



UNAP



FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN UN SISTEMA DE CULTIVO DE
PECES DE CONSUMO UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS, SAN MARTÍN-PERÚ, 2018**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR: ERICK ALBERTO DEL AGUILA PANDURO
ASESORA: BLGA. CAROL MARGARETH SANCHEZ VELA, DRA.**

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP



FACULTAD DE AGRONOMÍA

MAESTRÍA EN CIENCIAS EN GESTIÓN AMBIENTAL

TESIS

**CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN UN SISTEMA DE CULTIVO DE
PECES DE CONSUMO UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS
ACUÁTICOS, SAN MARTIN-PERÚ, 2018**

**PARA OPTAR EL GRADO ACADÉMICO DE MAESTRO EN CIENCIAS EN
GESTIÓN AMBIENTAL**

**PRESENTADO POR: ERICK ALBERTO DEL AGUILA PANDURO
ASESORA: BLGA. CAROL MARGARETH SANCHEZ VELA, DRA.**

IQUITOS, PERÚ

2022



UNAP

"Año del Fortalecimiento de la Soberanía Nacional"

Escuela de Postgrado
"Oficina de Asuntos
Académicos"



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS
N° 080-2022-OAA-EPG-UNAP

En Iquitos, en el Auditorio de la Escuela de Postgrado-EPG de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana-UNAP, a los veintitres días del mes de setiembre de 2022 a horas 10:00 a.m., se dió inicio a la sustentación de la tesis denominada "CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA EN UN SISTEMA DE CULTIVO DE PECES DE CONSUMO UTILIZANDO MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS, SAN MARTIN-PERÚ, 2018", aprobado con Resolución Directoral N°0854-2022-EPG-UNAP, presentado por el egresado ERICK ALBERTO DEL AGUILA PANDURO, para optar el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental, que otorga la UNAP de acuerdo a la Ley Universitaria N° 30220 y el Estatuto de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

El jurado calificador designado mediante Resolución Directoral N°361-2022-EPG-UNAP conformado por los profesionales siguientes:



Ing. Agron. Ana María Rengifo Panduro, Dra.	Presidenta
Ing. Agron. Aldi Alida Guerra Teixeira, MSc.	Miembro
Blga. Rossana Cubas Guerra, MSc.	Miembro

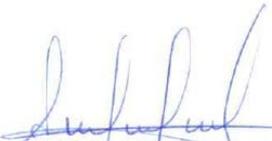
Después de haber escuchado la sustentación y luego de formuladas las preguntas, éstas fueron respondidas: Satisfactoriamente

Finalizado la evaluación; se invitó al público presente y al sustentante abandonar el recinto; y, luego de una amplia deliberación por parte del jurado, se llegó al resultado siguiente:

La sustentación pública y la tesis han sido: aprobada con calificación Muy buena

A continuación, el Presidente del Jurado da por concluida la sustentación, siendo las 12:30 del veintitres de setiembre del 2022; con lo cual, se le declara al sustentante apto, para recibir el Grado Académico de Maestro en Ciencias en Gestión Ambiental.


Ing. Agron. Ana María Rengifo Panduro, Dra.
Presidenta


Ing. Agron. Aldi Alida Guerra Teixeira, MSc.
Miembro


Blga. Rossana Cubas Guerra, MSc.
Miembro

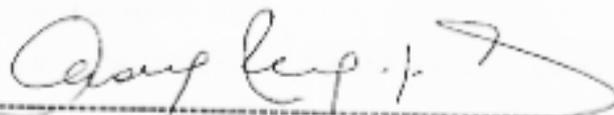

Blga. Carol Margareth Sánchez Vela, Dra.
Asesora

Somos la Universidad licenciada más importante de la Amazonía del Perú, rumbo a la acreditación

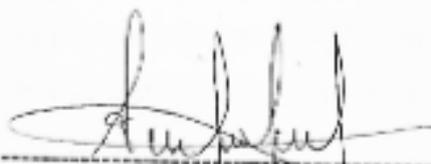
Calle Los Rosales cuadra 5 s/n San Juan Bautista, Maynas, Perú
Teléfono: (5188) 261101 Correo electrónico: postgrado@unapiquitos.edu.pe www.unapiquitos.edu.pe



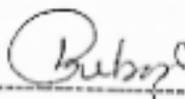
TESIS APROBADA EN SUSTENTACIÓN PÚBLICA EL 23 DE SETIEMBRE DEL 2022, EN EL AUDITORIO DE LA ESCUELA DE POSTGRADO DE LA UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONÍA PERUANA, EN LA CIUDAD DE IQUITOS, PERÚ.



ING. AGRON. ANA MARÍA RENGIFO PANDURO, DRA.
PRESIDENTA



ING. AGRON. ALDI ALIDA GUERRA TEIXEIRA, MSC.
MIEMBRO



BLGA. ROSSANA CUBAS GUERRA, MSC.
MIEMBRO



BLGA. CAROL MARGARETH SÁNCHEZ VELA, DRA.
ASESORA



Nombre del usuario:
Universidad Nacional de la Amazonia Peruana

ID de Comprobación:
63440184

Fecha de comprobación:
14.03.2022 12:30:45 CST

Tipo de comprobación:
Doc vs Internet

Fecha del Informe:
14.03.2022 12:33:52 CST

ID de Usuario:
Ocultado por Ajustes de Privacidad

Nombre de archivo: **Informe final de tesis, Erick Del Aguilá**

Recuento de páginas: **43** Recuento de palabras: **10343** Recuento de caracteres: **65863** Tamaño de archivo: **747,28 KB** ID de archivo: **74435437**

27.1% de Coincidencias

La coincidencia más alta: **5.79%** con la fuente de Internet (<https://red.uao.edu.co/bitstream/handle/10614/8351/T06304.pdf;seque>).

27.1% Fuentes de Internet 1000

Página 45

No se llevó a cabo la búsqueda en la Biblioteca

25.8% de Citas

Citas 61

Página 46

No se han encontrado referencias

0% de Exclusiones

No hay exclusiones

A Dios, por su gracia inefable, a mi esposa Carol y mis amadas hijas Lidia y Ericka, por su amor incondicional.

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida.

A mis queridos padres Lindemberg Del Aguila López y Dora Panduro Cárdenas, a mi hermano, hermanas y sobrinos por todo lo que significan para mí.

A las autoridades de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de la Amazonia Peruana, por habernos brindado la oportunidad de promover nuestro desarrollo profesional.

A la Dra. Carol Margareth Sánchez Vela, por su asesoría, orientación y apoyo incondicional en la realización del presente trabajo de investigación.

A los miembros del jurado de la tesis, por su orientación en el desarrollo de la misma.

Al Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, por su valioso apoyo en el proceso de muestreo al facilitarme el uso de su infraestructura acuícola y de laboratorio.

Al Laboratorio de Ecología y Fauna de la Facultad de Ciencias Biológicas de la UNAP, por prestarme sus instalaciones y equipos para desarrollar esta investigación.

Al Blgo. Fernando Ferro Magallanes, y al Bach. Alfredo José Piña Arévalo por su apoyo en la colecta y evaluación de muestras.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Páginas
Carátula	i
Contracarátula	ii
Acta de sustentación	iii
Jurado	iv
Resultado del informe de Similitud	v
Dedicatoria	vi
Agradecimiento	vii
Índice de contenido	viii
Índice de tablas	ix
Índice de gráficos	x
Índice de figuras	xi
Resumen	xii
Abstract	xiii
INTRODUCCIÓN	1
CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO	3
1.1. Antecedentes	3
1.2. Bases teóricas	14
1.3. Definición de términos básicos	21
CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS	23
2.1. Formulación de la hipótesis	23
2.2. Variables y su operacionalización	23
CAPÍTULO III: METODOLOGÍA	24
3.1. Tipo y diseño de la investigación	24
3.2. Población y muestra	24
3.3. Técnicas e instrumentos	27
3.4. Procedimientos de recolección de datos	27
3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos	31
3.6. Aspectos éticos	32
CAPÍTULO IV: RESULTADOS	33
CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS	41
CAPÍTULO VI: PROPUESTA	47
CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES	48
CAPÍTULO VIII: RECOMENDACIONES	49
CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS	50
ANEXOS	56
1. Estadística complementaria	
2. Instrumentos de recolección de datos	
3. Mapa del área de estudio y zonas de muestreo	
4. Información metereológica	
5. Fotos de la zona de estudio	

ÍNDICE DE TABLAS

	Páginas
TABLA 1: Operacionalización de variables del estudio Calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos, San Martín-Perú, 2018	23
TABLA 2: Diseño de investigación del estudio Calidad Biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos, San Martín-Perú, 2018	24
TABLA 3: Coordenadas de las tres zonas de estudio, sistema de cultivo de peces de consumo, IIAP, San Martín, 2018	25
TABLA 4: Puntajes para determinar sensibilidad o tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos adaptado para Perú, para el índice nBMWPper	29
TABLA 5: Valores del índice biótico nBMWPper, según los rangos de calidad	31

ÍNDICE DE GRÁFICOS

	Páginas
Gráfico 1: Clases con mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	33
Gráfico 2: Órdenes con mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	34
Gráfico 3: Riqueza de taxa por zonas de estudio, de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	34
Gráfico 4: Abundancia de Hydrobiidae y Corbiculidae en la bocatoma, estanque y salida de agua, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	35
Gráfico 5: Familias más abundantes de macroinvertebrados acuáticos exceptuando Hydrobiidae y Corbiculidae, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	36
Gráfico 6: Abundancia de macroinvertebrados acuáticos, en las tres zonas de estudio, de un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	36
Gráfico 7: Órdenes de macroinvertebrados acuáticos con familias sensibles o tolerantes a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008	37
Gráfico 8: Familias de macroinvertebrados más sensibles a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008	38
Gráfico 9: Familias de macroinvertebrados más tolerantes a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008	38
Gráfico 10: Calidad de agua en las tres zonas de estudio, según el puntaje del índice nBMWPper, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018	39

ÍNDICE DE FIGURAS

	Páginas
Figura 1: Clases con mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo	40

RESUMEN

El agua en los estanques y drenaje de un sistema de cultivo de peces recibe constantemente aporte de nutrientes, procedente de la fertilización orgánica, el alimento no consumido y las excretas de los peces, que pueden generar cambios en la calidad biológica del agua, es por eso que este estudio tuvo como objetivo conocer la calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo, mediante la riqueza, abundancia y presencia de macroinvertebrados acuáticos sensibles y/o tolerantes a cambios en el medio. Se ejecutó de setiembre a noviembre del 2018, en el Centro de Investigaciones Carlos Miguel Castañeda Ruiz del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana, San Martín, Perú, centro que cuenta con infraestructura acuícola destinada a la investigación, manejo de reproductores y producción de alevinos de peces amazónicos. Se establecieron tres zonas de estudio, zona 1: ingreso del agua desde una quebrada, Zona 2: estanque de **manejo** de reproductores de peces de consumo y Zona 3: drenaje del agua nuevamente hacia la quebrada. Las colectas se realizaron aplicando la técnica de arrastre de red tipo D y la calidad del agua se obtuvo aplicando el índice nBMWPper. La riqueza estuvo compuesta por 04 filos, 10 clases, 19 órdenes y 48 familias, el filo más diverso fue Arthropoda y los órdenes con mayor número de familias fueron Diptera y Hemiptera, La abundancia fue de 6566 individuos, Hidrobiidae y Corbiculidae registraron el mayor número; la zona 2 fue la más abundante y significativamente diferente a las otras zonas. Se registraron 33 familias entre sensibles y tolerantes a cambios en la calidad biológica del agua; la misma que en las tres zonas de estudio fue buena. En conclusión, la actividad acuícola en el área estudiada no ha generado cambios permanentes en la calidad biológica del agua.

