. (2010). *Macroinvertebrados acuáticos como sistema de evaluación de contaminación del balneario Hurtado, río guatapuri*. Colombia: Bucaramanga Santander.
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). *Metodología de la investigación*. (Sexta edición ed.). Ciudad de Mexico: Mcgraw - hill / interamericana editores, S.A. de C.V.
- Hernandez, R., Fernandez, C., & Baptista, P. (2014). *Metodologia de la investigacion*. Mc Graw Hill.
- Jauregui, D. (2019). *Determinación de la calidad de agua empleando macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río SendaMal, Celendín*. Cajamarca - Perú: Universidad Nacional de Cajamarca.
- Leiva, D. (2017). *Ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos y su relación con parámetros fisicoquímicos en la determinación de la calidad de agua de la microcuenca Atuén, del distrito de Leymebamba, Chachapoyas, Perú, 2017*. Amazonas - Perú: Universidad Nacional Toribio Rodríguez de Mendoza.
- Lerma, H. (2012). *Metodologia d ela investigación*. ECOE Ediciones.
- López, S., & Huertas, D. (2019). Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de calidad del agua del río Teusacá (cundinamarca, Colombia). *Ingeniería y Desarrollo*, 20.
- Magurran, A. (2004). *Measuring biological diversity*. Oxford: blackwell Science.
- Margalef, R. (1983). *Ecología*. Barcelona - España: Editorial Omega.
- Marin, V. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad de agua del río Amanalco*. Toluca - México: Universidad Autónoma del Estado de México.
- Martinez, E. (2004). Calidad de agua en zonas altoandinas. *Revista electronica de tecnología, sociedad y cultura*, 31-42.

- Meneses-Campo, Y., Castro-Rebolledo, M., & Jaramillo-Londoño, A. (2019). Comparación de la calidad del agua en dos ríos altoandinos mediante el uso de los índices BMWP/COL. y ABI. *Acta biol. Colomb*, 299-310. doi: <http://dx.doi.org/10.15446/abc.v24n2.70716>
- Mihelcic, J. (2001). *Fundamentos de ingeniería ambiental*. México: Limusa SA.
- Minchola, G. (2021). *Macroinvertebrados acuáticos indicadores de la calidad del agua del río negro – Aguaytía*. Tingo María: universidad Nacional Agraria de la Selva.
- Moreno, C. (2001). Métodos para medir la biodiversidad . *M&T-Manuales y Tesis SEA*, 43-47.
- Murillo-Torres, M., Caicedo-Quintero, O., Hernández-Atilano, E., Grajales, H., Mesa, J., & Cortés, F. (2016). Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia. *Mutis*, 59-63. doi:<http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1151>
- Naranjo-López, J., & López-del Castillo, P. (2013). Biological monitoring working party, un índice biótico con potencialidades para evaluar la calidad de las aguas en ríos cubanos. *Ciencia en su PC*, 15-25. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=So120-548X201900020029900049&lng=en
- Niño, V. (2011). *Metodología de la investigación*. Bogotá: Ediciones de la U.
- Ochoa, M. (2020). *Parámetros fisicoquímicos y su influencia en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de quebradas del área de influencia del eje carretero Iquitos, Nauta, Loreto, Perú, 2019*. Iquitos - Perú: Universidad Nacional de la amazonía Peruana.
- Osorio, C. (2023). *Aplicación de macroinvertebrados bentónicos para determinar los niveles de contaminación orgánica del río Ichu – Huancavelica, 2023*. Huancavelica, Perú: Universidad Nacional de Huancavelica.
- Peralta, E. (2019). *Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos*. Lima: Universidad Ricardo Palma.
- Peralta, E. (2019). *Situación de la calidad de agua de la laguna Huacachina en base a indicadores biológicos*. Lima: Universidad Ricardo Palma.

