



UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABAD DEL CUSCO

ESCUELA DE POSGRADO

MAESTRÍA EN CIENCIAS

MENCION ECOLOGÍA Y GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**INFLUENCIA DE LA PERTURBACIÓN EN LOS
MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO LUCRE QUISPICANCHI
CUSCO**

**PARA OPTAR AL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN
CIENCIAS MENCION ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL**

AUTOR

Br. CYNTHYA ALEGRE PALOMINO

ASESOR:

Mg. WILIAN NAZARIO CÁRDENAS ENRIQUEZ

CÓDIGO ORCID: N°0000-0003-2325-628X

CUSCO – PERÚ

2023

INFORME DE ORIGINALIDAD

(Aprobado por Resolución Nro. CU-303-2020-UNSAAC)

El que suscribe, Asesor del trabajo de investigación/tesis titulada: "Influencia de la
Presión en los cocimientos elaborados en el Río Taca Mispicanchi, Cusco"

presentado por: Bk. Cynthia Alejandra Palomares con DNI Nro.: 70303543

presentado por: con DNI Nro.:

para optar el título profesional/grado académico de Muestras en Ciencias
Mención Ecología y Gestión Ambiental

Informo que el trabajo de investigación ha sido sometido a revisión por 2 veces, mediante el Software Antiplagio, conforme al Art. 6° del **Reglamento para Uso de Sistema Antiplagio de la UNSAAC** y de la evaluación de originalidad se tiene un porcentaje de 6%.

Evaluación y acciones del reporte de coincidencia para trabajos de investigación conducentes a grado académico o título profesional, tesis

Porcentaje	Evaluación y Acciones	Marque con una (X)
Del 1 al 10%	No se considera plagio.	X
Del 11 al 30 %	Devolver al usuario para las correcciones.	
Mayor a 31%	El responsable de la revisión del documento emite un informe al inmediato jerárquico, quien a su vez eleva el informe a la autoridad académica para que tome las acciones correspondientes. Sin perjuicio de las sanciones administrativas que correspondan de acuerdo a Ley.	

Por tanto, en mi condición de asesor, firmo el presente informe en señal de conformidad y adjunto la primera página del reporte del Sistema Antiplagio.

Cusco, 22 de noviembre de 2023


.....
(Firma)

Post firma William Maza Condor Encinas

Nro. de DNI 48456517

ORCID del Asesor 0000-0003-2325-628X

Se adjunta:

1. Reporte generado por el Sistema Antiplagio.
2. Enlace del Reporte Generado por el Sistema Antiplagio: did:27259:292121508

NOMBRE DEL TRABAJO

TESIS_POSGR_CYNTHYA.pdf

AUTOR

Cynthia Alegre Palomino

RECUENTO DE PALABRAS

31519 Words

RECUENTO DE CARACTERES

166901 Characters

RECUENTO DE PÁGINAS

142 Pages

TAMAÑO DEL ARCHIVO

10.1MB

FECHA DE ENTREGA

Dec 4, 2023 6:19 AM GMT-5

FECHA DEL INFORME

Dec 4, 2023 6:21 AM GMT-5

● 6% de similitud general

El total combinado de todas las coincidencias, incluidas las fuentes superpuestas, para cada base de datos.

- 6% Base de datos de Internet
- Base de datos de Crossref
- 4% Base de datos de trabajos entregados
- 2% Base de datos de publicaciones
- Base de datos de contenido publicado de Crossref

● Excluir del Reporte de Similitud

- Material bibliográfico
- Material citado
- Bloques de texto excluidos manualmente
- Material citado
- Coincidencia baja (menos de 15 palabras)

DEDICATORIA

A mis queridos padres Hipólito y Delia, han sido el motor que impulsó este camino académico.

A mis Hermanas Angie Katherine y Linda Esthefani, por su amistad, cariño y apoyo incondicional.

A mi mayor tesoro y amor incondicional, Alisson; por ser participe en la consolidación de este objetivo y ser mi fuente de motivación.

AGRADECIMIENTOS

Al ser supremo al que debo mi existencia, por permitirme vivir cada instante con gratitud y alegría.

A mis padres, cuyo apoyo inquebrantable ha sido el faro que ha iluminado cada paso de mi vida. Su constante guía, consejo y amor incondicional han sido el pilar fundamental en mi camino.

Expreso mi más profundo agradecimiento al Mgt. Wilian Nazario Cardenas Enriquez, cuya confianza y apoyo fueron fundamentales en el desarrollo de este trabajo. Su aporte ha sido invaluable y ha marcado una diferencia significativa.

Agradezco enormemente a mis amigos y personas cercanas que contribuyeron al desarrollo de esta investigación. Su aliento, compañía y estímulo fueron un impulso vital para seguir adelante en este trayecto. Vuestra presencia en mi vida es un regalo invaluable.

ÍNDICE

RESUMEN.....	I
INTRODUCCION	II
CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA	
1.1 Situación Problemática.....	1
1.2 Formulación Del Problema	3
1.3 Justificación de la Investigación	4
1.4 Objetivos de la Investigación	5
CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL	
2.1 Bases Teóricas.....	6
2.1.1 Perturbación.....	6
2.1.1 Macroinvertebrados.....	10
2.2 Marco Conceptual	18
2.3 Antecedentes	19
CAPITULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES	
3.1 Hipótesis.....	24
3.2 Identificación de Variables e Indicadores	24
3.3 Operacionalización de Variables.....	24
CAPITULO IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA	
4.1 Materiales.....	25
4.2 Área de Estudio	26
4.2.1 Ubicación.....	26
4.2.2 Accesibilidad	26
4.2.3 Limites.....	28
4.2.4 Fisiografía.....	28
4.2.5 Hidrografía	28
4.2.6 Geología	29
4.2.7 Capacidad de uso mayor de suelo.	33
4.3 Metodología	42

4.3.1	Tipo y Nivel de Investigación	42
4.3.2	Unidad de Análisis	42
4.3.3	Población de Estudio	42
4.3.4	Tamaño de Muestra	42
4.3.5	Técnicas de Selección de Muestra.....	42
4.3.6	Técnicas de Recolección de Información.....	45

CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSIONES

5.1	Análisis, Interpretación y Discusión de Resultados.....	63
5.1.1	Riqueza de Familias	61
5.1.2	Índices de diversidad Alfa.....	64
5.1.3	Curvas de rango de abundancia.....	69
5.1.4	Diversidad beta.....	75
5.1.5	Índices Biológicos	79
5.2	Estadísticos Descriptivos de la Perturbación.....	80
5.2.1	Perturbación Total	81
5.2.3	Perturbacion natural	86
5.2.4	Perturbación Físicoquímica.....	88
5.2.5	Puntos y nivel de Perturbación	91
5.3	Relacion de la perturbacion con variables significativas.....	95
5.3.1	Correlación de la perturbación con diversidad e índices biológicos	95
5.3.2	Diferencias entre Niveles de Perturbación de Macroinvertebrados	98
5.3.3	Diferencias de Macroinvertebrados entre meses de Evaluación	103
5.3.4	Asociación de Macroinvertebrados por nivel de Perturbación.....	105
5.3.5	Modelos de Macroinvertebrados y Perturbación.....	107
CONCLUSIONES		111
RECOMENDACIONES		112
BIBLIOGRAFIA		113

INDICE DE TABLAS

Tabla 1. Operacionalización e indicadores de variables	24
Tabla 2. Datos de temperatura y precipitación de la estación meteorológica de Kayra, periodo 2002 – 2021.....	38
Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo	43
Tabla 4. Categorización del nivel de perturbación	50
Tabla 5. Categorización del nivel de perturbación total	52
Tabla 6. Clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias.	54
Tabla 7. Clasificación de la Calidad de Agua según el índice EPT.....	55
Tabla 8. Significado de los valores del índice biológico	55
Tabla 9. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/ Col. ...	56
Tabla 10. Lista de Macroinvertebrados por estación de muestreo.....	62
Tabla 11. Índices de diversidad de macroinvertebrados durante los meses de muestreo	64
Tabla 12. Índices de diversidad de macroinvertebrados por punto de muestreo	66
Tabla 13. Criterio de información de Akaike - AIC	69
Tabla 14. Índice de Jaccard por punto de muestreo.....	75
Tabla 15. Índice de Jaccard por meses de muestreo	78
Tabla 16. Índices biológicos para cada punto de muestreo	80
Tabla 17. Nivel de perturbación total	81
Tabla 18. Nivel de perturbación antrópica.....	84
Tabla 19. Nivel de perturbación natural	86
Tabla 20. Nivel de perturbación fisicoquímica.....	88
Tabla 21. Parámetros fisicoquímicos del río Lucre	89
Tabla 22. Nivel de perturbación en los puntos de muestreo	92
Tabla 23. Cuadro resumen de la valoración de la perturbación.....	93
Tabla 24. Prueba de Hipótesis para el número de individuos entre niveles de perturbación	98
Tabla 25. Diferencias e igualdades entre niveles de Perturbación.....	99
Tabla 26. Prueba de Hipótesis para la riqueza entre niveles de perturbación.....	99
Tabla 27. Comparaciones entre parejas de Nivel de Perturbación	100
Tabla 28. Prueba de Hipótesis para la diversidad entre niveles de perturbación.....	100

Tabla 29. Comparaciones entre pares de la diversidad con la perturbación	101
Tabla 30. Prueba de Kruskal-Wallis para la igualdad o diferencia por meses	103
Tabla 31. Prueba por pares, del número de individuos entre meses de evaluación	104
Tabla 32. Porcentaje de contribución de los componentes principales	105
Tabla 33. Modelos entre perturbación y variables explicativas.....	108
Tabla 34. Chi cuadrado entre la perturbación teórica y observada.....	109

INDICE DE FIGURAS

Figura 1.	Mapa de ubicación	27
Figura 2.	Climatodiagrama de la estación meteorológica de Kayra.	39
Figura 3.	Mapa de ubicación de puntos de muestreo.....	44
Figura 4.	Índices de diversidad de los macroinvertebrados.....	65
Figura 5.	Índices de diversidad por punto de muestreo	68
Figura 6.	Curva rango de abundancia del mes mayo.....	70
Figura 7.	Curva rango de abundancia del mes junio	71
Figura 8.	Curva rango de abundancia del mes julio	72
Figura 9.	Curva rango de abundancia del mes agosto	73
Figura 10.	Curva rango de abundancia del mes setiembre	73
Figura 11.	Curva rango de abundancia de todas las familias de macroinvertebrados	74
Figura 12.	Análisis cluster de familias de macroinvertebrados por puntos de muestreo	76
Figura 13.	Análisis cluster de las familias de macroinvertebrados por meses de muestreo ...	78
Figura 14.	Nivel de perturbación total.....	82
Figura 15.	Nivel de perturbación antrópica	84
Figura 16.	Nivel de perturbación natural	86
Figura 17.	Espacialización de la perturbación	94
Figura 18.	Relacion de perturbacion con variables significativas	95
Figura 19.	Relacion de las variables significativas con perturbación.....	96
Figura 20.	Correlación de la Perturbación con Variables Físicoquímicas.....	97
Figura 21.	Diferencias entre Niveles de Perturbación de Macroinvertebrados	102
Figura 22.	Cajas y bigotes de los meses por número de individuos, familias y diversidad .	105
Figura 23.	Componentes principales por nivel de perturbación.....	106

RESUMEN

El presente estudio fue realizado en la época de estiaje (mayo a setiembre) del 2022, en el río Lucre, Provincia de Quispicanchi, Cusco, con el objetivo de analizar el nivel de influencia de la perturbación en los macroinvertebrados. Para medir el nivel de perturbación se utilizó una escala psicométrica y para la colecta de macroinvertebrados, se usó una red de mano (D-net), con un total de 20 puntos de evaluación, distribuidos desde la Cuenca alta a la Cuenca baja.

Se colectaron un total de 15884 individuos distribuidos en 14 órdenes y 33 familias. Siendo las familias más dominantes *Baetidae*, *Chironomidae*, *Elmidae*, *Hyaellidae* y *Planariidae*; según el índice de diversidad alfa de Shannon, en el mes de setiembre presenta el mayor valor (2.586 bits) y en el mes de junio presenta la menor diversidad (2.368 bits).

La escala psicométrica, evidenció que los puntos de muestreo en la Cuenca alta del río Lucre presentan una perturbación baja, perturbación media en la Cuenca media y una perturbación alta en la Cuenca baja. Los parámetros fisicoquímicos analizados se encuentran dentro de los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua.

Hay diferencias estadísticas significativas entre los niveles de perturbación (alta, media y baja) en relación a la riqueza y diversidad de macroinvertebrados, siendo mayor en las zonas de perturbación alta. El análisis de componentes principales, reveló que la familia *Planariidae*, *Physidae* y *Hyaellidae* están asociados a lugares de perturbación alta, mientras que las familias *Blephariceridae*, *Leptophlebiidae* e *Gripopterygidae* están asociadas a lugares de perturbación baja y media. La familia *Baetidae*, es generalista y se le puede encontrar indistintamente. Finalmente, se reveló que las variables que explican en mejor medida la perturbación, son los fosfatos, número de individuos y el índice IBF.

Palabras clave: perturbación, macroinvertebrados, bits e IBF.

ABSTRACT

This study was conducted during the dry season (May to September) of 2022, in the Lucre River, Quispicanchi Province, Cusco, with the aim of analyzing the degree of influence of disturbance on macroinvertebrates. To measure the level of disturbance, a psychometric scale was used, and for the collection of macroinvertebrates, a hand net (D-net) was used, with a total of 20 sampling points distributed from the upper basin to the lower basin.

A total of 15884 individuals were collected, belonging to 14 orders and 33 families. The most dominant families were *Baetidae*, *Chironomidae*, *Elmidae*, *Hyaellidae*, and *Planariidae*. According to the Shannon alpha diversity index, the month of September showed the highest value (2.586 bits), and June exhibited the lowest diversity (2.368 bits).

The psychometric scale indicated that the sampling points in the upper Lucre River basin had low disturbance, moderate disturbance in the middle basin, and high disturbance in the lower basin. Meanwhile, the analyzed physicochemical parameters were within the Environmental Quality Standards for water.

There are statistically significant differences between disturbance levels (high, moderate, and low) in relation to the richness and diversity of macroinvertebrates, with higher diversity in areas with high disturbance. Principal component analysis revealed that the families *Planariidae*, *Physidae*, and *Hyaellidae* are associated with high-disturbance areas, while the families *Blephariceridae*, *Leptophlebiidae*, and *Gripopterygidae* are associated with low and moderate disturbance areas. The family *Baetidae* is a generalist and can be found indiscriminately. Finally, it was revealed that the variables that best explain disturbance are phosphates, the number of individuals, and the IBF index.

Keywords: disturbance, macroinvertebrates, bits, and IBF.

INTRODUCCIÓN

La influencia de las perturbaciones en los ecosistemas acuáticos ha sido un tema de creciente interés en la ecología durante las últimas décadas. En particular, los macroinvertebrados se han establecido, como un grupo de organismos clave en los ecosistemas fluviales debido a su sensibilidad a los cambios ambientales y a su papel en la estructura y función de las redes tróficas, como lo mencionan Roldan (2001) y Gamboa et al (2008).

El presente estudio fue realizado durante la época de estiaje, se analiza cómo influye la perturbación en la comunidad de macroinvertebrados en el río Lucre; considerado como el principal afluente de las lagunas de Waton y Pumaorqo, que conforman el Humedal Lucre-Huacarpay, sitio Ramsar que se destaca por su importancia ecológica y por los múltiples servicios ecosistémicos que ofrece. Entre estos servicios, se encuentra la protección y conservación de una gran diversidad biológica, siendo la avifauna la más representativa, con la presencia de 140 especies entre residentes, migratorias, ocasionales y temporales (Venero, 2018). No obstante, el río Lucre y su ecosistema asociado han sido afectados por diferentes tipos de perturbación en las últimas décadas, incluyendo la contaminación, extracción de recursos, urbanización y la agricultura intensiva (De La Torre, 2018)

El objetivo de esta investigación fue analizar la respuesta de la comunidad de macroinvertebrados a diferentes tipos de perturbaciones como la contaminación, alteración del hábitat y extracción de recursos, y determinar cómo estos factores afectan la diversidad, abundancia y composición taxonómica de los macroinvertebrados en el río Lucre. Se recolectó macroinvertebrados en veinte puntos de muestreo del río Lucre y se analizó diversos parámetros ecológicos, físico-químicos del agua y hábitat para caracterizar las condiciones ambientales.

Los resultados de este estudio serán útiles para entender los efectos de las perturbaciones en los ecosistemas fluviales y tomar decisiones en la conservación y restauración de estos hábitats. Además, la información generada servirá como base para futuras investigaciones en ecología fluvial y para el desarrollo de programas de monitoreo y evaluación de la calidad del agua en la cuenca del río Lucre.

CAPITULO I. PLANTEAMIENTO DEL PROBLEMA

1.1 Situación Problemática

Los ecosistemas acuáticos lenticos y loticos, son el hábitat de una gran diversidad de especies, incluyendo los macroinvertebrados. Estos organismos han sido ampliamente estudiados en Latinoamérica como bioindicadores debido a su alta sensibilidad a las condiciones ambientales y antrópicas que afectan su hábitat, el cual influencia en su composición y riqueza dando un alcance de las características fisicoquímicas del agua, su estudio aún es limitado a nivel mundial.

En el Perú, en los últimos años, el impacto ambiental sobre los recursos hídricos, afectan directamente a los macroinvertebrados, como la contaminación con aguas residuales municipales y agrícolas no tratadas proveniente de las actividades humanas, actividades mineras y la demanda del agua por el uso consuntivo (Alarcon, 2017 & ANA, 2017).

En particular, se han aplicado índices biológicos como Biological Monitoring Working Party - BWMP, Índice Biótico Andino - ABI y Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera - EPT (Vilca, 2022) que han demostrado ser herramientas eficaces para obtener resultados confiables, los mismos que permiten tener una visión más completa del estado ecológico de los ríos.

En la región del Cusco, el recurso hídrico es importante para el desarrollo económico, social y ambiental. En el río Lucre, las comunidades acuáticas específicamente los macroinvertebrados sufren perturbaciones de forma natural y antrópica, lo que conlleva cambios en su distribución, diversidad e influencia en los niveles tróficos superiores.

Particularmente en épocas de estiaje, el ecosistema acuático es más susceptible de sufrir impactos y enfrentar efectos negativos sobre los macroinvertebrados.

La deriva del agua para el riego de cultivos, ocasiona la fragmentación de hábitats disponibles para la biota acuática en la parte baja de río Lucre (De La Torre, 2018 & Guerrero, 2002). El uso doméstico, ganadero y la actividad piscícola a pequeña escala que se intensifica de manera rápida en la cuenca media y alta del río Lucre, el inadecuado manejo de los residuos sólidos y disposición de aguas residuales, incorporan contaminantes orgánicos e inorgánicos a lo largo del trayecto de la cuenca del río Lucre, lo que ha generado un impacto significativo en la comunidad de macroinvertebrados.

Dichas actividades, afectan la integridad ecológica poniendo en vulnerabilidad los macroinvertebrados; por ello, se plantea el presente estudio con la finalidad de analizar el nivel de perturbación en la comunidad de macroinvertebrados.

1.2 Formulación del Problema

1.2.1 Problema General

¿Cómo influye la perturbación natural y antrópica en la comunidad de macroinvertebrados del río Lucre?

1.2.2 Problemas específicos

- ¿Cuál es la composición, riqueza y diversidad de macroinvertebrados e índices biológicos en el río Lucre?
- ¿Cuál es el nivel de perturbación total en el río Lucre?
- ¿Cuál es el nivel de relación entre la perturbación y las variables (número de individuos, riqueza y diversidad) en el río Lucre?

1.3 Justificación de la Investigación

El crecimiento de la población de Lucre y Yanamanchi, la instalación de piscigranjas, disminución del caudal, flujo vehicular, el ingreso de contaminantes al río generado por los efluentes vertidos por las piscigranjas, vertimiento de residuos sólidos, modificación del caudal del río, son perturbaciones que influyen en la riqueza y diversidad de macroinvertebrados; por lo que, la presente investigación se enfoca en analizar el nivel de la perturbación en la comunidad de macroinvertebrados del río Lucre, el mismo que contribuirá a la toma de decisiones por las entidades e instituciones involucradas, formular planes de manejo ambiental, que permitan minimizar, compensar y controlar los efectos negativos de dichos impactos negativos, el mismo que pone en riesgo y acelera el proceso de eutrofización del Humedal Lucre – Huacarpay.

Los resultados permitirán establecer medidas de gestión y estrategias de manejo sostenible para la conservación del recurso hídrico, viabilizar recursos técnicos y financieros para la formulación e implementación de proyectos, haciendo participe a todos los actores de la cuenca y fortaleciendo sus capacidades en el monitoreo biológico con macroinvertebrados.

Así mismo, la información servirá como material de referencia y consulta para futuros estudios ecológicos similares, que se realicen en el río Lucre y otras cuencas. Ayudará a conocer la relación que existe entre el nivel de perturbación, la riqueza y diversidad de macroinvertebrados, para poder así constatar ciertas teorías ecológicas, que explican la alta diversidad como función de una perturbación intermedia.

1.4 Objetivo de la investigación

1.4.1 Objetivo General

Analizar el nivel de perturbación natural y antrópica en la comunidad de macroinvertebrados en el río Lucre, Quispicanchis, Cusco.

1.4.2 Objetivos Específicos

- Determinar la composición, riqueza y diversidad de macroinvertebrados e índices biológicos, en el río Lucre
- Evaluar el nivel de perturbación en el río Lucre
- Analizar la relación entre perturbación y las variables dependientes (número de individuos, riqueza y diversidad) en el río Lucre

CAPITULO II. MARCO TEÓRICO CONCEPTUAL

2.1 Bases Teóricas

2.1.1 *Perturbación*

Es denominada al cambio temporal y/o permanente de las condiciones ambientales del sistema, el mismo que genera una respuesta, alterando la dinámica de los ecosistemas y los factores abióticos y bióticos en un periodo de tiempo afectando directa o indirectamente en la biodiversidad y/o la biomasa de la comunidad (Pickett y White, 1985).

Según Saquicela (2010), una perturbación es toda acción que genera alteración, transformación y/o modificación dentro de una comunidad, su evaluación puede ser subjetiva a pesar de las observaciones que se cuantifican numéricamente.

La Comisión Económica para América latina y el Caribe (CEPAL, 1993) hace referencia que la perturbación es un agente o acción especialmente humana, que afecta un ecosistema más allá de su dinámica normal. La respuesta de un ecosistema es su cambio de estado más allá de su dinámica normal (como consecuencia de la perturbación), hasta un punto de máxima desviación desde su condición no perturbada.

La perturbación se puede caracterizar por distintos atributos como su frecuencia (número de eventos por unidad de tiempo), tasa de retorno (media de tiempo entre uno y otro), intensidad

(cantidad de energía liberada por unidad de área y tiempo), naturaleza intrínseca (diferencias cualitativas entre tipos de perturbaciones) y las sinergias que se producen entre las perturbaciones dominantes (Pickett & White, 1985; White & Jentsch, 2001).

La intervención directa del hombre quien actúa de manera sinérgica en la transformación del sistema ecológico, es denominada perturbación antrópica, quien modifica el estado natural y estructura del ecosistema. Se tiene como ejemplos, la contaminación, deforestación, incendios, fragmentación de hábitats, uso de plaguicidas y herbicidas, explotación de recursos, cambios de usos de suelo, ganadería, etc. (Ramos et al., 2009); el mismo que afecta a la estructura y funcionalidad del sistema, haciéndolos más vulnerables a los macroinvertebrados poco tolerantes, pudiendo ser reemplazos por especies más tolerantes a las condiciones del medio.

A comparación de las perturbaciones naturales, que son eventos (terremotos, derrumbes, incendios, caída de árboles, etc.) que suceden a escalas temporales, modifican el estado físico o la estructura de un ecosistema, comunidades o población, reiniciando procesos de regeneración y sucesión (Pickett & White, 1985).

La perturbación que afecta a la fauna acuática, puede ser de diferente tipo, como cambios en la calidad del agua, disponibilidad de alimentos o por la presencia de depredadores o competidores, teniendo como efecto, la muerte de los organismos sensibles, cambios en su distribución, disminución de la población y pérdida de la biodiversidad.

La perturbación y el disturbio son conceptos fundamentales en ecología que describen eventos que pueden influir en la dinámica y el funcionamiento de los ecosistemas; por ello, es preciso mencionar que los disturbios suelen ser eventos más intensos y severos el cual resulta en una alteración significativa de la estructura y dinámica del ecosistema, como la alteración de las cadenas tróficas, modificación de los patrones de sucesión ecológica, etc.; es decir, pueden tener

un impacto a largo plazo en la biodiversidad y estabilidad de los ecosistemas (Flori, et al, 2020; Netto & Lana, 1994).

Por lo tanto, las perturbaciones son eventos que pueden alterar temporalmente un ecosistema, mientras que los disturbios son perturbaciones más intensas que causan cambios significativos y pueden tener un impacto más duradero en el ecosistema.

2.1.1.1 Perturbaciones que afectan a la biota acuática.

Karr (1991) identifica cinco variables que afectan directamente a la integridad biótica:

- a. Calidad del Agua:** está referida a las características físicas, químicas y biológicas del agua.
- **Temperatura:** La temperatura del agua es un parámetro crucial en el control del proceso metabólico de los ecosistemas (Griffiths et al., 2013), ya que afecta directamente la solubilidad de gases, la concentración de oxígeno disuelto, el pH y la conductividad (Generalitat, 2018). Estos factores, a su vez, ejercen una gran influencia en la estructura de la comunidad acuática
 - **Oxígeno disuelto:** parámetro importante para el desarrollo de la vida y la actividad metabólica de los organismos. La oxigenación se da por la solubilidad del oxígeno atmosférico y del proceso fotosintético, relacionado directamente con la temperatura y la actividad biológica; es decir, la disminución de la concentración de oxígeno ocasiona cambios en las poblaciones de organismos acuáticos (Generalitat, 2018).
 - **Conductividad eléctrica:** es la concentración de sales e iones disociada como el bicarbonato, magnesio, sulfatos (Generalitat, 2018), su incremento tiene efectos negativos como la reducción de la biodiversidad acuática.

- **pH:** determinada por la acidez y/o alcalinidad del agua, relacionada a los procesos químicos y biológicos valores por encima de 6 es óptimo para el desarrollo de la vida acuática.
- **Turbidez y sólidos Totales:** relacionada a la cantidad partículas en suspensión. La turbidez se mide por el nivel de transparencia y los sólidos totales está relacionada por el contenido de sustancias orgánicas e inorgánicas, dichos parámetros implican una disminución de la entrada de la luz (Generalitat, 2018).
- **Nitratos y nitritos:** su concentración depende del proceso de dilución de rocas y minerales, excretas de animales, efluentes industriales y fertilizantes nitrogenados.

b. Estructura del Hábitat:

- **Tipo de sustrato:** las poblaciones de macroinvertebrados pueden encontrarse enterrados, adheridos sobre piedras, rocas, restos vegetales, vegetación ribereña, sumergida, fondos lodosos, otros nadan libremente (Roldan y Ramirez, 2022).
- **Velocidad de la corriente:** la composición de macroinvertebrados es muy variada en zonas de rápidos, lentos y profundos, lentos y someros y rápidos y somero, algunas especies presentan estructuras como ventosas o ganchos para fijarse en algún tipo de sustrato (Encalada et al., 2011).

c. Régimen del Flujo: está referido al volumen de agua y variaciones temporales del caudal, donde la variabilidad climatológica e hidrológica influye en la variación espacio temporal (estacional, anual diaria) de los macroinvertebrados, donde a mayores caudales las comunidades bénticas son arrastrados (Beaulieu et al., 2013).

- d. Fuentes Energéticas:** la cantidad y tipo de materia orgánica entrante, son los suministros energéticos en el sistema y está sujeto a cambios temporales. Según la dinámica de las comunidades bióticas, los macroinvertebrados ejercen dominio sobre el metabolismo del ecosistema fluvial (Rodriguez, 2017) interpretado como el buen funcionamiento ecosistémico.
- e. Interacciones Bióticas:** las interacciones biológicas como la competencia, depredación, parasitismo, mutualismo, sumado a ello la alteración del hábitat producto de las perturbaciones, influyen en la transferencia de energía de un organismo a otro.

2.1.1 Macroinvertebrados

Los macroinvertebrados acuáticos son organismos que carecen de espina dorsal, son visibles a simple vista alcanzando tamaños que varía de 0.5mm hasta 5.0mm (Roldan & Ramirez, 2022). Dichos organismos participan en los procesos ecológicos del sistema acuático; a nivel energético, se alimentan de detritos producto de la descomposición de materia orgánica y transfieren energía a los niveles tróficos superiores de la cadena alimenticia (Batzer y Boix, 2016; Hanson et al., 2010); así mismo controlan la productividad primaria siendo fundamental la participación de los fragmentadores, filtradores (Simuliidae) (Wallace y Webster, 1996).

Las condiciones fisicoquímicas del agua como la turbidez, luz, temperatura, pH y oxígeno disuelto, influyen en la composición y riqueza de la comunidad de macroinvertebrados (Boix et al., 2007), siendo extremadamente sensibles a perturbaciones o disturbios como crecidas del río o la calidad del agua, como consecuencia de algún tipo de contaminación (Alba-Tercedor, 1996; Rosenberg et al., 1993) o resulta de su comportamiento al escapar de sus depredadores o en busca de alimento.

Según (Hanson et al., 2010), el ciclo de vida de las especies es muy variable, influenciado por factores ambientales, como la temperatura del agua y la disponibilidad de alimento, y puede

variar desde pocas semanas hasta varios años, por ejemplo, la ninfa de la familia *Ephemeroptera*, está directamente influenciado por la alimentación, temperatura e iluminación (Brittain, 1982).

Su sistema respiratorio presenta estructuras para obtener oxígeno, denominado espiráculos; donde, las larvas y pupas de la familia *Culicidae*, larvas y adultos de la familia *Dysticidae* obtienen oxígeno de la superficie del agua, mientras que los chinches y adultos de escarabajos llevan el aire en su cuerpo para sumergirse, saliendo a la superficie cuando se agota. Los adultos de la familia *Dryopidae* y *Elmidae*, llevan una película permanente de aire denominado Plastron que capta el oxígeno del agua. Otras familias tienen extensiones cuticulares llamadas branquias espiraculares, branquias traqueales (presente en estadios inmaduros y aguas cálidas) (Hanson et al., 2010).

Referente al modo de vida, (Hanson et al., 2010) mencionan que algunos macroinvertebrados viven en la superficie del agua llamándose **Neuston** (como las familias *Hydrometridae*, *Gerridae* y *Veliidae*) o nadan libremente como los **Necton** (*Notonectidae*, *Gyrinidae*, *Corixidae*, *Baetidae* y *Dysticidae*) u otros que viven enterrados en el fondo lodoso o arenoso o sobre algún tipo de sustrato como paquete de hojas (consumiendo tejidos vegetales muertos y vivos), plantas acuáticas, rocas, troncos, cantos, siendo común encontrar a las familias Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Megaloptera, Díptera, Mollusca, etc. La familia *Blephariceridae* se les puede encontrar adheridos a rocas y otros adheridos a la vegetación emergente o sumergida como del orden Odonota (Alvarez, 2005) denominándose **bentos**.

Según su locomoción, (Hanson et al., 2010), estos pueden ser:

- ❖ **Buceadores:** obtienen el oxígeno de la superficie del agua y poseen un cuerpo que les permite desplazarse sin dificultad en el medio líquido donde habitan y se alimentan, como los chinches y adultos de las familias *Dytiscidae* e *Hydrophilidae*.

- ❖ **Trepadoras:** como las ninfas de la familia Odonata que se encuentran adheridos sobre la vegetación acuática.
- ❖ **Nadadores:** tienen la capacidad de vivir permanentemente bajo el agua porque poseen un cuerpo hidrodinámico y un abdomen aplanado para impulsarse y nadar libremente, como las familias *Baetidae* y *Leptophlebiidae*.
- ❖ **Agarradores:** algunas especies presentan estructuras para sostenerse sobre algún sustrato, como la Familia *Elmidae* que presentan uñas largas, la familia *Megaloptera* y algunos *Trichoptera* presentan ganchos en el abdomen. Otros presentan ganchos e hilos de seda que se encuentra en el disco anal como la familia *Simuliidae* y ventosas como la familia *Blephariceridae*. La familia *Chironomidae*, *Trichoptera* y *Lepidoptera*, secretan hilos de seda para construir casitas y refugios y pegarlas sobre algún tipo de sustrato.
- ❖ **Reptadores:** la familia *Ephemeroptera* aprovecha la corriente y sustrato dejándose arrastrar cuando el medio que habita es perturbado; así mismo, se arrastran sobre cualquier sustrato o tejido vegetal como *Plecoptera*, *Trichoptera* y *Odonata*.

El tipo de alimentación varía según el ciclo de vida de las especies, identificándose a los desmenuzadores de tallos, hojas, raíces como los quironómidos; carnívoros (siendo depredadores, parasitoides y parásitos) como las larvas de *Gyrinidae*, *Dysticidae* y los Odonotos. Los fragmentadores se alimentan de tejidos vegetales muertos incluyendo algas, bacterias, protozoos, rotíferos y hongos que complementan su dieta se les denomina micróvoros (Roldan & Ramirez, 2022) como los tricópteras y quironómidos; los filtradores presentan estructuras especializadas para aprovechar las partículas finas del agua (<1mm), fitoplancton y zooplancton como la familia *Simuliidae*, y los raspadores que se alimentan de algas y microbios adheridos a las rocas u otros

sustratos como las familias *Ephemeroptera*, *Trichoptera* y algunos gasterópodos (Hanson et al., 2010).

Roldán (2016), manifiesta que la composición de la comunidad de macroinvertebrados, describe la calidad de los ecosistemas acuáticos; por ello, dichos organismos se utilizan como parte integral del monitoreo del agua.