Palabras claves: Calidad de agua, macroinvertebrados acuáticos, riqueza, abundancia.

ABSTRACT

The water in the ponds and drainage of a fish farming system constantly receives nutrients from organic fertilization, unconsumed food and fish excreta, which can generate changes in the biological quality of the water. This is why this study aimed to determine the biological quality of water in a fish farming system for consumption, through the richness, abundance and presence of aquatic macroinvertebrates sensitive and/or tolerant to changes in the environment. It was carried out from September to November 2018, at the Carlos Miguel Castañeda Ruiz Research Center of the Peruvian Amazon Research Institute, San Martín, Peru, which has aquaculture infrastructure for research, management of broodstock and production of Amazonian fish fingerlings. Three study zones were established, zone 1: water inlet from a stream, Zone 2: management pond for fish broodstock for consumption, and Zone 3: water drainage back into the stream. The collections were made by applying the D-type net drag technique and the water quality was obtained by applying the nBMWPper index. The richness was composed of 04 phyla, 10 classes, 19 orders and 48 families, the most diverse phylum was Arthropoda and the orders with the largest number of families were Diptera and Hemiptera. The abundance was 6566 individuals, Hidrobiidae and Corbiculidae recorded the largest number; zone 2 was the most abundant and significantly different from the other zones. 33 families between sensitive and tolerant to changes in the biological quality of the water were registered; the same as in the three study areas was good. In conclusion, the aquaculture activity in the studied area has not generated permanent changes in the biological quality of the water.

Keywords: Water quality, aquatic macroinvertebrates, richness, abundance.

INTRODUCCIÓN

Todas las actividades humanas generan impacto o cambios en el ambiente ⁽¹⁾ incluida la acuicultura que es la principal actividad del centro de investigaciones “Carlos Miguel Castañeda Ruiz” del Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana (IIAP) Sede Regional San Martín. En este centro se desarrollan actividades de investigación en reproducción y cultivo de peces amazónicos, cuenta con un sistema constituido por una fuente natural de agua, un área acuícola (estanques y laboratorios de reproducción de peces) y una red de drenaje.

Producto de la actividad acuícola el agua en los estanques y en el drenaje recibe constantemente aporte de nutrientes, procedente de la fertilización orgánica, el alimento no consumido y las excretas de los peces, estos aportes podrían estar generando un impacto en la calidad biológica del agua, y por ende cambios en las comunidades, disminución de la diversidad del bentos, desarrollo de especies resistentes a la perturbación que pueden resultar dañinas para las especies cultivadas ⁽²⁾. Ante esta realidad se formuló el siguiente problema ¿Cuál es la calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos?. El creciente incremento de las alteraciones de los cursos de agua y la sensibilidad a este problema por parte de los organismos competentes, ha hecho que en todos los países desarrollados se pongan en marcha programas de control y vigilancia de la calidad de las aguas ⁽³⁾.

En los últimos años el concepto de la calidad de agua ha cambiado rápidamente, de un enfoque puramente físico y químico a otro que integra todos los componentes del ecosistema ⁽⁴⁾. Los aspectos biológicos han adquirido una creciente importancia en el estudio de los sistemas acuáticos, debido a que las variables físicas y químicas no determinan con precisión la calidad de las aguas y sólo dan una idea específica sobre ella. Peces, algas, protozoos y otros grupos de organismos han sido recomendados para valorar la calidad del agua, pero los macroinvertebrados son el grupo más usado

como indicador del estado ambiental de las quebradas y ríos por ser muy sensibles a los cambios de su ambiente y por su capacidad de integrar información temporal de perturbaciones y contaminantes, reflejando el efecto integrado de todas las variables ambientales ⁽⁵⁾, ⁽⁴⁾. En el Perú se han realizado varios estudios sobre invertebrados acuáticos ⁽⁶⁾, ⁽⁷⁾, ⁽⁸⁾, ⁽⁹⁾, ⁽¹⁰⁾, ⁽¹¹⁾, ⁽¹²⁾, sin embargo, no se han encontrado publicaciones referente a la calidad de agua en un sistema de cultivo de peces usando macroinvertebrados acuáticos, aun conociendo que el uso de estos organismos como indicadores de la calidad del agua se basa en la adaptación que estos presentan a las exigencias ambientales de los hábitats que ocupan. Cualquier cambio en las condiciones ambientales se reflejará, por tanto, en las estructuras de las comunidades que allí habitan ⁽¹³⁾.

En este sentido esta investigación tuvo como objetivo general conocer la calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo, y como objetivos específicos determinar la riqueza, abundancia, presencia de macroinvertebrados acuáticos sensibles o tolerantes a cambios en la calidad de agua en los diferentes ambientes del sistema. Durante el desarrollo de este estudio se asumió la postura Epistemológica del Método y Lógica de la Ciencia, basados en procedimientos metodológicos utilizados en la ciencia en el curso de las investigaciones, la cual es una forma coherente y ordenada de evaluar hipótesis, al mismo tiempo explica fenómenos y establece relaciones entre los hechos y enunciamentos de leyes.

Finalmente, la información generada en este estudio tendrá un impacto positivo en el diseño de planes de monitoreo en ambientes dulce acuícolas y naturales, complementará y mejorará la oferta de servicios tecnológicos y productivos, que el Centro de Investigación Carlos Miguel Castañeda Ruíz – IIAP San Martín, requiere, para un aprovechamiento más integral del sistema de cultivo de peces. Además, servirá a los futuros profesionales para que continúen desarrollando estudios referidos a la comunidad de macroinvertebrados acuáticos en ambientes dulce acuícolas.

CAPÍTULO I: MARCO TEÓRICO

1.1. Antecedentes

Algunos antecedentes del estudio que se mencionan en el presente documento, sobrepasan los cinco años de antigüedad, por ser información todavía vigente en el tema que se está tratando, así mismo porque en los últimos dos años la mayoría de investigaciones se han centrado en las causas, síntomas y consecuencias del COVID, tema de interés sanitario a nivel mundial.

La evaluación de la calidad biológica del agua se ha realizado tradicionalmente con base en los análisis fisicoquímicos y bacteriológicos. Sin embargo, en los últimos años muchos países han aceptado la inclusión de comunidades acuáticas como los macroinvertebrados, quienes reflejan la calidad de los ecosistemas acuáticos ⁽¹³⁾. Aunque los países de la Unión Europea han sido líderes en este proceso desde hace varias décadas (Inglaterra en 1970) ya se cuentan con algunos estudios en nuestro continente, pero sigue siendo escaso en nuestra región, así tenemos que:

En 2008 se realizó una evaluación en las microcuencas Perejil, Chuyugual y Caballo Moro, en La Libertad, Perú, entre agosto y octubre del 2008, como parte del programa de monitoreo de estas cuencas (2008-2009) establecido por el Convenio UNT-AMAS-2008. Se establecieron 18 estaciones de muestreo. Se reportaron la presencia de 7 Clases, 13 órdenes y 46 familias, constituidos por las clases. Insecta, Gastropoda, Crustacea, Bivalvia, Turberllaria, Oligoquetos y Ostracoda y estableciéndose que la calidad de agua en el Alto Chicama, basado en los resultados obtenidos con la aplicación de una modificación y adaptación del índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), muestra que la parte alta de la microcuenca Perejil, se encuentra con

una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena; la parte que discurre hacia abajo muestra una calidad biológica mala. La parte alta o naciente de la microcuenca Caballo Moro, se encuentra con una calidad biológica mala, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica buena o aceptable y la naciente de la microcuenca Chuyugual, se encuentra con una calidad biológica regular, pero las estaciones adyacentes no influenciadas, muestran una calidad biológica aceptable o buena, la parte baja manifiesta una recuperación en su calidad biológica, presentándose aceptable. En general estos ríos, están siendo alterados en su condición físico-químico y los cambios en el Alto Chicama, se deberían a las actividades de minería, ganadería y agricultura, así como a la mala disposición de las aguas residuales de los centros poblados ⁽¹⁴⁾.

En 2010 un estudio descriptivo utilizó el método Kick Sampling durante abril – agosto para evaluar la calidad biológica del lago Moronacocho, Iquitos-Perú, utilizando insectos acuáticos. Obtuvieron una diversidad media distribuida en 7 órdenes, siendo díptera y hemíptera los más diversos. El índice BMWP utilizado para el lago Moronacocho, indicó que el ambiente tiene una calidad biológica aceptable ⁽¹⁵⁾.

En 2011, se reporta un estudio que tuvo como objetivo evaluar la riqueza y abundancia de macroinvertebrados acuáticos asociados a tres especies de macrófitas acuáticas del Lago Moronacocho, en Iquitos, Perú. Se ejecutó entre los meses de mayo y julio del 2009, con colectas mensuales de 27 macrófitas, tomándose adicionalmente medidas de temperatura, oxígeno y pH. Las muestras de vegetales fueron colectadas con una red de bentos y manualmente. No se reporta diferencias estadísticas significativas en cuanto a la riqueza y abundancia entre las tres macrófitas evaluadas ($P > 0.05$). La abundancia fue de 1538 individuos, siendo Chironomidae, Noteridae y Haplotaxidae, las más abundantes, además Hydrophilidae, Elmidae y Planorbidae fueron abundantes solo para Pistia stratiotes. De las 31 familias

reportadas en este estudio, 17 estuvieron presentes en las tres macrófitas evaluadas. Los valores promedio de T° (26,4 °C) y pH (6,7) se encontraron dentro de los límites adecuados. Concluyendo que la composición de macroinvertebrados acuáticos en el Lago Moronacocha, no está influenciada por el tipo de macrófita que existe en ella ⁽¹⁶⁾.

En 2012 una investigación estudió la influencia antrópica sobre la diversidad de macroinvertebrados acuáticos en seis quebradas en Madre de Dios. Encontrando 136 taxas, donde la clase Insecta fue la más representativa con el orden Coleóptera mostrando la mayor riqueza seguido de Odonata, Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera. Concluyeron que el estudio de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos evidenció el grado de conservación de las quebradas, siendo el oxígeno disuelto en agua y la integridad del bosque, factores indispensables para albergar una adecuada diversidad biótica ⁽¹⁷⁾.