- Pezo, M., & Quinteros, A. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua para regadío del Río Cumbaza*. Tarapoto - Perú: Universidad Nacional de San Martín.
- Pimentel, H. (2014). *Análisis desde la perspectiva de los índices bióticos, manejo adaptativo, usando macroinvertebrados bentónicos en ríos altoandinos-Camisea*. Lima: Universidad Nacional Agraria La Molina.
- Pino, W., Mena, D., Mosquera, M., Calcedo, K., Palacios, J., Castro, A., & Guerrero, J. (2003). Diversidad de macroinvertebrados y evaluación de la calidad del agua de la quebrada La Bendición. *Acta biológica Colombiana*, 23-30.
- Pizan, L. (2018). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad del agua en el río Colcaqui, distrito de Tamburco, abancay - Apurímac, 2017*. Apurímac - Perú: Universidad al Peruanas.
- Rojas, J. (1996). *Acuaquímica*. Bogotá - Colombia: Departamento de publicaciones de ingeniería.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la calidad de agua en Colombia*. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, D. (2022). *Evaluación de la calidad del agua del río Bermúdez y su influencia en los macroinvertebrados bentónicos y el proceso de degradación de materia orgánica alóctona*. Heredia - Costa Rica: Universidad Nacional.
- Rosenberg, D., & Resh, V. (1993). *Freshwater biomonitoring and benthic macroinvertebrates*. Nueva York: Chapman Hall.
- Stewart, K., & Stark, B. (2002). *Nymphs of North American stonefly genera*. Ohio, EEUU.: The Caddis.
- Torpoco, J. (2022). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de calidad del agua en la laguna Choclococha, provincia de Castrovirreyna, Huancavelica - 2022*. Huancavelica: Universidad Nacional de Huancavelica.

Valderrama, S. (2002). *Pasos para elaborar proyectos de investigación científica*. Lima: San Marcos E.I.R.L.

Yalta, J., Salas, R., & Alvarado, L. (2013). Evaluación de la calidad ecológica del agua en las microcuencas de Chinata y Gocta, cuenca media del río Utcubamba, región Amazonas. *Rev INDES*, 14-28. Obtenido de http://www.scielo.org.co/scielo.php?script=sci_nlinks&pid=So120-548X201900020029900083&lng=en

ANEXOS

Anexo 1

Matriz de consistencia

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES E INDICADORES	METODOLOGÍA	MUESTRA	TÉCNICAS E INSTRUMENTOS
Problema General: ¿Cuál es el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?	Objetivo General: Determinar el efecto de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.	Hipótesis General: Existe efecto negativo de la contaminación hídrica por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.	Variable Dependiente: Macroinvertebrados bentónicos Variable Independiente: Contaminación hídrica	Tipo de Investigación: Investigación aplicada. Nivel de Investigación: Investigación explicativa. Método General: Método científico Diseño: No experimental.	Población: 12 Km de recorrido del río Ichu. Muestra: 8 puntos de muestreo de agua establecido en el río Ichu. Muestreo: Muestreo no probabilístico por conveniencia.	Técnicas: Observación Ficha de cotejo Instrumentos: Red Shuler Frascos de muestreo de agua Microscopio Multiparámetro Cadena de custodia
Problemas Específicos: ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú? ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de	Objetivos Específicos: - Señalar el efecto de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú. - Analizar el efecto de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de	Hipótesis Específicas: - Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros físicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú. - Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros químicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados				

macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú? • ¿Cuál es el efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú?	macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú. • Establecer el efecto de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.	bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú. • Existe efecto negativo de la contaminación de los parámetros microbiológicos por el vertimiento de aguas residuales en la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica – Perú.
--	--	---

Anexo 2

Instrumento de recolección de datos

[illegible]

Código número de custodia:		Solicitante:		DNI:	Firma:
Institución:		Dirección:	Distrito:	Provincia:	Dpto.:
Teléfono:	FAX:	Responsable del muestreo:		Firma:	Urgencia: ☐ Regular ☐ Alta

[illegible][illegible]

Condición y temperatura de llegada de las muestras:

Comentarios:

- (1) Campo exclusivo para el laboratorio
(2) AS (Agua Superficial); AM (Agua de Mar); AR (Agua Residual); BV (Blanco Viajero); BC (Blanco de Campo); BE (Blanco de Equipo); SE (Sedimentos); LD (Lodos); SU (Suelos)
(3) P. Plástico; V. Vidrio; E. Estéril
(4) Véase lista de parámetros del Decreto Supremo N.º 015-2015-MINAM "Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua" y otros que se requiera para investigación.