Según (Alvarez, 2005; Encalada et al., 2011), el empleo de macroinvertebrados como bioindicadores se viene incrementando; por las siguientes razones:

- Por tener amplia distribución geográfica y niveles de respuesta frente a variables ambientales
- Las técnicas de muestreo son fáciles y estandarizadas
- La posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- Las poblaciones exhiben límites de tolerancia provocando la disminución o desaparición de acuerdo a los niveles de sensibilidad.
- Algunas especies tienen ciclos de vida largos, pudiéndose evaluar los efectos acumulativos de diferentes contaminantes en el tiempo que llevan presentes en el ecosistema.
- Permite evaluar la capacidad de respuesta del medio (magnitud del impacto y recuperación), y los resultados son fáciles de interpretar.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y económica.

2.1.1.1 Composición de Macroinvertebrados.

Según Alvarez (2005); Encalada et al. (2011); Hanson et al. (2010); Peralta et al. (2015); Roldán (1996), está conformado por:

- **Clase Turbellaria:** organismos de cuerpo plano y vida libre presentes en agua dulce o mar, la mayoría son hermafroditas y de reproducción sexual, su locomoción se realiza sobre sustrato y se alimentan de otros invertebrados, siendo tolerantes a la contaminación de origen orgánico. Está presentes la familia *Planariidae*,
- **Clase Hirudinea:** o sanguijuelas de cuerpo aplanado dorsiventralmente con manchas oculares agrupadas en medio del extremo anterior del cuerpo y con una ventosa anterior el que le permite fijarse sobre el sustrato y desplazarse. Son cosmopolitas y el tamaño de las especies dulceacuícolas varia de 1mm hasta algunos centímetros, son tolerantes a bajas concentraciones de oxígeno siendo indicadoras de aguas eutrofizadas; son detritívoros de sedimentos, depredadores, ectoparásitos y algunas especies con hábitos hematófagos. Viven en aguas tranquilas o estancadas sobre rocas o vegetación circundante.
- **Clase Oligochaeta:** organismos cosmopolitas conocidos por sus múltiples segmentos y por la presencia de prostomio y persitomio, su tamaño vario de 1 a 30 mm., se encuentran presentes en aguas corrientes, estancadas y eutrofizadas sobre sedimentos, piedras o vegetación acuática, son detritívoras y muy pocas veces depredadoras, llegando a vivir 120 días en condiciones anaerobias en laboratorio.
- **Clase Gasterópoda:** son diversos en el mundo aproximadamente el 5% viven en ambientes continentales, se caracterizan por la presencia de una cochinilla calcárea. Su tamaño, varia de 2mm hasta 70mm (Pennak, 1978), se alimentan de algas y/o bacterias adheridas a los sustratos. Son prosobranquios y heterobranchia, presentando este último conchas más delgadas y pequeñas, son hermafroditas y los huevos son depositados en masas gelatinosas, sobre rocas, palos y hojas siendo indicadoras de aguas duras y alcalinas, viviendo en

ambientes con poca cantidad de oxígeno disuelto, aguas quietas y poco profundas; las familias presentes son *Physidae*, *Planorbidae*, *Lymnaeidae* y *Ancylidae*.

- **Clase Crustacea:** son cosmopolitas y el 20% de orden Amphipoda, están presentes en ambientes acuáticos continentales, son de cuerpo comprimido con tamaños de 2.5 a 20 mm, viven sobre la vegetación acuática, hojarasca, pudiendo ser herbívoros, detritívoros, depredadores u omnívoros, la familia representante es la Hyalellidae, presentes en sustratos arenosos, en cobertura ribereña con buena concentración de oxígeno.
- **Clase Insecta:** conocidos como insectos, son el grupo más abundante y diverso de macroinvertebrados, son organismos donde la cabeza, tórax y abdomen están bien diferenciados.
- **Orden Ephemeroptera:** organismos cosmopolitas con estadios inmaduros (ninfas) acuáticos, que viven en aguas corrientes o estancadas, siendo abundantes en paquetes de hojas, rocas, fondos arenosos. Los adultos son terrestres – voladores (viven pocas horas o días). Se caracterizan por presentar de 2 a 3 filamentos terminales y branquias abdominales; son herbívoros alimentándose de detritos (recolectores) relacionándose a cuerpos de aguas saludables y bien oxigenadas. En el Perú se tiene registro de 60 especies (Dominguez et al., 2012) y las familias presentes son *Baetidae* y *Leptophlebiidae*.
- **Orden Odonata:** conocidos como libélulas o caballitos de mar, los estadios inmaduros (ninfas) son acuáticos por un periodo entre 2 meses a 3 años, para luego ser adultos terrestres y voladores, son depredadores por su visión aguada y viven en el fondo o la vegetación sumergida, pozos, pantanos, ríos de corrientes lenta poco profundas; son indicadoras de aguas limpias y ligeramente eutrofizadas.

- **Orden Plecoptera:** su tamaño varía de 10 a 30 mm, de color amarillo pálido, viven en aguas oxigenadas y rápidas, relacionándose a cuerpos de agua saludable. Se encuentran adheridas a piedras, troncos, ramas y hojas, se alimentan de otros organismos acuáticos (depredadores). Su respiración es por medio de branquias torácicas ventrales y laterales y está representado por las familias *Gripopterygidae* y *Perlidae*.
- **Orden Hemiptera:** conocidos como chinches de agua, son considerados cosmopolitas que viven en remansos de ríos, quebradas, lagos, lagunas, presentan estructuras para captar oxígeno de la atmósfera. Son hemimetábolos (ciclo de vida huevo-ninfa-adulto) acuáticos o semiacuáticos. Son especies depredadoras (se alimentan de microcrustáceos e insectos) y la familia *Corixidae* se caracteriza por ser detritívora.
- **Orden Tricoptera:** organismos cosmopolitas, en el Perú se han registrado 288 especies, los adultos son terrestres y voladores y los estadios inmaduros (larva) son acuáticos que viven en aguas continentales, frías, rápidas, limpias y oxigenadas otras viven en remansos de ríos y quebradas. Construyen refugios de diversas formas sobre piedras, troncos y material vegetal, desarrollándose hasta en dos años. Se alimentan de algas y materia vegetal, algunas especies son filtradores y depredadores como la familia *Hydrobiosidae* y otros son carnívoros; son excelentes indicadores de aguas oligotróficas.
- **Orden Coleóptera:** grupo de insectos más diversos del mundo con hábitos depredadores, herbívoros y detritívoros, siendo cosmopolitas con metamorfosis completa, las larvas son muy diferentes a los adultos, con ciclos de vida (huevo-larva-pupa y adulto) que puede durar hasta años; viven en aguas continentales como zonas ribereñas, quebradas, riachuelos, charcas, embalses, represas, etc. nadando libremente sobre la vegetación o algún sustrato (por ejemplo la familia *Elmidae* en estado adulto se les puede encontrar en

días calurosos y en la mañana, sobre rocas o troncos que se encuentran en los ríos; las familias *Dytiscidae*, *Hidrophilidae*, pueden encontrarse en zonas lenticas con valores por encima de lo normal de los parámetros de conductividad, temperatura y dióxido de carbono.

- **Orden Díptera:** grupo de insectos holometábolos más evolucionados, de tamaños variables, se les puede encontrar en ríos, quebradas, en ambientes lenticos y loticos de hábitos detritívoros o filtradores y algunos depredadores. Respiración a través de una cutícula, sifones, agallas traqueales o pigmentos respiratorios para sobrevivir en lugares poco oxigenados. Indicadoras de agua limpia como la familia *Blepharoceridae* y *Simulidae* e indicadores de contaminación como la familia *Tipulidae*, *Syrphidae*, *Culicidae* y *Chironomidae*.

2.2 Marco Conceptual

- **Bentos:** organismos que se entierran en la arena, se adhieren a las rocas o los que caminan sobre el fondo, como los poliquetos y los cangrejos, son organismos bentónicos (Roldan & Ramirez, 2022).
- **Bioindicador:** especie o grupo de especies, ya sean animales, vegetales o microorganismos, que presentan un nivel de tolerancia a uno o varios factores medioambientales de origen antrópico o natural (Gamboa et al, 2008).
- **Biomonitoreo:** En los ecosistemas continentales (lenticos y loticos) habitan organismos como peces, invertebrados, bacterias o algas, los mismos que sufren impactos por acción antrópica y natural; su estudio nos da un panorama del estado ecológico actual o nivel de alteración del medio acuático llegando a obtener información del grado de eutrofización y/o contaminación (Roldán, 1996).
- **Ecosistema Acuático:** es una unidad ecológica funcional que posee interacciones entre sus diversos componentes tanto bióticos como abióticos que sufren cambios, adaptaciones, disminuye su población o migran, si los caudales y la calidad del curso de agua fluctúa (Roldan & Ramirez, 2008).
- **RAMSAR:** convenio internacional que tiene como objetivo conservar la biodiversidad para garantizar las funciones ecológicas e hidrológicas y promover su uso sostenible de los humedales. En la actualidad, el Perú cuenta con 13 sitios RAMSAR, el Humedal Lucre – Huacarpay, es uno de ellos reconocido el 23 de septiembre del 2006 por UNESCO siendo un ecosistema de importancia que protege aves residentes, migratorias y ocasionales y presta múltiples servicios ambientales y demás valores asociados de interés cultural, paisajístico y ambiental. <https://rsis.ramsar.org/es/rsis/1627>

2.3 Antecedentes

Internacionales

- **Velez (2019)**, en este estudio se evaluaron los efectos de las perturbaciones antropogénicas (actividad turística) y naturales (temperatura, salinidad, oxígeno disuelto, pH, granulométrica y materia orgánica) sobre la comunidad macro béntica en tres playas arenosas de San Vicente en Ecuador. Se recolectaron 3738 individuos, pertenecientes a 33 grupos taxonómicos, siendo la clase molusca la más abundante con un 59%.

Los resultados indican que la salinidad tiene una correlación significativa ($p=0,01$) y tiene un efecto sobre las variables de diversidad (Shannon), riqueza de Margalef, riqueza específica y equidad de bentos, en comparación con la actividad turística. Además, se demostró que la diversidad de Shannon es estable, el índice de Margalef y la riqueza específica son estables pero temporales, y que la afluencia turística tiene un efecto negativo sobre la comunidad macro béntica ($W=-0.103$). Por lo tanto, las perturbaciones antropogénicas, como la actividad turística, pueden tener efectos negativos en la comunidad macro béntica, aunque los resultados de este estudio sugieren que los efectos de las perturbaciones naturales, como la salinidad, pueden tener un impacto aún mayor.

- **Galeano y Mancera (2018)**, evaluaron los efectos de la deforestación en la comunidad de macroinvertebrados en 12 estaciones. Se colectaron 8370 individuos pertenecientes a 80 taxones, siendo el orden Tricoptera, el más abundante. La mayor abundancia (6758 individuos) y diversidad (3.03bits), se dio en zonas no perturbadas. Las únicas variables que presentaron diferencias significativas fueron el pH ($p<0,001$) y temperatura ($p=0.014$), en comparación con otras variables. Se observó que la variabilidad funcional de las

estaciones alteradas, se caracterizó por la dominancia de colectores-filtradores (27.5%), mientras que, en estaciones no perturbadas, dominaron los colectores-recolectores/raspadores (27.2%); por tanto, la deforestación condiciona la diversidad taxonómica y funcional de ensamble de los macroinvertebrados.

- **Ribera et al. (2010)**, estudiaron la composición de macroinvertebrados en el humedal de Jaboque, relacionados al sedimento y la vegetación acuática flotante: donde, se identificó 27 familias, siendo las más abundantes *Glossiphoniidae*, *Hyalellidae* y *Asellidae*. Recolectaron 2001 y 1480 individuos, el que representa el 31% y 22% del total para la época seca y lluvias respectivamente. Estadísticamente, la abundancia es no significativo entre periodos de evaluación ($p = 0.6$) y entre las estaciones de muestreo ($p = 0.14$); pero si hay diferencias numéricas debido a la variación estacional (época de lluvias – menor disponibilidad de hábitats), que condicionan la presencia o ausencia de algunos macroinvertebrados. Según el análisis de componentes principales, las variables (sólidos en suspensión, oxígeno disuelto y amonio) explican mejor la diversidad de macroinvertebrados; así mismo, las condiciones eutróficas favorecen la abundancia de *Glossiphoniidae* y *Tipulidae*.
- **Correa et al. (2010)**, registro 15 taxones, dominando familias tolerantes a la contaminación y altas concentraciones de materia orgánica como *Chiliniidae*, *Chironomidae* y *Hyalellidae*. Estadísticamente, existe diferencia significativa en la composición y abundancia de los taxones en los puntos de muestreo (zona pre-urbana, urbana y post-urbana) y los parámetros fisicoquímicos, tienen relación directa sobre los macroinvertebrados, concluyendo que los macroinvertebrados son sensibles a perturbaciones de origen antrópico.

- **Guerrero et al. (1999)**, evaluaron la distribución de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en términos de densidad y biomasa en el río - Chicamo – España, de características semiáridas durante la época de estiaje (julio – agosto). El grupo de colectores y raspadores presentan valores altos de densidad (21838 ind/m²), mientras que los depredadores (coleópteros) representan un mayor aporte de biomasa al sistema; además, la concentración de fosforo reactivo soluble en el agua no influye en la densidad ni distribución de los organismos.

Nacionales

- **Arana et al. (2021)**, identificaron un total de 56 taxones distribuidos en los órdenes Coleoptera, Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera, Diptera, Hemiptera, Megaloptera, Odonata, Decapoda y Acari, en un rango altitudinal que va desde los 398 msnm hasta los 2411 msnm., a lo largo del río Alto Madre de Dios. Se encontró que la mayor composición y abundancia de familias se presentó en gradientes de 1000 a 500 msnm., siendo las familias de *Chironomidae*, *Baetidae* y *Thraulodes*, las más abundantes.

A través del análisis multivariado, se relacionaron las variables ambientales como los datos fisicoquímicos del agua y el hábitat fluvial. Se encontró que la velocidad de la corriente y la profundidad del río, son las variables de mayor importancia en la distribución de los macroinvertebrados. Además, se observó que los valores de pH (4,4 – 8.8), temperatura (16,1 – 29°C), CE (26 – 188 μ S/cm), aumentaron a medida que la gradiente disminuyó.

- **Roncal (2018)**, realizó la caracterización fisicoquímica del agua y macroinvertebrados bentónicos en siete puntos de muestreo de los ríos Perlamayo y Tacamache en Cajamarca,

identificando 6 órdenes, 16 familias destacando *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Leptoceridae*, *Hydrobiosidae*, *Hyaellidae* y *Chironomidae*. Aplicando el índice BMWP/Col, tiene una calidad crítica y con índice ABI y CERA presenta una calidad moderada; según los parámetros como temperatura, pH conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto, estas no cumplen los Estándares de calidad ambiental para el Agua.

Locales

- **Camargo (2022)**, realizo la evaluación de la integridad ecológica ribereña en la cuenca del río Ramuschaca – Zurite – Cusco, determinándola como buena por la capacidad de resiliencia frente a perturbaciones. Para la calidad ecológica se identificaron 31 familias con un total de 6331 individuos, con una calidad de buena en la cuenca alta, regular en la cuenca media y pésima en la cuenca baja. El índice de hábitat fluvial – IHF, tiene un nivel de muy buena en la cuenca alta a no llega a buena en la cuenca baja y la calidad del agua va de excelente a regular.
- **De La Torre (2018)** †, describe que la colmatación de la laguna de Huacarpay ha tenido un impacto negativo en el ecosistema acuático. La acumulación de sedimentos que es transportado por río Lucre y la inadecuada operación de las pozas de oxidación han contribuido a la disminución del espejo de agua y al crecimiento excesivo de plantas acuáticas como la tifa “*Typha domingensis* y *Typha angustifolia*” y la totora “*Scirpus californicus* y *Scirpus americanus*”, reduciéndose el espejo de agua hasta un 6.10 Ha al 2017, pasando a un estado de eutrofización moderada. Colecto tres clases de invertebrados como insectos, moluscos y crustáceos, dominado por el género *Hyaella* con 59.4%.
- **Quispe y Salas (2017)**, evaluaron las características fisicoquímicas, bacteriológicas y concentración de metales pesados (plomo, cromo) en el río Jaquira, encontrándose dentro

de los parámetros de los ECAs para la categoría 3 y 4, a excepción de DBO (36.7 y 114.2 mg/L) y sólidos totales (1125 y 1261.9 mg/L) durante la época de secas y lluvias. Según el índice biótico andino, el río Jaquira califica como calidad mala con un valor de 43.67, registrándose 17 y 23 familias de macroinvertebrados en época de secas y lluvias respectivamente, dominado por la orden díptera (44%).

- **Ttupa (2016)**, realizó la valoración ecológica – económica del recurso hídrico en el humedal Lucre – Huacarpay, indica que el principal factor que influye en el deterioro de la calidad ecológica es la actividad antrópica (agrícola, ganadera, recreación, comercio y piscigranjas). Así mismo, los puntos de muestreo en el centro poblado de Lucre y antes de su desembocadura, la riqueza y diversidad de macroinvertebrados bentónicos registrados, denota una calidad ecológica muy malo en el recurso hídrico; así mismo los parámetros de temperatura, pH, oxígeno disuelto y solidos disueltos se encontraron dentro de la calidad ambiental para la categoría 4 (D.S N°002-2008-MINAN). Según la evaluación de calidad del Índice de Hábitat Fluvial (IHF) presenta una alta diversidad de hábitat en el río Lucre y baja diversidad de hábitat en el efluente. El índice de la calidad de la vegetación de ribera andina denota mala calidad, vegetación de ribera con una alteración fuerte en el río Lucre y calidad intermedia en el efluente con un estado ecológico de muy bueno a bueno respectivamente.

CAPITULO III. HIPÓTESIS Y VARIABLES

3.1 Hipótesis

Hipótesis de investigación

“Existe diferencias de la diversidad y riqueza de especies de macroinvertebrados en relación al nivel de perturbación”.

Hipótesis estadística

H₀: El nivel de perturbación no influye en la diversidad alfa de macroinvertebrados

H_A: El nivel de perturbación influye en la diversidad alfa de macroinvertebrados

3.2 Identificación de variables e indicadores

Variable Independiente

- Nivel de perturbación

Variable Dependiente

- Macroinvertebrados

3.3 Operacionalización de variables

Tabla 1. Operacionalización de variables e indicadores

Variable	Tipo	Definición Conceptual	Definición Operacional	Valor	Indicador	Unidad De Medida
Diversidad de macroinvertebrados	Cuantitativo Continua	Organismos invertebrados que carecen de espina dorsal, con tamaños $\geq 1\text{mm}$.	Relación de número de individuos y especies	0-1	Diversidad baja	Bits
				1.1 - 1.5	Diversidad media	
				> 1.5	Diversidad alta	
Nivel de perturbación	Cualitativa Compleja	Cambio temporal y/o permanente de las condiciones ambientales de un sistema	Sumatoria de las perturbaciones antrópicas, natural y fisicoquímica.	> 9.1	Perturbación alta	Unidad
				4.1 - 9	Perturbación media	
				0 - 4	Perturbación baja	

CAPITULO IV. MATERIAL Y METODOLOGÍA

4.1 Material

4.1.1 *Material de campo*

- Equipo HANNA 98190 para pH
- Equipo HANNA HI 9835 para conductividad, temperatura y solidos totales
- Equipo HACH 2100Q para turbiedad
- Reactivos para determinar fosfatos
- Termómetro
- Receptor de sistema de posicionamiento global – GPS (GARMIN)
- Red tipo D para la colecta de macroinvertebrados
- Cámara fotográfica
- Lupa
- Etiquetas
- Pinzas o estiletes
- Bandeja de plástico (20 x 30 cm)
- Frascos de vidrio – viales
- Plumón marcador
- Alcohol al 70%
- Botas de goma
- Tablero
- Libreta de campo

4.1.2 *Material de gabinete*

- Microscopio de campo claro o estereoscopio
- Claves y guías de identificación
- Placas Petri
- Laptop Lenovo
- Bibliografía
- Software: ArcGis 10.5, SPSS y RStudio

4.2 Área de Estudio

4.2.1 Ubicación

- **Ubicación política**

Región	: Cusco
Provincia	: Quispicanchi
Distrito	: Lucre.

- **Ubicación geográfica.**

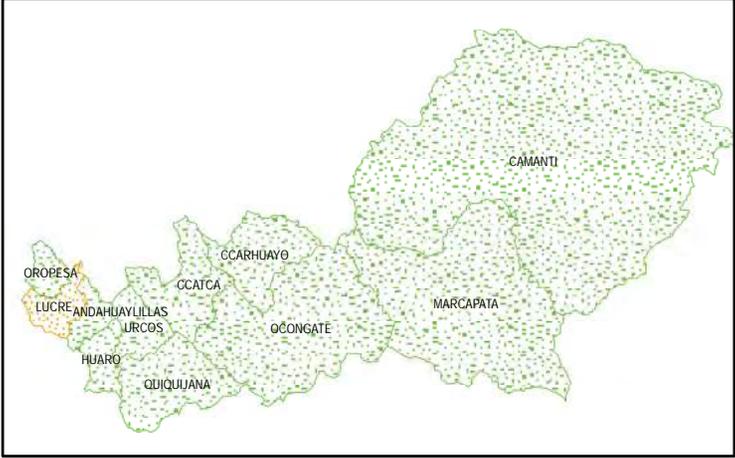
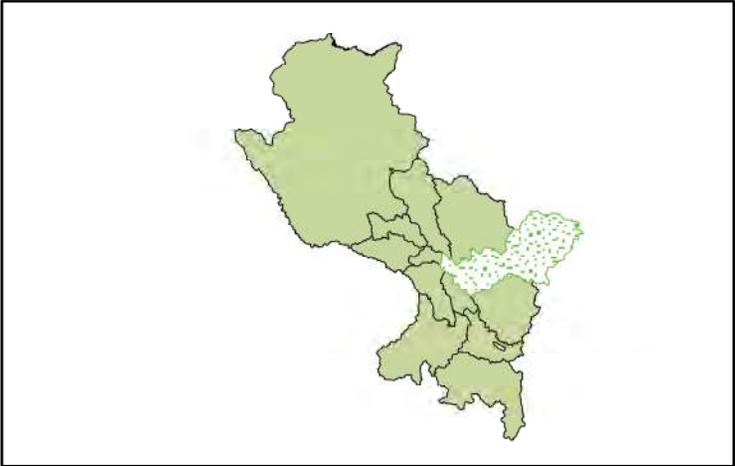
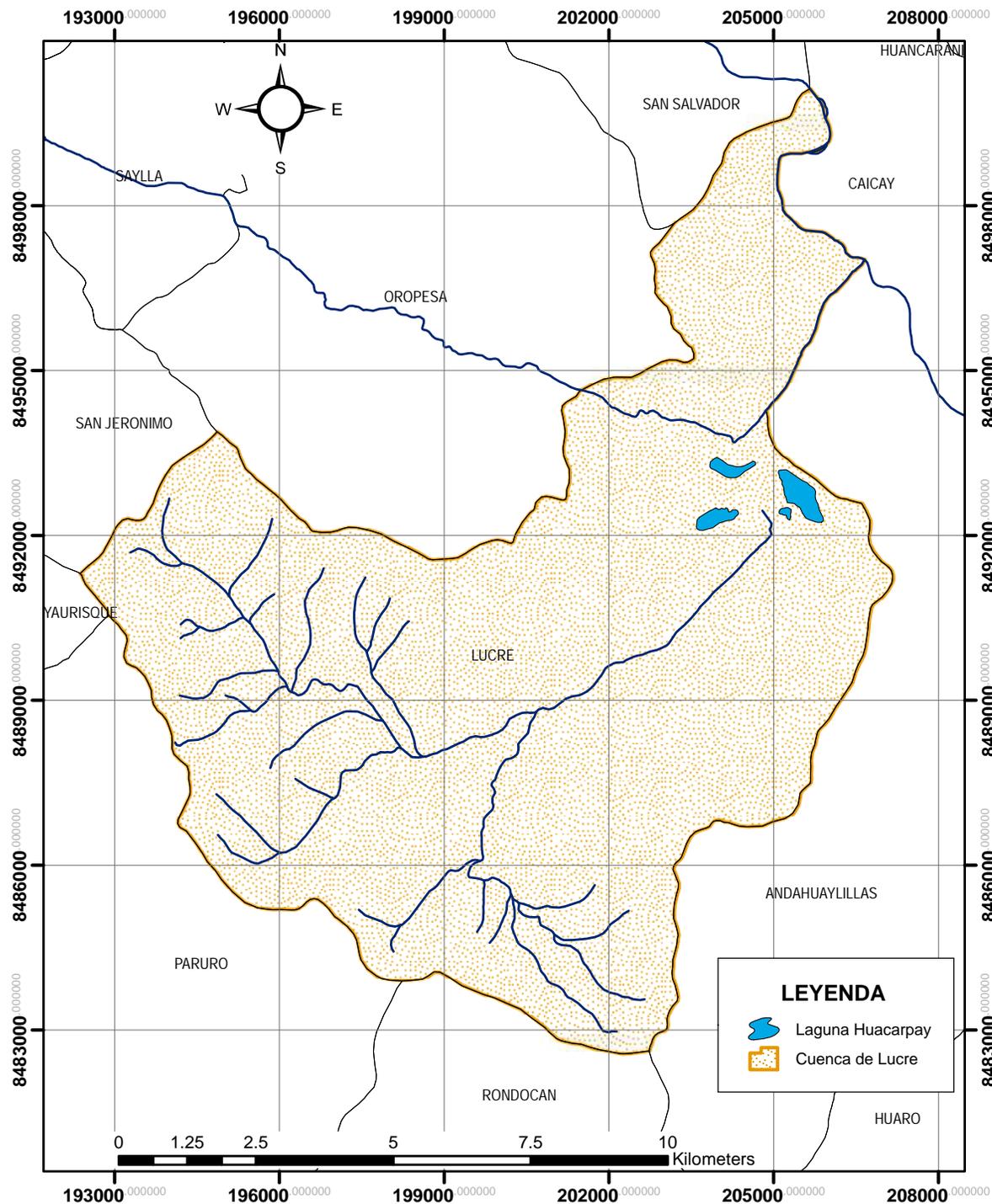
Datum	: WGS 84
Zona	: 19 L
Este	: 201965, 194599, 205517 y 204959
Norte	: 8482671, 8488877, 8489423 y 8494574

4.2.2 Accesibilidad

El distrito de Lucre está ubicado a 35 Km al suroeste de Cusco, a través de la vía asfaltada se llega al sector de Anchibamba hasta la capital del distrito. Para llegar a las comunidades se puede acceder por vía terrestre mediante la trocha carrozable y por carretera afirmada.

- **Yanamanchi** : De la plaza de Lucre a 45 min a pie y 15 min en auto.
- **Pacramayo** : De la plaza de Lucre, a 3 horas a pie y 1 hora en auto.
- **Ccolcayqui** : Por el desvío de la ruta San Jerónimo – Paruro, hasta llegar al cruce (1 hora en carro) y de ahí 1 hora en carro o 2 horas a pío hasta llegar a la comunidad.

Figura 1. Mapa de Ubicación



 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL			
TESIS: INFLUENCIA DE LA PERTURBACIÓN EN LOS MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO LUCRE - QUISPICANCHI - CUSCO.			
MAPA UBICACIÓN			
Distrito : Lucre Provincia : Quispicanchi Departamento : Cusco	Tesista: Br. Cynthia Alegre Palomino Asesor: Mgt. Wilian N. Cárdenas Enriquez	Escala: 1: 8000 Fecha: Noviembre 2022	MAPA N° 01
Proy. : UTM WGS 84 ; L 19		Fuente: Imagen Alos, IGN, INEI	

4.2.3 Límites

Según el plan de desarrollo concertado del distrito de Lucre 2012-2021, tiene los siguientes límites:

- Norte : San Salvador (Provincia de Calca) y Oropesa (Provincia de Quispicanchi)
- Este : Andahuaylillas (Provincia de Quispicanchi) y Caicay (Provincia de Paucartambo)
- Sur : Rondocan (Provincia de Rondocan)
- Oeste : Paccaritambo y Yaurisque (Provincia de Paruro).

4.2.4 Fisiografía

Lucre está ubicado en la cuenca del río Lucre, dominada por cadenas montañosas, ríos, lagunas, humedales y valles; por el clima y suelo, se constituye en zonas potencialmente aprovechables por la población (Municipalidad Distrital de Lucre, 2012).

La topografía del área exhibe una dualidad de pendientes:

- Zonas con terrenos mayormente planos o con una suave inclinación, identificadas en el tramo que va desde Huambutio hasta Lucre, abarcando Huacarpay.
- Otras áreas muestran pendientes más marcadas y variadas, transitando desde Ccolccaqui hasta Pacramayo, donde se encuentran pendientes moderadas a fuertemente inclinadas y áreas con una elevada moderada

4.2.5 Hidrografía

El área de estudio está comprendida en el sistema hidrográfico del río Vilcanota. El río Lucre se origina en los riachuelos de Pacramayo al pie del cerro Toctohuampa a 4050msnm y del río Ccolcalqui, con un recorrido de 16 km, identificándose tres sectores (Choquehuanca, 1999):

- **Curso alto:** que comprende desde su cabecera hasta la comunidad de Yanamanchi, caracterizado por una fuerte pendiente y erosión, arrasa guijarros y rocas.
- **Curso medio:** desde la comunidad de Yanamanchi hasta el puente del circuito Huacarpay. Después de la población de Lucre en el lecho se observa la presencia de piedras y arena.
- **Curso bajo:** desde Lucre hasta la desembocadura en el río Huatanay, cauce con sedimento fino

Presenta aguas subterráneas, la misma que es aprovechadas para el consumo humano, como el manantial de Santopujio, Choquepujyo, Mancapujyo y Miskiunuyoc.

4.2.6 Geología

Las unidades geológicas sedimentarias presentes son lutitas, areniscas, conglomerados, calizas de las formaciones de Rumicolca, Kayra, Huancané, Sonco, Mitu y Huancalle. La formación Huacarpay, está compuesta por rocas ígneas volcánicas y está cubierto en varias zonas por suelos coluviales y eluviales. La ribera y el cauce están cubiertos, por suelos aluviales y conos de deyección.

Desde el punto de vista geomorfológico, la comunidad se encuentra establecida en una cuenca formada por depósitos de sedimentos y residuos de evaporación lacustre, que posteriormente han sido moldeados por la acción fluvial. Esta ubicación abarca tanto el lecho del valle como las pendientes adyacentes. La actividad geodinámica, de nivel medio, plantea riesgos en ciertas áreas de estudio, como pequeños deslizamientos, erosión de los cauces y la formación de cárcavas. Estos fenómenos se atribuyen a la presencia de rocas sedimentarias poco consolidadas y con baja resistencia a la intemperie, además de pendientes que varían de medias a altas. De manera predominante, la intensidad pluvial elevada en la región (INDECI, 2011) es un factor contribuyente clave en dichos procesos.

4.2.7 Geomorfología

Según el Instituto Nacional de Defensa Civil - INDECI (2011), está determinado por:

4.2.7.1 Geomorfología regional.

La cuenca del río Lucre y el río Huatanay presenta una serie de unidades geomorfológicas que se distribuyen a lo largo de su recorrido. En la parte alta de la cuenca, se encuentra la Cordillera Oriental, caracterizada por altas montañas y valles profundos, que conforman un relieve muy accidentado.

En una posición geográfica subsiguiente, se ubica la depresión de Huacarpay, configurada por una extensión de terreno llano aluvial, entrecruzada por el flujo del río Lucre, orientado de sur a norte, y por el río Huatanay, que discurre de oeste a este. En proximidad a Huacarpay, específicamente en la localidad de Huambutio, se evidencia un cambio en la trayectoria del río Huatanay, modificando su curso de sur a norte, lo cual conlleva a la conformación de relieves heterogéneos a lo largo de su recorrido

a. Cordillera Oriental: se extiende de manera paralela a la línea de la costa peruana y se caracteriza por tener picos elevados y un relieve abrupto, siendo el sistema de nevados Ausangate-Salkantay, uno de sus puntos más destacados. En esta unidad se pueden encontrar diferentes geofomas, que se describen a continuación:

- **Laderas de baja pendiente:** Situadas al norte de la laguna de Huacarpay, estas laderas exhiben una topografía ligeramente ondulada con una suave inclinación. A pesar de ello, la erosión en esta área es considerable.
- **Laderas de mediana pendiente:** Con un grado de inclinación que oscila entre el 25% y el 50%, estas laderas se localizan en la base y las vertientes montañosas. Presentan una

topografía suavemente ondulada y se distribuyen en la zona media a baja de la microcuenca, abarcando tanto el lado este como el oeste del distrito de Lucre. Esta región se ve fragmentada por quebradas y cárcavas, mostrando un alto nivel de erosión relacionado con la escorrentía superficial y la presencia de cárcavas.

- **Laderas de alta pendiente:** Caracterizadas por una topografía moderadamente accidentada y una erosión significativa, estas laderas se encuentran al sureste de la localidad de Lucre, específicamente en la margen derecha del río Lucre.
 - **Laderas de baja pendiente.** - ubicadas en la parte norte de la laguna de Huacarpay, presentan una topografía ligeramente ondulada y una pendiente suave. Sin embargo, la erosión en esta zona es severa.
- b. Depresión interandina:** La depresión de Lucre-Huacarpay se forma por el río Lucre que desemboca en la laguna de Huacarpay y continúa como afluente del río Huatanay. La superficie de la depresión es mayormente plana, interrumpida solamente por algunas lomas intermedias compuestas de afloramientos de lutitas de la formación Soncco. La longitud total de la depresión es de aproximadamente 7 km², siendo más ancha en su parte media y estrechándose en la parte norte. Alcanza una anchura máxima de 2 km y vuelve a estrecharse en su parte noroeste para cerrarse.

4.2.7.2 Geomorfología local.

- a. Terraza Baja:** presenta una topografía mayormente plana con pendientes ligeras que no superan el 2%. Está atravesada por el río Lucre, que no causa una erosión significativa. En algunas áreas de la franja del piso de la microcuenca, se encuentran depósitos aluviales de materiales arrastrados durante las épocas de lluvias desde finales del Pleistoceno hasta la actualidad. Estos depósitos, conformados por gravas, arena, limo y arcillas, presentan una

topografía ligeramente inclinada y con erosión leve en las riberas de los ríos durante las fuertes precipitaciones. Además, se han identificado niveles de terrazas fluviales de sedimentos, con superficies de relieve suave y pendientes moderadamente inclinadas que oscilan entre el 4% y el 8%.