En 2013 se evaluó la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera en Madre de Dios-Perú. Donde la abundancia total de macroinvertebrados acuáticos en este estudio fue de 20078 individuos en 156 taxas. Los órdenes más representativos con respecto a la abundancia fueron Díptera, en la cual la familia Chironomidae fue la más abundante. Le siguió Coleóptera siendo la familia Elmidae la más abundante. El orden Ephemeroptera donde las Familias Leptophlebiidae y Leptohyphidae fueron las más abundantes. En el orden Trichoptera las familias Leptoceridae e Hydropsichidae fueron las más abundantes. También resalta la importancia de los coleópteros, especialmente de los Élmidos como organismos predominantes en sustratos de bancos vegetados, disminuyendo conforme la integridad de la quebrada es alterada ⁽¹⁸⁾.

En 2013 un estudio evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura, Perú, utilizando el método de sustratos artificiales (Castillo, 2000) registraron 46 familias de invertebrados con 81 taxa y un

total de 7 916 individuos siendo en el sistema de riego los órdenes con mayor riqueza Trichoptera, Díptera, Coleoptera, Hemiptera, Odonata y Bassomatophora y los grupos más abundantes fueron Diptera, Bassomatophora, Ostracoda ⁽¹⁹⁾.

En 2016 se evaluó la calidad de agua del río Shilcayo con el objetivo de establecer las variaciones de los parámetros de calidad del agua con respecto a focos de contaminación por aguas residuales identificadas. Este cuerpo de agua, se encuentra ubicado en el departamento de San Martín, Perú. Se realizó la recolecta de insectos durante las horas de la mañana por tres meses en ocho estaciones. Se emplearon los siguientes índices: índice de Margalef, índice de Shannon-Wiener, índice de Simpson, similitud de Sorensen, “Biological Monitoring Working Party” adaptado para Perú, el índice biótico de familias y el índice de los órdenes ephemeroptera, plecoptera y trichoptera. Se registró 33 familias y 1622 individuos de insectos con una disminución en la diversidad en tramos después de los focos de contaminación desde 3.67 a 1.13 (índice de Margalef), así mismo el índice de Simpson muestra el aumento en la dominancia de 25 al 66%. La calidad de agua resultó buena río arriba y de calidad mala en la última estación río abajo. El indicador de los órdenes ephemeroptera, trichoptera y plecoptera no muestra resultados similares con respecto a los otros indicadores de calidad de agua. Los valores asignados por el indicador BMWP coinciden en su mayoría con el comportamiento de las familias según el puntaje y la interpretación de la misma. Las familias que no coinciden son Hydropsychidae debido al bajo valor asignado en el indicador, y Baetidae debido a su alto valor. El cuadro de distribución en este estudio mostro que la familia Hydropsychidae merecerá un valor mayor por su presencia mayoritaria en la cuenca alta y su ausencia en la cuenca baja donde la diversidad es menor que las demás estaciones. La familia Baetidae merece una puntuación menor en el indicador, debido a su presencia mayoritaria en la cuenca baja y menor presencia en la cuenca alta. Libellulidae está presente en todas las estaciones y con mayor afinidad a aguas con aparente contaminación. El valor asignado por el indicador BMWP para

esta familia es elevado. Las familias Leptophlebiidae y Heptageniidae están presentes en todas las estaciones y mayor afinidad en aguas limpias. Se encuentra la familia Hydropsychidae con presencia en aguas limpias y no coincide con el valor e interpretación asignado por el indicador BMWP. La familia Perlidae está presente en aguas limpias con mayor presencia en la cuenca alta y disminuyendo en la cuenca media y ausencia en la cuenca baja, el valor asignado por indicador coincide con el comportamiento en distribución a lo largo del río. La familia Corydalidae tiene presencia mayoritaria en cuenca alta, también se encuentra distribuida en las cuencas medias y ausencia en cuenca baja, el valor asignado a éste valor es adecuada ⁽²⁰⁾.

En 2017 se emplearon macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú, en temporada seca y lluviosa. Con relación a los macroinvertebrados bentónicos se registraron 30 taxas, las familias Chironomidae y Baetidae tuvieron gran representatividad, siendo los primeros más abundantes en la temporada seca, y los segundos más abundantes en la temporada lluviosa ⁽²¹⁾.

En 2018 se evaluó la calidad del agua a lo largo del tramo de la cuenca del río Cumbaza, en el departamento de San Marín-Perú, a través de la identificación de las familias de macroinvertebrados presentes y su relación con algunos parámetros fisicoquímico. Se ubicó cuatro estaciones específicas del río, durante los meses de mayo y octubre de 2015. Se colectaron un total de 678 macroinvertebrados distribuidos en 2 clases (Insecta y gastrópoda), 10 órdenes y 21 familias. El índice BMWP/col, permitió clasificar la calidad ambiental como Categoría II y III medianamente contaminada, sin embargo no se encontró niveles significativos de contaminación en ninguna de las estaciones estudiados, hubo una calificación dudosa por lo que se presenta tres propuestas ambientales de conservación en el estudio ⁽²²⁾.

En 2022 se realizó un estudio en las Salinas de Chilca, km 65 de la carretera Panamericana Sur, representada por tres lagunas: la Milagros, la Mellicera y la Encantada. El objetivo fue determinar la influencia de las variables ambientales en los cambios de la estructura comunitaria de macroinvertebrados. Se realizaron cuatro campañas de colecta desde enero hasta septiembre del 2018, estableciéndose tres estaciones por cada ambiente léntico. La muestra fue colectada a través de barridos con una red tipo D. Los parámetros fisicoquímicos del agua presentaron valores diferenciados en cada laguna y formaron una gradiente de salinidad. Se recolectaron 42 géneros de macroinvertebrados, siendo los géneros más influyentes en los patrones comunitarios: *Heleobia*, *Larsia*, *Trichocorixa*, *Ephydra* y *Artemia*, estos organismos representaron el 83,85 % de la abundancia total. El gradiente ambiental generado por la salinidad determinó dos grupos muy diferenciados, un grupo de especies que no toleran valores elevados de salinidad (lagunas mesosalinas) de otro grupo de especies que soportan valores extremos de salinidad ⁽²³⁾.

También es propicio mencionar trabajos realizados en otros países y/o regiones zoogeográficas similares, como:

En 2012 un estudio sobre riqueza, composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Pampumay y Pansalic-Panchiguajá, Guatemala, registró que las familias Baetidae, Leptohiphyidae, Hydropsychidae, Psychodidae, Chironomidae, Tipulidae y Simulidae se encuentran presentes tanto en época seca como en época lluviosa, mostrando ciertas adaptaciones que les permiten sobrevivir a fuertes caudales. Además, infiere que factores como la profundidad, tipo de sustrato y tipo de cobertura vegetal de los alrededores pueden modificar la abundancia. En estos análisis se pudo observar una tendencia de los macroinvertebrados a distribuirse según la concentración de oxígeno disuelto y la cantidad de nutrientes (nitritos y ortofosfatos) en el medio, en donde las larvas de dípteros (familias: Psychodidae, Chironomidae, Tabanidae, Tipulidae) junto con los Oligoquetos eran los únicos grupos que se distribuían en

donde habían concentraciones muy bajas de oxígeno (<5mg/l), mientras que otros grupos eran claramente susceptibles a esta deficiencia y solo se distribuyen en donde las concentraciones de oxígeno son mayores. Por lo que se puede concluir que existe una tendencia de los macroinvertebrados a distribuirse según los parámetros físicos y químicos del agua, existiendo organismos tolerantes a ciertas deficiencias como las concentraciones bajas de oxígeno mientras que otros son susceptibles a estas condiciones ⁽²⁴⁾.

En 2013 se realizó una investigación que determinó la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las sub cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. Se ejecutó en la época seca y lluviosa del 2010, Se registró un total de 4 964 individuos, pertenecientes a 50 géneros, 30 familias y nueve órdenes de la clase Insecta. El índice de diversidad de Shannon-Weaver (2.36 y 1.95) en promedio fue media en este ecosistema. En época seca, la abundancia de individuos fue mayor en el orden Hemiptera, familia Veliidae y el género Rhagovelia. En época lluviosa, el orden más representativos fue Ephemeroptera, familia Leptophlebiidae El índice de Jaccard indicó que las estaciones con mayor similitud fueron la 1 y 2, con un 65.2 % (época seca) y 76.9 % (época lluviosa). El índice biótico BMWP/PAN para la época seca y lluviosa, mostró para las estaciones 1 y 2 aguas de calidad regular, pero en las estaciones 3 y 4 las aguas son de calidad aceptable. Las variables físicas y químicas mostraron valores dentro de los límites aceptables durante la época seca, mientras que en la época lluviosa los niveles fueron bajos ⁽²⁵⁾.

En 2015 una investigación se ocupó de realizar la caracterización de la calidad del agua de la quebrada Los Cáquezas, localidad de Usme, Bogota, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos. Se seleccionaron tres puntos de demostrado; el primero (E1) a una altura de 3174 msnm, donde no se encuentra contaminación antrópica; el segundo punto (E2) a los 3139 msnm y el tercer punto (E3) a los 2970 msnm. Como resultado se encontró una dominancia de algunas familias

para E3, mientras que los ecosistemas encontrados en E1 y E2 tuvieron valores tendientes a la biodiversidad. Concluyendo que la abundancia de las taxas encontradas no varía de forma lineal de acuerdo a los parámetros físico-químicos, es decir, a medida que se incrementa un factor físico-químico las taxas no crecen proporcionalmente a ello, sino que depende de otros factores como la adaptabilidad que tenga el organismo, variaciones climáticas, factores antrópicos, etc. ⁽²⁶⁾.

En 2016 se evaluó el impacto ambiental en la desembocadura del río Misahuallí al río Napo, por tener un sistema económicamente activo. El objetivo fue comparar la composición de los macroinvertebrados para analizar la calidad de agua del Río. Se empleó el índice IBMWP (Biological Monitoring Working Party) y el índice biológico ASTP que significa puntuación media por taxón y los valores de sensibilidad. Se identificaron 352 macroinvertebrados, distribuidos en 2 Pylum, 4 Clases, 8 órdenes y 11 familias; determinándose el estado ecológico del Río Misahuallí como “deficiente”, su calidad es “critica” con aguas muy contaminadas, con un “sistema muy alterado”, resultado que aportó para elaborar la propuesta del Plan de Manejo Ambiental ⁽²⁷⁾.