Anexo 3
Base de datos

Parámetros	Aguas arriba				Aguas abajo			
	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4	PUNTO 1	PUNTO 2	PUNTO 3	PUNTO 4
Temperatura	12	14	13	12	13	15	13	12
Oxígeno disuelto	7.4	8.1	7.9	6.7	4.9	4.6	4.2	4.1
Conductividad	528	512	575	586	1026	1193	1262	1305
pH	6.9	7.1	7.3	7.2	8.2	8.5	8.7	8.8
Nitratos	7.4	7.6	7.9	6.8	13.9	14.2	15.8	16.4
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO)	7.8	8.5	7	8.1	23.5	24.7	28.2	29.6
Coliformes termotolerantes	1100	1250	1140	1210	2200	2250	2400	2600

ORDEN	FAMILIA	PUNTO 1		PUNTO 2		PUNTO 3		PUNTO 4	
		ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO	ARRIBA	ABAJO
Diptera	Ceratopogonidae	2	1	2	2	1	1	0	0
	Simuliidae	4	8	6	2	5	1	6	3
	Tipulidae	5	19	7	21	8	18	5	31
	Chironomidae	18	112	39	98	45	106	34	116
	Muscidae	26	21	35	33	19	15	28	22
	Blepharoceridae	98	46	102	79	115	57	92	45
Ephemeroptera	Baetidae	45	27	24	18	11	6	15	9
	Tricorythidae	19	16	11	9	14	8	12	7
	Psychodidae	5	2	4	1	2	1	2	2
	Syrphidae	3	5	8	19	6	11	5	9
Tricladida	Planariidae	18	45	15	39	24	69	33	78
Coleoptera	Dytiscidae	17	21	19	33	15	19	11	14
	Elmidae	2	1	3	1	2	2	1	1
Trichoptera	Corydalidae	11	8	12	6	15	7	12	6
	Leptoceridae	69	17	78	22	84	24	66	14
	Hydrophlidae	5	2	6	3	7	5	1	2
	Polycentropodidae	11	13	15	12	17	12	14	6
	Philopotamidae	6	3	4	7	9	2	11	3

Basommatophora	Physidae	19	45	17	62	12	78	19	82
	Lymnaeidae	34	66	26	45	38	55	15	48
Total		417	478	433	512	449	497	382	498



Efecto de la contaminación hídrica por aguas residuales

en la diversidad de
macroinvertebrados
bentónicos del río Ichu,
Huancavelica - Perú.

Autores

-  Víctor Guillermo Sánchez Araujo
-  Pedro Antonio Palomino Pastrana
-  Wilfredo Sáez Huaman
-  Blanca Ninoska Flores Paucar
-  Nelson Silvestre Soto
-  Eycol Antonio Palomino Morales
-  Víctor Raúl Jurado Mamani

La contaminación hídrica por aguas residuales constituye una de las principales amenazas para la integridad de los ecosistemas acuáticos. Este estudio evalúa su efecto sobre la diversidad de macroinvertebrados bentónicos del río Ichu, Huancavelica - Perú, evidenciando cómo los vertimientos alteran la estructura y composición de estas comunidades bioindicadoras. Los resultados destacan la importancia de monitorear y conservar nuestros ríos para garantizar la salud ecológica y el bienestar de las poblaciones que dependen de ellos.

ISBN 978-628-97718-3-1

Editorial
CICI

CENTRO DE INVESTIGACIONES
Y CAPACITACIONES INTERDISCIPLINARES