- b. Conos Aluviales:** Ubicados en la parte inferior de las pendientes, en la ribera derecha del río Lucre, estos conos se originan como resultado del proceso de erosión y acumulación de material aluvial y coluvial, adoptando una morfología cónica. Sus dimensiones varían, desde conos de 200 metros de ancho por 30 metros de altura hasta conos más pequeños de 20 metros de ancho por 5 metros de altura. El cono de mayor envergadura se localiza a unos 100 metros al noroeste de la ciudad de Lucre, alcanzando una altura de 30 metros.
- c. Colinas:** son relieves de menor altura que las montañas y tienen pendientes de 8% a 25%, lo que las hace medianamente inclinadas a moderadamente empinadas. Estas colinas se encuentran aisladas en la zona y se ubican en su mayoría en la formación Soncco, que está compuesta por limoarcillitas y areniscas, se localizan:
- Este de la laguna de Huacarpay
 - Noreste de la ciudad de Lucre
 - Sureste de la ciudad de Huacarpay

Debido a su morfología, estas colinas son utilizadas en la agricultura como fuente de sustento para las familias de las ciudades de Lucre y Huacarpay, y también sirven como protección contra la degradación y erosión del suelo.

4.2.8 Suelo

Las unidades geomorfológicas y factores climáticos determinan la variedad de suelos que condicionan su productividad.

4.2.8.1 Capacidad de uso mayor de suelo.

Según IMA (2007), las características de un suelo están determinadas por factores como el clima, pendiente, clima, sustrato geológico y la comunidad biótica que la soporta. El contenido de materia orgánica, profundidad y textura, determinan la capacidad de uso del suelo. El área de estudio está clasificada como.

- **Suelos Aptos Para Cultivo Limpio (A):** son aquellos que presentan características favorables para la producción de cultivos sin restricciones significativas. Estos suelos tienen una calidad agrológica media, lo que significa que tienen algunas limitaciones, pero estas no son importantes y pueden ser manejadas adecuadamente.
 - ❖ **Suelos para Cultivos en Limpio de Calidad Agrológica Media con Limitaciones por Suelo, Erosión y Clima (A2sec):** Los suelos de esta clase, presentan algunas limitaciones de orden edáfico y restricciones de clima, los que reducen su utilización dentro del grupo de capacidad de uso; son suelos moderadamente profundos a profundos, textura media a moderadamente gruesa, con drenaje natural bueno a moderado, reacción moderadamente ácida a neutra, fertilidad natural baja a media
- **Suelos Aptos Para Pastos (P):** Son las que no reúnen las condiciones ecológicas mínimas requeridas para cultivos en limpio o permanente, pero que permiten la implantación de pastos cultivados o el uso de pastos naturales bajo técnicas adecuadas y económicamente accesibles a los agricultores del lugar, sin deterioro de la capacidad productiva del recurso, ni alteración del régimen hidrológico de la cuenca.
 - ❖ **Pastoreo calidad agrológica baja con limitaciones de suelo, erosión y clima asociado a protección. (P3sec –Xse):** La calidad agrológica de los suelos de

pastoreo en esta zona es baja debido a las limitaciones que presentan, como la erosión y el clima asociado a la protección. Estos suelos se encuentran en paisajes de fuerte pendiente, como las vertientes de montaña muy empinada, aunque también hay algunos terrenos moderadamente inclinados, como las altiplanicies allanadas, onduladas y los pies de montaña. En estos últimos casos, la característica edáfica de los suelos muy superficiales es el factor determinante para su clasificación.

Los suelos de la zona son superficiales, de textura media y presentan un pH ácido, junto con una fertilidad baja. Predomina la presencia de materia orgánica, mientras que los niveles de nitrógeno, fósforo y potasio son reducidos. Estas tierras se encuentran sometidas a condiciones climáticas y ecológicas que mantienen temperaturas mayormente bajas a lo largo del año. Su ubicación en laderas muy empinadas las convierte en áreas idóneas para ser consideradas como tierras de protección, con presencia significativa de afloramientos rocosos. En la actualidad, se destinan principalmente al pastoreo de ganado mixto, especialmente de camélidos. Además, en algunos sectores de pendiente suave, como las quebradas, se practica la agricultura migratoria.

- **Suelos de Protección (X):** este grupo comprende terrenos que no cumplen con los requisitos ecológicos mínimos necesarios para el desarrollo de cultivos, pastizales o bosques productivos. Incluye áreas como picos, nevados, pantanos, playas y lechos de ríos, entre otros terrenos que, a pesar de contar con una vegetación natural compuesta por árboles, arbustos y hierbas, no son explotados con propósitos económicos. Estas tierras requieren una gestión específica destinada a la conservación de cuencas, la

preservación de la vida silvestre, la promoción de valores escénicos recreativos y otros propósitos que generen beneficios colectivos o sociales.

- ❖ **Protección por suelos y erosión (Xse):** Estas áreas representan zonas desprovistas de cobertura vegetal y se caracterizan por la presencia de afloramientos rocosos, ubicados en terrenos de alta pendiente. Estos espacios se forman como resultado de procesos erosivos de gran intensidad.
- ❖ **Protección por suelos y erosión asociado a pastoreo calidad agrológica bajas con limitaciones se suelo, erosión y clima (Xse-P3sec):** se caracterizan por ser suelos muy superficiales y la presencia de abundantes afloramientos rocosos. Estos suelos presentan textura media, pH ácido, baja fertilidad y contenido reducido de nitrógeno, fósforo y potasio. Las condiciones climáticas son dominadas por temperaturas bajas a lo largo del año y la fisiografía es de laderas muy empinadas a escarpadas. Estas tierras son apropiadas para ser consideradas como tierras de protección debido a las limitaciones de suelo, erosión y clima asociados con el pastoreo de calidad agrológica baja.

4.2.9 Ecología

4.2.9.1 Zonas de vida.

Tomando en cuenta la clasificación de Zonas de vida Natural utilizada por Holdridge (1947), el área de estudio, circunscrito en la cuenca de Lucre presenta 3 Zonas de Vida Natural:

- **Estepa espinosa Montano Bajo Subtropical (ee-MBS):** se encuentra entre los 2000 y 3100 metros sobre el nivel del mar, desde la desembocadura de la laguna de Waton hasta la entrada del poblado de Lucre. Los suelos en esta zona son de textura arcillosa y de naturaleza calcárea, relativamente profundos, pero con bajo contenido orgánico. En la

época de lluvias, la vegetación es aprovechada para el consumo del ganado vacuno, ovino y caprino, y en la época de secas predominan especies arbustivas xerofíticas.

La zona alberga una variedad notable de especies vegetales distintivas, entre las que se incluyen: *Schinus molle*, conocido como 'molle'; *Berberis boliviana*, llamado 'cheqche'; *Lycianthes lycioides*, denominado 'tankar'; *Barnadesia horrida*, conocido como 'llaulli'; *Dunalia spinosa*, también conocido como 'upa t'ankar'; *Dasyphyllum leioccephalum*; *Opuntia tunicata*, conocido como 'pata kisca'; *Echinopsis cuzcoensis*, referido como 'gigantón', *Corryocactus squarrosus*, *Lobivia lateritia* y géneros de *Gamochaeta*, *Cheilantes*, *Polypodium*, *Andropogon*, *Eragrostis*, *Bothriocloa*, *Aristida* y *Bouteloua*

<https://rsis.ramsar.org/es/ris/1627>

- **Bosque seco Montano Bajo Subtropical (bs-MBS):** se encuentra en altitudes de 3100 y 3300 msnm, desde la desembocadura del río Lucre en el Humedal Lucre - Huacarpay hasta donde confluyen las quebradas de Pacramayoc y Colcayque. El relieve del área es notablemente accidentado, conservando aún vegetación nativa en los valles profundos y laderas.

Entre las especies característicamente presentes se encuentran: *Alnus acuminata* “aliso”, *Prunus serotina* “capulí”, *Eucaliptus globulus* “eucalipto”, *Ephedra americana*, *Spartium junceum* “retama”, *Puya ferruginea* “achupalla”, *Schinus molle* “molle”, *Berberis boliviana* “cheqche”, *Barnadesia horrida* “llaulli”, *Cantua buxifolia* “cantu”, *Baccharis latifolia* “ch’illka”, *Acalypha aranioides* “pespita”, *Opuntia sp.* Los suelos presentes en esta área se clasifican como aptos para actividades forestales y cultivos limpios, destacando especialmente el cultivo de maíz.

<https://rsis.ramsar.org/es/ris/1627>

- **Bosque húmedo Montano Subtropical (bh-MS):** Ubicada entre los 3300 y 3800 msnm, esta región se caracteriza por un terreno accidentado y empinado, con suelos relativamente profundos de tonalidades arcillosas, que van desde tonos rojizos hasta pardos. La vegetación se compone mayormente de pequeños bosques heterogéneos que incluyen géneros como *Tecota*, *Gynoxis*, *Berberis*, *Baccharis*, *Mutisia*, *Lupinus*, *Puya*, *solanum* y *Siphocampylus*. Asimismo, se observa la presencia de pastos naturales propios de las alturas andinas, principalmente en la zona alta, donde destacan géneros como *Arístida*, *Melica*, *Calamagrostis*, *Eragrostis*, *Festuca*, *Poa* y *Stipa*. En cuanto a la actividad agrícola, se practica principalmente la agricultura de secano, con cultivos destacados como la papa, olluco, trigo y cebada. La ganadería, de carácter extensivo, se centra en la cría de ganado vacuno, ovino y caprino. <https://rsis.ramsar.org/es/ris/1627>

4.2.9.2 Sistema Ecológico.

Los sistemas ecológicos proporcionan un marco estructurado para la recopilación y organización sistemática de información exhaustiva sobre la composición, estructura y dinámica funcional de los ecosistemas terrestres a una escala intermedia. Esta fuente de datos constituye la principal fuente de información coherente y detallada acerca de la diversidad ecológica en un contexto intermedio. Según el mapeo de sistemas ecológicos realizado por Josse et al. (2007) en “Ecología Geográfica del Cusco”, el área de estudio se encuentra en:

- **Ecosistema: Totorales Mesoandinos (CES 409.063) - Vegetación Acuática y Palustre Altoandina y Altimontana Yungueña.**

El ecosistema en consideración está compuesto por comunidades de plantas acuáticas, principalmente erguidas y emergentes, conocidas como helófitos, además de biotipos de hidrófitos enraizados en el lecho acuático, ya sea de manera total o parcial. A

pesar de la presencia de asociaciones de pleustófitos (plantas acuáticas flotantes libres), estas parecen ser menos frecuentes y diversas en las zonas altimontanas yungueñas.

Las especies características de este ecosistema son: *Typha dominguensis*, *Scirpus californicus var. tatora*, *Ranunculus mandonianus*, *Isoetes lechleri*, *Lilaeopsis macloviana*, *Juncus arcticus*, *Myriophyllum quitense*, *Limosella aquatica*, *Potamogeton filiformis*, *Elodea potamogeton*, *Callitriche heteropoda*, *Lachemilla diplophylla*, *Alopecurus hitchcockii*.

4.2.10 Clima

Los cambios altitudinales y la configuración geográfica hacen que el clima sea variado, con periodos bien diferenciados (lluvias y secas).

Los datos climatológicos fueron obtenidos de la estación meteorológica Granja Kayra, registrado por el SENAMHI ubicado a 3207 m.s.n.m., DATUM WGS 84 en la Zona 19L con coordenadas UTM 188870N y 8499472E.

Tabla 2. Datos de temperatura y precipitación, periodo 2002 – 2021.

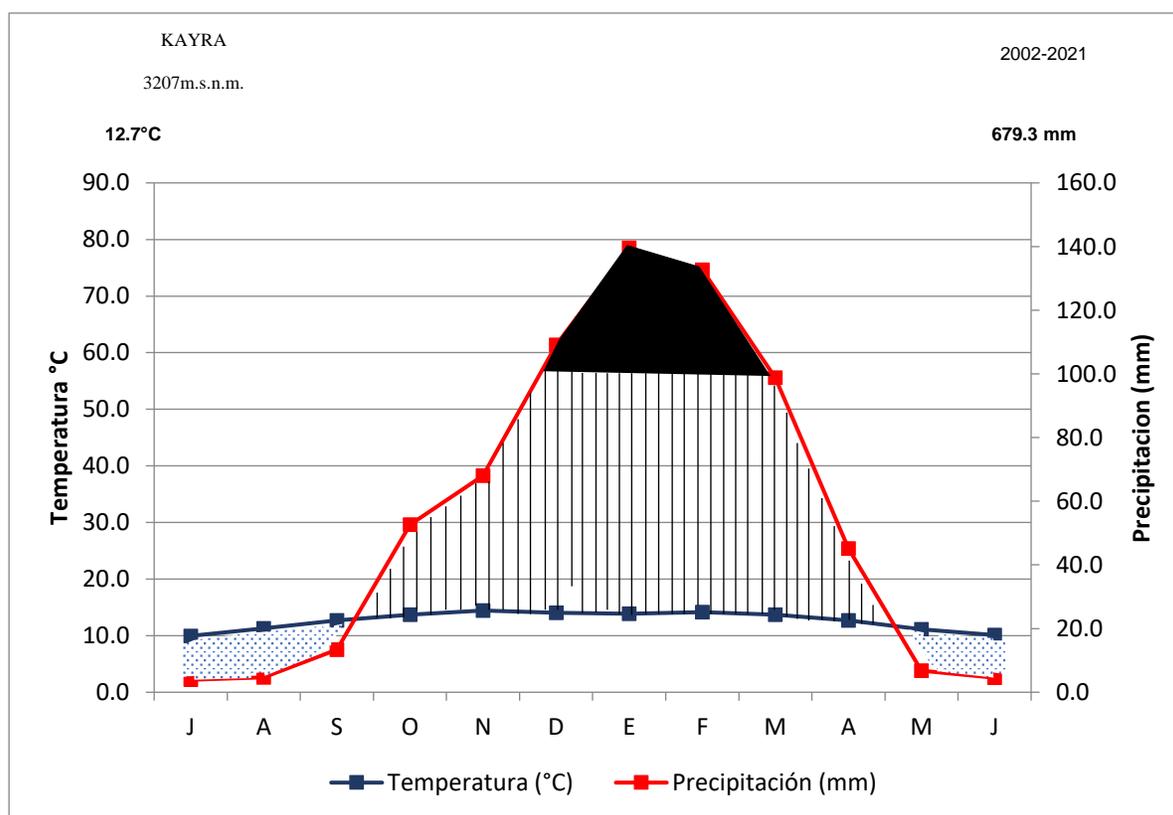
Meses	Temperatura (°C)	Precipitación (mm)
Julio	10.0	3.9
Agosto	11.3	4.6
Setiembre	12.7	13.4
Octubre	13.7	52.6
Noviembre	14.4	68.0
Diciembre	14.1	109.2
Enero	13.9	139.5
Febrero	14.1	132.7
Marzo	13.7	98.8
Abril	12.7	45.2
Mayo	11.1	6.8
Junio	10.1	4.6
PROMEDIO	12.7	
SUMATORIA		679.3

Nota. Estación meteorológica de Kayra - SENAMHI

Según el IMA (2007), Lucre presenta un clima semiseco semifrío con invierno seco, con un periodo de lluvias intensas durante los meses de diciembre a marzo y periodos secos entre mayo y julio.

La temperatura media anual durante los años 2002 – 2021 es de 12.7 °C, con una temperatura mínima de 10°C (julio) y máxima de 14.4 °C (noviembre). La precipitación anual es de 679.3mm durante el periodo del 2002 – 2021, con una precipitación mínima de 3.9 mm (julio) y máxima de 139.5mm (enero).

Figura 2. Climatodiagrama de la estación meteorológica de Kayra.



-  Estación seca (estrés hídrico)
-  Estación muy húmeda
-  Estación húmeda

En referencia al climatodiagrama – Figura 2, muestra un periodo seco entre los meses de mayo a setiembre, un periodo húmedo de octubre a abril y un periodo per húmedo de diciembre a marzo.

4.2.11 Flora

Las características fisiográficas, climáticas y edáficas favorecen a la formación de unidades vegetales; siendo del tipo herbáceo, arbustivo y arbóreo.

Según Succli (2018) registro 193 especies distribuidas en 115 géneros y 57 familias, predominando las herbáceas y menciona que las plantas acuáticas emergentes sirven de hábitats, lugares de anidamiento y refugio para la ornitofauna residente y migratoria en la laguna de Huacarpay. Entre las plantas terrestres abundan las Asteraceas y Poaceas.

Así mismo, Galiano et al. (2003) realizo el inventario florístico del bosque seco tropical de valle interandino de Huacarpay, reportando más de 195 especies de flora vascular y helechos. Cárdenas & Hurtado (2019) mencionan que, los espejos de agua tienen una vegetación circundante tipo matorral seco espinoso, conformado por especies como *Colletia spinosissima*, *Berberis boliviana* *Puya ferrugínea*, *Puya longistyla*, *Opuntia ficus-indica*, *Echinopsis cuzcoensis*, *Dasyphyllum leioccephalum* *Mutisia acuminata*, *Adesmia miraflorensis*, *Austrocylindropuntia subulata*, *Corryocactus squarrosus*, *Corryocactus erectus*, *Cylindropuntia tunicata* y otras.

4.2.12 Fauna

La fauna silvestre juega un importante papel en los procesos ecológicos y esta se relaciona a la distribución zoogeográfica. El humedal de Huacarpay se caracteriza por tener una gran diversidad de fauna ornitológica y es importante por su valor cultural, paisajístico y

ecológico y por su potencial socio-económico, en la actualidad se tienen 140 registros de aves en el humedal de Huacarpay (Venero, 2018)

Referente a la diversidad de aves, según Cárdenas y Hurtado (2019) registraron 84 especies distribuidas en 14 órdenes, 29 familias y 67 géneros; donde 63 especies fueron residentes, 4 especies temporales, 05 especies ocasionales y 12 fueron migratorias con una mayor cantidad de especies en los meses de setiembre y febrero. En la parte alta del río Lucre se observó *Oreonympha nobilis*, *Patagona gigas*, *Zonotrichia capensis*, *Phrygilus plebejus*, *Nothoprocta ornata* y *Metallura tyrianthina*

Así mismo, los mamíferos presentes son *Pseudolopex culpaeus* “Atoq”, *Hippocamelus antisensis* “Taruka”, *Cavia tschudii* “Poronqoe”, *Mustela frenata* “Q’ataycha”, *Puma concolor* “Puma”, *Phyllostis amicus* “ratón de campo”, *Mustela frenata* “Comadreja” y *Didelphis azarae* “Raposa”. Los peces presentes son *Basilichthys bonariensis* “Pejerrey”, *Orestias Agassi* “Chini chalwa”, *Cyprinus carpio* “Carpa” y *Trichomycterus* sp. “wita”. Entre los reptiles registrados son *Tachymenis peruviana* “serpiente común”, *Proctoporus bolivianus* “lagartija”, el anfibio *Rynella spinulosa* “sapo” según (Venero, 2018)

4.3 Metodología

4.3.1 *Tipo y Nivel de Investigación*

El **enfoque** de la presente investigación es **descriptivo**, de tipo **relacional**, que determina la influencia de un hecho o situación problemática que vendría a ser la diversidad de los bentos en relación a la perturbación del río Lucre.

Según el **diseño de investigación**, es **No experimental**, ya que no se manipulará adrede las variables independientes, sino solo se observará el fenómeno tal y como se da en su contexto natural para después analizarlos, y es de **corte Longitudinal**, porque se recolectó los macroinvertebrados durante un periodo de 5 meses.

4.3.2 *Unidad de Análisis*

La unidad de análisis para el presente estudio es el punto de muestreo, a partir de ello, se puede tener una representatividad del ecosistema, tanto para la diversidad de macroinvertebrados como para la perturbación, también a la eficiencia de recolección de datos, y a la comparabilidad en el espacio y tiempo.

4.3.3 *Población de Estudio*

La población de estudio constituye el río Lucre.

4.3.4 *Tamaño de Muestra*

Se consideró un total de 20 puntos de muestreo, en cada punto de muestreo se realizó la colecta de macroinvertebrados y análisis del tipo de perturbación.

4.3.5 *Técnicas de Selección de Muestra*

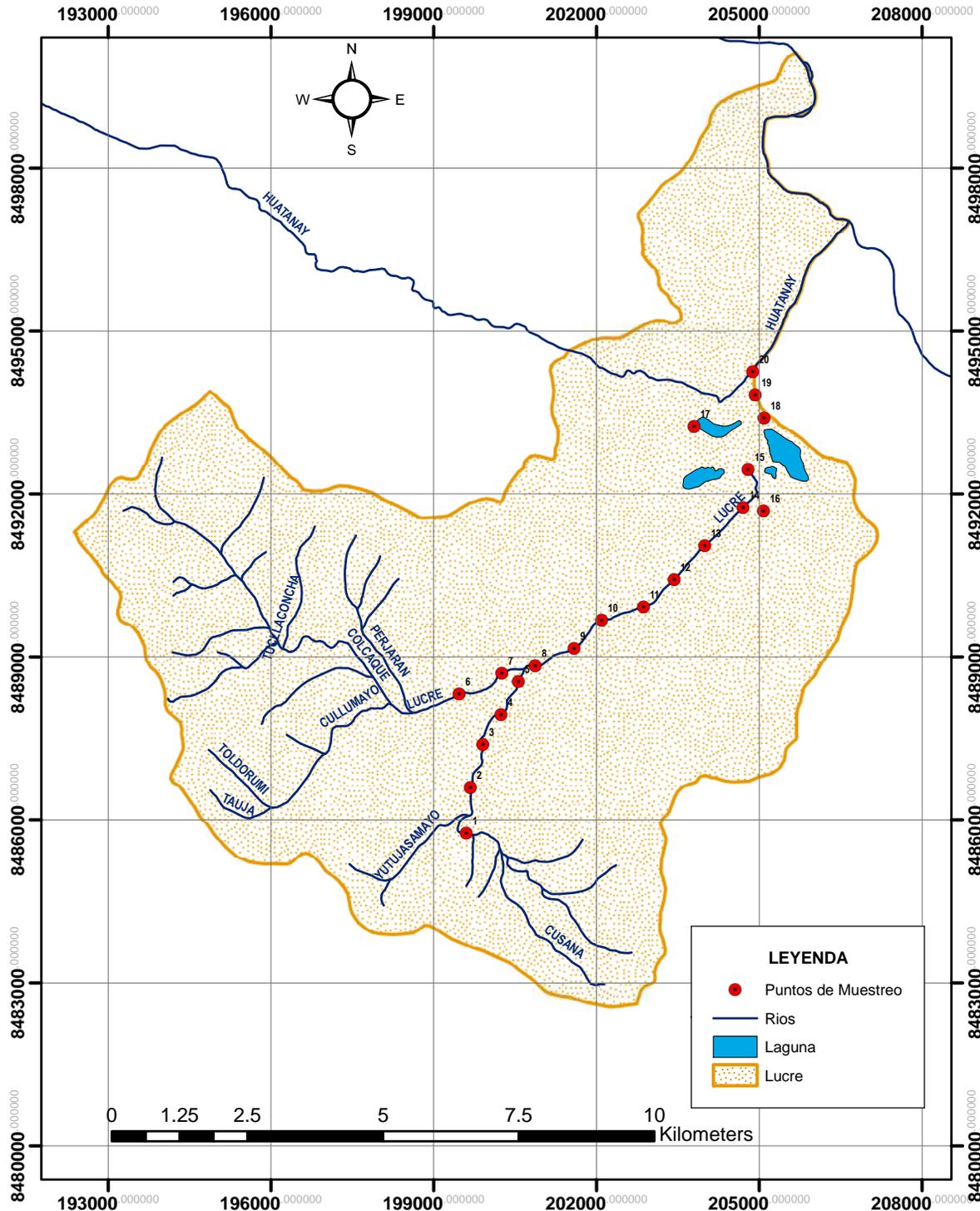
Se seleccionaron los puntos de muestreo que distaban entre sí una distancia mínima de 500m, tratando de abarcar todo el lecho del río; esta distancia es debido a que se trató de tener la

máxima independencia espacial entre los puntos de muestreo. A menos de esta distancia, hay peligro de que exista autocorrelación espacial. Estos 20 puntos, consideraron la máxima heterogeneidad en las condiciones de perturbación.

Tabla 3. Ubicación de los puntos de muestreo

COORDENADAS UTM WGS84 – Zona 19L							
N°	Este	Norte	Altitud	N°	Este	Norte	Altitud
1	199600	8485760	3713	11	202870	8489907	3158
2	199629	8486588	3595	12	203280	8490283	3129
3	199892	8487382	3506	13	203997	8491047	3104
4	200242	8487937	3429	14	204704	8491745	3087
5	200560	8488548	3349	15	204795	8492450	3079
6	199778	8488329	3421	16	205082	8491687	3087
7	200313	8488690	3356	17	203729	8493138	3080
8	200835	8488797	3298	18	205097	8493413	3088
9	201524	8489084	3232	19	204919	8493861	3084
10	202024	8489625	3193	20	204884	8494228	3089

Figura 3. Mapa de Ubicación de los Puntos de Muestreo



COORDENADAS UTM WGS84 - 19L			
Punto de Muestreo	E	N	Altitud
1	199600	8485760	3713
2	199629	8486588	3595
3	199892	8487382	3506
4	200242	8487937	3429
5	200560	8488548	3349
6	199778	8488329	3421
7	200313	8488690	3356
8	200835	8488797	3298
9	201524	8489084	3232
10	202024	8489625	3193
11	202870	8489907	3158
12	203280	8490283	3129
13	203997	8491047	3104
14	204704	8491745	3087
15	204795	8492450	3079
16	205082	8491687	3087
17	203729	8493138	3080
18	205097	8493413	3088
19	204919	8493861	3084
20	204884	8494228	3089

 UNIVERSIDAD NACIONAL DE SAN ANTONIO ABADEL CUSCO MAESTRIA EN ECOLOGIA Y GESTION AMBIENTAL			
TESIS: INFLUENCIA DE LA PERTURBACIÓN EN LOS MACROINVERTEBRADOS EN EL RÍO LUCRE - QUISPICANCHI - CUSCO.			
MAPA PUNTOS DE MUESTREO			
Distrito : Lucre Provincia : Quispicanchi Departamento : Cusco	Tesista: Br. Cynthia Alegre Palomino Asesor: Mgt. Willian N. Cárdenas Enriquez	Escala: 1: 8000 Fecha: Noviembre 2022	MAPA N° 02
Proy. : UTM WGS 84 : L 19		Fuente: Imagen Alos, IGN, INEI	

4.3.6 Técnicas de recolección de información

El periodo de muestreo se realizó durante la época de secas (de mayo a setiembre) ya que la precipitación fluvial es casi nula y el estado homeostático del ecosistema es más estable que en épocas de lluvias (Huanachin & Huamantínco, 2018); ya que, el incremento de caudal genera el arrastre de los organismos y este está relacionado con su baja abundancia ya que los macroinvertebrados en su mayoría no presentan estructuras para sostenerse.

4.3.6.1 Colección de muestra de macroinvertebrados.

La recolección de los macroinvertebrados, inició aguas abajo del punto de muestreo, explorando y removiendo cada uno de los hábitats – sustratos de fondo (piedra, arena, lodo, restos de vegetación), macrofitas acuáticas (flotantes, emergentes y sumergidas) cubriendo un área de 10 m² y un esfuerzo de muestreo de 20 min., aproximadamente (Alvarez, 2005)

Se utilizó la red de mano (D-net) de 250 µm de malla de apertura, moviendo en forma de barrido sobre la vegetación de ribera y fondo, sustratos, etc., ya que su forma se adapta a superficies irregulares; así mismo, se realizó la recolección manual levantando piedras, ramas, vegetación sumergida, ambientes donde se encuentran gran número de macroinvertebrados, poniéndolos en una bandeja para la separación exclusiva de otros materiales extraños, posteriormente se extrajo los individuos colectados con una pinza metálica para almacenarlos en un frasco de vidrio con alcohol al 70% previo rotulado, ANA (2017) y Roldan (2022).

Durante el trabajo en laboratorio se utilizó pinzas y lupa en casos excepcionales para la separación de los individuos; posteriormente en una segunda fase se procedió al reconocimiento de los diferentes grupos de macroinvertebrados con el empleo de un estéreo-microscopio modelo NOVEL en el Laboratorio de Entomología y Aracnología de la Facultad de Ciencias de la

Universidad Nacional de San Antonio Abad del Cusco – UNSAAC, hasta el nivel taxonómico más específico.

Se utilizaron claves taxonómicas para la identificación, entre las que se puede mencionar la Escalada A. (CERAs), Fernández & Domínguez (2001), Confederación Hidrográfica del Ebro (claves dicotómicas), Alvares (2005), Hanson (2010) y de Roldán como herramientas de apoyo referente a los taxones de macroinvertebrados descritos para Sudamérica.

4.3.6.2 Toma de muestras de agua para análisis fisicoquímicos.

Durante la colecta de macro invertebrados, simultáneamente se realizó la toma de muestras simples de agua para los análisis fisicoquímicos de los parámetros de temperatura, pH, conductividad, sólidos totales y turbiedad, durante el periodo de estudio. El parámetro de fosfatos y oxígeno disuelto, se analizó por única vez en el mes de agosto. Para la toma de muestras se aplicó el Protocolo Nacional para el monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua – ANA, garantizando la conservación, almacenamiento y transporte de las muestras hasta el Laboratorio de Aguas del Centro de Salud Anta, donde previa calibración de los equipos se realizó el análisis y registro de los datos de cada parámetro evaluado.

4.3.6.3 Para el nivel de perturbación.

Para determinar el nivel de perturbación que es una variable compleja se procedió a dimensionar en tres ítems:

- Perturbación antrópica
- Perturbación natural
- Perturbación fisicoquímica

Por lo que, se aplicó una escala similar al de Likert, con un valor numérico que va de 1 a 4, por cada afirmación en cada categoría (Hernández et al., 2014).

La evaluación se realizó en el mes más crítico (agosto) asignándole un valor numérico a cada ítem y dándole una ponderación (%), según el nivel de influencia en el medio. A continuación, se describe los ítems evaluados:

➤ **Perturbación antrópica.**

- ***Presencia de áreas urbanas:*** la presencia de áreas urbanas modifica el ambiente e interfiere entre la conectividad del hábitat, siendo una amenaza para la biodiversidad; por lo que, se evaluó en un radio de 50m del punto de muestreo. Si existía mayor a 10 casas tuvo un valor de 4, de 4 a 10 casas un valor de 3, de 1 a 3 casas un valor de 2 y sin la presencia de casas un valor de 0.
- ***Piscigranjas:*** la actividad piscícola se viene intensificando de manera ardua por la rentabilidad que tiene y el sobre costo ambiental que este tiene al recurso hídrico por el aporte de residuos orgánicos, la presencia mayor a 2 piscigranjas tuvo un valor 3, 1 piscigranja un valor de 2 y sin la presencia de las mismas, un valor de 0.
- ***Vertimientos:*** la presencia de vertimientos de aguas residuales provoca la alteración del recurso hídrico al incrementar la temperatura por efecto los procesos de oxidación de la materia orgánica disminuyendo la concentración de oxígeno; por lo que, la ausencia de vertimientos tomó un valor de 0, la presencia de un efluente tuvo un valor de 3 y el vertimiento mayor a 2 efluentes tuvo un valor de 4 ya que este sería perjudicial a la fauna acuática y con mayor razón si este efluente no es tratado antes de su vertimiento.

- ***Naturalidad del canal fluvial:*** si se ha modificado una o ambas riberas con la canalización rústica o se ha utilizado material de concreto y piedras tendrá un valor de 4 mientras este sea rústico tomó un valor de 3 y si es natural tomara un valor de 0.
- ***Presencia de cultivos:*** la vegetación ribereña puede estar interrumpida por la presencia de zonas de cultivos, si alrededores del punto de muestreo no hay presencia de áreas de cultivo obtuvo una calificación de 0, con cultivos en una sola margen tuvo un valor de 1 y si presenta cultivos a ambas márgenes tuvo una puntuación de 2. Así mismo, la presencia de animales domésticos ahuyenta a la fauna nativa, su ausencia tomó un valor de 0, la presencia de al menos un individuo tuvo un valor de 1, la presencia de 2 individuos tuvo un valor de 2 y mayor a 3 individuos tuvo un valor de 3.
- ***Desviación del flujo del agua:*** generalmente está dado por la actividad agrícola y piscícola; donde, la desviación mayor al 50% del flujo del agua tuvo una puntuación de 4, del 20% al 50% un valor de 3, hasta 20% un valor de 1 y sin desviación un valor de 0. Dicha acción modifica la estructura de la comunidad de macroinvertebrados, así como la modificación de las características fisicoquímicas y biológicas del agua, afectando a la dinámica del ecosistema acuático.
- ***Presencia de puntos críticos:*** dependerá de volumen de residuos sólidos y tomará un valor de 0 por su ausencia, un valor de 2 por la presencia de 1 punto crítico, un valor de 4 por la presencia mayor a 2 puntos críticos en un radio de 50 metros alrededor del punto de muestreo.
- ***Otras actividades:*** lavaderos de *carros y ropa*

➤ **Perturbación Natural.**

- ***Densidad de la vegetación arbórea:*** es un indicador de nivel de perturbación que está directamente relacionada con la calidad del agua. Los lugares con excelente densidad arbórea hay la presencia de organismos sensibles siendo esta inversamente proporcional; por lo que, menor al 50% de la densidad arbórea tomo un valor de 3, entre 50 – 80% un valor de 2 y entre 80 a 100% un valor de 0.
- ***Vegetación de ribera:*** genera la conectividad con otros elementos del ecosistema, si la vegetación está compuesta por bosques mixtos tendrá un valor de 0, si la vegetación está compuesta por arbustos introducidos, el grado de naturalidad será moderado con una valoración de 1 y si la vegetación está compuesta por especies exóticas arbóreas tuvo un valor de 2.
- ***Presencia de aves:*** está influenciada por la disponibilidad de frutos y especies arbustivas nativas; su presencia en la zona de ribera y flujo de agua es un buen indicador por ello tomó un valor de 0, su presencia solo en la ribera tomo un valor de 1 y su ausencia tomo un valor 2.
- ***Desprendimiento natural:*** considera los deslizamiento y huaycos ya sea causada por la falta de cobertura de vegetal en zonas empinadas o a causa de las fuertes precipitaciones fluviales modificando el cauce y hábitats de los macroinvertebrados, por lo que su ausencia tomó un valor de 0 y la presencia o zona vulnerable tomó un valor de 3.
- ***Caudal del río:*** es el volumen de agua que fluye por el cauce del río Lucre y está sujeto a la frecuencia e intensidad de las lluvias, las altas descargas en época de lluvias, así como su disminución o ausencia pone en vulnerabilidad la diversidad y abundancia de los

macroinvertebrados (Flecker & Feifarek, 1994), un caudal menor a 1m^3 tomó un valor de 4, de 1 a 2m^3 tomó un valor de 2 y mayor a 2m^3 un valor de 0.