En 2016 un estudio mostro la sensibilidad de macroinvertebrados con respecto a la variación de parámetros físico químicos de calidad del agua, en río Jatunhuayco alrededor de la captación del río, Quito, Ecuador, aplicando el criterio de correlación numérica. Los factores de muestreo fueron: Temporalidad y Geomorfología. Se aplicó correlación en lenguaje R, considerando el estudio de los datos obtenidos desde varias perspectivas, desde el campo más general (diversidad con respecto a calidad del agua), hasta análisis más detallados entre familias de macroinvertebrados y parámetros físicos químicos de forma individual. Se aplicó la prueba anova para determinar si los factores de estudio influyen sobre la respuesta de diversidad de macroinvertebrados. Los resultados mostraron correlaciones que permitieron observar los parámetros con alto grado de influencia sobre el desarrollo de las familias de macroinvertebrados encontrados. Se

presenta la especie *Limnephilidae Anomalocosmoecus illesi* como potencial bioindicador. Finalmente, se determinó que el factor geomorfología y temporalidad si influyen sobre la respuesta de macroinvertebrados en el lugar de estudio ⁽²⁸⁾.

En 2016 un análisis buscó presentar una revisión de los estudios realizados durante las últimas cuatro décadas en Colombia, y de manera general en Latinoamérica. Presentó el estado actual del conocimiento de los diferentes grupos de los macroinvertebrados acuáticos en términos de la resolución taxonómica, los aspectos ecológicos y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua. Reporta que la comunidad de macroinvertebrados acuáticos mejor estudiada en Colombia es la entomofauna. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejor conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua. Es necesario profundizar en el estudio de algunos grupos como los anélidos, moluscos, ácaros y dípteros, de los cuales aún falta conocimiento de su taxonomía y autoecología. El índice BMWP (Biological Monitoring Working Party), desarrollado en Europa en el siglo XX a partir de la década de los años setenta, es muy popular en Colombia y Latinoamérica, pero es necesario hacer adaptaciones para las diferentes regiones en el continente ⁽²⁹⁾.

En 2016 se logró determinar la calidad del agua en puntos afluentes del río Cesar, utilizando macro invertebrados acuáticos como bioindicadores y aplicando el índice BMWP/Col adaptado para Colombia. La ejecución se realizó en cinco estaciones y dos jornadas de muestreo (periodo seco y de lluvias). Se identificaron 1025 organismos, pertenecientes a 2 phylum, 3 clases, 9 órdenes, 24 familias y 37 géneros. El valor promedio del índice BMWP/Col define la calidad del agua de la estación 1 (E1) como agua ligeramente contaminada, de calidad aceptable, E2-E3-E4 y E5 como agua moderadamente contaminada, de calidad dudosa. Agua de la estación E5 presenta el puntaje más bajo de todas las estaciones y las variables fisicoquímicas y microbiológicas más altas ⁽¹⁾.

En 2016, se realizó un estudio para evaluar la calidad del río San Juan, en los Andes de Colombia, estableciéndose seis puntos de muestreo donde se recolectaron muestras de agua y macroinvertebrados acuáticos para los análisis fisicoquímicos e hidrobiológicos. Se aplicaron índices bióticos EPT (efemerópteros, plecópteros, tricópteros), BMWP/Col (Biological Monitoring Working Party) y ASPT (Average Score per Taxon). Los resultados de las variables fisicoquímicas y los índices bióticos indican que las estaciones E1 y E2 presentan menor grado de contaminación, en las demás estaciones disminuye considerablemente la calidad del agua debido a las actividades económicas desarrolladas en el sector y a su cercanías con el casco urbano del municipio de Andes. El ASPT modificado y adaptado al río San Juan ⁽³⁰⁾.

En 2020 se estudió el cambio del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos en dos sitios dentro del cauce del Río Naranjo, Costa Rica, durante los cuatro periodos hidrológicos del año, así como determinar la relación entre las variables fisicoquímicas, sustrato y el caudal con el ensamblaje. Se ubicaron dos sitios de muestreo durante un año, evaluando los cuatro periodos hidrológicos. En cada sitio de muestreo se obtuvieron valores de velocidad y profundidad del agua, caudal, oxígeno disuelto, pH, conductividad, sulfatos, amonio, nitrato, silicatos, fosfatos y sustrato, y se obtuvo una muestra de macroinvertebrados acuáticos por cada tipo de microhábitat. Hubo una mayor abundancia durante la estación seca, mientras que durante la transición de la estación seca a la lluviosa se registró la menor abundancia de organismos. El ACC indicó que el primer eje presentó una relación positiva con el sustrato limo y arena, y una relación negativa para las variables velocidad de corriente y sustrato rocoso. El segundo eje presentó una relación positiva con el caudal y los nitratos, y negativa para el sustrato canto rodado. La mayoría de los organismos mostraron una respuesta negativa al aumento del flujo y los nitratos. A pesar de las variaciones fisicoquímicas y de caudal registradas en el Río Naranjo, éstas no fueron lo suficientemente fuertes como para variar el

ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos, por lo que la cuenca por el momento no cuenta con factores estresantes que elimine organismos durante uno o varios meses del año ⁽³¹⁾.

En 2022, se monitoreo un tramo específico de la microcuenca del río Chibunga, cuenca Pastaza, Ecuador, en época lluviosa para determinar la calidad que presenta sus aguas. Los principales problemas ambientales que afectan a este tramo de la microcuenca están relacionados con descargas directas de aguas domésticas e industriales, presencia de basura, actividades agrícolas ganaderas y de recreación. Se aplicaron análisis fisicoquímicos, microbiológicos y macroinvertebrados acuáticos. Las variables que no han sido afectadas de manera considerable son el pH y nitratos, pero en la parte baja del tramo de estudio la calidad se ve afectada de Regular a Mala en variables como la DBO5 y fosfatos. Según el valor de coliformes fecales, la calidad del agua dentro de la zona de estudio es Pésima. Según el valor del índice ETP obtenido con el análisis de macroinvertebrados, la calidad de agua es Mala. La calidad del agua promedio para este tramo específico de la microcuenca es de 59%, lo que indica un estado Regular o Medianamente contaminado del mismo ⁽³²⁾.

En 2022, los objetivos de este trabajo fueron determinar la calidad ecológica y conocer los patrones de la estructura taxonómica del ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos de una quebrada andina, con diferentes niveles de alteración antrópica, Santander (Colombia). Se ejecutó en abril de 2019, en un tramo de 100 m, en tres zonas de la quebrada, Estación 1: Baja alteración antrópica (BA), Estación 2: Media alteración antrópica (MA), Estación 3: Alta alteración antrópica (AA). Para cada estación de muestreo, se tomaron registros *in situ* de temperatura superficial del agua, pH, conductividad, oxígeno disuelto, caudal, profundidad y la velocidad del flujo. Se determinó el Índice Biological Monitoring Working Party, adaptado para Colombia (BMWP-Col), el puntaje promedio por taxón (Average Score per Taxon, ASPT) y el Índice de Porcentaje de Individuos de Ephemeroptera, Plecoptera y

Trichoptera (EPT%). La colecta se realizó con una red Surber. Las muestras de macroinvertebrados fueron identificadas hasta el nivel de familia usando claves de expertos en el tema. Los mayores valores del índice EPT se presentaron en BA, con un gradiente de disminución hacia las zonas, estos órdenes generalmente, han sido asociados con una mayor heterogeneidad de hábitat. En ecosistemas alterados, la proporción de EPT se reduce por ⁽³³⁾.

1.2. Bases teóricas

1.2.1 Los macroinvertebrados acuáticos:

Se definen como aquellos organismos con tamaños superiores a 0,5 mm de longitud es decir, todos aquellos organismos que se pueden ver a simple vista; por lo tanto la palabra “macro” indica que esos organismos son retenidos por redes de tamaño entre 200–500 mm. (34) Habitan en el lecho fluvial (entre las piedras, plantas acuáticas sumergidas, etc.) ya sea durante todo su ciclo vital, tal como ocurre con los moluscos o parte de él, como ocurre con muchos insectos en los que la fase adulta es terrestre y la fase larvaria es acuática ⁽³⁵⁾. Todos los macroinvertebrados se desarrollan a partir de huevos de formas muy variables; algunas hembras dejan caer masas sueltas de huevos dentro del agua, los cuales se dispersan lentamente; otras hembras, debido a características especiales del ovipositor, colocan los huevos individualmente en perforaciones de tallos u hojas de las plantas. Algunos dípteros depositan sus huevos en masas cubiertas con una gelatina protectora, y unos pocos insectos llevan masas de huevos en sus cuerpos hasta la eclosión ⁽³⁾.

1.2.2 Hábitat de los macroinvertebrados acuáticos

Los sustratos en donde los macroinvertebrados acuáticos pueden estar asociados, no incluyen únicamente superficies del fondo, sino también objetos firmes o flotantes orgánicos como tallos de plantas acuáticas, residuos vegetales o sustratos inorgánicos de tipo rocoso como cantos rodados, sustratos pedregosos, además de otros sustratos tales como empalizadas, residuos leñosos y vegetales, parches de vegetación, aglomerados de raíces, plantas emergentes, partes sumergidas, macrófitas sumergidas, arena y sedimentos finos ⁽³⁶⁾, ⁽³⁷⁾, ⁽³⁸⁾, ⁽¹⁰⁾.

Las causas de la disminución de las comunidades acuáticas es la variación del caudal de sus aguas, las fluctuaciones inducidas por cambios en el régimen del caudal pueden modificar la composición de las especies, sus ciclos de vida y la abundancia de las poblaciones ⁽³⁷⁾. Por el contrario el incremento en el caudal del río favorece la deriva de macroinvertebrados río abajo y la turbiedad influye en la disminución del número de individuos, y por lo tanto de la diversidad ⁽³⁹⁾.

1.2.3 Importancia de los macroinvertebrados acuáticos

Los macroinvertebrados acuáticos son considerados un eslabón importante en la cadena trófica, especialmente para peces, un alto número de invertebrados se alimentan de algas y bacterias, las cuales se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria. Algunos deshacen hojas y se las comen mientras otros comen materia orgánica presente en el agua debido a la abundancia de macroinvertebrados bénticos, jugando un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Son una fuente de energía para animales más grandes, y al morir se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena trófica ⁽⁴⁰⁾.

El uso de macroinvertebrados para valorar y determinar la calidad del agua tiene cuando menos 100 años de antigüedad ⁽³⁾. Los macroinvertebrados acuáticos son generalmente abundantes, relativamente fáciles de recolectar y tienen el suficiente tamaño para ser observados sin necesidad del microscopio, o cuando menos, de infraestructura sofisticada. Presentan las siguientes ventajas:

- Son prácticamente universales.
- Son sedentarios.
- Son extremadamente sensibles a perturbaciones.
- Presentan largos ciclos de vida.
- Muestran una respuesta inmediata ante un determinado impacto.
- Presentan un patrón de estímulo-respuesta ante alteraciones físico-químicas.

Los grupos principales son ⁽³⁸⁾ :

Mollusca: Se dividen en dos grupos Gasteropoda y Bivalvia. Los Gasteropoda, llamados comúnmente caracoles, poseen una concha enrollada en espiral y su tamaño puede variar entre 2 y 70 mm. Viven por lo regular en aguas abundantes en carbonato de calcio (aunque hay excepciones), necesario para la construcción de su concha. Por lo general, están asociados a lugares con mucha vegetación acuática y materia orgánica en descomposición. Abundan en aguas quietas y poco profundas. Los Gasteropoda son muy cosmopolitas. Para el neotrópico se han reportado como de amplia distribución las familias Thiaridae, Ampuariidae, Hydrobiidae, Melaniidae, Chiiinnidae, Lymnaeidae, Physidae, Planorbidae. Los Gasteropoda viven en medios de alta dureza y alcalinidad y con abundante materia orgánica en descomposición; se desarrollan por miles en orillas de lagos y ríos y en plantas de tratamiento de aguas residuales.

Los Bivalvia tienen un tamaño que varía entre 2 y 180 mm de longitud. Viven tanto en aguas lóxicas como lénticas. Es frecuente encontrar bivalvas enterradas en el sustrato o fijadas a la vegetación acuática. En general, viven en aguas limpias o poco contaminadas. Los Bivalvia son filtradores de plancton y detritus. Por lo regular, son más abundantes donde el pH del agua está por encima de 7.0 y abundan los carbonatos. Los bivalvos están ampliamente distribuidos en todo Suramérica, pero sólo hay estudios más o menos completos para Brasil y Argentina, para Colombia y especialmente para Antioquia, este campo está totalmente abierto para su estudio.

Crustacea: Artrópodos de respiración branquial provistos de dos pares de antenas y mandíbulas, cuerpo con exoesqueleto fundamentalmente quitinoso y a veces endurecido por sales calcáreas (Crusta, Concha). Este exoesqueleto se renueva cada cierto tiempo por medio de mudas, proceso que se conoce como "ecdisis" (es cuando el animal aprovecha para crecer ya que una vez endurecido es completamente inextensible), los órdenes de interés para la Limnología son Amphipoda y Decapoda, estos organismos son de talla pequeña poseen ojos compuestos y las branquias y el corazón se hallan en la región torácica y se alimentan de perifiton y otros son filtradores. Los Crustacea comprenden un grupo grande y diversificado en las aguas dulces. Gran parte de ellos son microscópicos, como los cladóceros y los copépodos, por lo que aquí son tratados dentro del zooplancton. Desde el punto de vista de los macroinvertebrados solo se consideran importantes en aguas continentales los órdenes Amphipoda y Decapoda.

Plecoptera: Insectos que pueden llegar a medir hasta 5 cm., aunque los que encontramos en España no superan los 2,5 cm. Poseen la cabeza con dos antenas filiformes y largas, y dos ojos compuestos. Su cabeza es aplanada al igual que su abdomen, está dividido en 11 segmentos, acaba en dos cercos o colas al final. Sus tres pares de patas son robustas y provistas de uñas para asirse a

las piedras con fuerza. Las alas son membranosas y grandes con las venas bien marcadas y estas las pliegan sobre el abdomen. Los dos pares de alas que poseen no son de igual extensión, siendo las anteriores menos anchas que las posteriores. Las ninfas de los plecópteros viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Los plecópteros son prácticamente cosmopolitas. En el neotrópico, la familia predominante es Perlidae, con el género dominante Anactoneuria.

Ephemeroptera: El nombre de Ephemeroptera hace referencia al escaso tiempo de vida que tienen los insectos adultos, ephemerous = dura un día; pteros = alas; alas que duran un día, en algunas especies apenas llega a unas horas, emergen al caer la tarde y mueren antes de la mañana siguiente. Los Efemerópteros poseen un ciclo de vida de los llamados incompletos (huevo, ninfa y adulto), no pasando por el estadio de pupa, este dura normalmente un año. Los adultos tienen colores bastante apagados, predominando los amarillos y pardos.

Los efemerópteros viven por lo regular en aguas corrientes, limpias y bien oxigenadas, aunque algunas pocas especies pueden resistir moderados grados de contaminación orgánica. Los géneros más representativos para el neotrópico son Baetodes, Dactylobaetis, Lachlania, Thraulodes, Leptohyphes, Hicorythodes, Euthyplocia y Campsurus ⁽¹³⁾.

Trichoptera: Los Trichoptera son un orden de insectos pterigógenos, de metamorfosis completa, holometábolos, cuerpo blando y aparato bucal modificado en trompa para chupar o lamer líquidos, aunque los adultos de muchas especies no se alimentan nunca. Las alas son delicadas y de colores apagados, están cubiertas de escamas o de pelos, a veces muy numerosos y largos, y las posteriores se pliegan en abanico. En general, parecen pequeñas mariposas de 3 a 20 milímetros de longitud y de antenas muy finas y largas, alcanzando la mayor diversidad en los lóticos

fríos. Una de las características más llamativas de los trichoptera es la capacidad para construir "casas" o "refugios" de formas variadas, a partir de residuos vegetales y gránulos de arena o pequeñas piedrecillas. Estos refugios pueden ser fijos o portátiles y en ambos casos les sirven de protección y búsqueda de alimento. La mayoría de los tricópteros viven en aguas corrientes, limpias y oxigenadas, debajo de piedras, troncos y material vegetal acumulado. Algunas especies viven en aguas quietas y remansos de ríos y quebradas. Los tricópteros constituyen un grupo muy abundante en el trópico americano. Las familias más comunes son Helicopsychidae, Hydropsychidae, Smicridea, Leptoceridae, Hydrobiosidae.

Díptera: Los díptera son un grupo de insectos, muy variado y diversificado. Su nombre científico Dipteron (Di = Dos, Pteron = Alas), nos habla de su característica principal, solo poseen un par de alas, el delantero. Las alas traseras se reducen a una estructura parecida a unos balancines (halterios). Los díptera constituyen otro de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en el mundo. Son holometábolos y su ciclo de vida es muy variable, dependiendo de las especies; puede ser de semanas en unos, hasta de cerca de un año en otros. Viven en hábitats muy variados; se encuentran en ríos, arroyos, lagos, embalses, brácteas de bromeliáceas y demás plantas que acumulan agua, en orificios de troncos viejos y aun en las costas marinas. Unos, como los simúlidos, viven en aguas muy limpias y oxigenadas. En cambio, los quironómidos, por ejemplo, viven en aguas muy contaminadas. En el neotrópico se han reportado alrededor de 20 familias, de las cuales las más comunes son: Psychodidae, Tipulidae, Blephariceridae, Culicidae, Ceratopogonidae, Chironomidae, Simuliidae, Tabanidae y Muscidae.

Hemiptera: Viven en remansos de ríos y quebradas poco resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes en lagos, ciénagas y

pantanos. Algunas especies resisten cierto grado de salinidad y las temperaturas de aguas termales. Son depredadores de insectos acuáticos y terrestres. Son cosmopolitas y se conocen cerca de 3000 especies alrededor del mundo. En general, comparten el mismo hábitat de los odonatos y tienen las mismas exigencias ecológicas. Algunos hemípteros resisten altas concentraciones de salinidad, por lo que es frecuente encontrarlos en lagunas costeras y estuarios. En el neotrópico son muy comunes las familias: Belostomatidae, Naucoridae, Gerridae, Veliidae, Mesoveliidae, Notonectidae, Corixidae.

Odonata: Los odonata viven en pozos, pantanos, márgenes de lagos, corrientes lentas y poco profundas; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Las larvas son generalmente depredadoras, para lo cual juega un papel importante su aguda visión. Viven en aguas limpias o ligeramente eutróficas 4 familias son exclusivamente neotropicales (Pseudostigmatidae, Polythoridae, Perilestidae y Heliodiaritidae). La familia Libellulidae es la de más amplia dispersión. Otras familias comunes son: Gomphidae, Aeshnidae, Calopterygidae, Coenagrionidae y Lestidae. Los odonatos son en general grandes depredadores. Se encuentran en aguas oligomesotróficas, propias de ecosistemas lenfíticos o de poca corriente, pero son poco resistentes a fuentes de contaminación orgánica.

Anélida: Son lombrices de tierra gusanos y sanguijuelas, y comprenden unas 1400 especies y se caracterizan por tener pequeños septos o anillos, es decir segmentos que se forman por las subdivisiones que tienen parcialmente en la cavidad del cuerpo; poseen sistema circulatorio, nervioso y excretor, siendo la clases Oligochaeta e Hirudinea las que se encuentran en mayor número en aguas dulces su tamaño puede variar entre 1,0 a 30,0 mm y se alimentan de algas filamentosas, Los anélidos están compuestos de fibras musculares longitudinales rodeadas de un ambiente

húmedo, posee cutícula celular secretada por un epitelio epidérmico, se desarrollan en aguas muy contaminadas viviendo en el sustrato fangoso con poca corriente y en humedales lénticos tolerando la carga orgánica. Las sanguijuelas viven por lo regular en aguas quietas, en charcas, lagunas, embalses y en orillas de ríos de poco movimiento, adheridas a vegetación, troncos y prácticamente a todo tipo de sustrato que encuentren a su alrededor. Se alimentan de residuos orgánicos, pero la mayoría son carnívoras, comen caracoles, insectos, lombrices de agua y pequeños invertebrados. Toleran bajas concentraciones de oxígeno, por lo que se les encuentra en gran número en lugares afectados por contaminación orgánica y en zonas de ríos en vías de recuperación. Las sanguijuelas presentan una amplia distribución y en el neotrópico se han reportado desde el nivel del mar hasta el lago Titicaca. Los hirudíneos suramericanos están representados en 2 órdenes, 7 familias y alrededor de 17 géneros, de los que la familia Glossiphoniidae es el más representativo.

1.3. Definición de términos básicos

1.3.1. Acuicultura: Actividad productiva que consiste en el cultivo de seres vivos como peces, camarones entre otros, utilizando el agua (41).

1.3.2 Sistema de cultivo de peces de consumo: Actividades jerárquicamente organizadas para la crianza de peces de consumo en ambientes controlados, bajo un sistema de renovación o flujo continuo de agua.

1.3.3. Calidad del agua: El término calidad referido a las aguas ambientales es un concepto relativo que depende del destino final del recurso. Es una medida de la condición del agua en relación con los requisitos de una o más especies bióticas o a cualquier necesidad humana o propósito (42).

1.3.4 Calidad biológica del agua: Es una medida de la condición biótica del agua en relación con la estabilidad de la red trófica y los nichos ecológicos del ambiente acuático. Un medio acuático presenta una buena calidad biológica cuando tiene unas características naturales que permiten que en su seno se desarrollen comunidades de organismos que les son propias (42).

1.3.5. Organismo Indicador: Se considera que un organismo es un buen indicador de calidad del agua cuando se encuentra invariablemente en un ecosistema de características definidas y cuando su población es en porcentaje superior o ligeramente similar al resto de los organismos con los que comparte el mismo hábitat (3).

1.3.6. Índice BMWP: El Biological Monitoring Working Party (BM\VP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores o sensores ambientales. Las razones para ello fueron básicamente económicas y del tiempo que se requiere invertir. El método solo necesita llegar hasta nivel de familia y los datos son cualitativos (Presencia/Ausencia) (3).