- ***Velocidad, profundidad y ancho del río:*** condicionada a las características hidráulicas propias del río Lucre, considerando rápidos-somero, rápido-profundo, lento-somero, lento-profundo.
- ***Hábitats:*** según el tipo de sustratos presente en el punto de muestreo, sumaran un punto siendo estos bloques, piedras, cantos, grava, arena, arcilla.

➤ **Perturbación fisicoquímica.**

Los parámetros como temperatura, pH, conductividad, sólidos totales, turbiedad, oxígeno disuelto, fosfato, se les asignó un valor 0 si estaban dentro de los valores de los Estándares de Calidad Ambiental para Agua – ECAs, aprobado mediante Decreto Supremo N°004-2017-MINAM; si el valor resultaba por encima de los ECAs se le asignó un valor de 1.

Posterior a la evaluación, se realizó una suma aritmética simple para cada tipo de perturbación por punto de muestreo, dándole una calificación y rango como se describe en la siguiente tabla:

Tabla 4. Categorización del nivel de perturbación

Nivel de Perturbación	Categoría		
	Bajo	Medio	Alto
Antrópica	0 – 6	7 - 13	≥ 14
Natural	0 – 6	7 - 15	≥ 16
Fisicoquímica	0 - 5	6 - 8	≥ 9

La selección de los pesos asignados a cada perturbación en el instrumento de recolección de datos se basa en una consideración ponderada de los efectos relativos de diferentes tipos de

perturbaciones en los ecosistemas acuáticos. Esta asignación de pesos se respalda por la premisa de que las actividades antrópicas tienen una influencia significativa y desproporcionada en la transformación de los ecosistemas, seguidas por las perturbaciones naturales y luego las perturbaciones fisicoquímicas.

Finalmente se aplicó una ponderación, asignándole un mayor peso a la perturbación antrópica con 50%, a la perturbación natural con 30% y a la perturbación fisicoquímica con 20%, debido a que suele ser consecuencia de las anteriores; tal como se muestra en la siguiente fórmula:

$$PT = (PA * 0.5 + PFQ * 0.2 + PN * 0.3)$$

Donde:

- PT** : perturbación total
- PA** : perturbación antrópica
- PFQ** : perturbación fisicoquímica
- PN** : perturbación natural

En numerosos estudios científicos se ha observado que las actividades humanas, como la urbanización, la agricultura intensiva y la contaminación industrial, pueden causar cambios drásticos y generalizados en los ecosistemas acuáticos (Smith et al., 2016; Johnson et al., 2018). Estas perturbaciones antrópicas, al alterar la calidad del agua, la estructura del hábitat y los flujos de energía, pueden tener efectos profundos en la composición y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos (Jones et al., 2015; Brown et al., 2017). Por lo tanto, se asignó un peso del 50% a la perturbación antrópica para reflejar su impacto predominante en la perturbación de los ecosistemas acuáticos.

Además, se reconoce que las perturbaciones naturales, como las fluctuaciones estacionales en los caudales de agua, los cambios en la temperatura y las variaciones en los niveles de nutrientes,

también pueden influir en los macroinvertebrados acuáticos (Rosi-Marshall et al., 2017; Vander Vorste et al., 2019). Aunque estas perturbaciones son parte del ciclo natural de los ecosistemas acuáticos, todavía pueden afectar la estructura de las comunidades de macroinvertebrados y su funcionamiento ecológico. Por lo tanto, se asignó un peso del 30% a la perturbación natural para reflejar su importancia relativa.

Por último, se asignó un peso del 20% a la perturbación fisicoquímica. Esta perturbación incluye cambios en las propiedades físicas y químicas del agua, como la turbidez, la temperatura y la concentración de nutrientes. Estos cambios pueden ser consecuencia de las perturbaciones antrópicas y naturales. Aunque estas perturbaciones fisicoquímicas pueden afectar la calidad del hábitat y, en última instancia, influir en los macroinvertebrados acuáticos, su peso se consideró menor en comparación con las perturbaciones antrópicas y naturales debido a su naturaleza secundaria en relación con las otras dos categorías de perturbación.

Al valor de la perturbación total, se estableció un rango y se categorizó como Bajo, Medio y Alto, como se describe en la tabla 5.

Tabla 5. Categorización del nivel de perturbación total

	Categoría		
	Bajo	Medio	Alto
Perturbación Total	0 - 4	4.1 - 9	> 9.1

4.3.6.4 técnicas de análisis e interpretación de la información.

4.3.6.4.1 Índices bióticos.

Los índices bióticos son una de las maneras más comunes de establecer la calidad biológica de los ríos. Se suelen expresar en forma de un valor numérico único que sintetiza las características de todas las especies presentes.

Es preciso mencionar, que los límites de tolerancia de un organismo en particular, definen su supervivencia, siendo estos valores máximos y mínimos, hasta donde pueden existir los organismos en base a los factores ambientales al que están expuestos. Se aplicó los siguientes índices biológicos:

- **Índice Biótico de Familias (IBF):** En la actualidad es ampliamente utilizado en diferentes zonas del mundo, incluido el Perú por su bajo costo y fácil entendimiento por la facilidad en la estimación a nivel taxonómico de familia, por su adecuada correlación con factores antropogénicos (contaminación orgánica, modificaciones del hábitat) y por poseer alta sensibilidad a la calidad del agua.

Este índice, sobre la base del tipo de familias presentes en el punto de muestreo del río, se le asigna un puntaje en función a su sensibilidad a la contaminación y el número de morfo especies existentes en cada familia, lo cual permite clasificar el tramo de un río en función de la Clase consecutiva en este caso la Clase I (excelente) a Clase VII (muy mala).

El valor de tolerancia asignado a cada familia varía entre 0 (taxa sensible) a 10 (taxa tolerante).

Según Hilsenhoff (1998), los puntajes de tolerancia asignado a las familias, se multiplican por el número de individuos; posteriormente, los resultados obtenidos para cada

familia son sumados y luego divididos por el número total de individuos de todas las familias obtenidos en la estación de muestreo. Este índice se calcula mediante la siguiente ecuación:

$$IBF = \frac{\sum t_i X_i}{n}$$

Dónde:

- Xi** : número de individuos de la Familia
n : número total de individuos muestreados
ti : tolerancia asignada a la Familia

Tabla 6. Clasificación de calidad de agua basado en los valores del Índice Biótico de Familias.

Clase	Rango	Calidad ambiental	Color
I	< 3.75	Excelente	Celeste
II	3.76 – 4.25	Muy buena	Azul
III	4.26 – 5.00	Buena	Verde
IV	5.01 – 5.75	Regular	Amarillo
V	5.76 – 6.50	Relativamente mala	Café
VI	6.51 – 7.25	Mala	Naranja
VII	>7. 26	Muy mala	Rojo

Nota. Hilsenhoff (1988) - adaptado de Hauer y Lambert 1996.

- **Índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT):** El índice EPT se fundamenta en la evaluación de tres grupos específicos de macroinvertebrados, reconocidos como indicadores de la calidad del agua debido a su sensibilidad ante la contaminación. Este método consiste principalmente en el recuento total de individuos pertenecientes a los órdenes de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, dividido por el número total de individuos capturados. Se obtiene así un promedio, siendo valores más altos indicativos de condiciones acuáticas bien oxigenadas y limpias, ya que estos grupos muestran alta sensibilidad frente a la contaminación.

$$EPT = \left(\frac{EPT \text{ total}}{Abundancia \text{ Total}} \right) \times 100$$

Tabla 7. Clasificación de la Calidad de Agua según el índice EPT

Calidad	Rango de Índice EPT (%)	Color
Muy buena	75 – 100	Azul
Buena	50 – 74	Verde
Regular	25 – 49	Amarillo
Mala	0 - 24	Rojo

Nota. Leiva (2004)

- **Índice Biological Monitoring Working Party - BMWP/Col:** El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) aplica como bioindicador a los macroinvertebrados para evaluar la calidad del agua, por ser sencillo y práctico; por lo que, solo se requiere llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (presencia / ausencia). El puntaje va de 1 a 10 de acuerdo con la tolerancia de los diferentes grupos a la contaminación orgánica, según la tabla 9.

Tabla 8. Significado de los valores del índice biológico

Clase	Valor	Significado	Calidad	Color
	> 120	Aguas limpias		
I	101 – 120	Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	Buena	Azul
II	61 – 100	Evidentes algunos efectos de contaminación	Aceptable	Verde
III	36 – 60	Aguas contaminadas	Dudosa	Amarillo
IV	16 – 35	Aguas muy contaminadas	Critica	Naranja
V	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	Muy critica	Rojo

Nota. Roldán (2003).

Tabla 9. Puntaje de las familias de macroinvertebrados acuáticos para el índice BMWP/ Col.

Familias	Valor
<i>Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blepharoceridae, Calamoceratidae, Ptilodactylidae, Chordodidae, Gomphidae, Hidridae, Lampyridae, Lymnessiidae, Odontoceridae, Oligoneuriidae, Perlidae, Polythoridae, Psephenidae</i>	10
<i>Ampullariidae, Dytiscidae, Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.</i>	9
<i>Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.</i>	8
<i>Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossosomatidae, Hyaellidae, Hydroptilidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.</i>	7
<i>Aeshnidae, Ancylidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limmichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.</i>	6
<i>Belostomatidae, Gelastocoridae, Hydropsychidae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae</i>	5
<i>Chrysomelidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Dolycopidae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydraenidae, Hydrometridae, Noteridae</i>	4
<i>Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydrophilidae, Physidae, Tipulidae.</i>	3
<i>Culicidae, Chironomidae, Muscidae, Sciomyzidae,</i>	2
<i>Tubificidae</i>	1

Nota. Roldán (2003).

4.3.6.4.2 Índices de Diversidad.

Para el análisis de los datos se utilizó el programa IBM SPSS Statistics 25.0 y para las gráficas se utilizó el programa RStudio, para su posterior interpretación.

- **Diversidad Alfa:** Hace referencia a la riqueza de especies identificadas en una comunidad considerada como homogénea. La Riqueza específica (S) refiere al número de familias de macroinvertebrados recolectados en diferentes hábitats, en un determinado punto de muestreo, encontradas en un tiempo y espacio (MINAM, 2015).

Para determinar la dominancia de macroinvertebrados, se utilizó el índice de Simpson, que permite determinar la probabilidad de que dos individuos al azar de una gran

comunidad infinita pertenecen a la misma familia; por lo que, considera un determinado número de familias presentes en el hábitat y la abundancia relativa de bentos (MINAM, 2015).

Para determinar la equitatividad, se realizó el análisis aplicando el índice de Shannon-Wiener; donde, el valor de la equitatividad de especies varía entre los valores “0” y “1”; donde:

- El valor “0” representa baja equitatividad (o alta dominancia por pocas especies)
- El valor “1” representa total equitatividad en la representación de individuos de cada especie detectada en el muestreo.

Para determinar la riqueza específica de cada uno de los puntos de muestreo y meses se utilizó el método no paramétrico de Chao 1, que se basa en el número de especies raras registradas luego del estudio (Cárdenas, 2018).

- **Curva de rango – abundancia:** grafican el valor “pi” de cada especie y el rango de dicha especie, el cual disminuye directamente con valores menores de la variable “pi”. Generalmente, las curvas siguen un patrón semejante y está reflejada en la pendiente de la línea ya que muchas familias que comparten los puntos de monitoreo y describen la riqueza y uniformidad de las familias de macroinvertebrados. En el eje X se encuentran el número de familias identificadas durante los meses de muestreo y en el eje Y la abundancia relativa (Cárdenas, 2018).

Cuando la curva es pronunciada o empinada, la riqueza y composición de especies es diferente y de baja uniformidad; es decir, existe la dominancia de pocas especies. La curva es tiende a tener una pendiente plana, la abundancia de las familias es similar con una alta uniformidad.

El criterio de información de Akaike - AIC y el criterio de información Bayesiano – BIC, nos proporcionan criterios para la selección del modelo que mejor representan los datos; por lo que, el modelo estadístico que mejor explica, es el que tenga menor AIC.

- **Diversidad Beta:** Esta expresada a partir de datos cualitativos (presencia – ausencia) o datos cuantitativos (abundancia de macroinvertebrados por meses de muestreo y puntos de muestreo) mediante índices de similaridad/ disimilaridad (MINAM, 2015), el cual busca el mayor recambio de especies, es decir la mayor diversidad en el espacio evaluado; por lo que, se realizó un análisis de Cluster utilizándose el índice de similitud de Jaccard, para comparar la composición de macroinvertebrados en las veinte estaciones de muestreo. Los valores van de 0 cuando no hay especies compartidas entre ambos sitios, hasta 1 cuando los dos sitios tienen la misma composición de especies (MINAM, 2015) (Moreno, 2001).

$$I_J = \frac{c}{a+b-c}$$

Donde:

a : Número de especies presentes en el sitio A

b : Número de especies presentes en el sitio B

c : Número de especies presentes en el sitio C

4.3.6.4.3 Coeficiente de correlación de Pearson.

Para determinar si existe correlación significativa entre las variables explicativas y/o independientes con la variable dependiente, se aplicó el coeficiente de correlación de Pearson, utilizando el paquete estadístico IBM SPSS 25. El análisis de correlación (r de Pearson) es un índice que mide el grado de covariación entre variables cuantitativas relacionadas linealmente y puede

cuantificar la dependencia lineal entre dos variables aleatorias cuantitativas y se calcula como el cociente entre la covarianza y el producto del desvío estándar de cada variable (raíz cuadrada de la varianza) (Palacio et al, 2020).

Solamente aquellas variables que mostraban una alta correlación y estadísticamente significativa con la variable dependiente (perturbación), fueron seleccionadas para poder establecer una relación causal y su correspondiente ecuación. Además, esas mismas variables con alto grado de correlación, fueron utilizadas para poder establecer una regresión múltiple, con el fin de establecer la ecuación que mejor describe la perturbación.

Para este efecto, se correlacionaron, los valores de los primeros 15 puntos de muestreo, que corresponden al cuerpo lóxico, puesto que, al ser un ecosistema diferente, el resto de 5 puntos (lénticos), pueden verse influenciados por otros factores no evaluados en el presente trabajo de investigación.

4.3.6.4.4 Método no paramétrico Kruskal – Wallis.

Kruskall-Wallis constituye una prueba estadística no paramétrica diseñada para evaluar la existencia de diferencias significativas entre dos o más grupos de una variable independiente con respecto a una variable dependiente, la cual puede ser ordinal o continua. Esta prueba se enfoca en determinar si las medianas de los grupos analizados difieren de manera significativa. Su procedimiento implica el cálculo de un estadístico de prueba específico que luego se compara con un valor crítico de la distribución correspondiente. Este análisis se emplea para determinar la presencia o ausencia de diferencias estadísticamente significativas entre los grupos evaluados.

- El número de individuos de macroinvertebrados y los diferentes niveles de perturbación, se plantea las siguientes hipótesis:

H₀: La mediana de número de individuos por categorías de perturbación es la misma

H_A: La mediana de número de individuos por categorías de perturbación es diferente

- La riqueza de familias y los niveles de perturbación, se plantea las siguientes hipótesis:

H₀: La mediana de riqueza de familias por categorías de perturbación es la misma

H_A: La mediana de riqueza de familias por categorías de perturbación es diferente

- La diversidad y los niveles de perturbación nos planteamos las siguientes hipótesis:

H₀: La diversidad por categorías de perturbación es la misma

H_A: La diversidad por categorías de perturbación es diferente

4.3.6.4.5 Regresión lineal múltiple.

Estadísticamente, permite generar un modelo lineal con el valor de la variable dependiente o respuesta, a partir de variables independientes (explicativas), es decir, predice valores de una variable.

4.3.6.4.6 Método de análisis de componentes principales – ACP.

El análisis de componentes principales (ACP) es un método estadístico utilizado para reducir la dimensionalidad de una base de datos (BDD) en estudio. En este contexto, se aplicó el ACP para analizar la correlación entre las distintas familias de macroinvertebrados en términos de su abundancia, y para evaluar si la presencia de estas familias está influenciada o asociada con otros factores. Este método busca explicar la estructura de las varianzas y covarianzas presentes en un conjunto de variables mediante la creación de combinaciones lineales entre ellas, conocidas como componentes principales.

CAPITULO V. RESULTADOS Y DISCUSION

5.1 Análisis, interpretación y discusión de resultados

5.1.1 Composición y Riqueza de Familias

La composición de macroinvertebrados es variable en cada estación y durante el periodo de muestreo (época de secas); donde se colectaron individuos pertenecientes a 14 órdenes y 33 familias con un total de 15884 individuos.

Las familias más concurrentes en casi todos los puntos de muestreo son *Baetidae*, *Chironomidae*, *Elmidae*, *Hyaellidae* y *Planariidae*; donde, las familias con más riqueza es la *Hyaellidae* seguido de *Baetidae*, *Chironomidae*, *Leptophlebiidae*, *Planariidae* y *Physidae*.

Las familias ocasionales son *Dryopidae*, *Ephydriidae*, *Hydropsichidae*, *Odontoceridae*, *Hirudinea*, *Psychodidae*, *Ptilodactylidae*, *Scirtidae*, *Sphaeriidae* y *Tabanidae*.

En la tabla 10, se presenta el listado de macroinvertebrados, muestreados durante la época de secas.

Tabla 10. Lista de Macroinvertebrados por estación de muestreo

Orden y Familias	ESTACIONES DE MUESTREO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Odonata																				
<i>Aeschnidae</i>												X			X		X	X	X	X
Ephemeroptera																				
<i>Baetidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X			X
<i>Leptophlebiidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X												
Diptera																				
<i>Blephariceridae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X												
<i>Chironomidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Simuliidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X				X								
<i>Tabanidae</i>															X					X
<i>Culicidae</i>									X		X	X	X	X	X	X		X	X	X
<i>Psychodidae</i>	X																			
<i>Ephydriidae</i>													X							
<i>Tipulidae</i>																		X		
Nematomorpha																				
<i>Chordodidae</i>						X			X	X	X	X	X	X	X	X	X		X	X
Hemiptera																				
<i>Corixidae</i>															X		X	X		X
<i>Notonectidae</i>												X	X	X	X	X	X	X	X	X
Coleoptera																				
<i>Dysticidae</i>											X		X	X	X	X	X	X	X	X
<i>Elmidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X		
<i>Ptilodactylidae</i>			X																	
<i>Hydrophilidae</i>		X					X			X		X	X							
<i>Scirtidae</i>		X																		
Trichoptera																				
<i>Ecnomidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X							
<i>Odontoceridae</i>	X										X	X	X							
<i>Hydroptilidae</i>		X	X	X	X				X			X								
<i>Leptoceridae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X										
<i>Hydrobiosidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X			X	X	X	X					
<i>Hydropsichidae</i>												X	X	X						
Plecoptera																				
<i>Gripopterygidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X											
Amphipoda																				
<i>Hyaellidae</i>	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X
Gasteropoda																				
<i>Planorbidae</i>												X			X					X
<i>Physidae</i>			X			X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X	X

(Continua tabla 10)

Orden y Familias	ESTACIONES DE MUESTREO																			
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
Turbelaria																				
<i>Planariidae</i>	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x	x
Hirudinoidea																				
<i>Hirudinea</i>											x									
Bivalva																				
<i>Sphaeriidae</i>																				x
Oligochaeta																				
<i>Tubificidae</i>	x	x	x	x	x	x	x		x	x	x	x		x						x
Total, de individuos	755	1058	1160	1107	887	750	629	513	658	816	779	588	431	386	659	463	390	954	1350	1551

Las familias registradas como *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Hydrobiosidae*, *Leptoceridae*, *Hydroptilidae* y *Ecnomidae*, son especies muy sensibles a las perturbaciones y se encontraron en puntos de muestreo alejados de la zona rural en el cual aparentemente disminuye la perturbación antrópica y su riqueza se incrementa.

Los puntos de muestreo 18, 19 y 20 del río Lucre, las familias dominantes son *Chironomidae*, *Hyaellidae*, *Physidae* y *Planariidae*, quienes viven en condiciones ambientales perturbadas; por ello, la dominancia de dichas especies es evidente y la riqueza de familias es baja.

Ribera et al. (2010), manifiestan que las familias *Chironomidae*, *Physidae* y *Planariidae*, se encuentran frecuentemente en aguas ricas en materia orgánica y presentan características morfológicas y fisiológicas que les permite estar en condiciones de anoxia; así mismo, obtienen energía por medio de la fermentación anaeróbica.

De La Torre (2018), recolecto las especies *Tropicorbis*, *Littoridina*, *Notonecta* y *Neocorixa*, pero la familia *Hyaellidae*, fue la más representativa con 59.4% a comparación de las otras especies. En relación a sus colectas de 1984, describe que no encontraron muchas especies porque la laguna Huacarpay ya no presenta litoral por la colmatación del mismo.

Es preciso mencionar que se realizó un muestreo en épocas de lluvia (mes de abril), se recolecto 1472 individuos, con la dominancia de las familias *Chironomidae*, *Baetidae*, *Leptophlebiidae*, *Hyaellidae*, *Planariidae* y *Physidae*.

5.1.2 Índices de diversidad Alfa

En la tabla 11 y figura 4, se describen los índices de diversidad alfa durante el periodo de muestreo.

Tabla 11. Índices de diversidad de macroinvertebrados durante los meses de muestreo

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	abril
Riqueza	27	26	27	24	26	15
Número de individuos	2346	2706	3191	3612	4029	1472
Simpson	0.881	0.854	0.867	0.869	0.898	0.652
Shannon	2.509	2.368	2.392	2.408	2.586	1.65
Equitatividad	0.761	0.727	0.726	0.758	0.794	0.64
Fisher_alpha	4.280	3.987	4.047	3.451	3.720	3.01
Chao-1	27	26	27	24	26	15

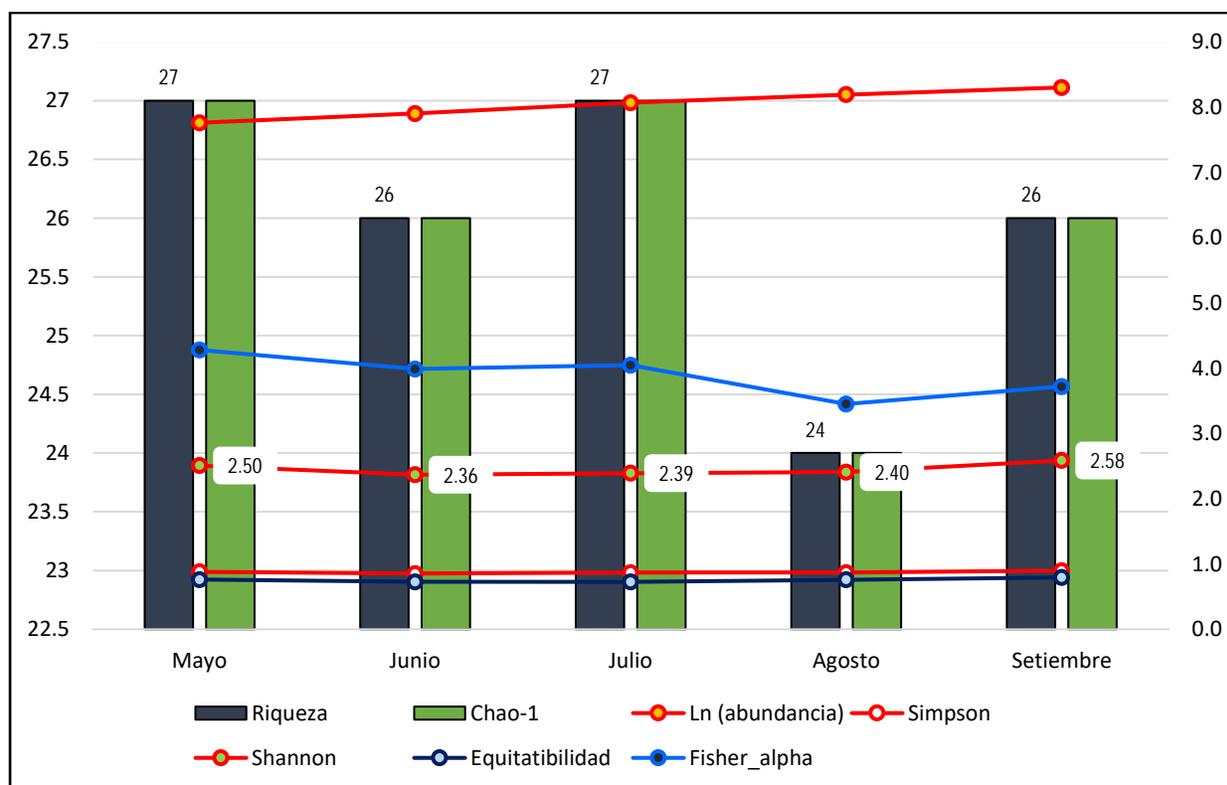
El mes de mayo y julio presenta mayor riqueza de familias seguido del mes de junio y setiembre con 26 familias y por último el mes de agosto con 24 familias, siendo el mes más crítico y periodo de transición por la disminución del caudal el mismo que es aprovechado para la actividad piscícola y el riego de cultivos en la parte baja de la cuenca y la disponibilidad de hábitat para la supervivencia de los macroinvertebrados es mínima o nula. Ribera J. et al., 2010. hacen referencia que la variación estacional condiciona la presencia o ausencia de algunos macroinvertebrados; es decir, hay una relación directa entre disponibilidad de hábitats y la abundancia de macroinvertebrados especialmente en época de secas ya que el cauce es normal y las poblaciones no sufren alteraciones.

El mes de abril presenta la menor riqueza y número de individuos con 15 familias y 1472 individuos, así como el menor valor en la diversidad.

En el mes de mayo presenta mayor número familias (27) y menor cantidad de individuos (2346) y presenta un valor relativo de Shannon, Simpson y equitatividad con una menor dominancia de especies.

Con estos datos, es posible aceptar nuestra primera hipótesis descriptiva, en la cual se ha planteado que la diversidad de familias, iba a ser superior a 1,5 bits, dicho valor, fue referencial en relación a la teoría y antecedentes, puesto que, en otros lugares, se lograba valores de 1,8 a 2 bits como máximo. Sin embargo, en el presente estudio, se superó ampliamente estos índices, teniendo un promedio de 2,4 bits en cada mes de evaluación. Lo cual, podría configurar como de alta diversidad de familias, en relación a los macroinvertebrados.

Figura 4. Índices de diversidad de los macroinvertebrados



En el mes de agosto y setiembre se recolectó la mayor cantidad de individuos con 3612 y 4029 individuos respectivamente, con la dominancia (Simpson) de las familias *Baetidae*, *Chironomidae*, *Hyalellidae*, *Physidae* y *Planariidae* por las condiciones oligotróficas del medio acuático en los últimos puntos de muestreo a diferencia de los otros meses de muestreo, y setiembre con la mayor diversidad alfa (Shannon) debido a que en dichos meses las perturbaciones antrópicas

y naturales son más evidentes y las condiciones ambientales del medio acuático son muy variables y la disponibilidad de recursos para estas poblaciones, influyen posiblemente en su distribución y abundancia (Ribera J. et al., 2010); por lo que, la probabilidad de encontrar dos individuos en una muestra que pertenezcan a la misma especie es baja y en relación con el índice de Shannon es próximo a 1 (Equitatividad) es decir es más homogéneo. Los valores de Chao se ajustan a los valores de riqueza de familias encontradas en los meses de muestreo.

En la tabla 12 y figura 5, se describen los índices de diversidad alfa por punto de muestreo.

Tabla 12. Índices de diversidad de macroinvertebrados por punto de muestreo

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
Riqueza	15	16	16	14	14	15	15	13	14	10	14	18	16	14	13	11	11	11	9	15
Número de individuos	755	1058	1160	1107	887	750	629	513	658	816	779	588	431	386	659	463	390	954	1350	1551
Simpson	0.77	0.79	0.86	0.84	0.85	0.84	0.82	0.78	0.87	0.81	0.84	0.82	0.86	0.84	0.82	0.8	0.83	0.58	0.53	0.7
Shannon	1.87	1.93	2.18	2.06	2.11	2.1	2.1	1.89	2.22	1.9	2.03	2.02	2.19	2.06	2.07	1.83	2.02	1.29	1.11	1.63
Equitabilidad	0.69	0.7	0.79	0.78	0.8	0.78	0.77	0.74	0.84	0.82	0.77	0.7	0.79	0.78	0.81	0.76	0.84	0.54	0.51	0.6
Fisher alpha	2.65	2.67	2.63	2.26	2.36	2.66	2.76	2.43	2.51	1.6	2.42	3.51	3.27	2.85	2.3	2.02	2.1	1.74	1.3	2.3
Chao-1	15	16	16	14	14	15	15	13	14	10	14	19	16.5	15.5	14	11	11	11	9	15

El punto de muestreo 12 presenta mayor riqueza de familias (18) con una menor dominancia de individuos (588) a comparación del punto de muestreo 19 que presenta la menor riqueza de familias (9) pero mayor dominancia de individuos (1350), los demás puntos de muestreo presentan una similaridad en la riqueza de familias encontradas.

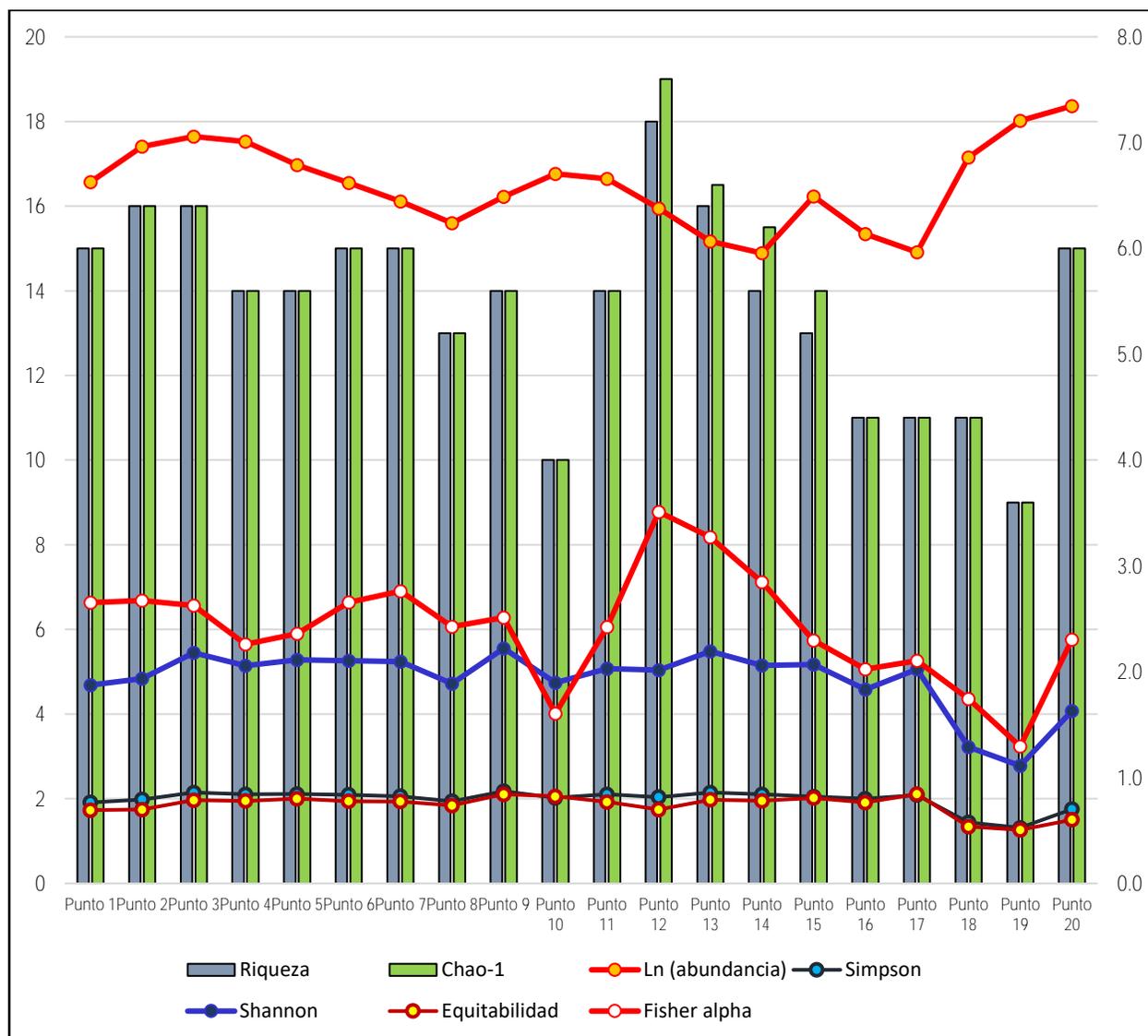
Así mismo, (Hanson et al., 2010; Roldan & Ramirez, 2022) manifiestan que, en aguas limpias, frías, transparentes y oxigenadas, albergan la mayor diversidad de macroinvertebrados y es más probable hallar poblaciones dominantes de efemerópteros, tricópteros y plecópteros a diferencia de odonatos, hemípteros, dípteros con menor dominancia ya que pueden compartir hábitats similares con el resto de especies; por el contrario, poblaciones dominantes de oligoquetos,

quironómidos están presentes en aguas poco oxigenadas (eutrofizadas) con algunos individuos indicadores de aguas limpias.

Además, cabe mencionar que la ocurrencia a lo largo del año de las familias *Ephydriidae*, *Simuliidae* y *Chironomidae* o temporal como los efemerópteros, tricópteros, plecópteros y odonatos en ciertas épocas del año, involucra que especies depredadoras deban cambiar sus hábitos alimenticios en dichos periodos de acuerdo con el tipo de presa presente y que ciertas especies (por ejemplo dípteros), aumenten considerablemente sus poblaciones durante la época de emergencia de sus depredadores (Roldan & Ramirez, 2022).

Según la figura 5, el índice de diversidad de Simpson es similar en todos los puntos de muestreo con un máximo de 0.87 y un mínimo de 0.53, donde valores cercanos a uno es un indicador de alta diversidad y próximo a cero una baja diversidad. El índice de Shannon presenta un valor mínimo de 1.11 en el punto de muestreo 19 y un valor máximo de 2.22 en el punto de muestreo 9; por lo que, la diversidad de macroinvertebrados es variable según la intensidad y frecuencia de la perturbación. Según Margalef (1998) los valores de diversidad que varían entre 1.1 – 2.1, corresponden a diversidad media., es decir son ambientes que han sido perturbados, además Borja et al. (2005), menciona que la turbiedad podría ser causa en la disminución del número de individuos y por ende de la diversidad. Por lo que, se podría decir los valores de diversidad están relacionadas al estado ecológico del medio; además, Jacobsen et al. (1997) refiere que a mayor altitud la diversidad disminuye en las familias de los órdenes Coleoptera, Odonata, Heteroptera y Trichoptera.

Figura 5. Índices de diversidad por punto de muestreo



En relación al número de familias deseables para cada uno de los puntos de muestreo Chao-1 varía de 9 a 16.5, dichos valores se ajustan a los datos de riqueza de familias, a excepción de los puntos de muestreo 12, 13, 14 y 15, porque existe familias representadas por un único individuo como es el caso de *Ephydridae*.

5.1.3 *Curvas de rango de abundancia*

La representación de las curvas en la mayoría sigue un patrón semejante durante el periodo de muestreo, donde muchas familias presentan una composición similar o parecida en la mayoría de los puntos de muestreo. En las gráficas se describe la riqueza y uniformidad de las familias de macroinvertebrados, y reflejan una pendiente que se asemeja a un palo quebrado por el declive paulatino de las abundancias de macroinvertebrados en cada mes de muestreo.

Tabla 13. Criterio de información de Akaike - AIC

Perturbación	Modelo	Devianza	AIC	BIC
Baja	Null	42,963	147,544	147,544
	Serie geométrica	15,001	121,582	122,801
	Log normal	15,486	124,067	126,505
	Zipf	40,618	149,199	151,637
	Bara quebrada	10,282	120,863	124,519
Media	Null	46,651	156,335	156,335
	Serie geométrica	16,278	127,961	129,220
	Log normal	16,934	130,618	133,134
	Zipf	44,401	158,084	160,600
	Bara quebrada	11,212	126,896	130,670
Alta	Null	394,287	138	138
	Serie geométrica	137,772	115	116
	Log normal	141,035	117	119
	Zipf	370,105	140	142
	Bara quebrada	93,924	114	118

Según la tabla 13, para la perturbación baja, media y alta el modelo que mejor describe la relación con más exactitud es la Bara quebrada, ya que el AIC de los otros modelos es superior.

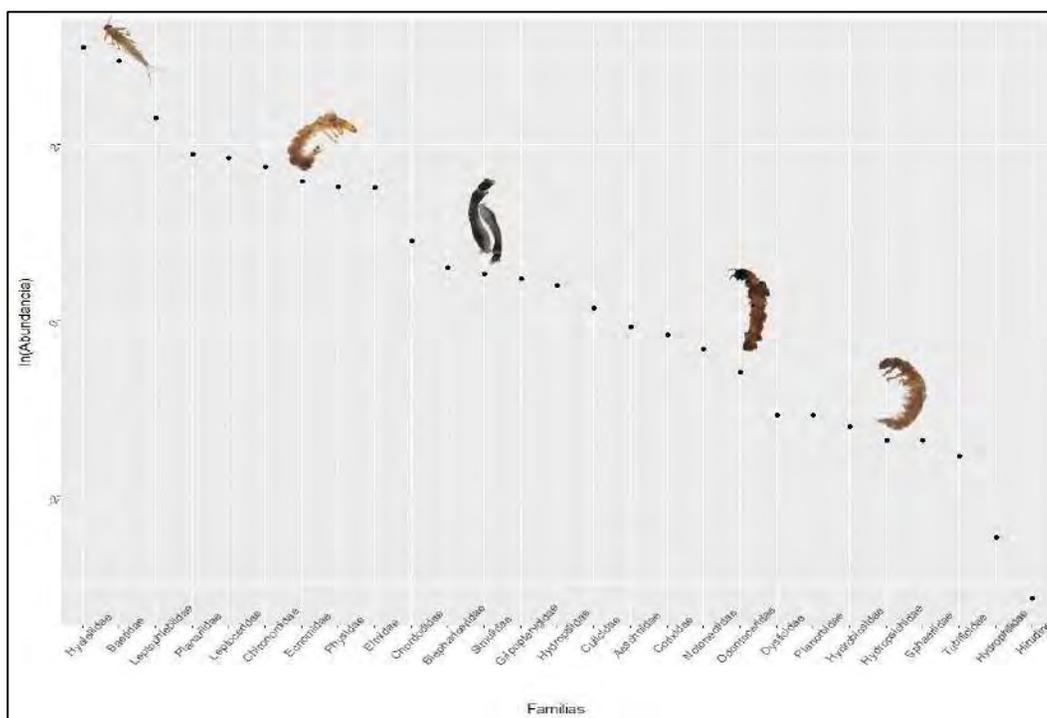
- **Curva de rango de abundancia del mes de mayo**

En la figura 6, se puede observar que la pendiente de la curva no es pronunciada indicando una ligera uniformidad y la abundancia de las familias es casi similar descendiendo

paulatinamente; es decir, a mayor riqueza o equitatividad de especies la curva de rango – abundancia se aproximara a un pendiente plano.

La familia más dominante son *Hyaletellidae* y *Baetidae* para luego tener una ligera pendiente formando un grupo de familias presentes generalmente en la parte alta y baja de la cuenca, descendiendo tenuemente hasta alcanzar una cola con pendiente pronunciada representado en este punto por la familia *Hydrophilidae*.

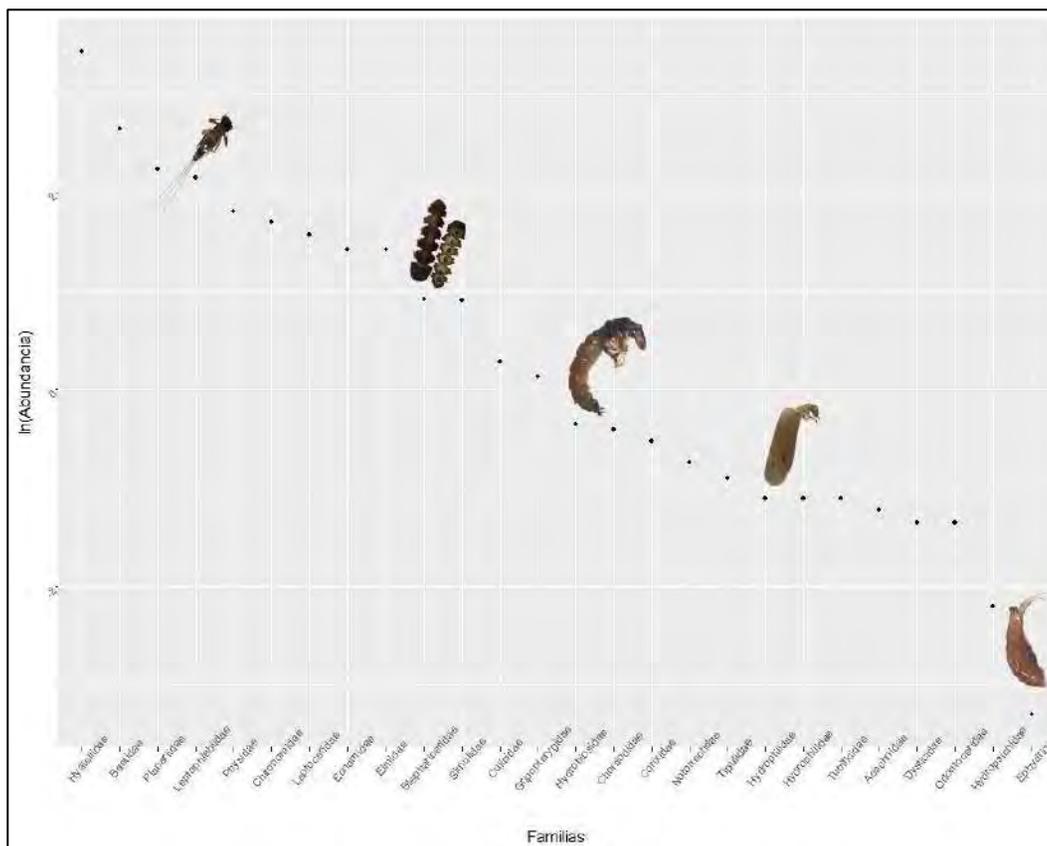
Figura 6. Curva rango de abundancia del mes mayo



- **Curva de rango de abundancia del mes de junio**

En la figura 7, la curva presenta una ligera pendiente al inicio dominado por la familia *Hyaletellidae* seguido por *Baetidae* tomando luego un modelo log normal descendiendo ligeramente para terminar en una pendiente pronunciada con la presencia de las familias *Odontoceridae*, *Hydropsichidae* y *Ephydriidae*, teniendo la mínima abundancia en este mes.

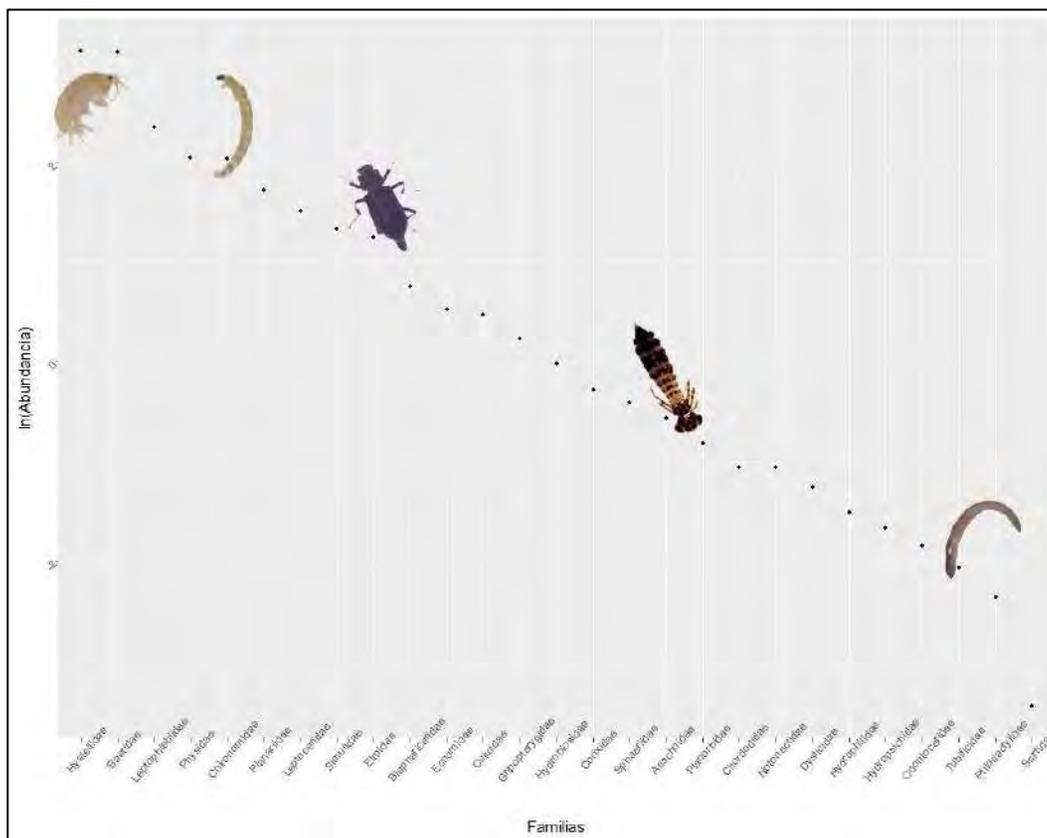
Figura 7. Curva rango de abundancia del mes junio



- **Curva de rango de abundancia del mes de julio**

En la figura 8, la curva rango abundancia se ajusta al modelo log normal indicando una alta uniformidad y explicando mejor la distribución de la abundancia de las familias, siendo este similar y dominado por *Hyalellidae* y *Baetidae*, *Ptilodactylidae* y *Scirtidae* presentan un rango de abundancia bajo indicándonos la baja uniformidad en este último tramo.

Figura 8. Curva rango de abundancia del mes julio



- **Curva de rango de abundancia del mes de agosto**

En la figura 9, la curva presenta una ligera pendiente suave, denotando que no existe una fuerte dominancia de las familias presentes posiblemente por ser un periodo de transición demostrando la influencia de la perturbación con una baja abundancia de las familias *Hydropsichidae* y *Tubificidae*.

- **Curva de rango de abundancia del mes de setiembre**

La figura 10, toma la forma de un log normal con pendientes muy suaves y un descenso gradual, donde las abundancias son similares, terminando en una pendiente muy acentuada indicando que la composición de especies en este tramo es diferente.

Figura 9. Curva rango de abundancia del mes agosto

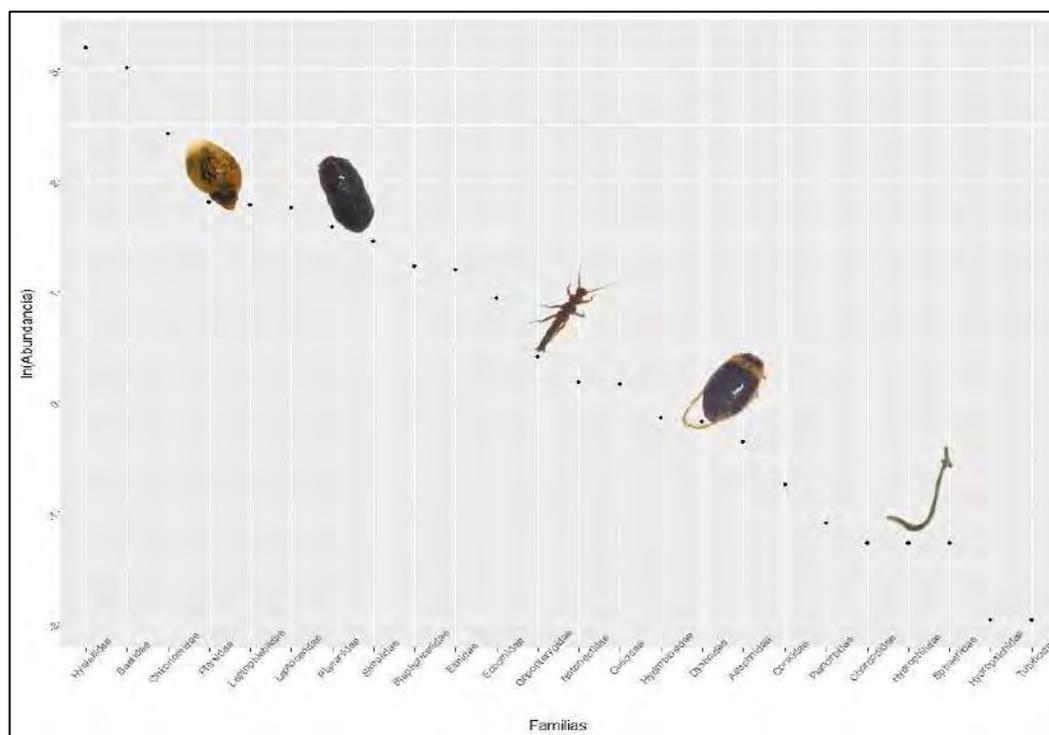


Figura 10. Curva rango de abundancia del mes setiembre

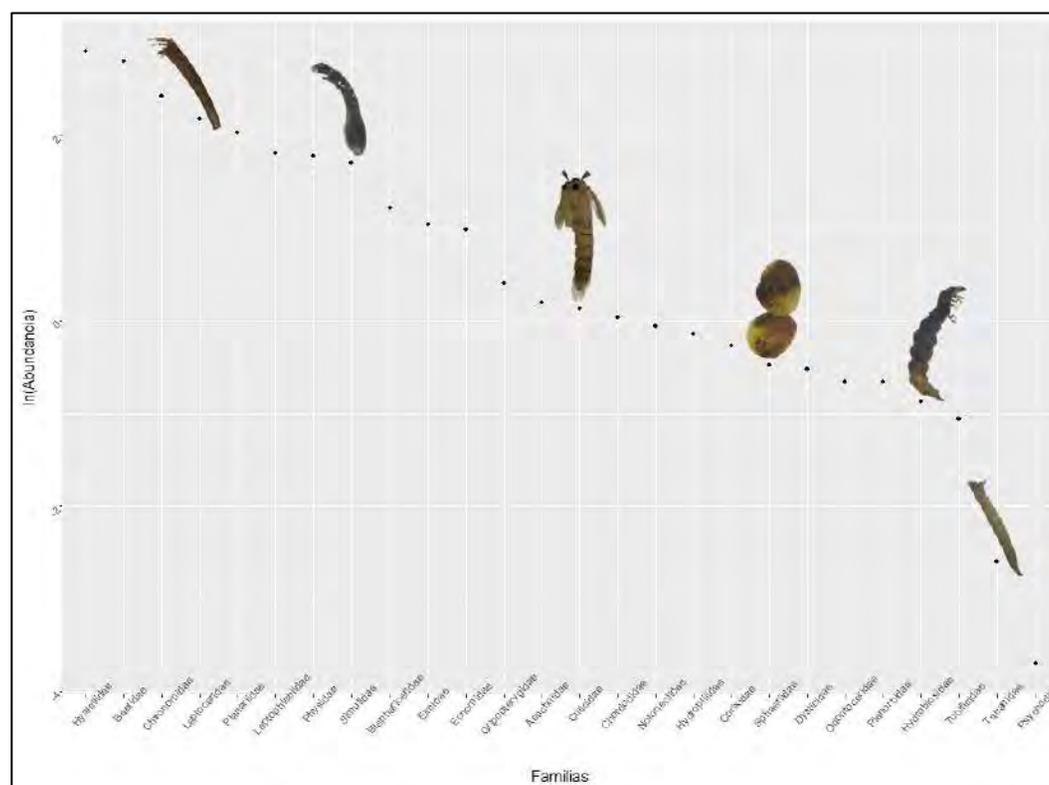
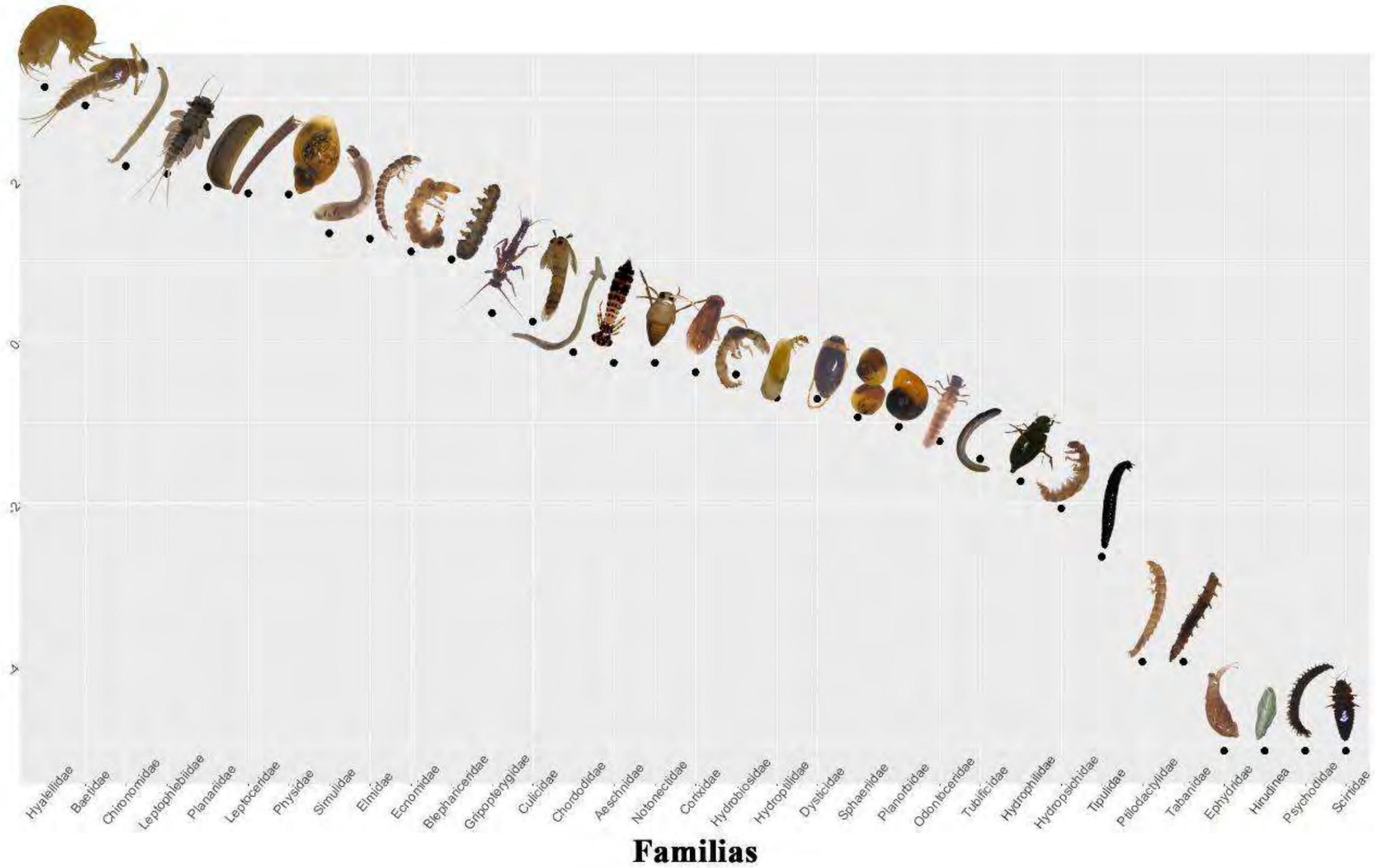


Figura 11. Curva rango de abundancia de todas las familias de macroinvertebrados



5.1.4 Diversidad beta

5.1.4.1 Índice de Similaridad de Jaccard

En la tabla 14 se muestra índice de Similaridad de Jaccard por punto de muestreo en el que considera la similitud de los puntos de muestreo en relación a las especies recolectadas. Los puntos con mayor similitud de familias se encuentran resaltados, compartiendo hasta el 100% de familias los puntos de muestro 4 y 5, y un 88% en los puntos 2,3,6 y 7, siendo porcentajes muy considerables; debido a las familias encontradas son sensibles a perturbaciones.

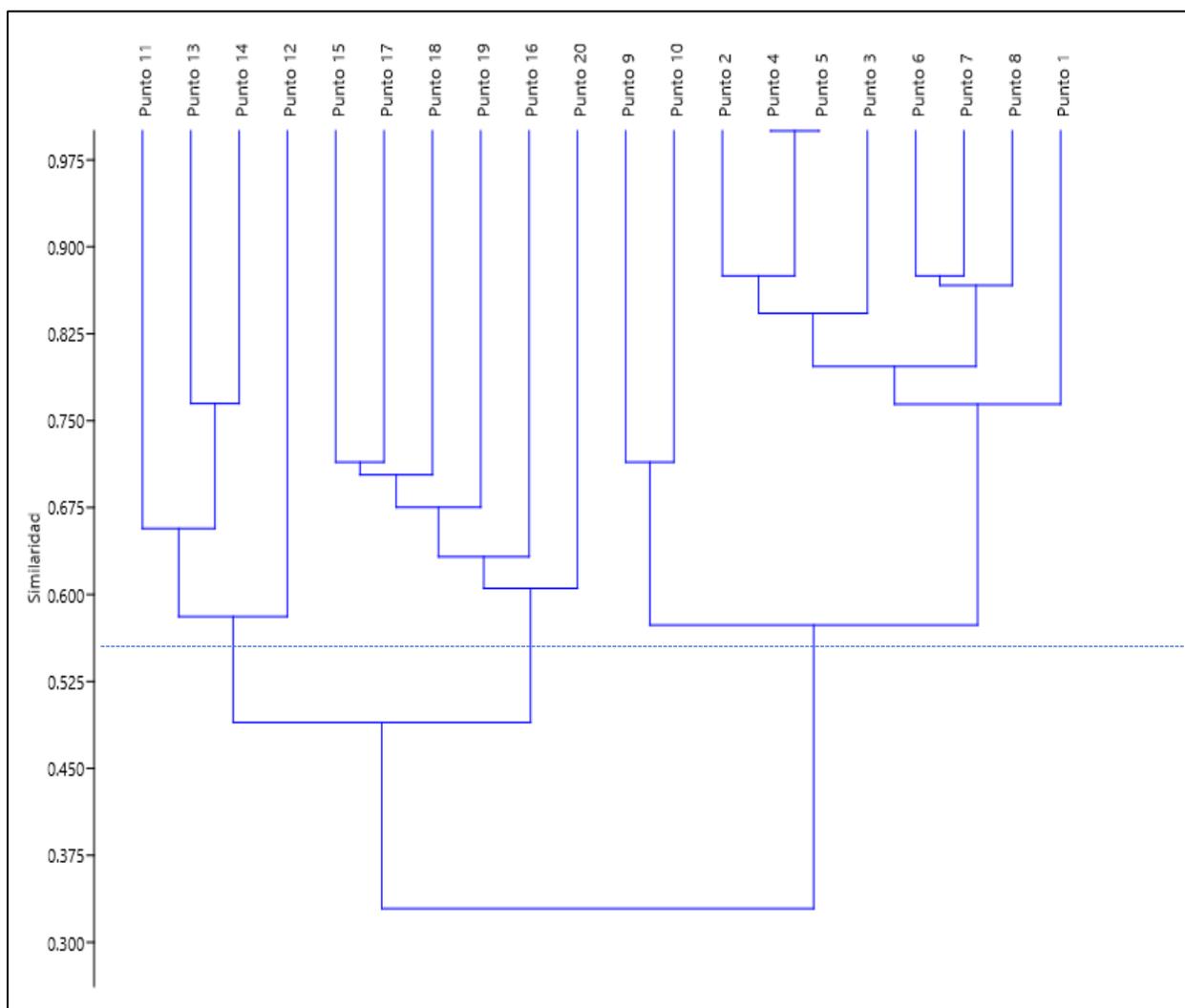
Tabla 14. Índice de Jaccard por punto de muestreo

	P1	P2	P3	P4	P5	P6	P7	P8	P9	P10	P11	P12	P13	P14	P15	P16	P17	P18	P19	P20
P1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P2	0.72	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P3	0.72	0.78	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P4	0.81	0.88	0.88	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P5	0.81	0.88	0.88	1	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P6	0.77	0.72	0.82	0.81	0.81	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P7	0.77	0.82	0.82	0.81	0.81	0.88	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P8	0.75	0.71	0.81	0.80	0.80	0.87	0.87	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P9	0.53	0.58	0.67	0.65	0.65	0.71	0.61	0.59	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P10	0.47	0.44	0.53	0.50	0.50	0.67	0.56	0.53	0.71	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P11	0.38	0.36	0.36	0.33	0.33	0.45	0.45	0.35	0.56	0.6	1	-	-	-	-	-	-	-	-	-
P12	0.44	0.42	0.48	0.46	0.46	0.50	0.44	0.41	0.60	0.47	0.52	1	-	-	-	-	-	-	-	-
P13	0.35	0.33	0.33	0.30	0.30	0.41	0.41	0.38	0.50	0.44	0.67	0.62	1	-	-	-	-	-	-	-
P14	0.32	0.36	0.36	0.33	0.33	0.45	0.45	0.35	0.56	0.50	0.65	0.60	0.77	1	-	-	-	-	-	-
P15	0.22	0.21	0.26	0.23	0.23	0.33	0.27	0.30	0.42	0.35	0.42	0.48	0.53	0.59	1	-	-	-	-	-
P16	0.24	0.23	0.29	0.25	0.25	0.37	0.30	0.33	0.47	0.50	0.56	0.53	0.59	0.67	0.6	1	-	-	-	-
P17	0.2	0.23	0.29	0.25	0.25	0.37	0.30	0.33	0.39	0.50	0.47	0.45	0.50	0.56	0.71	0.69	1.00	-	-	-
P18	0.2	0.17	0.23	0.19	0.19	0.24	0.24	0.26	0.32	0.31	0.39	0.38	0.42	0.47	0.71	0.57	0.69	1	-	-
P19	0.14	0.14	0.19	0.15	0.15	0.26	0.20	0.22	0.35	0.36	0.44	0.42	0.47	0.53	0.69	0.67	0.67	0.67	1	-
P20	0.20	0.19	0.24	0.21	0.21	0.30	0.25	0.22	0.38	0.39	0.45	0.50	0.41	0.53	0.65	0.63	0.63	0.53	0.6	1

En los puntos de muestreo de la parte alta del río Lucre muestra una alta similitud y mayor distribución espacial y temporal de los macroinvertebrados y esta va descendiendo por la escasa abundancia y ocurrencia de algunas familias en un mismo punto debido a las características de hábitat y las condiciones fisicoquímicas del agua.

Presenta similitud media del 50% en los puntos 4-10 y 5-10, ya que presentan una perturbación media y comparten familias con un índice de tolerancia media y un índice de similitud baja en los puntos 1-19, 2-19, 4-19 y 5-19 con un valor inferior al 17% en vista de que los primeros puntos está representado por familias sensibles a diferentes niveles de perturbación, mientras que en la parte baja del río (punto de muestreo 19) se encuentran familias tolerantes a niveles de perturbación media y alta.

Figura 12. Análisis cluster de familias de macroinvertebrados por puntos de muestreo



En la figura 12, con un corte del 55% se muestra el análisis cluster en base al índice de similitud de jaccard mediante el método de agrupamiento UPGM, se puede observar que se formaron 3 grupos. Los primeros formados por los puntos del 1 al 10, comparten casi el 55% de sus especies y corresponden a puntos muestreados en la parte alta de la cuenca, luego se observa una zona de transición, formada por los puntos 15 al 20, que comparten el 60% de sus especies.

Los puntos de muestreo 2, 3, 4 y 5 pertenecen a la zona de Pacramayo y se encuentran generalmente familias sensibles a cualquier tipo de perturbación; por lo que, el nivel de perturbación va de bajo a regular y la disponibilidad de hábitats, nutrientes hace que compartan las familias *Baetidae*, *Leptoceridae*, *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Ecnomidae*, *Simulidae*, *Blephariceridae* y *Elmidae*, quienes dominan aguas claras, de mucha corriente y bien oxigenadas, así mismo la variabilidad de las condiciones fisicoquímicas del agua, adaptaciones fisiológicas, cauce, corriente según menciona (Roldán, 2003). Mientras que los puntos de muestreo 6 y 7 pertenecen al efluente de la zona de Colcalqui, presentan características similares al efluente de Pacramayo, el mismo que alberga similares.

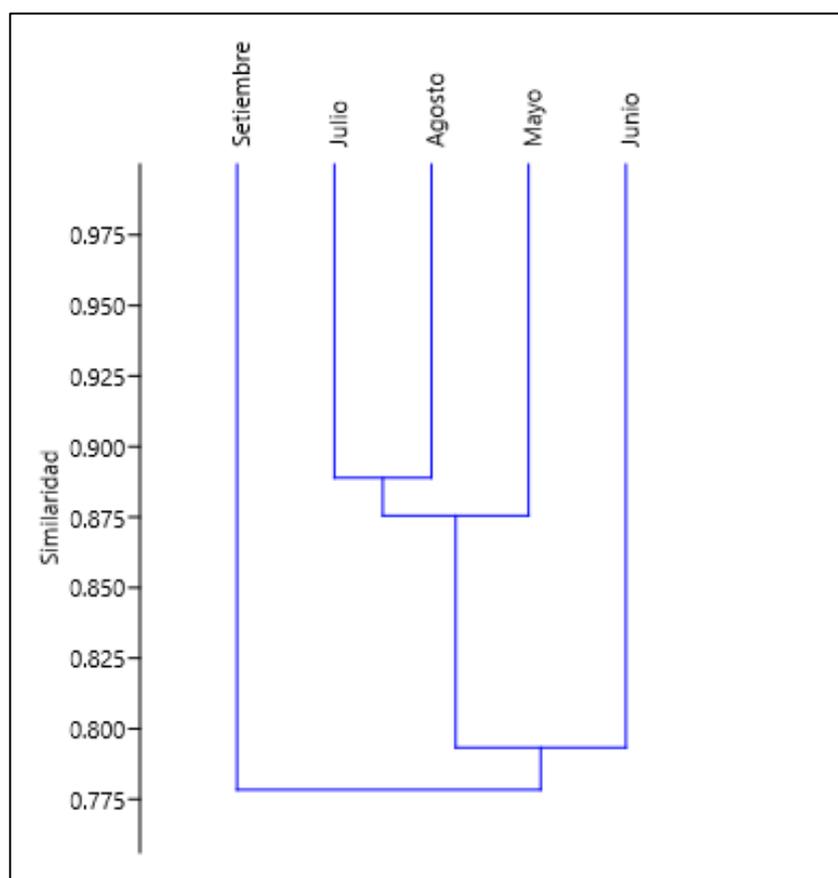
La tabla 15, indica la similitud de familias por meses de muestreo, donde los macroinvertebrados en los meses de mayo y julio con el mes de agosto presentan la mayor similitud en un 89%, siendo un valor muy representativo por las condiciones de clima y hábitat que se dio en su momento. Los meses mayo y setiembre presentaron una similitud con el 82% y los meses junio y setiembre presentan la menor similitud con un 73%.

Generalmente, durante los meses de muestreo (época de secas) considerada como una temporada estable, se encontraron especies similares en los puntos de muestreo, pero con diferentes abundancias.

Tabla 15. Índice de Jaccard por meses de muestreo

	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre
Mayo	1	-	-	-	-
Junio	0.828	1	-	-	-
Julio	0.862	0.767	1	-	-
Agosto	0.889	0.786	0.889	1	-
Setiembre	0.828	0.733	0.767	0.786	1

Figura 13. Análisis cluster de las familias de macroinvertebrados por meses de muestreo



En la figura 13, se observa la similitud de las familias de macroinvertebrados, donde se forma un grupo conformado por los meses de mayo, junio, julio y agosto presentan una similitud del 80% en relación al mes de setiembre, ya que es considerada el mes de transición.