1.3.7. Índice de Shannon: Es un índice que busca medir la diversidad de especies, pero también aplicable a familias, considerando la uniformidad de las mismas (38). Es una aplicación de la teoría de la información, y se basa en la idea de que la mayor diversidad corresponde a una mayor incertidumbre en elegir de manera aleatoria a una especie en específico.

CAPÍTULO II: VARIABLES E HIPÓTESIS

2.1. Formulación de la hipótesis

La calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo obtenida utilizando macroinvertebrados acuáticos, es buena.

2.2. Variables y su operacionalización

- Variable Independiente (VI) : Calidad Biológica
- Variable dependiente (VD) : Macroinvertebrados Acuáticos.

Tabla1. Operacionalización de variables del estudio Calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos, San Martín-Perú, 2018.

Variable	Definición	Tipo por su naturaleza	Indicador	Escala de Medición	Valores de la categoría	Medio de verificación
VI: Calidad Biológica del agua	Medida de la condición biótica del agua	Cualitativa	Comunidades sensibles	Nominal	BMWP: Buena Aceptable Dudosa Crítica Muy crítica	Ficha de colecta de datos. Base de datos.
VD: Macroinvertebrados acuáticos	Organismos acuáticos mayor a 2mm de diámetro	Cuantitativo	Riqueza Abundancia	Razón	N° de taxa, Índice de Shannon-Wiener (H') N° de individuos	Ficha de colecta de datos. Base de Datos. Registro fotográfico

CAPÍTULO III: METODOLOGÍA

3.1. Tipo y diseño de la investigación

Esta investigación es analítica - prospectiva, ex post facto, porque evalúa la causa frente a un efecto evidente (43).

El diseño comprendió el establecimiento de 03 zonas de estudio correspondientes a: Zona 1: Ingreso o bocatoma de agua, Zona 2: Estanque para el manejo de reproductores de peces y Zona 3: Salida o drenaje de agua. En cada zona de estudio se ubicaron tres puntos de colecta que corresponden a: punto 1: Orilla, punto 2: Espejo de agua y punto 3: Piedras, haciendo un total de 9 puntos de colecta (Tabla 2). La frecuencia del muestreo fue de 15 días durante los meses de setiembre, octubre y noviembre del 2018, por ser meses donde se mantiene el estanque lleno de agua.

Tabla 2. Diseño de investigación del estudio Calidad Biológica del agua en un sistema de cultivo de peces de consumo utilizando macroinvertebrados acuáticos, San Martín-Perú, 2018.

Puntos de colecta	Zonas de estudio		
	Zona 1	Zona 2	Zona 3
	Ingreso o bocatoma	Estanque para el manejo de reproductores	Salida o drenaje del agua
Punto 1: Orilla	Z1P1	Z2P1	Z3P1
Punto 2: Espejo de agua	Z1P2	Z2P2	Z3P2
Punto 3: Piedras	Z1P3	Z2P3	Z3P3
Total		9 puntos de colecta	

Fuente: Datos del estudio

3.2. Población y muestra

Población: Estuvo constituida por todos los macroinvertebrados acuáticos existentes en las tres zonas de estudio.

Estas zonas se encuentran cerca y dentro del Centro de Investigación “Carlos Miguel Castañeda Ruiz”, del Instituto de Investigación de la Amazonía Peruana, IIAP-San Martín (CICMCR-IIAP, San Martín), ubicado en el caserío de Bello Horizonte del distrito de La Banda de Shilcayo, Tarapoto, departamento de San Martín – Perú (Anexo 3A). Específicamente en la quebrada Pucayacu tributario del río Cumbaza, su nacimiento se sitúa en el Área de Protección Regional Cordillera Escalera. La temperatura media mensual del área, en el año 2018 según información de la estación MAP El Porvenir, San Martín del SENAMHI, fue de 26.5°C, con valores mayores en los meses de setiembre, octubre y noviembre, 27.4, 27.2 y 27.8°C respectivamente. Así mismo la precipitación total mensual fue de 1218.7mm. con valores más altos en los meses de enero y abril con 171.1 y 237.4mm. respectivamente. La humedad relativa promedio mensual fue de 73, siendo sus valores máximos en los meses de junio y julio con 76 y 75% de humedad relativa respectivamente (Anexo 3B).

Las zonas de estudio se encuentran en las siguientes coordenadas:

Tabla 3. Coordenadas de las tres zonas de estudio, sistema de cultivo de peces de consumo, IIAP, San Martín, 2018.

Zona de estudio	LS	UTM	LO	UTM
Zona 1	-6.526743	355893.9	-76.303326	9278381.2
Zona 2	-6.531975	356252.9	-76.300094	9277803.6
Zona 3	-6.533755	356349.3	-76.299227	9277607.1

Leyenda: LS: Latitud Sur, LO: Longitud Norte, UTM: Universal transversal de Mercator

Fuente: Datos del estudio

Además presentan las siguientes características:

Zona 1: Conocido como bocatoma, ubicada aproximadamente a 1Km. del CICMCR-IIAP, San Martín, este sector de la quebrada Pucayacu, está influenciada por las diversas actividades de la población asentada en las riberas, el uso frecuente es lavado de ropas, desechos de materia orgánica producto de la crianza de cerdos aves de corral y ganado vacuno. Otra actividad frecuente es la producción piscícola, que toma como fuente y salida del agua a la quebrada. Como cobertura vegetal se observa vegetación arbustiva y arbórea, el lecho es limoso-arenoso y pedregoso (Anexo 3 C).

Zona 2: Corresponde al estanque N° 4 empleado para el manejo de reproductores de peces nativos, como gamitana y paco. Fue construido el 2012 y ha sido utilizado de manera alternada en acciones de manejo de reproductores y levante de alevinos. Al momento del estudio este estanque tenía 8 meses de uso en el manejo de reproductores. El lecho es limoso-arcilloso y grabas de menor dimensión. Presenta vegetación herbácea y rastrera al borde del estanque, en algunos vértices con mayor acumulación. El estanque antes de su uso fue sometido al secado, limpieza y adición de cal viva en una proporción de 400 Kg. Ha. como desinfectante. El recambio era de manera constante equivalente a un 10% del volumen total (Anexo 3 C).

Zona 3: Corresponde a la salida del agua, ubicada agua abajo a 100m del CICMCR-IIAP, San Martín, lugar donde confluyen las salidas de agua de los estanques o drenaje. Está rodeada de vegetación arbustiva y arbórea, el lecho es limoso -arenoso y pedregoso, también reciben los mismos aportes de la bocatoma (Anexo 3 C).

Muestra: La muestra estuvo constituida por todos los macroinvertebrados acuáticos presentes en los 9 puntos de colectas, los cuales se describen a continuación:

Punto 1: Orilla, con sustrato de hojarasca producto de la descomposición del material vegetal que cae sobre la quebrada, hasta 30 cm de profundidad, o media pierna.

Punto 2: Espejo de agua, área central de la quebrada libre de piedras y plantas acuáticas.

Punto 3: Piedras de diferentes tamaños localizados en las orillas.

3.3. Técnicas e instrumentos

Para la colecta de macroinvertebrados se emplearon dos técnicas: la técnica de arrastre o Kick sampling (44) en los puntos orilla y espejo de agua, y colecta manual en las piedras. Se empleó también la observación directa en la toma de datos.

3.4. Procedimientos de recolección de datos

3.4.1 Colecta de macroinvertebrados acuáticos.

En los puntos 1 (orilla) y 2 (espejo de agua) se colecto los macroinvertebrados acuáticos usando una red tipo D de forma triangular con apertura de malla de nylon 0.25 mm², 30 cm de largo y un área de 0,1 metro. La técnica consistió en arrastrar la red en un espacio lineal de 1m aproximadamente en el ambiente acuático en sentido contrario a la corriente de agua, al mismo tiempo por delante, el operador procedió a remover y golpear el sustrato dinámicamente con los pies y propiciar que los macroinvertebrados se dirijan hacia la red. El contenido de la red fue colocado en un balde de plástico de capacidad de 5L, para luego con mayor cuidado ser depositado en frascos de plásticos de 500ml y conservadas con alcohol de 96 % en proporciones de 50% de muestra y 50% de alcohol.

En el punto 3 (piedras) la colecta consistió en levantar las piedras solo unos pocos centímetros del sustrato, y retirar manualmente los macroinvertebrados visualizados, inmediatamente colocarlos en frascos de plásticos con alcohol al 96%.

Los frascos de colecta tuvieron tapa hermética y fueron debidamente rotulados con datos de: Zona de estudio, punto de colecta y fecha (Anexo 3D).

3.4.2 Determinación de la riqueza de macroinvertebrados acuáticos.

Previo a este procedimiento las muestras colectadas fueron transportadas al Laboratorio del Centro de Investigaciones “Carlos Miguel Castañeda Ruiz” IIAP-San Martín, se procedió a vaciar el contenido de cada balde en placas petri para ser observado al estereoscopio marca Nikon biocular, hasta agotar la muestra, este procedimiento fue minucioso revisando el haz y envés de las hojas y removiendo el sustrato con la ayuda de pinzas y estiletes.

Al encontrar especímenes en la muestra se procedió a identificarlos hasta la categoría de familia, empleándose claves taxonómica (45), (44), (36), (10) y literatura especializada, así como también consultas con personas con amplio conocimiento en el tema. Los datos fueron registrados en una ficha. (Anexo 2A).

3.4.3 Determinación de la abundancia de macroinvertebrados acuáticos

Se determinó contabilizando el número de individuos por cada taxa identificado. Estos datos fueron registrados en fichas (Anexo 2B)

Finalmente, los macroinvertebrados fueron conservados en frascos de vidrio (dependiendo el tamaño de las muestras) con alcohol al

70%, debidamente rotulados para formar parte de la colección de muestras de la institución y posteriormente depositadas en el Laboratorio de Fauna 2 de la Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional de la Amazonía Peruana.

3.4.4 Determinación de macroinvertebrados acuáticos sensibles o tolerantes a cambios en el medio.

Se comparó la riqueza de macroinvertebrados de nuestro estudio con información bibliográfica de trabajos muy reconocidos en esta área (3), (46), (14) por la trayectoria de sus autores, la cercanía a nuestra región neotropical y adaptaciones para el país. Se determinó por la presencia o ausencia de familias, así como por una puntuación asignada a cada una de ellas. La puntuación fluctuó entre 1 – 10, los valores más altos corresponden a grupos sensibles y los más bajos cercanos a 1, a los más tolerantes. Cabe mencionar que este puntaje es necesario para obtener el índice nBMWPper, que se detallara en el siguiente ítem.

Tabla 4. Puntajes para determinar sensibilidad o tolerancia de las familias de macroinvertebrados acuáticos adaptado para Perú, para el índice nBMWPper.