5.1.5 Índices Biológicos

La tabla 16, detalla los índices biológicos aplicados estableciendo la calidad biológica del río Lucre expresado en un valor numérico según las características de las especies presentes,

Según el índice Ephemeroptera, Plecoptera y Tricoptera – EPT, en la parte alta del río Lucre denota una calidad de agua Muy buena a buena con un EPT de 81, conforme se discurriendo aguas abajo califica una calidad de agua que va de regular a mala llegando a obtener un EPT de 0.

Según el Índice Biológico de Familia - IBF, la parte alta presenta un IBF igual a 3.7 de calidad de agua excelente, en la parte media del río Lucre denota una calidad de agua Regular a Relativamente mala, llegando al río Huatanay con un valor de 7.1 con una calidad mala.

En referencia al índice Biological Monitoring Working Party – BWMP, en la parte alta y media del río Lucre denota una calidad de agua de Buena a aceptable con valores superiores a 61, en la parte media denota una calidad dudosa a aceptable con evidentes procesos de contaminación y en la parte baja presenta una calidad dudosa es decir aguas contaminadas, desembocando al río Huatanay con dicha calidad.

Según los tres índices biológicos aplicados, concuerdan que en la parte alta del río Lucre la calidad de agua es muy buena, por ello la presencia y dominancia de las familias *Leptoceridae*, *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Hydrobiosidae*, *Hydroptilidae*, *Ecnomidae*, *Simulidae*, *Blephariceridae* siendo familias sensibles a cualquier tipo de perturbación, en la parte media denota una calidad de agua regular a relativamente mala con la presencia de las familias casi tolerantes a la contaminación y en la parte baja del río Lucre domina la presencia de las familias *Chironomidae*, *Physidae*, *Elmidae*, *Hyalellidae* y *Planariidae* por la alta perturbación, siendo de calidad muy mala

Tabla 16. Índices biológicos para cada punto de muestreo

Punto de Muestreo	EPT	Calidad del Agua	IBF	Calidad del Agua	BWMP	Calidad del Agua
1	81	Muy buena	3.7	Excelente	105	Buena
2	78	Muy buena	3.6	Muy buena	108	Buena
3	69	Buena	3.5	Excelente	109	Buena
4	69	Buena	3.2	Excelente	96	Aceptable
5	71	Buena	3.6	Excelente	96	Aceptable
6	92	Muy buena	3.9	Muy buena	101	Buena
7	72	Buena	3.7	Excelente	96	Aceptable
8	79	Muy buena	3.9	Muy buena	91	Aceptable
9	44	Regular	5.5	Regular	93	Aceptable
10	28	Regular	6.1	Rel. mala	59	Dudoso
11	29	Regular	5.7	Regular	63	Dudoso
12	43	Regular	5.5	Regular	86	Aceptable
13	24	Mala	5.7	Regular	93	Aceptable
14	11	Mala	5.8	Rel. mala	81	Aceptable
15	0	Mala	5.9	Rel. mala	74	Aceptable
16	2	Mala	6.7	Mala	59	Dudoso
17	1	Mala	5.6	Regular	67	Aceptable
18	0	Mala	7.2	Muy mala	52	Dudoso
19	0	Mala	7.3	Muy mala	49	Dudoso
20	0	Mala	7.1	Mala	60	Dudoso

Según Ttupa, (2016), en los puntos de muestreo del 15 al 20 considerado como ecosistema lenticó califica la calidad ecológica del recurso hídrico como Muy Mala, concordando con los resultados obtenidos y la presencia de las familias *Aeshnidae*, *Corixidae*, *Notonectidae*, *Chironomidae*, *Tabanidae*, *Hyaellidae* y *Physidae*; así mismo, (De La Torre, 2018) aplico indicadores cuantitativos y cualitativos encontrando Familias como *Hyaellidae*, *Succineidae* *Planorbidae* *Dysticidae* *Hidrophilidae*, *Aeshnidae* y *Libellulidae*, describiendo que la laguna de Huacarpay se encuentra en un estado eutrófico.

El índice Andean Biotic Index (ABI) aplicado por Ttupa, (2016) considera al río Lucre (parte media) con un estado ecológico “Muy bueno”, cabe mencionar el índice ABI y el índice

BWMP tiene un grado de correlación del 90% por lo que aplicar uno u otro índice nos dará resultados muy similares, el mismo que coincide con el resultado obtenido calificando como aceptable.

5.2 Estadísticos Descriptivos de la Perturbación

5.2.1 *Perturbación Total*

Tabla 17. Nivel de perturbación total

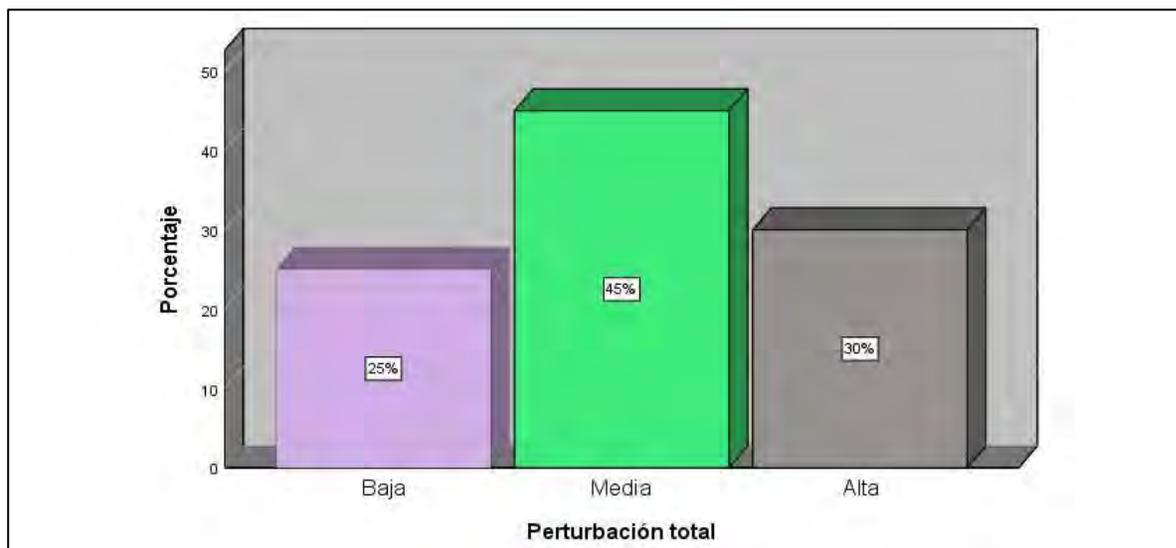
	Frecuencia	Porcentaje
Baja	5	25
Media	9	45
Alta	6	30
Total	20	100%

Según la tabla 17, el nivel de perturbación en el área de estudio está determinado como baja con un 25%, seguido de una perturbación alta con un 30% y una perturbación media con un 45%, siendo la más predominante en 09 puntos de muestreo. Por esta razón, es que podemos aceptar nuestra segunda hipótesis descriptiva, y concluir que la perturbación general del Río Lucre es media.

En la figura 14, de la perturbación total la perturbación media es la más influyente con un 45%, seguida de una perturbación alta con 30% y baja con 25%.

En la parte alta del río Lucre (en los puntos de muestreo 1, 2, 3, 4, 5), la perturbación es categorizada como baja, porque la frecuencia e intensidad de la perturbación antrópica, fisicoquímica y natural es mínima, la misma que no influyendo en la estructura de la comunidad de macroinvertebrados a razón de ello se presenta mayor diversidad y se encuentran familias sensibles a cualquier tipo perturbación.

Figura 14. Nivel de perturbación total



En la parte media (en los puntos de muestreo 6, 7, 8, 9, 10, 11, 12, 13, 14, 15,) la perturbación es categorizada como media; porque, la frecuencia e intensidad especialmente la perturbación antrópica como la agricultura, ganadería y piscicultura, la perturbación natural y fisicoquímica es continua en esta época de secas; por lo que, el flujo de nutrientes y la dinámica de las poblaciones influencia a la aparición de otras especies menos sensibles y tolerantes a las perturbaciones el mismo que tiene efectos sobre la estructura y composición del sistema.

En los puntos de muestreo 16, 17, 18, 19 y 20, la perturbación es alta, debido a que la intensidad y extensión de la perturbación antrópica, natural y fisicoquímica (calidad del agua) es continua y duradera; por ello, las familias presentes en esos puntos de muestreo tienen características y adaptaciones fisiológicas que les permite sobrevivir en estos hábitats con condiciones desfavorables y adaptarse al mismo.

Los macroinvertebrados cuya adaptabilidad a ciertos límites y condiciones ambientales se ve alterada, a medida que transcurre el tiempo y disminuyeron su riqueza, llegando a límites incontrolables al cual no estaban preparados para resistir, estas podrán ser reemplazadas por

organismos tolerantes dando paso a la recolonización de organismos tolerantes (Reynaga, 2012), interpretando como su micro-hábitat el espacio donde puede realizar todo su ciclo de vida y/o su adultez, ya que el sustrato le da alimento, sostén, relación entre individuos (Hauer & Resh, 2006).

Por otro lado, sí las alteraciones son constantes y los taxones que constituyen al grupo de individuos son incapaces de mantenerlo en el hábitat, este no será compatible en este ambiente (Townsend, 1994). Como ocurre actualmente en muchos de los ríos de nuestro país, con diferentes niveles de contaminación, la disminución de los cauces, altos niveles de sedimento, represamientos en diferentes niveles, en este caso han sucedido cambios tan drásticos que producirán que, en un futuro, muchos de estos taxones que agrupan a dichos individuos no serán concordantes con el hábitat en que se encuentran y no se podrán asociar. Por lo anterior, es importante reconocer los organismos y su sustrato en ambientes con bajos niveles de disturbio para contribuir con los estudios que puedan identificar una perturbación en el futuro (Southwood, 1988; Townsend, 1994, Menezes, 2010).

Esta fragmentación disminuye el hábitat necesario para la supervivencia de la fauna y flora, lo cual ponen en riesgo a aquellas especies cuyas poblaciones necesitan para su mantenimiento un ecosistema de amplia extensión, lo que conllevaría a la pérdida de la biodiversidad regional (Díaz-Merlano, 2006); es decir, según la capacidad de resiliencia de las especies estas serán capaces de aprovechar las nuevas condiciones del hábitat caso contrario será el declive de la especie.

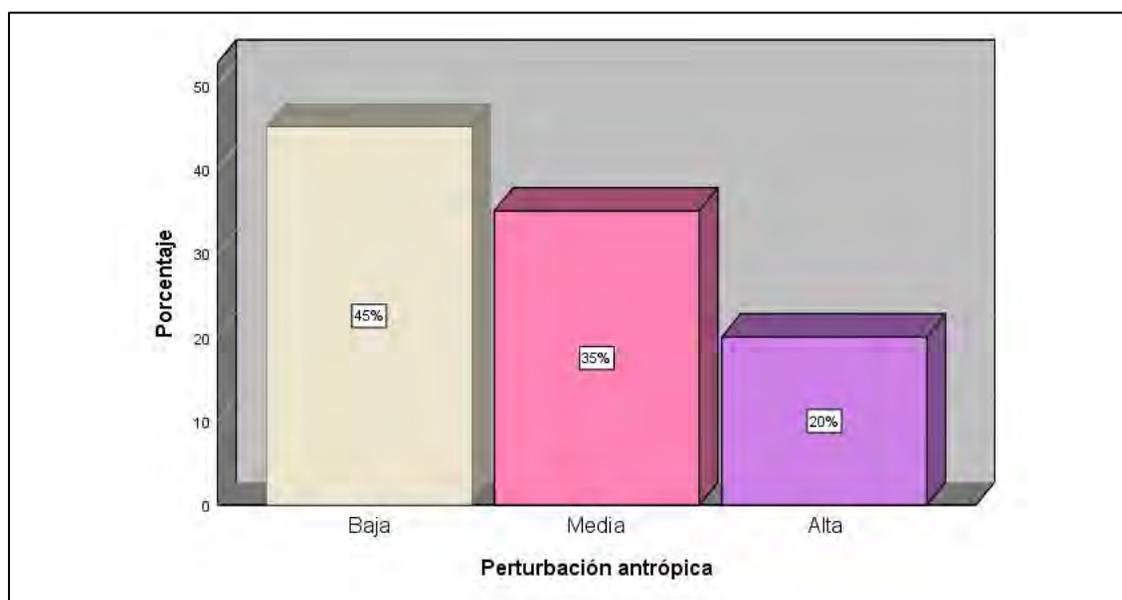
5.2.2 Perturbación Antrópica

Tabla 18. Nivel de perturbación antrópica

	Frecuencia	Porcentaje
Baja	9	45
Media	7	35
Alta	4	20
Total	20	100%

La incidencia de la perturbación antrópica es baja en un 45% es decir en 09 puntos de muestreo (N°1, 2, 3, 4, 16, 17, 18, 19 y 20), de perturbación antrópica media en un 35% en 07 puntos de muestreo (N°5, 6, 7, 8, 13, 14 y 15) y es alta en un 20% solo en 04 puntos de muestreo (N°9, 10, 11 y 12).

Figura 15. Nivel de perturbación antrópica



Según la figura 15, la perturbación antrópica baja prevalece con un 45% sobre la perturbación antrópica media y baja.

La ocurrencia de la perturbación antrópica es baja porque según el instrumento de evaluación las acciones como la presencia de viviendas, vertimientos, piscigranjas, presencia de

cultivos, desviación del curso de agua, el tipo de canal fluvial, la presencia de residuos sólidos no tiene un valor significativo; por ello, el valor va desde 0 a 5 unidades denotando una perturbación antrópica baja.

Los cambios originados por el asentamiento de la población cerca al lecho del río Lucre, la actividad piscícola que es más notoria, la modificación del canal fluvial de forma rústica, la desviación del flujo de agua para las actividades agrícolas y piscícola, modifican el hábitat de los organismos, el mismo que se expresa como perturbación antrópica media, valores que van de 7 hasta 13 unidades.

La actividad piscícola se ha visto rentable en dicha zona, garantiza la seguridad alimentaria de los pobladores de la zona además de mitigar la pobreza, este tiene un efecto negativo con el enriquecimiento de nutrientes como el fósforo, nitrógeno y carbono producto de las excreciones y respiración de los peces; la presencia de vertimientos, animales domésticos y la concentración de la población en la ribera del río, ocasionan que el impacto sea mayor y la perturbación sea alta,

Rodríguez, (2017) menciona que el ecosistema acuático tiende a degradarse a una mayor incidencia de la presión antrópica, el mismo que es ratificado por Hanson P. *et al* (2010) señalando que la pérdida de la diversidad es consecuencia de la actividad antropogénica; así mismo, la carga orgánica producto del vertimiento de aguas residuales afecta a la comunidad béntica y directamente al funcionamiento del mismo y según las características y riqueza de las especies se podrá calificar a la perturbación Towsand & Scarsbrook (1997).

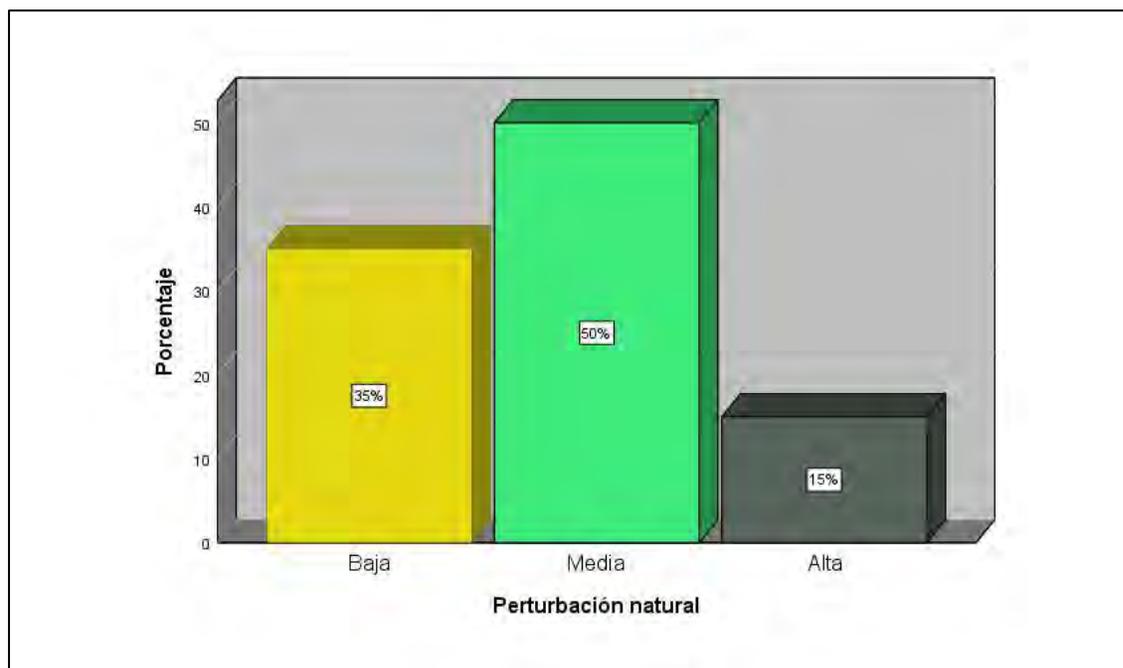
5.2.3 PERTURBACIÓN NATURAL

Tabla 19. Nivel de perturbación natural

	Frecuencia	Porcentaje
Baja	7	35
Media	10	50
Alta	3	15
Total	20	100%

En referencia a la tabla 19 y figura 16, la incidencia de la perturbación natural es baja en un 35% es decir en 07 puntos de muestreo (puntos de muestreo N°1, 2, 3, 4, 5, 6 y 7), con una perturbación natural media en un 50% en 10 puntos de muestreo (puntos de muestreo N°8, 9, 10, 11, 15, 16, 17,18, 19 y 20) y es alta en un 15% en 03 puntos de muestreo (puntos de muestreo N°12, 13 y 14).

Figura 16. Nivel de perturbación natural



Del total de puntos de muestreo, el 50% está influenciado por una perturbación natural, el 35% y 15% con una perturbación natural baja y alta respectivamente.

La vegetación ribereña compuesta contribuye con la caída de hojas, el mismo que sirve de alimento y hábitat a los macroinvertebrados y está directamente relacionada con la abundancia de especies; así mismo, la presencia de aves asociada a las especies de vegetación de ribera es un indicador del estado ecológico del río. Las características morfológicas (profundidad, ancho y caudal) encontradas en dichos puntos de muestreo, favorecen a la riqueza de especies bénticas expresando una perturbación natural baja.

La escasa presencia de especies ribereñas nativas relacionadas directamente a la presencia de aves es casi imperceptible, prevaleciendo especies exóticas arbustivas y arbóreas, la disminución del caudal menor a 2 m^3 , profundidad y ancho del curso de agua, el tipo de sustrato y hábitats, denotan una perturbación media. En la zona de Waton y la laguna domina la vegetación acuática sumergida como *Potamogeton*, *Ranunculus sp* y la vegetación flotante como *Lemna gibba* y *Azolla filiculoides*, siendo el hábitat preferido por las familias *Hyalellidae*, *Notonectidae*, *Ashenidae* por lo que se explica su dominancia y denota el nivel de perturbación.

La densidad de las plantaciones de eucalipto es menor del 50% y esta especie tiene como componente el alcanfor que al caer al agua repele la presencia de los macroinvertebrados; además, (Ttupa, 2016) describe que vegetación de ribera dominada por eucalipto representa una alteración fuerte y mala calidad al recurso hídrico. El caudal es menor a 1 m^3 ya es aprovechado al máximo para las actividades agrícolas y por ende la profundidad se ve reducida, a razón de ello, la abundancia en el mes de agosto y setiembre es baja en dichos puntos de muestreo (12, 13 y 14). (Ttupa, 2016) considera que la actividad agrícola es una problemática ambiental en el entorno del humedal al igual que la actividad pecuaria.

Las plantas acuáticas sumergidas y flotantes (raíces) son el sustrato y hábitat preferido de algunas especies como las familias *Hyalellidae*, *Hidrophilidae*, *Notonectidae* y *Aeschnidae*; por lo

que, la riqueza es dominada por dichas especies que se han adaptado a tales circunstancias (De La Torre, 2018) manifiesta que los macroinvertebrados fueron recolectados en plantas sumergidas como Potamogeton, Elodea y Chara siendo el más abundante el crustáceo Hyalellidae.

Las familias como Efemeroptera, Plecoptera y Trichoptera, encontrados en quebradas asociadas a pasturas mejoradas con alta densidad arbórea están asociadas a ambientes poco perturbados, revelando el estado de salud del ambiente acuático, además la presencia de vegetación ribereña autóctono permite que los bentos colonicen diversos sustratos; Por otro lado, Meza et al. 2012, menciona que el microhabitat de hojarasca permite obtener una mayor abundancia de macroinvertebrados, ya que esta brinda gran disponibilidad de recursos energéticos a los individuos

5.2.4 *Perturbación Físicoquímica*

Tabla 20. Nivel de perturbación físicoquímica

	Frecuencia	Porcentaje
Baja	18	90
Media	2	10
Total	20	100%

La influencia de la perturbación físicoquímica es baja en 18 puntos con un 90% y tiene una influencia media del 10% en 02 puntos de muestreo (N°16 y N°20).

En la tabla 20, se observa los estadísticos descriptivos de los parámetros físicoquímicos los valores de los parámetros físicoquímicos registrados durante la etapa de muestreo en los 20 puntos de muestreo.

La temperatura mínima y máxima es de 16.1 °C a 18.4°C respectivamente, con una media de 17°C. Los valores de pH varían dentro del rango 7.06 - 7.7, con tendencia a la basicidad, cabe

mencionar que durante los meses de mayo y junio algunos puntos de la parte bajan del río Lucre tenían valores por encima de 6.7 con tendencia a la acides.

Tabla 21. Parámetros fisicoquímicos del río Lucre

Estadístico	Temperatura (°C)	pH	Oxígeno Disuelto (mg/L)	Conductividad (μS/cm)	Sólidos Totales (mg/L)	Turbiedad (NTU)	Fosfatos (ppm)
Media	17,0	7,40	5,74	656,90	336,55	2,52	0,25
Mediana	16,8	7,46	5,75	576,00	281,00	1,55	0,25
Varianza	0,5	0,03	0,58	46761,15	15632,68	3,23	0,03
Desv. Desviación	0,7	0,18	0,76	216,24	125,03	1,80	0,19
Mínimo	16,1	7,06	4,50	456,00	231,00	0,80	0,03
Máximo	18,4	7,70	6,80	1091,00	646,00	7,40	0,50
Rango	2,3	0,64	2,30	635,00	415,00	6,60	0,47
Asimetría	0,9	-0,44	-0,12	1,13	1,38	1,33	0,43
Curtosis	-0,05	-0,48	-1,23	-0,39	0,65	1,27	-1,47

La concentración de oxígeno disuelto es variable considerando factores como la fotosíntesis, la respiración, penetración de la luz, disponibilidad de nutrientes, vertimientos, etc., los valores se encuentran en un rango de 6.8 mg/L a 4.5 mg/L. En la parte alta donde la perturbación es baja, el cuerpo de agua tiene excelente concentración de oxígeno, mientras que la presencia de piscigranjas y los efluentes vertidos con alta carga de materia orgánica disminuye la misma, siendo ratificado por la presencia de especies que tienen excelente tolerancia a tales condiciones.

La conductividad media es de 656,90 μS/cm, el valor mínimo registrado en la parte alta del río Lucre fue de 465 μS/cm y el valor máximo fue de 1091,00 μS/cm en humedal de Huascar por el alto contenido de sales disueltas en aguas superficiales.

Los sólidos totales tienen una concentración media de 336,55 mg/L, con un valor mínimo de 231 mg/L y máximo de 646 mg/L, debido al arrastre de materia orgánica producto de las piscigranjas.

La turbiedad registra una media 2.52 NTU, con un mínimo de 0.8 NTU y máximo de 7.4 NTU; donde, Gleason et al. (2003), Stewart y Downing (2008), mencionan que el incremento de la turbidez, disminuye la riqueza y abundancia relativa de las familias Trichoptera, Ephemeroptera y Odonata

Fosfato registra una media 0.25 ppm, un máxima de 0.50 ppm en la parte baja del río Lucre y mínima de 0.03 ppm en la parte del río Lucre, según (Gil et al., 1996) el uso de detergentes y las excretas arrastradas por el agua incrementan la concentración de fosfatos siendo una fuente de nutrientes al río Lucre y acelera el proceso de eutrofización de la laguna; además, De La Torre, (2018) menciona que el aporte está dado por la erosión de rocas y este incrementa en la zona de Yanamanchi por las excretas de los animales que son arrastradas río abajo así como el uso de detergentes, pesticidas y residuos orgánicos siendo la principal causa de eutrofización de la laguna.

Según el Decreto Supremo N°004-2017-MINAM - Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para agua, Categoría 3 - Riego de vegetales y bebida de animales, los parámetros registrados se encuentran dentro de los estándares de calidad de agua. Considerando la Categoría 4 - Conservación del ambiente acuático, ya que el humedal Lucre – Huacarpay es sitio RAMSAR y forma parte de un ecosistema frágil, la temperatura, pH, turbiedad y oxígeno disuelto estarían por debajo de los ECAs, mientras que sólidos totales superaría los ECAs. Por otra parte, Ttupa, (2016) refiere que la temperatura, pH, oxígeno disuelto, sólidos totales, se encontraban en ese entonces dentro de estándares de calidad ambiental para el agua categoría 4 (D.S N°002-2008-MINAM).

Los parámetros como conductividad, pH, y especialmente la temperatura y oxígeno disuelto influyen en la distribución y abundancia de macroinvertebrados; por ejemplo, la familia *Elmidae*, están adheridos a la vegetación, hojas en descomposición, raíces y rocas; además, tienen

gran capacidad de adaptación a cambios fisicoquímicos como: oxígeno disuelto, pH, profundidad y temperatura (Arias & Reinoso, 2007).

Roldan & Ramirez, (2022) manifiesta que la concentración de oxígeno disuelto, pH (alcalinidad o basicidad), la temperatura y la conductividad, son parámetros a las cuales son sensibles los organismos, el mismo que influye en la distribución y abundancia de macroinvertebrados, el mismo que es corroborado por Jacobsen, D. (2008), donde refiere que la temperatura y la concentración de oxígeno son los parámetros más influyentes en la estructura de la comunidad. Así mismo (Boix et. al. 2016) menciona que la salinidad, turbidez, temperatura y concentración de nutrientes contribuye en la composición y riqueza de la biodiversidad acuática.

5.2.5 Puntos y nivel de Perturbación

La tabla 22, nos detalla el nivel de perturbación total en los 20 puntos de muestreo, así como el nivel de perturbación antrópica, natural y fisicoquímica.

En los primeros 04 puntos de muestreo, la perturbación antrópica, natural y fisicoquímica indican una perturbación baja con un nivel de perturbación total bajo, y este se corrobora con las familias presentes como *Leptoceridae*, *Leptophlebiidae*, *Gripopterygidae*, *Ecnomidae*, *Simulidae*, *Blephariceridae*, *Hydrobiosidae* que son sensibles e intolerantes a niveles superiores de perturbación.

En los puntos de muestreo del 5 al 8, la perturbación antrópica calificado como medio tiene mayor impacto que la perturbación natural y fisicoquímica con un nivel de perturbación total calificado como medio.

En los puntos de muestreo del 9 al 14 presenta una perturbación total calificado como alto, donde la perturbación antrópica y natural (calificado de medio a alto) tienen mayor influencia

sobre la perturbación fisicoquímica, debido a que en este tramo la actividad agrícola y piscícola que se intensifica trayendo consigo mayor impacto sobre el medio acuático.

Tabla 22. Nivel de perturbación en los puntos de muestreo

Punto de muestreo	Nivel de perturbación total	Perturbación antrópica	Perturbación natural	Perturbación fisicoquímica
1	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
2	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
3	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
4	Bajo	Bajo	Bajo	Bajo
5	Medio	Medio	Bajo	Bajo
6	Medio	Medio	Bajo	Bajo
7	Medio	Medio	Bajo	Bajo
8	Medio	Medio	Medio	Bajo
9	Alto	Alto	Medio	Bajo
10	Alto	Alto	Medio	Bajo
11	Alto	Alto	Medio	Bajo
12	Alto	Alto	Alto	Bajo
13	Alto	Medio	Alto	Bajo
14	Alto	Medio	Alto	Bajo
15	Medio	Medio	Medio	Bajo
16	Medio	Bajo	Medio	Medio
17	Medio	Bajo	Medio	Bajo
18	Medio	Bajo	Medio	Bajo
19	Bajo	Bajo	Medio	Bajo
20	Medio	Bajo	Medio	Medio

En los puntos de muestreo del 15 al 20, la perturbación natural tiene mayor influencia sobre la perturbación antrópica y fisicoquímica, con un nivel de perturbación medio a excepción del 19 que esta con nivel de perturbación bajo.

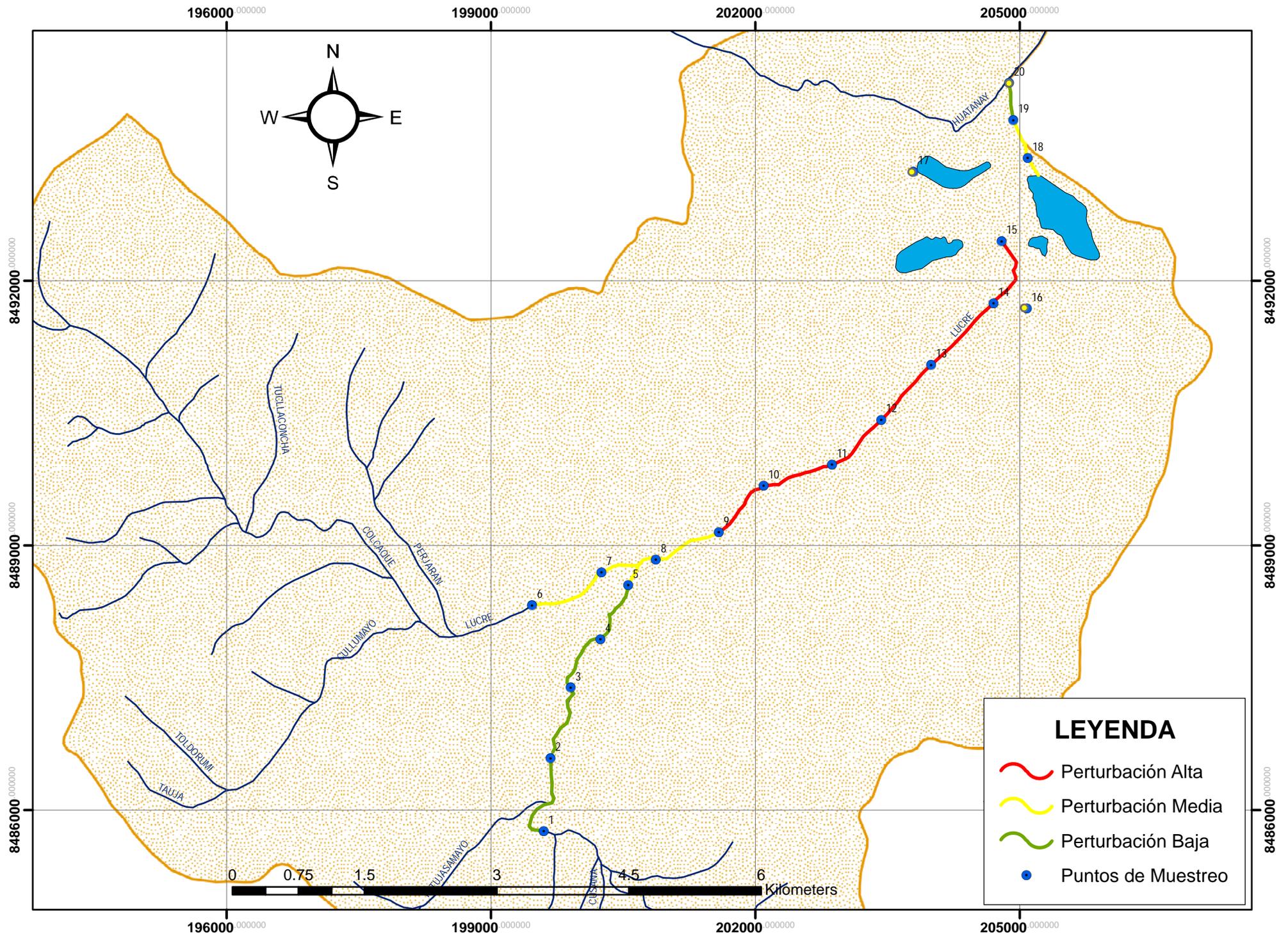
Ttupa (2016) agrega que el deterioro de la calidad ecológica del humedal Lucre-Huacarpay es consecuencia de la presión antrópica (agrícola, ganadera, recreación, comercio, piscigranjas).

Según Prat, Ríos, Acosta, & Rieradevall, (2009), los efectos de una perturbación sobre una comunidad pueden darse en tres niveles, si la perturbación es muy grande tiene como consecuencia la presencia de pocas familias tolerantes, considerando una perturbación intermedia da lugar a perecer especies poco tolerantes y dominar especies tolerantes al factor estrés; así mismo, los cambios y/o modificaciones del ambiente no evidente por los organismos que no involucre cambios en la comunidad es denominada perturbación ligera; del mismo modo Roldán Pérez (1999) y Prat y Ward (1994) manifiestan que a perturbaciones moderadas, altas y demasiadas altas están presentes especies tolerantes; por lo que, tiende a desaparecer especies intolerantes propiciando a que las cadenas o niveles tróficos superiores expresado en el incremento de la depredación y teniendo una relación directa sobre la riqueza y diversidad de especies.