Familia	Puntuación
Helicopsychidae, Calamoceratidae, Odontoceridae, Anomalopsychidae, Blepharoceridae, Polythoridae, Perlidae, Gripopterygidae, Oligoneuridae, Leptophlebiidae, Athericidae, Ameletidae, Trycorythidae	10
Leptoceridae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae, Hydrobiosidae, Philopotamidae, Gomphidae, Calopterygidae	8
Glossosomatidae, Limnephilidae, Leptohyphidae	7

Familia	Puntuación
Ancylidae, Hydroptilidae, Hyalellidae, Aeshnidae, Libellulidae, Corydalidae, Coenagrionidae, Pseudothelphusidae (Decapoda)	6
Turbellaria, Hydropsychidae, Ptilodactylidae, Lampyridae, Psephenidae, Scirtidae (Helodidae), Elmidae, Dryopidae, Hydraenidae, Veliidae, Gerridae, Simuliidae, Corixidae, Notonectidae, Tipulidae, Naucoridae, Hydrochidae, Planaridae, Amphipoda	5
Hydracarina, Baetidae, Pyralidae, Tabanidae, Belostomatidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Dixidae, Dolichopodidae, Stratiomidae, Empididae, Curculionidae	4
Hirudinea, Ostracoda, Physidae, Hydrobiidae, Limnaeidae, Planorbidae, Sphaeriidae, Staphylinidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Hydrophilidae, Psychodidae, Hydrometridae, Mesovellidae, Psychodidae	3
Chironomidae, Culicidae, Muscidae, Ephydriidae, Gelastocoridae	2
Oligochaeta, Syrphidae	1

Fuente: Medina-Tafur, El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. 2008 ⁽¹⁴⁾

3.4.5 Determinación de la Calidad biológica del agua:

Para determinar la calidad biológica del agua se aplicó el Índice BMWP “Biological Monitoring Working Party” (44), adaptado para Perú nBMWPper (14). Como se mencionó anteriormente este índice consistió en asignar una determinada puntuación a las familias de macroinvertebrados acuáticos sensibles o tolerantes a cambios en el medio, luego sumarlas y finalmente contrastarlas con una tabla de rangos. Para una mejor comprensión esta calificación recibe una coloración determinada.

Tabla 5. Valores del índice biótico nBMWPper, según los rangos de calidad.

CALIFICACION	VALORES	COLOR	Calidad Biológica
Aguas muy limpias	≥ 150	Azul 	Buena
Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	101-120		
Aguas con signos de estrés	61-100	Verde 	Aceptable
Aguas contaminadas	36-60	Amarillo 	Regular
Aguas muy contaminadas	16-35	Naranja 	Mala
Aguas extremadamente contaminadas	≤ 15	Rojo 	Pésima

Fuente: Medina-Tafur, El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. La Libertad. 2008 (14).

3.5. Técnicas de procesamientos y análisis de los datos

Los resultados se analizaron utilizando la hoja de cálculo Excel, así mismo se elaboraron tablas de frecuencia para un mejor entendimiento de los resultados.

3.5.1 Análisis y cálculo del índice biótico. Fue seleccionado considerando su aplicabilidad para evaluar la riqueza.

Índice de Shannon-Wiener: Es un índice que mide la equidad de la comunidad de individuos estudiados y considera la riqueza y abundancia de los macroinvertebrados acuáticos encontrados en el ecosistema. El Rango del índice puede registrar un valor máximo de 4.5 y el mínimo es 0 (20).

La fórmula empleada fue: $H' = - \sum p_i \ln p_i$

donde:

p_i = número de individuos por familia en una muestra de una población/número total de individuos en una muestra de una población

ln= Logaritmo natural

3.5.2. Análisis de la variación de la abundancia

Para compararlas medianas entre las zonas de estudio, se aplicó el test no paramétrico de Kruskal-Wallis al 5%. y cuando hubo diferencia significativa se aplicó la prueba de Student-Newman-Keuls al 5%. La fórmula empleada fue:

$$H = \left[\frac{12}{N(N+1)} \sum_{j=1}^{\alpha} \frac{R_j^2}{n_j} \right] - 3(N + 1)$$

Donde:

α : número de grupos

N: número total de sujetos

n_j : número de sujetos en cada grupo

R_j : Suma de los rangos en cada grupo

Σ : Indica que se deben sumar los α grupos

El cálculo del índice de Shannon-Wiener, se realizó en el programa estadístico Past, y el test de Kruskal-Wallis, en Bio stat 5.0.

3.6. Aspectos éticos

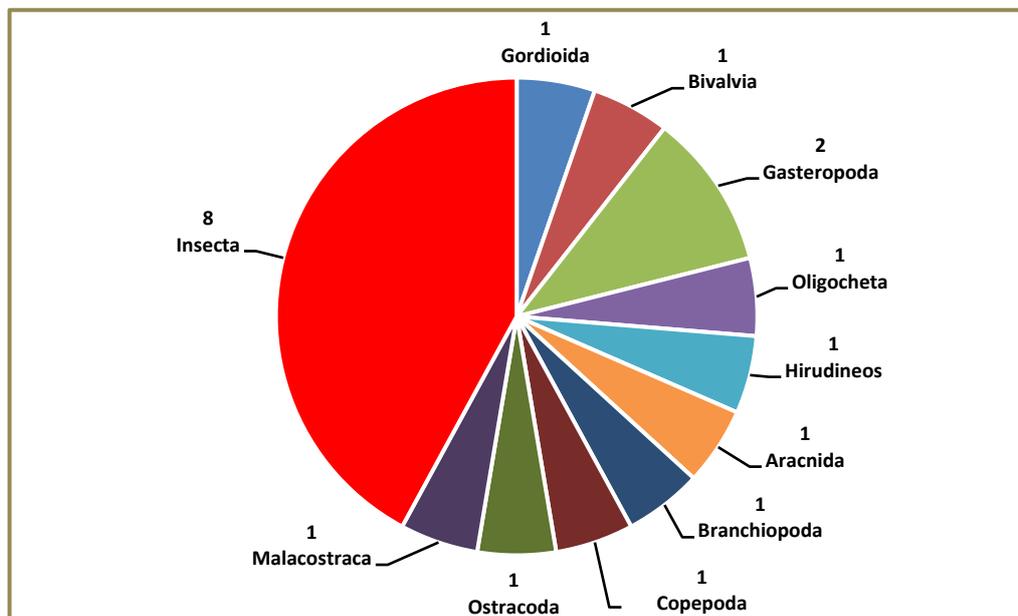
Esta investigación se realizó respetando los cuatro principios éticos básicos: la autonomía, la beneficencia, la no maleficencia y la justicia. La participación fue voluntaria, así como el derecho a solicitar toda información relacionada con la investigación y teniendo en cuenta el anonimato.

CAPÍTULO IV: RESULTADOS

4.1. DETERMINACIÓN DE LA RIQUEZA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

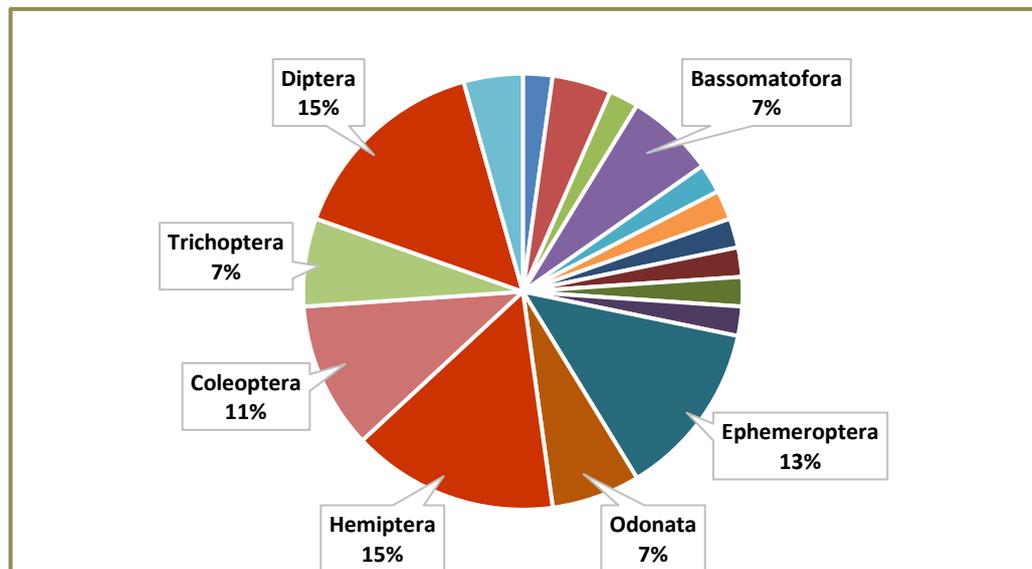
La riqueza de macroinvertebrados acuáticos estuvo conformada por 04 filos, 10 clases, 19 órdenes y 48 familias. El filo más diverso fue Arthropoda con 06 clases del total registrado (Anexo 3E), siendo Insecta la clase más rica con 08 órdenes presentes, seguido de Gasteropoda con 02 órdenes y el resto de clases registró solo un orden respectivamente (Gráfico 1).

Gráfico 1. Clases con mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018



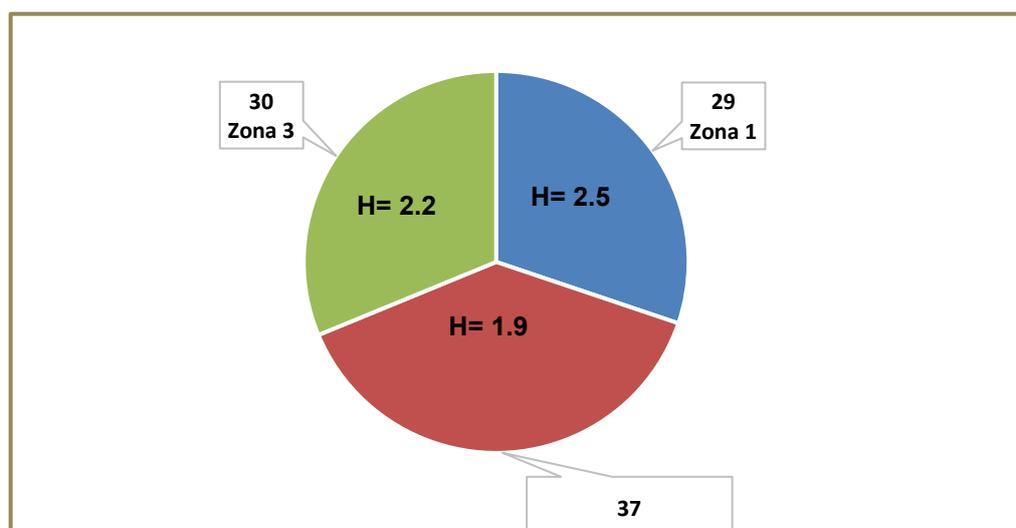
Los órdenes con mayor número de familias fueron 07: Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, Odonata y Bassomatofora con 15%, 13%, 11% y 7% respectivamente (Gráfico 2). El resto de órdenes registraron valores inferiores al 7%.