Tabla 23. Cuadro resumen de la valoración de la perturbación

Perturbación	Punto de Muestreo																			
	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16	Punto 17	Punto 18	Punto 19	Punto 20
Antrópica	0	3	1	2	7	7	12	8	17	19	18	16	13	13	7	2	1	4	1	5
Fisicoquímico	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	7	5	5	5	6
Natural	1	1	4	1	3	5	5	8	15	15	15	17	21	19	15	13	9	8	8	10
Perturbación Total	0.7	2.2	2.1	1.7	4.8	5.4	7.9	6.8	13.4	14.4	13.9	13.5	13.2	12.6	8.4	6.3	4.2	5.4	3.9	6.7

Figura 17. Espacialización del nivel de Perturbación

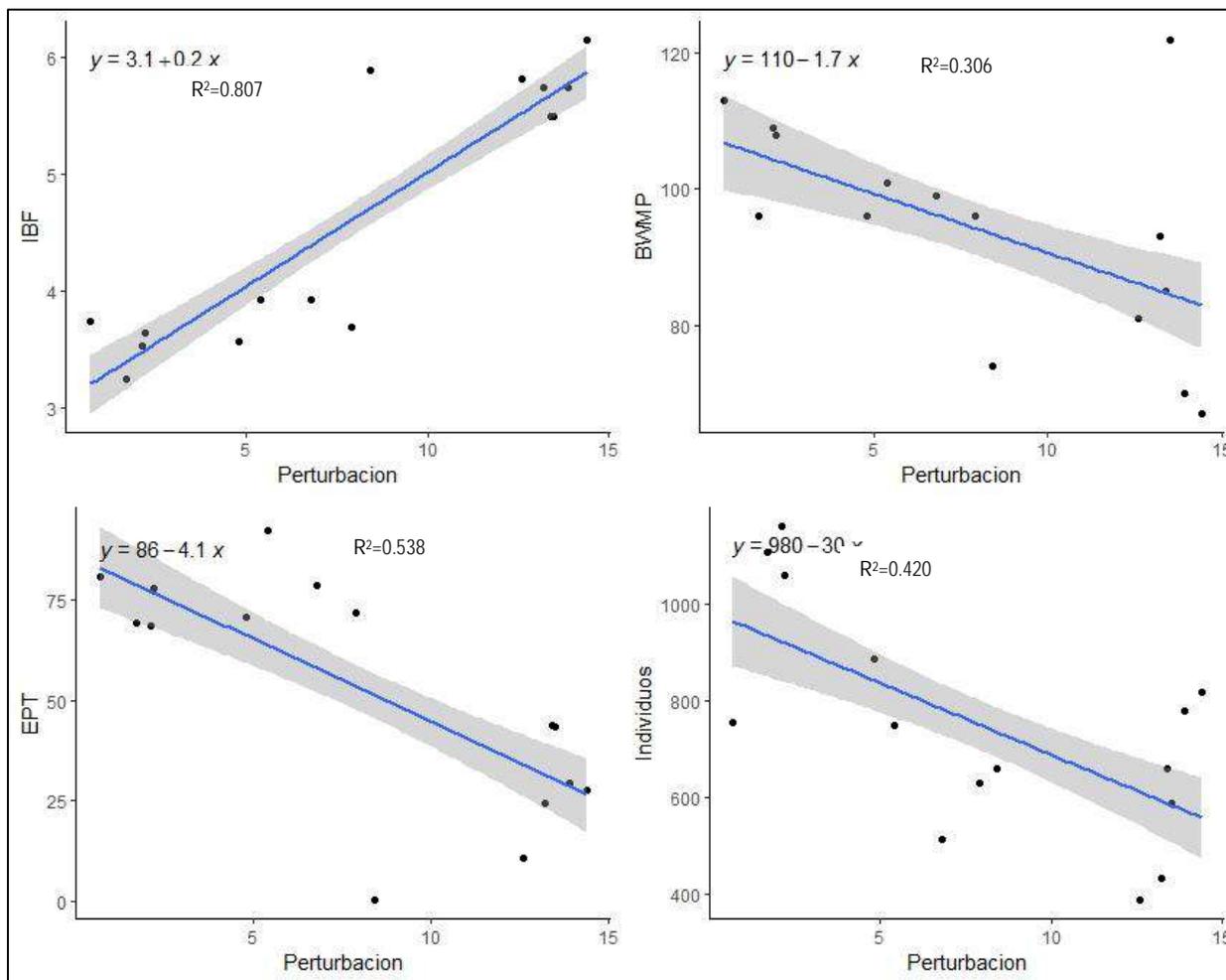


5.3 Relacion de la perturbacion con variables significativas

5.3.1 Correlación de la perturbación con diversidad e índices biológicos

La figura 18, nos muestra las correlaciones que existen entre las variables explicativas, y también con la variable dependiente.

Figura 18. Relacion de perturbacion con variables significativas

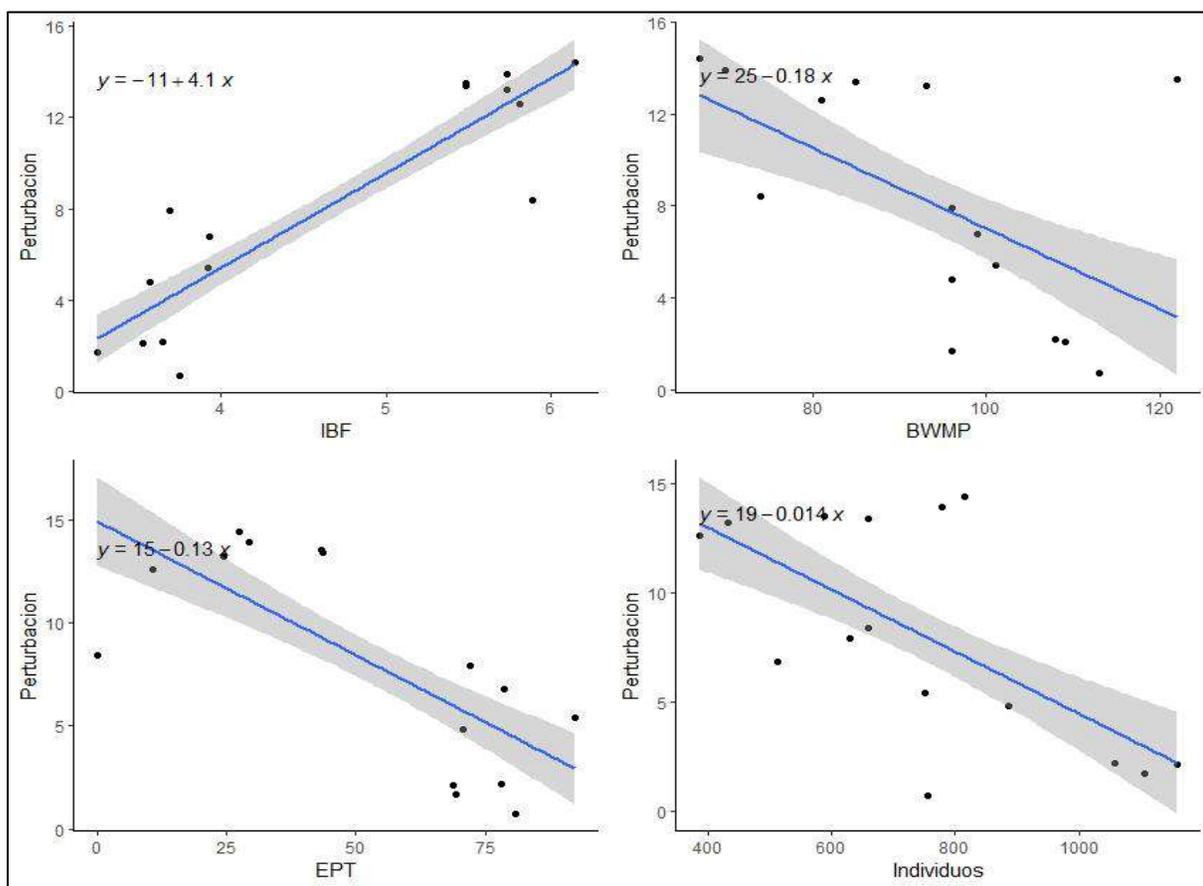


Las variables BWMP y EPT, presenta una correlacion negativa; donde, a mayor alteración o modificación del medio el valor de significancia califican que es un medio de aguas fuertemente contaminadas llegando a estar en situacion critica.

La variable individuos presenta una correlación negativa, es decir a una mayor perturbación menor cantidad de individuos, llegando a dominar individuos adaptados a las condiciones de medio.

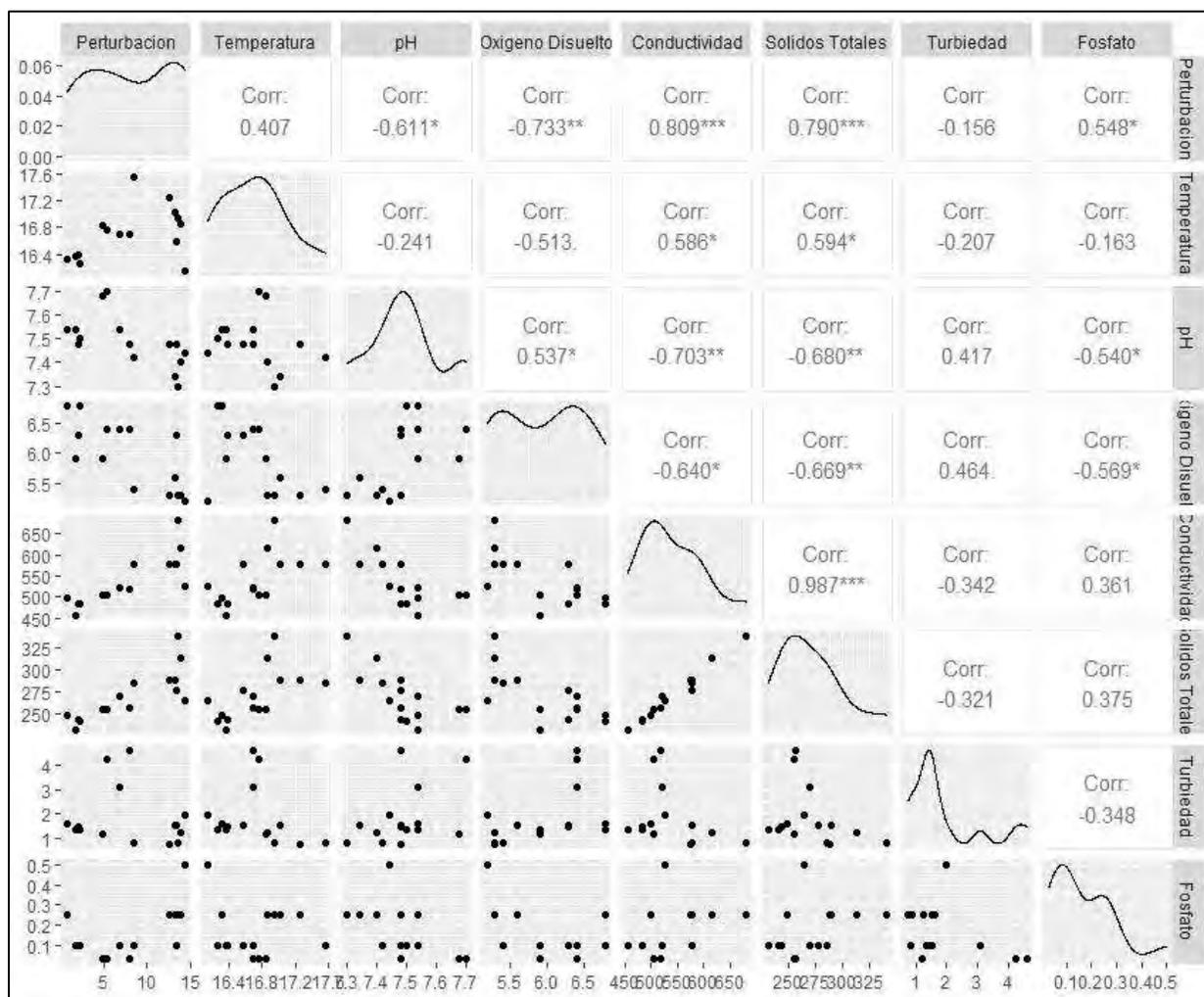
Teniendo el instrumento de evaluación del nivel de perturbación, el mismo que es validado con las ecuaciones presentes, se podría estimar y dar resultados aproximados de los índices biológicos planteados, así como determinar un número cercano de individuos presentes.

Figura 19. Relación de las variables significativas con perturbación



Según la figura 19, teniendo valores del IBF, BWMP, EPT e individuos, con las ecuaciones presentes se podría estimar el nivel de perturbación y el mismo que puede ser ratificado aplicando el instrumento de evaluación del nivel de perturbación.

Figura 20. Correlación de la Perturbación con Variables Físicoquímicas.



En la figura 20, se observa que la variable perturbación tiene correlación positiva con el parámetro con sólidos totales y conductividad en un 79% y 80% y una correlación negativa con el parámetro de pH y oxígeno disuelto en un 61% y 73% respectivamente.

La temperatura tiene una correlación media positiva de 58% y 59% con conductividad y sólidos Totales. El pH tiene una correlación negativa con conductividad y sólidos totales en un 70% y 68%. El oxígeno disuelto tiene una relación negativa del 67%, mientras que la conductividad tiene una correlación positiva significativa con un 98% con sólidos totales.

Mientras que las demás variables no presentan correlación alguna estadísticamente significativa con ninguno de los demás parámetros

5.3.2 Diferencias entre Niveles de Perturbación de Macroinvertebrados

2.1.1.2 Diferencias entre los niveles de perturbación

Los resultados del número de individuos de macroinvertebrados, entre los niveles de perturbación, se describe en la tabla 24.

Tabla 24. Prueba de Hipótesis para el número de individuos entre niveles de perturbación

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de número de individuos es la misma entre las categorías de Nivel de Perturbación	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,000	Rechazar la hipótesis nula.

Rechazamos la H_0 y aceptamos la H_A , donde menciona que el número de individuos no es la misma entre los diferentes niveles de perturbación en vista de que el nivel de significancia es menor ($p < 0.05$).

Según la tabla 24, el número de individuos varía según el nivel de perturbación total, por ejemplo, en el punto de muestreo 1 con nivel de perturbación baja presenta 775 individuos; el punto de muestreo 20 con nivel de perturbación media presenta 1551 individuos y en el punto de muestreo 12 con nivel de perturbación alta presenta 588 individuos.

Tabla 25. Diferencias e igualdades entre niveles de Perturbación

Pares a comparar	Sig.	Sig. Ajust.
Alto - Medio	,190	,571
Alto - Bajo	,000	,000
Medio - Bajo	,005	,015

En la tabla 25, se observa la comparación por pares entre los niveles de perturbación en relación al número de individuos, en el par Alto – Medio, se observó un valor de sig de 0,571 que es superior a 0,05, por lo tanto, podemos concluir que ambos grupos tienen una perturbación equiparable. Mientras que el nivel de perturbación Bajo, difiere tanto con las zonas Altas y medias, con valores inferiores a 0,05. Entonces, se formaron dos grupos según el nivel de perturbación y que probablemente la diferencia entre medio y alto, no sea muy distante.

Para conocer, si la riqueza de familias difiere entre nivel de perturbación, se tiene el siguiente resultado:

Tabla 26. Prueba de Hipótesis para la riqueza entre niveles de perturbación

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
La distribución de Riqueza de familias es la misma entre las categorías de Nivel de Perturbación	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independientes	,019	Rechazar la hipótesis nula.

* Se muestran significaciones asintóticas. El nivel de significancia es de ,05

Rechazamos la H_0 y aceptamos la H_A donde menciona que la riqueza de familias no es la misma entre los diferentes niveles de perturbación.

Según la tabla 26, la riqueza de familias varía según el nivel de perturbación, por ejemplo, en el punto de muestreo 3 con nivel de perturbación baja presenta 14 familias; el punto de muestreo 18 con nivel de perturbación media presenta 11 familias y en el punto de muestreo 10 con nivel de perturbación alta presenta 10 familias.

Tabla 27. Comparaciones entre parejas de Nivel de Perturbación

Pares a comparar	Sig.	Sig. Ajust.
Alto - Medio	,140	,421
Alto - Bajo	,005	,015
Medio - Bajo	,172	,517

En la tabla 27, se observa la comparación por pares entre los niveles de perturbación en relación a la riqueza de familias; donde el nivel de perturbación alto y bajo con un valor de sig, 0,015 indica que la riqueza de familias es estadísticamente diferente, mientras que a un nivel de perturbación alto y medio y a una perturbación medio y bajo, la riqueza de familias es similar, con valores de sig. 0,421 y 0,517 superior al valor de significancia 0,05, respectivamente.

Para conocer si la diversidad y los niveles de perturbación, existe diferencia significativa, se tiene el siguiente resultado:

Tabla 28. Prueba de Hipótesis para la diversidad entre niveles de perturbación

Hipótesis nula	Prueba	Sig.	Decisión
la distribución de diversidad es la misma entre las categorías de nivel de perturbación	Prueba de Krukal-Wallis para muestras independientes	0,025	Rechazar la hipótesis nula

En la Tabla anterior, se puede observar que el valor de significancia es de 0,025; que es inferior a 0,05. Por tanto, se acepta la hipótesis alterna, y se puede aseverar de que la diversidad por categorías de perturbación es diferente. Para conocer esas diferencias a continuación se muestra el análisis por pares.

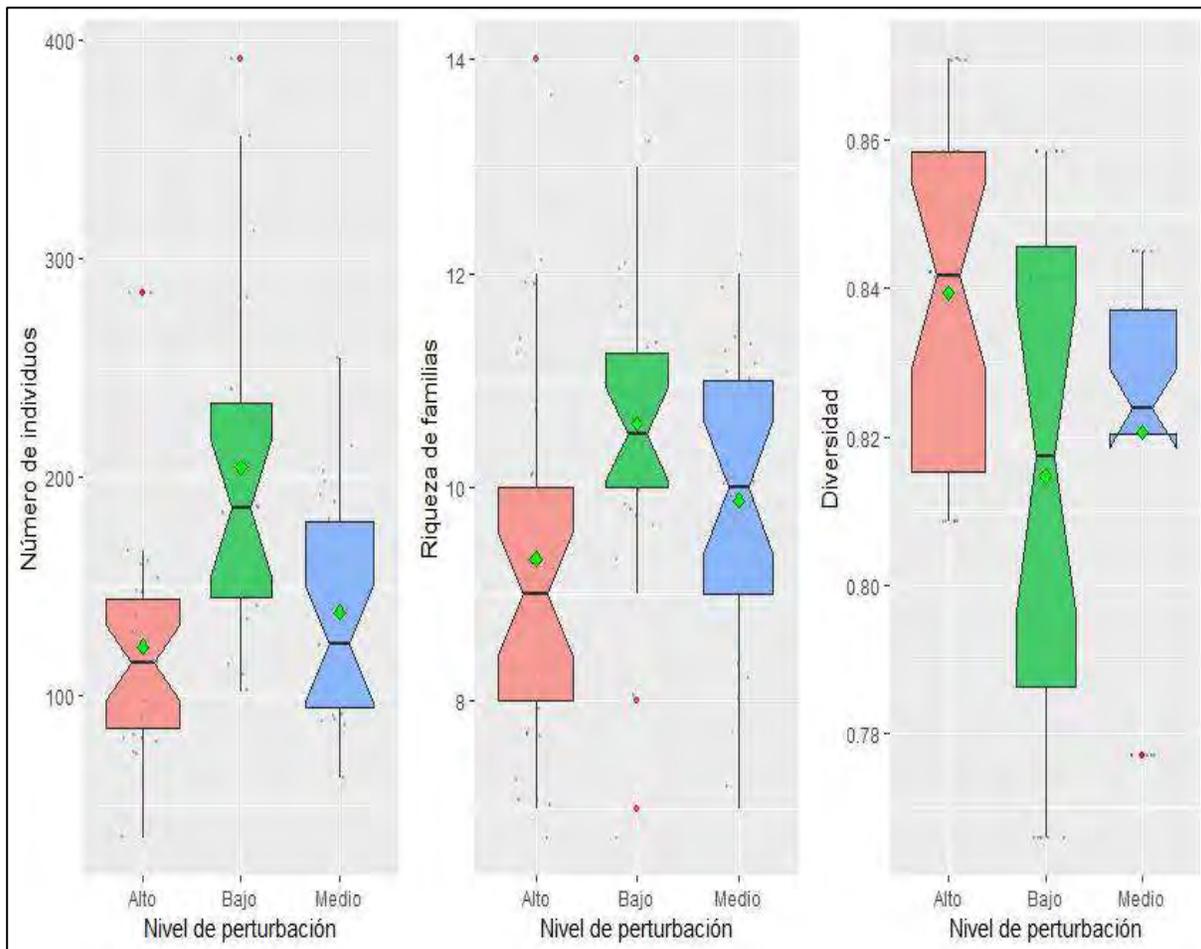
Tabla 29. Comparaciones entre pares de la diversidad con la perturbación

Análisis de pares	Sig.	Sig. Ajust.
Bajo - medio	0,848	1
Bajo - Alto	0,02	0,061
Medio - Alto	0,024	0,071

En la tabla 29, se aprecia que, entre los niveles de perturbación Bajo y Alto, hay una diferencia estadística significativa respecto a la diversidad de familias de macroinvertebrados. Así también hay, una diferencia entre la diversidad entre los lugares de perturbación Medio y Alto. Mientras que la diversidad entre los niveles de perturbación Bajo y Medio es la misma.

Por ello podemos aceptar nuestra hipótesis estadística del trabajo, en donde se indica que la diversidad es afectada por el nivel de perturbación, sin embargo, como se verá más adelante esta relación es inversa, no como se había planteado al inicio, en la hipótesis de investigación. Es decir, a mayor nivel de perturbación, suele aumentar el valor de diversidad, y a menores nivel de perturbación, disminuye la diversidad. Este fenómeno, podría explicarse, por covariables que no han sido consideradas en el presente trabajo como, por ejemplo, la altitud y la temperatura media anual, o tal vez las precipitaciones o, por el contrario, no se tenga lugares de perturbación alta, sino solo media (escala espacial), y esto podría apoyarse en la teoría de la perturbación intermedia.

Figura 21. Diferencias entre Niveles de Perturbación de Macroinvertebrados



La figura 21 nos muestra el diagrama de cajas y bigotes detallando la distribución de las variables infiriendo que, a un nivel de perturbación bajo y medio, el número de individuos y la riqueza de familias es mayor que a un nivel de perturbación alto.

Así mismo, a un nivel de perturbación alto hay mayor diversidad en un momento ya que la estructura de hábitats, disponibilidad de alimento y las condiciones del medio dado que en lugares menos perturbados hay mayor cantidad de individuos distribuidos en pocas familias, donde es probable la dominancia de algunas de ellas por tanto baja la diversidad.

Los organismos presentan condiciones de adaptabilidad a ciertas condiciones ambientales y límites a sus alteraciones y dentro de éstos, algunos de ellos no soportan estas condiciones, es

decir, que son sensibles a situaciones impuestas, de esta manera, si la perturbación llega a límites incontrolables los organismos intolerantes son sustituidos por comunidades tolerantes, los organismos intolerantes se ven expuestos a abandonar la zona alterada y dan paso a un recolonización de organismos tolerantes

Roldan (2022), menciona que los ecosistemas oligotróficos se caracterizan por presentar una alta diversidad de especies, pero un bajo número de individuos por especie. La productividad es baja por la escasez de nutrientes y por una activa depredación entre las diversas especies.

5.3.3 Diferencias de Macroinvertebrados entre meses de Evaluación

2.1.1.3 Diferencias entre diversidad en los meses de evaluación.

En la tabla 30, se describe si la diversidad y los meses de evaluación, existe o no diferencia significativa.

Tabla 30. Prueba de Kruskal-Wallis para la igualdad o diferencia por meses

Hipótesis nula	Prueba	Sig	Decisión
La distribución de Diversidad es la misma entre las categorías de Mes	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independietes	1	Aceptar la hipótesis nula
La distribución de Número de individuos es la misma entre las categorías de Mes	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independietes	0,006	Rechazar la hipótesis nula
La distribución de Riqueza de familias es la misma entre las categorías de Mes	Prueba de Kruskal-Wallis para muestras independietes	0,445	Aceptar la hipótesis nula

En la tabla anterior se puede observar las pruebas no paramétricas para la distribución de diversidad, número de individuos y riqueza de familias, durante los diferentes meses de evaluación. Se puede observar que el valor de significancia es superior a 0.05, tanto para la diversidad como para la riqueza de familias, por lo tanto, rechazamos la hipótesis alterna y nos quedamos con la hipótesis nula, y podemos aseverar de que no existen diferencias significativas entre estos parámetros en el periodo de evaluación.

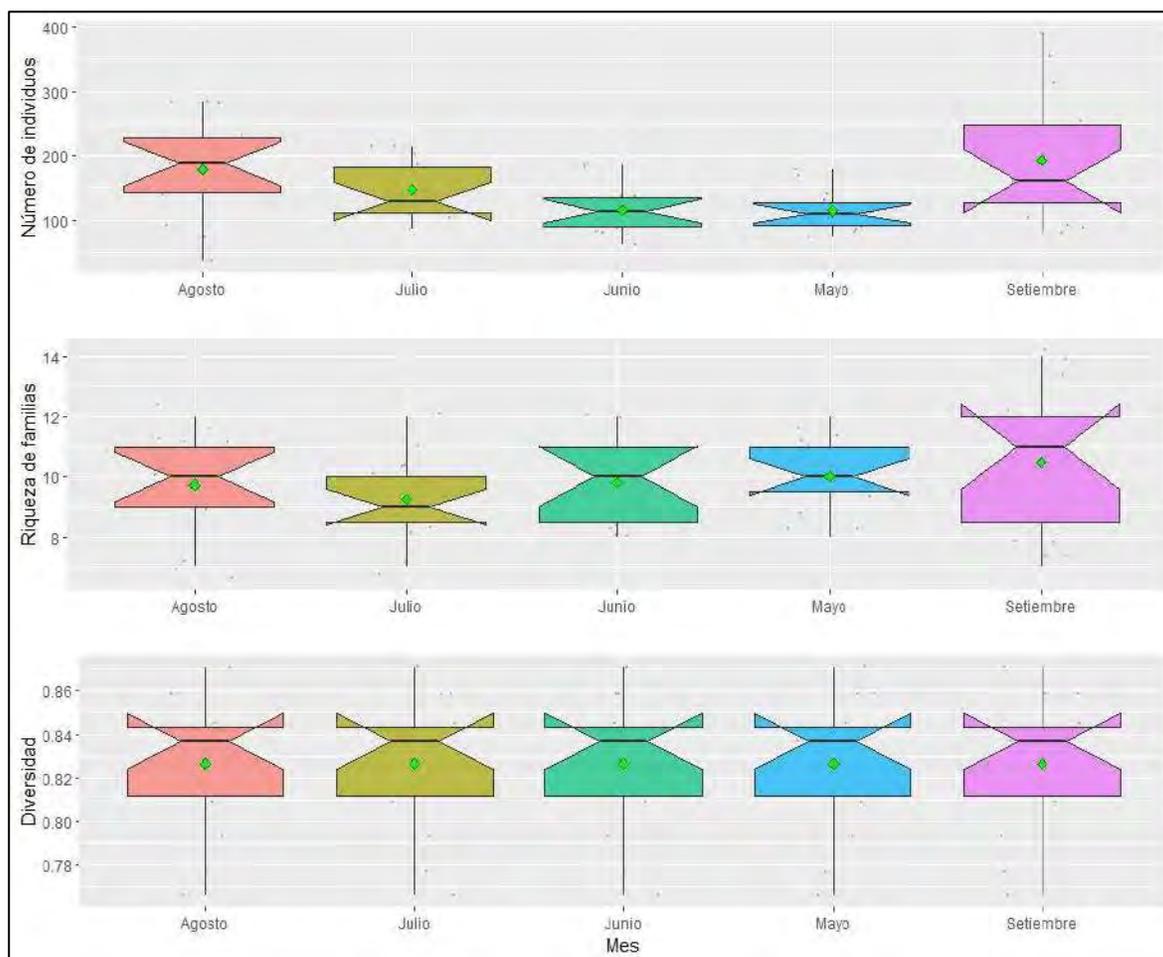
Sin embargo, se pudo observar un valor de significancia de 0.006 para el número de individuos, lo que nos lleva a aceptar la hipótesis alterna, y rechazar la nula, por lo tanto, se puede aseverar que el número de individuos cambia a través de los meses. Para conocer en qué meses se observan estas diferencias, analizaremos la tabla 30.

Tabla 31. Prueba por pares, del número de individuos entre meses de evaluación

Muestra 1 - muestra 2	Estadístico de contraste	Error	Sig
Mayo - Junio	0,633	7,9	0,937
Mayo - Julio	13,8	7,9	0,083
Mayo - setiembre	-21,3	7,9	0,007
Mayo - Agosto	21,9	7,9	0,006
Junio - Julio	13,1	7,9	0,098
Junio - Setiembre	-20,7	7,9	0,009
Junio - Agosto	21,2	7,9	0,008
Julio - Setiembre	-7,5	7,9	0,344
Julio - Agosto	8,1	7,9	0,309
Setiembre - Agosto	0,56	7,9	0,943

En la tabla anterior se puede observar que las diferencias significativas, se dieron entre los meses de mayo, con setiembre, mayo con agosto, así también entre junio y setiembre y junio con agosto.

Figura 22. Cajas y bigotes de los meses por número de individuos, familias y diversidad



5.3.4 Asociación de Macroinvertebrados por nivel de Perturbación

2.1.1.4 Análisis de Componentes Principales –ACP

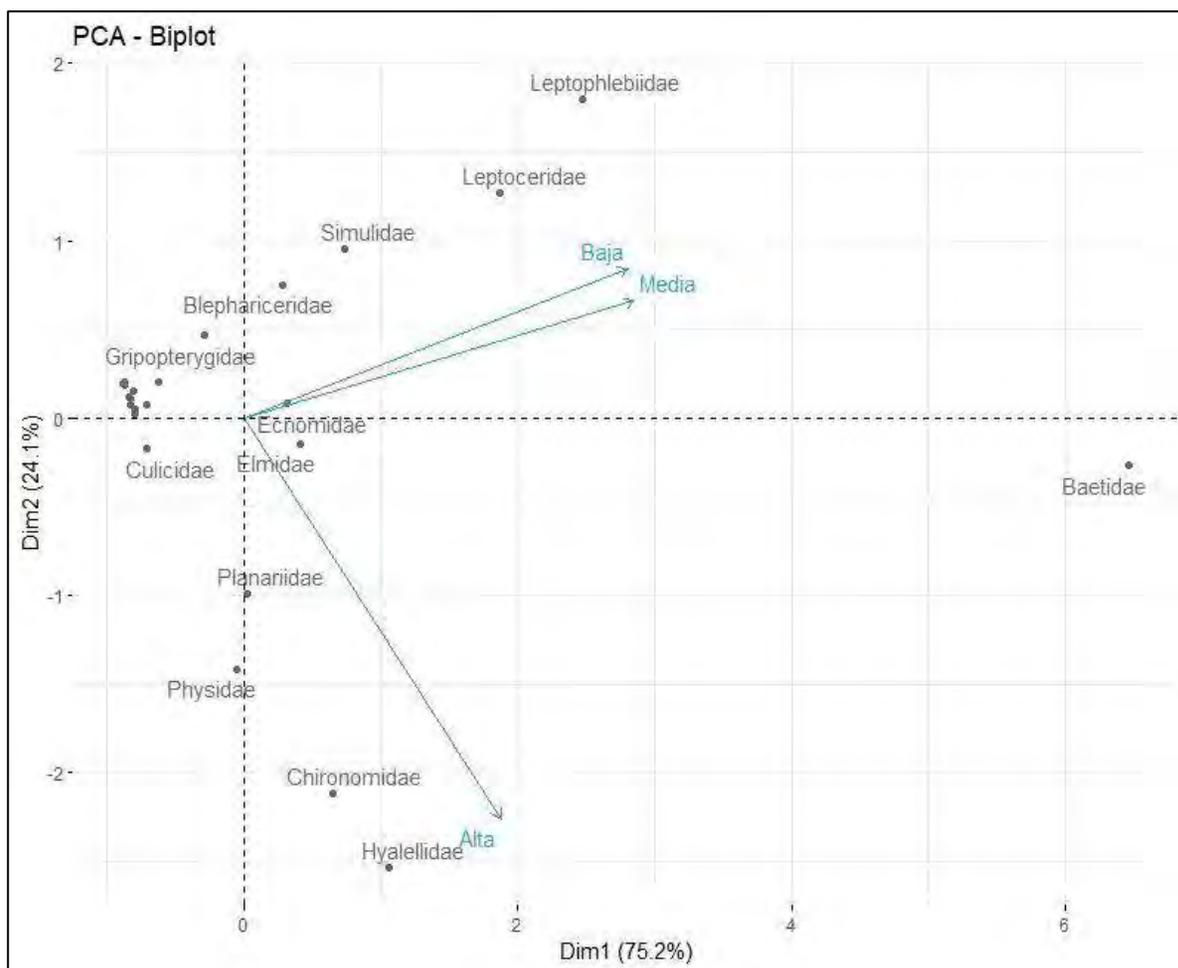
Estadísticamente nos permite encontrar un número de variables no correlacionadas que expliquen o den respuesta a las variables originales, además de incorporar la mayor cantidad de información y obtener una varianza mayor.

Tabla 32. Porcentaje de contribución de los componentes principales

	Baja	Media	Alta
PC1	0,95	0,97	0,64
PC2	-0,29	-0,22	0,77

En la tabla 32, podemos observar que el primer componente está altamente correlacionado de manera positiva con los lugares de perturbación baja y media, mientras que la correlación con los lugares de perturbación alta es media (64%). El segundo componente, mientras tanto, tiene una mayor correlación con los lugares de perturbación alta, hasta un 77% y una correlación baja con los otros lugares, además que es negativa. En resumen, las especies que se encuentren cerca del eje del primer componente, tendrán una asociación o preferencia por lugares de perturbación baja y media, y las especies que se encuentren en los extremos o viren hacia el componente 2, tendrán preferencia por los lugares con altas perturbaciones, para poder analizar a detalle, a continuación, se muestra lo indicado en la figura 23.

Figura 23. Componentes principales por nivel de perturbación.



La figura 23, nos muestra los dos componentes principales que recogen la mayor variabilidad y/o información de los datos analizados. El primer componente, muestra que recoge el 75.2% de información, mientras que el segundo el 24.1%; haciendo un total de 99.3 % de la variabilidad original.

Las familias por debajo de la abscisa como *Culicidae*, *Planariidae*, *Physidae*, *Chironomidae*, *Hyalellidae* se encuentran asociadas a una perturbación alta, especies dominantes en los puntos de muestreo de la parte baja del río Lucre. Las familias *Gripopterygidae*, *Blephariceridae*, *Simulidae*, *Leptoceridae*, *Leptophlebiidae* se encuentran asociadas a niveles de perturbación baja y media, especies dominantes en la parte alta y media del río Lucre.

La familia *Baetidae* es considerada como una especie generalista ya que está presente en la mayoría de los puntos de muestreo y puede desarrollarse en ambientes de condiciones variables.

Dicho análisis se ha realizado considerando la riqueza de familias presentes en relación al nivel de perturbación; donde, los datos se corroboran con los resultados obtenidos en los índices biológicos aplicados y el instrumento para determinar el nivel de perturbación en cada punto de muestreo.

5.3.5 Modelos de Macroinvertebrados y Perturbación

En la tabla 33, se muestra los resultados de la regresión lineal múltiple, y los diferentes modelos estadísticos que explican la perturbación en relación a las variables independientes, se han priorizado aquellos modelos, cuyo coeficiente de determinación R^2 , supere el 50%.

El modelo 1 tuvo mayor ajuste y es el que está representado por número de individuos, EPT, IBF y BWMP. El siguiente modelo que explica la perturbación es el modelo 2, el cual utiliza las variables pH, OD, Conductividad, Sólidos Totales y Fosfatos.

Tabla 33. Modelos entre perturbación y variables explicativas

Modelo	R	R ²	R cuadrado ajustado	ANOVA	Variable	Coefficiente	SIG
1	0.928	0.806	0.805	0.00	Constante	-13.35	0.271
					BWMP	-0.032	0.55
					EPT	0.072	0.189
					IBF	5.063	0.005
					Número de individuos	-0.004	0.271
2	0.89	0.792	0.677	0.007	Constante	-53.92	0.583
					pH	6.8	0.567
					OD	-2.85	0.202
					Conductividad	0.153	0.123
					Sólidos Totales	-2.07	0.287
					Fosfatos	9.539	0.268
3	0.912	0.832	0.804	0	Constante	-5.67	0.27
					IBF	3.628	0
					Número de individuos	-0.004	0.217
4	0.75	0.563	0.49	0.007	Constante	39.9	0.01
					OD	-5.5	0.02
					Fosfatos	7.7	0.419
5	0.77	0.59	0.52	0.005	Constante	14.32	0.002
					Número de individuos	-0.012	0.012
					Fosfatos	17.04	0.043

Sin embargo, para determinar cuál es el modelo que mejor ajuste tiene, para explicar la perturbación en relación a las variables estudiadas, se recomienda usar el modelo 3 y 5, porque los otros modelos redundan la información, debido a que las variables que usan se encuentran correlacionadas, además de generar costos adicionales en su aplicación. Por ejemplo, para realizar el análisis fisicoquímico del agua de algún parámetro como pH, OD, conductividad, sólidos totales y fosfatos requerirá mayores costos; por lo tanto, el modelo 3, que usa el índice IBF y número de individuos sería el que menores costos genera su aplicación. Y si se desea incluir una variable química, se recomienda el modelo 5, puesto que los fosfatos explican por sí solos en un 50% la perturbación, tal como se evidencio en el correlelograma.

Para calcular la perturbación, se describe las siguientes ecuaciones.

- Modelo 3, se tiene:

$$\text{Perturbación} = -5.67 + IBF * 3.628 - \text{Número de individuos} * (-0.004)$$

- Modelo 5, se tiene:

$$\text{Perturbación} = 14.32 - 0.012 * \text{Número de individuos} + 17.04 * \text{fosfatos}$$

Para poder corroborar, si es que estas ecuaciones predicen de manera acertada, la perturbación, se ha realizado una prueba extra en los diferentes puntos de evaluación, esta prueba extra, es la perturbación observada en campo en base a la ecuación número 3, y la perturbación teórica, es la que se observó en el presente estudio, siguiendo la tabla 33. Para conocer si hay relación entre los valores observados y esperados, se realizó una prueba de Chi-X², que se muestra a continuación, antes de ello se presenta las hipótesis correspondientes:

H₀: No hay relación entre la perturbación observada y la teórica.

H_A: Hay relación estadística significativa entre la perturbación observada y teórica.

Tabla 34. Chi cuadrado entre la perturbación teórica y observada

	Valor	df	Significación asintótica (bilateral)
Chi-cuadrado de Pearson	7,930 ^a	2	0,019
Razón de verosimilitud	10,593	2	0,005

En la tabla 34, se observa que el valor de significación asintótica es de 0.019; que es inferior a 0.05; por lo tanto, se acepta la hipótesis del investigador, y podríamos concluir que existe una relación estadística significativa entre la perturbación observada y teórica. Esto nos demuestra de

que los modelos que se están sugiriendo para analizar el nivel de perturbación, en el presente trabajo de investigación son fiables.

CONCLUSIONES

1. El río Lucre presenta una riqueza de 33 familias, siendo las más abundantes *Hyaellidae*, *Elmidae*, *Baetidae* y *Chironomidae*. La diversidad de macroinvertebrados con un nivel de perturbación alta fue de 2.07 bits, a una perturbación media de 1.89 bits y a una perturbación baja de 1.83 bits.

Según los índices biológicos, a una perturbación baja la calidad del agua es muy buena, a una perturbación media la calidad del agua es relativamente mala y a una perturbación alta denota una calidad muy mala.
2. El nivel de perturbación del río Lucre, es baja (25%) en la cuenca alta, media (45%) en la cuenca media y alta (30%) en la cuenca baja. Los valores registrados de los parámetros fisicoquímicos se encuentran dentro de los Estándares de Calidad Ambiental para el agua – categoría 3.
3. La variable explicativa que está mejor correlacionada con la perturbación es el Índice Biológico de Familias - IBF con un 89%. La diversidad difiere entre los niveles de perturbación, siendo directamente proporcional; así mismo, a un nivel de perturbación bajo y medio, el número de individuos y la riqueza de familias es mayor que a un nivel de perturbación alta.

RECOMENDACIONES

- Se recomienda usar el modelo 5 para medir la perturbación, el que considera el parámetro de fosfatos y número de individuos.
- Analizar las perturbaciones independientemente y por familias para determinar el nivel respuesta de los macroinvertebrados.
- Proponer estaciones de monitoreo con macroinvertebrados y ver la respuesta del ecosistema frente perturbaciones identificadas en el tiempo, involucrando al gobierno local activamente, estudiantes de los centros educativos y la población en general.
- Formular planes de gestión que incluyan el cuidado, sostenibilidad y garanticen en el tiempo los servicios ecosistémicos que proporciona el recurso hídrico
- Identificar las variables críticas e intensificar el estudio de macroinvertebrados, para determinar a qué nivel se pueden realizar acciones para la protección y conservación del río Lucre y humedal Huacarpay, y mejoren las condiciones ecológicas y ambientales.
- Establecer programas de sensibilizaciones, capacitación y educación ambiental sobre la importancia de los macroinvertebrados y los ecosistemas acuáticos., de esta manera involucrar la participación ciudadana en actividades de recuperación, tratamiento y control ambiental.

BIBLIOGRAFIA

- Alarcon, L. R. (2017). Actividad Antropica sobre la Comunidad de Aves en la Bahía de Paracas, Pisco, Perú. 2017.
- Alba Tercedor, J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. IV Simposio del agua en Andalucía. 1996, págs. vol II: 213-213. Almería: ISBN.:84-7840-262-4.
- Alvarez, L. F. (2005). Metodología para la Evaluación Macroinvertebrados Acuáticos Como Indicadores de los Recursos Hidrobiológicos (INSTITUTO).
- ANA, (2017). Autoridad Nacional del Agua, Calidad del Agua en el Perú. Retos y aportes para una gestión sostenible en aguas residuales. Lima (p. 140).
- Arana, J., Tolentino, D. Á., Miranda, R., Tobes, I., Araujo-Flores, J., Carrasco-Badajoz, C., & Rayme-Chalco, C. (2021). Distribución altitudinal de macroinvertebrados acuáticos y su relación con las variables ambientales en un sistema fluvial amazónico (Perú). *Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales*, 45(177), 1097–1112. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.1436>
- Batzer, D. P. y Boix, D. (2016). An Introduction to Freshwater Wetlands and Their Invertebrates. In *Invertebrates in Freshwater Wetlands* (pp. 1-23). Springer International Publishing.
- Benitez A. (2014). Benthic macroinvertebrates and submersed macrophytes of the Henares river basin - ecological responses to anthropogenic perturbations, Universidad de Alcalá – España.
- Beaulieu, J.J., Arango, C.P., Balz, D. a., Shuster, W.D. (2013). Continuous monitoring reveals multiple controls on ecosystem metabolism in a suburban stream. *Freshw. Biol.* 58, 918– 937. doi:10.1111/fwb.12097
- Birk, S. & D. Hering. (2006). Direct comparison of assessment methods using benthic macroinvertebrate: a contribution to the EU Water Fremework Directive intecalibration exercise. *Hydrobiologia* 566.
- Brittain, J. E. (1982). Biology of Mayflies. *Ann. Rev. Entomol.* 27: 119-147.

- Borja, F., Carvajal, C., et al. (2005). Factores que inciden en la disminución de los organismos a lo largo de una cuenca. Universidad de Tolima. Colombia. Consultado el 15 de Julio de 2012. Disponible en <http://www.monografias.com/trabajos29/organismos-cuenca/organismos-cuenca.shtml>.
- Boix, D., Kneitel, J., Robson, B. J., Duchet, C., Zúñiga, L., Day, J. y Blaustein, L. (2016). Invertebrates of Freshwater Temporary Ponds in Mediterranean Climates. In *Invertebrates in Freshwater Wetlands* (pp. 141-189). Springer International Publishing.
- Boix, D., Sala, J., Gascon, S., Martinoy, M., Gifre, J., Brucet, S. y Quintana, X. D. (2007). Comparative biodiversity of crustaceans and aquatic insects from various water body types in coastal Mediterranean wetlands. *Hydrobiologia*, 584(1), 347-359.
- Camargo, J. (2022). Integridad Ecológica de la Cuenca del Río Ramuschaca, Distrito de Zurite, Anta, Cusco. UNIVERSIDAD NACIONAL AGRARIA LA MOLINA. www.lamolina.edu.pe/posgrado
- Cárdenas, W. N. (2018). Análisis De La Sucesión Ecológica En Base A Flora Y Avifauna En La Cuenca De Kayra Mediante La Teoría De La Información, San Jerónimo - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, 193. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/6237>
- Cárdenas, W. N., & Hurtado, L. B. (2019). Variación De La Abundancia Y Diversidad De Aves En El Humedal Lucre-Huacarpay, Quispicanchi / Cusco / Perú, Durante El Periodo De “El Niño” 2015 - 2016. *Ecología Aplicada*, 18(2), 111. <https://doi.org/10.21704/rea.v18i2.1330>
- CEPAL. (1993). CEPAL – Comisión Económica para América latina y el Caribe, 1993. Impacto ambiental de residuos urbanos e industriales sobre los ecosistemas naturales. LC/R. 1346.
- Correa, F., Rivera, R., Urrutia, J., De Los Ríos, P., Contreras, Á., & Encina-Montoya, F. (2010). Efectos de una zona urbana sobre la comunidad de macroinvertebrados bentónicos de un ecosistema fluvial del sur de Chile. *Limnetica*, 29(2), 183–194. <https://doi.org/10.23818/limn.29.15>
- De La Torre, F. (2018). Impacto Ambiental de la Colmatación de la Laguna De Huacarpay - Cusco. Tesis de Postgrado - Universidad Nacional de San Agustín - UNSA.
- Encalada A., Maria, R., Rios, B., Garcia, N., & Prat, N. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (CERA-S). Laboratorio, 83.

- Flecker A. & Feifarek Br. 1994. Disturbance and the temporal variability of invertebrate assemblages in two Andean streams. *Freshwater Biology*. 31: 131-142
- Fernández H.R. & Domínguez E. (eds.). 2001. Guía para la determinación de Artrópodos Bentónicos Sudamericanos. Universidad de Tucumán, Tucumán
- Flori, et al (2020) Effects of sewage effluent on the subtidal macrobenthic assemblage in an urban estuary of Argentina, *Ecología Austral* 30:134-145 Abril 2020, Asociación Argentina de Ecología. <https://doi.org/10.25260/EA.20.30.1.0.954>
- Galeano, E., & Mancera, N. J. (2018). Efectos de la deforestación sobre la diversidad y la estructura del ensamblaje de macroinvertebrados en cuatro quebradas Andinas en Colombia. *Revista de Biología Tropical*, 66(4), 1721–1740. <https://doi.org/10.15517/rbt.v66i4.31397>
- Gamboa, Maribet, Reyes, Rosa, & Arrivillaga, Jazzmin. (2008). Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de salud ambiental. *Boletín de Malariología y Salud Ambiental*, 48(2), 109-120. Recuperado en 23 de septiembre de 2022, de http://ve.scielo.org/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lng=es&tlng=es
- Generalitat de Valencia. (2018). Características del agua. Recuperado el 13 de marzo de 2013 http://www.cma.gva.es/areas/educacion/educacion_ambiental/educ/publicaciones/ciclo_d_el_agua/cicag/2/2_5_1/main.html
- Griffiths, N.A., Tank, J.L., Royer, T. V, Roley, S.S., Rosi-marshall, E.J., Whiles, M.R., Beaulieu, J.J., Johnson, L.T., 2013. Agricultural land use alters the seasonality and magnitude of stream metabolism. *Limnol. Oceanogr.* 58, 1513–1529. doi:10.4319/lo.2013.58.4.1513
- Hanson, P., Springer, M., & Ramirez, A. (2010). Introducción a los grupos de macroinvertebrados acuáticos. *Rev. Biol. Trop. (Int. J. Trop. Biol.* ISSN-0034-77; December 2010. <https://www.ptonline.com/articles/how-to-get-better-mfi-results>
- Hernández, R., Fernández, C., & Baptista, M. (2014). Metodología de la Investigación (Sexta Edic, Vol. 21, Issue 1). <http://journal.um-surabaya.ac.id/index.php/JKM/article/view/2203>

- Hernández, A. J., Urcelai, A., & Pastor, J. (2002). Evaluación de la Resiliencia en Ecosistemas Terrestres Degradados Encaminada a la Restauración Ecológica. II Reunión Española de Ciencia de Sistemas RECS II, (1), 1–10.
- Hilsenhoff, W.L. (1998). An improved Biotic Index of Organic stream pollution. *Great Lakes Entomologist Journal* 20: 31-39
- Huanachin, A., & Huamantínco, A. A. (2018). Composición y estructura de la comunidad de coleópteros acuáticos (Insecta: Coleoptera) a lo largo de un gradiente altitudinal, Cusco, Perú. *Revista Peruana de Biología*, 25(2), 10. <https://doi.org/10.15381/rpb.v25i1.13818>
- Jacobsen, D. (2008). Low oxygen pressure as a driving factor for the altitudinal decline in taxon richness of stream macroinvertebrates. *Oecologia*, 154(4), 795-807. <https://doi.org/10.1007/s00442-007-0877-x>
- Krebs, C. J. (1999). *Ecological methodology*. (2.a ed.). New York, U.S.A.: Harper Collins Publishers, Inc.
- Karr, J. (1991). Biological integrity: a long-neglected aspect of water resource management. *Ecology Applic.* 1 p.66-84.
- MINAM. (2015). Guía de inventario de la fauna silvestre. Resolución Ministerial N° 057-2015-MINAM, 2(1), 83. <http://www.minam.gob.pe/patrimonio-natural/wp-content/uploads/sites/6/2013/10/GUÍA-A-DE-FAUNA-SILVESTRE.compressed.pdf>
- Municipalidad Distrital de Lucre. (2012). Plan de Desarrollo Concertado del Distrito de Lucre 2012-2021.
- Netto, S. A., and P. C. Lana. 1994. Effects of sediment disturbance on the structure of benthic fauna in a subtropical tidal creek of southeastern Brazil. *Marine Ecology Progress Series* 106:239-247. <https://doi.org/10.3354/meps106239>.
- Prat, N.; Ward, J.V. (1994). The tamed river in: Margalef, R. *Limnology now: A parading of Planetary Problems*. Elsevier Science B.V.

- Peralta, J., Araujo, J., Rodriguez, L., Prenda, J., & Loayza, R. (2015). Guía de Macroinvertebrados acuáticos de Madre de Dios - Perú. Universidad Nacional Amazonica de Madre de Dios y Universidad de Florida, 65.
- Pennak, R.W. 1978. Fresh-Water Invertebrates of the United States. 2nd Edition, Jhon Wiley Sons, New York. 803 pp.
- Pickett, S.T.A., y P.S. White (ed.). 1985. The ecology of natural disturbance and patch dynamics. Academic Press, Orlando. Pickett, S.T.A., R.S. Ostfeld, M. Shachack y G.E. Likens (eds.). 1997. The ecological basis of conservation: Heterogeneity, ecosystems and biodiversity. Chapman & Hall, Nueva York
- Quispe, R., & Salas, S. (2017). Variación Del Índice De Calidad De Agua Y Biota Acuática Por La Presencia De Lixiviados En El Río De Jaquira - Cusco. Universidad Nacional de San Antonio Abad Del Cusco, 214.
- Ramos, M. M., Peláez, E. J. J., Asbjornsen, H., Martínez, S. C., Rodríguez-trejo, D. a, C, E. S., Mendoza, L. G. (2009). Perturbaciones y desastres naturales: impactos sobre las ecorregiones, la biodiversidad y el bienestar socioeconómico. Estado de Conservación Y Tendencias de Cambio, II, 131–184.
- Rivera, J. J., Pinilla, G. A., & Rangel, J. O. (2013). Ensamblaje De Macroinvertebrados Acuáticos Y Su Relación Con Las Variables Físicas Y Químicas En El Humedal De Jaboque - Colombia. Caldasia, 35(2), 389–408.
- Rodriguez, T. (2017). Determinación de Patrones Espacio-Temporales del Funcionamiento Ecosistémico en Ríos de La Vertiente Atlántica. Universidad de Cantabria.
- Roldan, G., & Ramirez, J. J. (2022). Fundamentos de Limnología Neotropical 3 (Issue 18).
- Roldán, G. (2016). Macroinvertebrates as bioindicators of water quality: Four decades of development in Colombia and Latin America. Revista de La Academia Colombiana de Ciencias Exactas, Físicas y Naturales, 40(155), 254–274. <https://doi.org/10.18257/racefyn.335>

- Roldán G., Ramírez J. J. (2008) Fundamentos de Limnología Neotropical. 2 ed. Colección Ciencia y Tecnología. Antioquia: Universidad de Antioquia. 324 p.
- Roldán, G. (2003) Bioindicación de la calidad del agua en Colombia-Uso del método BMWP/Col. Editorial Universidad de Antioquia, Medellín, 170p.
- Roldán, G. (1996). Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. In Universidad de Antioquia. <https://www.ianas.org/docs/books/wbp13.pdf>
- Roldán, G. (1988). Guía para el estudio de de los macroinvertebrados acuáticos en el departamento de Antioquia. Bogotá, Colombia: Fondo FEN Colombia.
- Rosenberg, D., Johnson, R., & Torgny, W. (1993). Freshwater Biomonitoring Using Individual Organisms, Populations, and Species Assemblages of Benthic Macroinvertebrates. American Journal of Psychiatry, 132(12), 1333–1334. <https://doi.org/10.1176/ajp.132.12.aj132121333>
- Santos, N.D. (1981). Odonata. En: S.H. Hurlbert, G. Rodríguez, N.D. Dos Santos. (eds). Aquatic Biota of Tropical South America. Part 1 Arthropoda: 64-85. San Diego State University, San Diego.
- Towsend, C. R. & M. R. Scarsbrook. (1997). Quantifying disturbance in streams; alternative measures of disturbance in relation to macroinvertebrate species traits and species richness. J. N. Am. Benthol Soc. 16 (3): 531-544.
- Thorp, J.H. & A.P. Covich. (2001). Ecology and Classification of North American Freshwater Invertebrates. 2nd edition. Academic Press, San Diego. 1073 pp.
- Tupa, S. R. M. (2016). Valoración Ecológica - Económica Del Recurso Hídrico En El Humedal Lucre - Huacarpay, Cusco. December, 219. <http://hdl.handle.net/20.500.12918/5164>
- Venero Gonzales, J. L. (2018). “Lucre - Huacarpay”: humedal mesoandino. Yachay - Revista Científico Cultural, 7(01), 516–520. <https://doi.org/10.36881/yachay.v7i01.115>
- Wallace, J.B. & J.R. Webster. (1996). The role of macroinvertebrates in stream ecosystem function. Annu. Rev. Ecol. Syst. 41: 115-139.

ANEXOS

MATRIZ DE CONSISTENCIA

PROBLEMA	OBJETIVO	HIPÓTESIS	VARIABLES	INDICADOR	INSTRUMENTO
<p>Problema General ¿Qué impacto genera la perturbación natural y antrópica en la composición y diversidad de la comunidad de macroinvertebrados del río Lucre?</p> <p>Problemas específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • ¿Cuál es la composición, riqueza y diversidad de macroinvertebrados e índices biológicos en el río Lucre? • ¿Cuál es el grado de perturbación en el río Lucre, por factores tanto naturales como antrópicos? • ¿Cuál es el grado de relación entre la perturbación y las variables dependiente en el río Lucre? 	<p>General Analizar la influencia de la perturbación en la comunidad de macroinvertebrados en el río Lucre, Quispicanchis, Cusco.</p> <p>Objetivos específicos</p> <ul style="list-style-type: none"> • Determinar la composición, riqueza y diversidad de macroinvertebrados e índices biológicos, en el río Lucre • Evaluar el grado de perturbación en el río Lucre • Analizar la relación entre perturbación y las variables dependientes en el río Lucre 	<p>Hipótesis de investigación “Existe diferencias de la diversidad y riqueza de especies de macroinvertebrados en relación al grado de perturbación”.</p> <p>Hipótesis estadística H₀: El grado de perturbación no influye en la diversidad alfa de macroinvertebrados H_A: El grado de perturbación influye en la diversidad alfa de macroinvertebrados.</p>	<p>Variable</p> <p>Independiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • nivel de perturbación <p>Dependiente</p> <ul style="list-style-type: none"> • Macroinvertebrados 	<p>Diversidad alta Diversidad media Diversidad baja</p> <p>Perturbación alta</p> <p>Perturbación media</p> <p>Perturbación baja</p>	<p>Equipo multiparámetros</p> <p>Claves identificación de macroinvertebrados</p> <p>Escala Lilker</p>
TIPO DE ESTUDIO	POBLACIÓN Y MUESTRA	RECOLECCIÓN DE DATOS	PRUEBAS ESTADÍSTICAS		
<p>Tipo y Nivel de investigación: Enfoque descriptivo del tipo correlacional</p> <p>Diseño de investigación: No experimental</p>	<p>Población Río Lucre</p> <p>Muestra 20 puntos de muestreo</p>	<p>Levantamiento de información in situ.</p>	<p>Estadística descriptiva Correlación-Pearson ANOVA Regresión logística</p>		

RESULTADOS DE PARAMETROS FISICOQUIMICOS DEL AGUA DURANTE EL PERIODO DE MUESTREO

N°	PUNTO DE UBICACIÓN		Altitud	TEMPERATURA					PH					CONDUCTIVIDAD (µS)					SOLIDOS TOTALES (PPM)					TURBIEDAD (NTU)					OD	FOSFATO
	E	N		MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	MAYO	JUNIO	JULIO	AGOSTO	SEPTIEMBRE	AGOSTO	AGOSTO
1	199600	8485760	3713	14.2	14.2	18	18.8	16.4	7.5	7.4	7.6	7.6	7.6	468	468	492	463	601	234	224	251	232	300	0.85	0.52	0.95	3.38	2.45	6.8	0.25
2	199629	8486588	3595	14.1	14.1	18	18.8	16.3	7.5	7.5	7.5	7.5	7.5	461	468	484	494	513	238	223	239	247	256	1.04	0.45	0.93	2.38	1.99	6.8	0.10
3	199892	8487382	3506	14.5	14.5	17.9	18.7	16.3	7.4	7.5	7.5	7.5	7.5	468	466	492	481	515	238	232	246	240	257	0.99	0.58	0.95	3.00	2.02	6.3	0.10
4	200242	8487937	3429	14.6	14.6	18.1	18.1	16.4	7.5	7.5	7.4	7.9	7.4	467	472	414	441	486	247	234	207	222	243	0.86	0.68	0.64	2.41	2.27	5.9	0.10
5	200560	8488548	3349	14.8	14.8	17.9	19.3	17.4	7.6	7.6	7.5	7.9	7.8	471	471	507	532	537	251	234	254	266	268	0.82	0.72	0.55	2.24	1.66	5.9	0.03
6	199778	8488329	3421	15.1	15.2	18	18.8	16.7	7.6	7.9	7.9	7.6	7.5	472	470	520	507	553	246	236	261	253	277	0.91	0.87	0.54	0.99	17.90	6.4	0.03
7	200313	8488690	3356	15.1	15.1	17.9	18.5	16.9	7.4	7.3	7.3	7.9	7.5	490	489	549	461	597	243	236	274	230	299	0.52	0.45	0.39	0.96	20.70	6.4	0.03
8	200835	8488797	3298	15.2	15.2	18.1	18.4	16.6	7.4	7.4	7.6	7.9	7.4	491	491	455	484	684	245	245	228	242	386	0.56	0.56	0.33	1.70	12.34	6.4	0.10
9	201524	8489084	3232	14.9	14.8	18	18.5	16.7	7.3	7.4	7.5	7.8	7.4	476	532	582	595	710	242	251	268	269	354	1.04	1.27	0.00	1.73	3.65	6.3	0.10
10	202024	8489625	3193	13.2	13.2	18	18.8	17.5	7.2	7.2	7.6	7.8	7.4	455	455	539	544	641	228	228	270	272	321	1.31	1.31	0.49	1.95	4.93	5.2	0.50
11	202870	8489907	3158	15.1	15.1	18.1	18.7	17.3	7.1	7.1	7.4	7.7	7.7	589	589	526	667	704	308	308	263	334	353	0.96	0.96	0.59	1.83	1.96	5.3	0.25
12	203280	8490283	3129	15.4	15.4	17.9	19.2	16.8	6.9	6.9	7.5	7.8	7.4	623	623	672	756	729	311	311	335	379	364	0.74	0.74	0.61	0.86	1.36	5.3	0.25
13	203997	8491047	3104	15.4	15.4	18.6	18.9	16.8	6.9	6.8	7.5	7.8	7.7	578	578	586	554	587	289	289	294	277	293	2.50	2.50	0.56	0.75	1.31	5.6	0.25
14	204704	8491745	3087	15.3	16.2	18.2	19.6	17	7.1	7.4	7.3	7.7	7.9	601	601	572	564	541	301	301	286	282	270	0.68	0.68	0.75	0.75	0.96	5.3	0.25
15	204795	8492450	3079	15.4	17	18.5	19.5	17.4	7.2	7.3	7.4	7.5	7.7	587	587	555	566	587	293	293	278	283	278	0.75	0.75	0.64	0.86	1.12	5.4	0.10
16	205082	8491687	3087	18.8	19.3	15.9	19.1	16.5	6.8	6.7	7.2	7.4	7.3			513	776	1985			262	389	992			1.93	12.40	7.90	4.9	0.50
17	203729	8493138	3080	16	14	15.8	19.3	16.9	6.8	6.9	7.1	7.1	7.4			1013	1106	959			505	953	480			4.40	2.44	7.96	6.8	0.50
18	205097	8493413	3088	20.1	20	15.6	19.1	17.4	6.9	7	7.2	7.3	7.5			656	982	1126			320	491	564			2.74	5.94	6.12	4.5	0.50
19	204919	8493861	3084	19.1	17.6	15.6	19.6	16.6	6.8	6.8	7.2	7.6	7.4			658	1034	1193			345	516	594			2.43	2.91	3.63	4.8	0.50
20	204884	8494228	3089	19.8	20	15.8	19.7	16.5	7	7.2	7.3	7.3	7.4			668	1205	1245			396	604	623			1.74	2.56	2.99	4.5	0.50

RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS POR PUNTO DE MUESTREO

Familias	Punto 1	Punto 2	Punto 3	Punto 4	Punto 5	Punto 6	Punto 7	Punto 8	Punto 9	Punto 10	Punto 11	Punto 12	Punto 13	Punto 14	Punto 15	Punto 16	Punto 17	Punto 18	Punto 19	Punto 20
<i>Aeschnidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	40	0	54	6	3	18
<i>Baelidae</i>	311	372	281	285	240	223	209	208	145	155	201	196	70	42	0	7	5	0	0	2
<i>Blephariceridae</i>	14	28	111	133	73	39	38	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Chironomidae</i>	9	6	21	12	35	11	19	8	95	113	137	113	96	72	71	127	65	113	94	175
<i>Chordodidae</i>	0	0	0	0	0	1	0	0	13	11	9	4	4	3	21	15	11	0	18	29
<i>Corixidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	64	0	29	9	0	6
<i>Culicidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	10	0	49	3	6	26	38	39	0	8	12	11
<i>Dysticidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	0	10	18	22	3	6	4	7	5
<i>Ecnomidae</i>	36	48	61	55	46	49	20	27	42	39	26	29	4	0	0	0	0	0	0	0
<i>Elmidae</i>	45	51	46	44	44	35	34	35	55	43	34	34	16	13	12	5	6	11	0	0
<i>Ephyridae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0
<i>Gripopterygidae</i>	15	29	51	48	22	29	16	11	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hyalellidae</i>	44	44	33	12	12	7	15	35	94	275	129	67	85	105	239	131	116	594	896	772
<i>Hydrobiosidae</i>	7	10	21	14	7	8	7	6	5	0	0	16	2	1	1	0	0	0	0	0
<i>Hydropsichidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	17	1	0	0	0	0	0	0
<i>Hydroptilidae</i>	0	7	13	3	13	0	0	0	38	0	0	5	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Hydrophilidae</i>	0	3	0	0	0	0	2	0	0	0	2	0	10	11	0	0	0	0	0	0
<i>Hirudinea</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptoceridae</i>	79	105	177	134	141	140	105	69	8	32	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Leptophlebiidae</i>	155	256	194	229	159	91	96	83	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Notonectidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	1	1	40	6	47	8	3	15
<i>Odontoceridae</i>	7	0	0	0	0	0	0	0	0	0	6	8	25	0	0	0	0	0	0	0
<i>Physidae</i>	0	0	1	0	0	5	6	4	77	79	95	68	42	53	56	61	26	84	133	187
<i>Planariidae</i>	7	6	2	4	5	25	24	17	67	65	84	35	42	38	54	62	25	106	184	218
<i>Planorbidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	7	0	0	0	47
<i>Psychodidae</i>	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Ptilodactylidae</i>	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Scirtidae</i>	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Simuliidae</i>	22	90	141	131	88	85	36	8	0	0	0	3	0	0	0	0	0	0	0	0
<i>Sphaeriidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	62
<i>Tabanidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	0	0	0	2
<i>Tipulidae</i>																				
<i>Tubificidae</i>	3	2	4	3	2	2	2	0	6	4	3	2	0	2	0	0	0	0	0	2

PANEL FOTOGRAFICO



Perturbación antrópica – incendios (parte alta río Lucre)



Caudal y profundidad del río Lucre, mes de setiembre



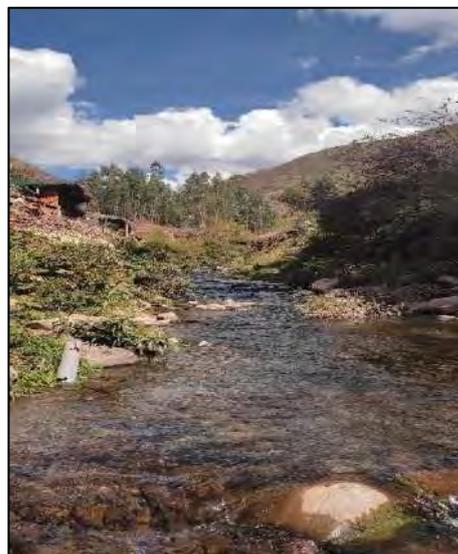
Presencia de especies exóticas en la ribera del río Lucre



Perturbación antrópica – desviación del flujo de agua



Presencia de animales en el curso del río y la densidad arbórea es mínima.



Presencia de efluentes producto de la actividad piscícola.



Canalización rustica con la presencia de especies arbustivas en la ribera.



Canal fluvial canalizado en la parte media del río Lucre



Disminución del flujo del agua para las actividades agrícolas, parte baja del río Lucre (agos – set).



Actividad ganadera en la ribera del espejo del agua – desembocadura del río Lucre.



Huascar - se observa la proliferación de Lemna e Hydrocotile



Lavadero de carro y ropa en la salida del efluente de la laguna Waton.



Acumulación de residuos sólidos en el curso del río Lucre



Velocidad del río (efluente laguna Waton) es lento y somero.



Captura de macroinvertebrados con la red tipo D



Captura de macroinvertebrados con la red tipo D



Captura de macroinvertebrados con la red tipo D



Remoción manual de sustratos para la captura de macroin.



Procesamiento *in situ* del parámetro de fosfato



Análisis de parámetros fisicoquímicos en muestras de agua.



Procesamiento de muestras para determinar el oxígeno disuelto



Identificación de macroinvertebrados en el laboratorio de entomología y aracnología.

COMUNIDAD DE MACROINVERTEBRADOS



Coleoptera- Elmidae



Coleoptera- Dysticidae



Diptera- Chironomidae



Diptera- Simuliidae



Diptera- Blephariceridae



Diptera- Culicidae



Ephemeroptera - Baetidae



Ephemeroptera - Leptophlebiidae



Hemiptera - Notonectidae



Odonata - Aeschnidae



Plecoptera - Gripopterygidae



Trichoptera - Hydropsichidae



Trichoptera - Hydrobiosidae



Trichoptera - Hydroptilidae



Trichoptera - Leptoceridae



Trichoptera - Ecnomidae



Trichoptera - Odontoceridae



Amphipoda - Hyalellidae



Turbellaria - Planariidae



Oligochaeta - Tubificidae



Gasteropoda - Physidae



Gasteropoda - Planorbidae



Bivalvia- Sphaeriidae



Nematomorpha - Chordodidae



Hemiptera - Corixidae