Gráfico 2. Órdenes con mayor riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.



Comparando la riqueza de taxa por zonas de estudio se evidencia que la zona 2 presentó el mayor valor, seguido de la zona 3, sin embargo, aplicando el índice de Shannon (H') la riqueza reportada para las tres zonas de estudio es media con valores de 1.9, 2.2, 2.5 respectivamente (Gráfico 3).

Gráfico 3. Riqueza de taxa por zonas de estudio, de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.

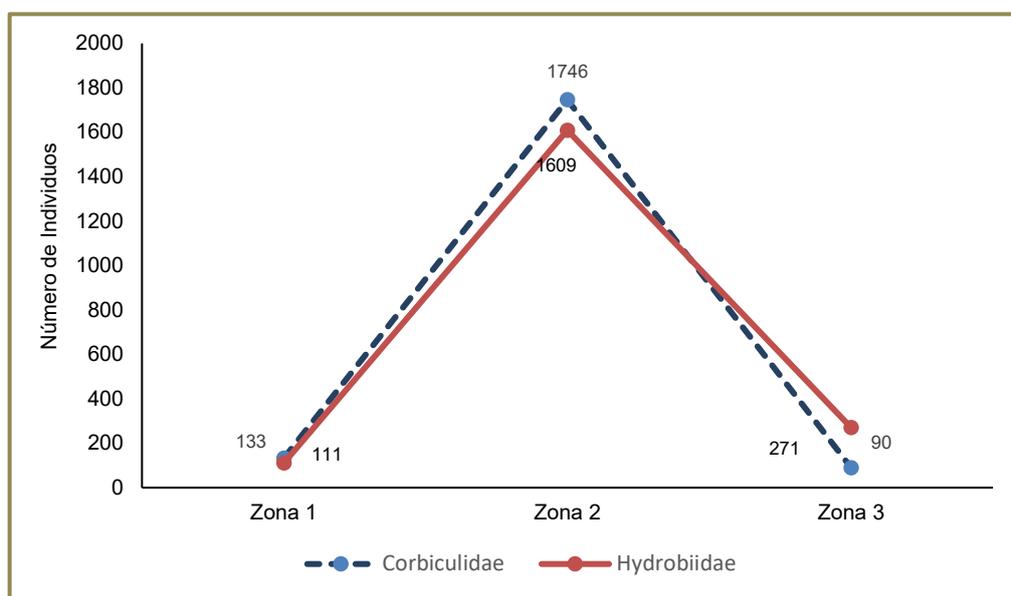


Leyenda: Índice de Shannon = H'

4.2. DETERMINACIÓN DE LA ABUNDANCIA DE MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

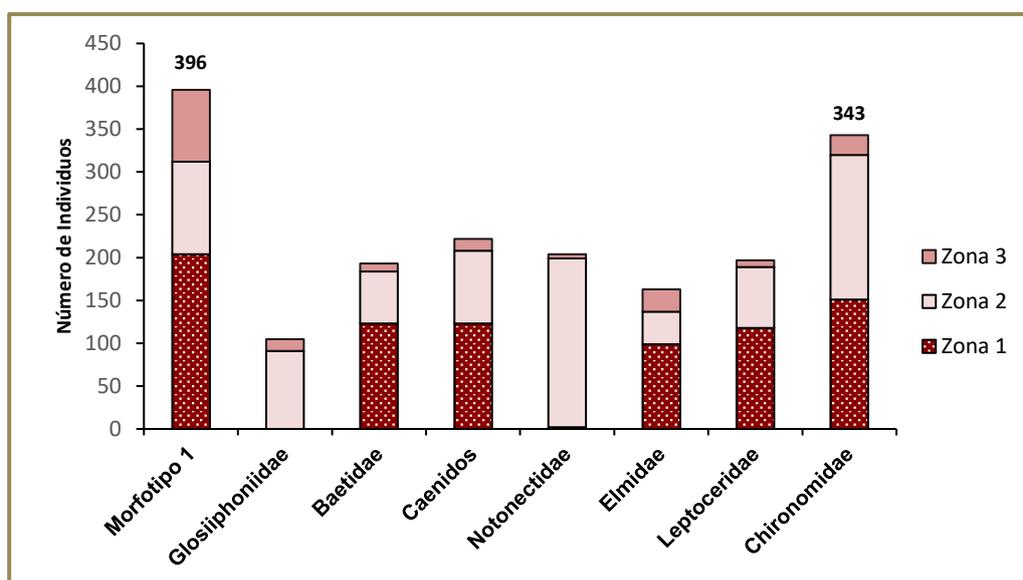
La abundancia de macroinvertebrados acuáticos estuvo representada por 6566 individuos, siendo los Hydrobiidae y Corbiculidae las familias más abundantes, ambas pertenecientes al filo Mollusca (Anexo 3F). Esta mayor abundancia se registró en la zona 2, en cantidades muy altas para ambas familias (Gráfico 4). La diferencia fue significativa con una $p < 0.05$ (Kruskal-Wallis), encontrándose esta diferencia entre los pares zona 1 y zona 2, y zona 2 y zona 3 (Prueba de student newman, $p < 0.05$, en ambas comparaciones).

Gráfico 4. Abundancia de Hydrobiidae y Corbiculidae en las tres zonas de estudio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.



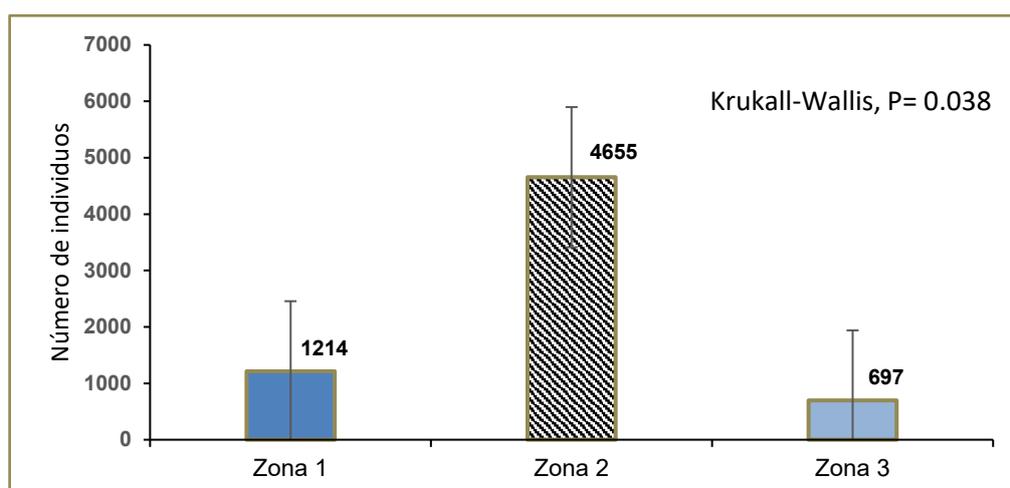
Exceptuando a los Hydrobiidae y Corbiculidae, las familias Morfotipo 1 y Chironomidae son las que registran los valores más altos en el número de individuos, seguidos de Caenidae, Notonectidae, Baetidae, Leptoceridae, Elmidae y Glossiphoniidae (Gráfico 5)

Gráfico 5. Familias más abundantes de macroinvertebrados acuáticos, exceptuando Hydrobiidae, y Corbiculidae, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018



El mayor número de individuos por zonas de estudio también se registró en la zona 2 siendo esta diferencia significativa (Krukall-Wallis, $p=0.38$) en relación a la zona 01 y a la zona 03 (Gráfico 6), las diferencias se evidencian en los pares zona 1 vs zona 2 y zona 2 vs zona 3.

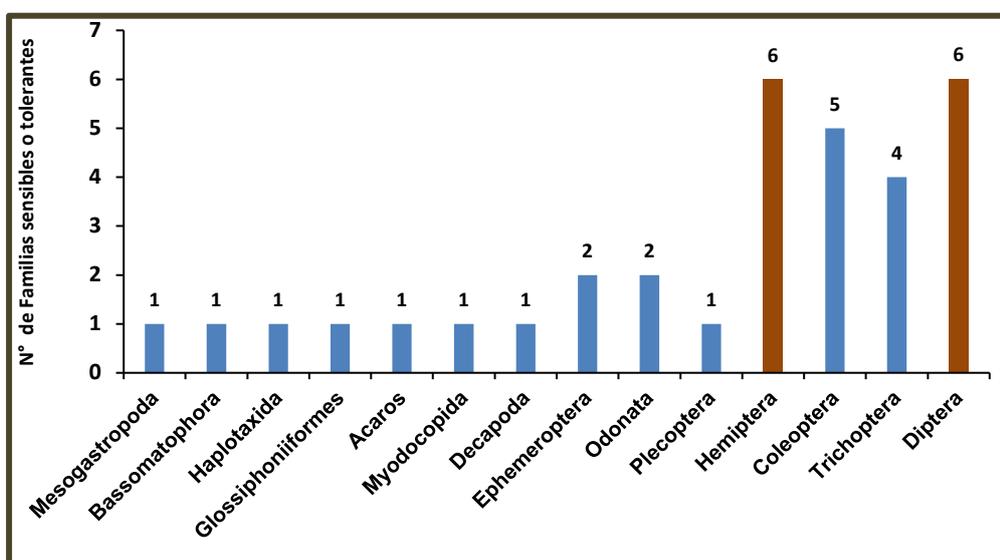
Gráfico 6. Abundancia de macroinvertebrados acuáticos, en la tres zonas de estudio, de un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018



4.3. DETERMINACIÓN DE MACROINVERTEBRADOS SENSIBLES O TOLERANTES A CAMBIOS EN LA CALIDAD DEL AGUA.

De las 48 familias identificadas, 33 se encuentran en la lista de familias sensibles o tolerantes a cambios en el medio acuático, según el Índice nBMWPper (Anexo 3G), estas se distribuyen en 14 órdenes, siendo Hemiptera y Diptera los órdenes con mayor número de familias (Grafico 7).

Grafico 7. Ordenes de macroinvertebrados acuáticos con familias sensibles o tolerantes a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008.



Se registraron como sensibles a 8 familias de macroinvertebrados acuáticos por presentar valores superiores a cinco y 25 familias como tolerantes por presentar valores por debajo de cinco.

De las 8 familias registradas como sensibles solo tres presentaron la puntuación más alta, siendo estas Leptophlebiidae, Perlidae e Helicosychidae (Grafico 8).

Así mismo de las 25 familias tolerantes registradas, solo cuatro presentaron la puntuación mas baja, siendo Haplotaixidae el más tolerante, seguido de Chironomidae Culicidae y Ephydridae (Grafico 9).

Grafico 8. Familias de macroinvertebrados más sensibles a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008.

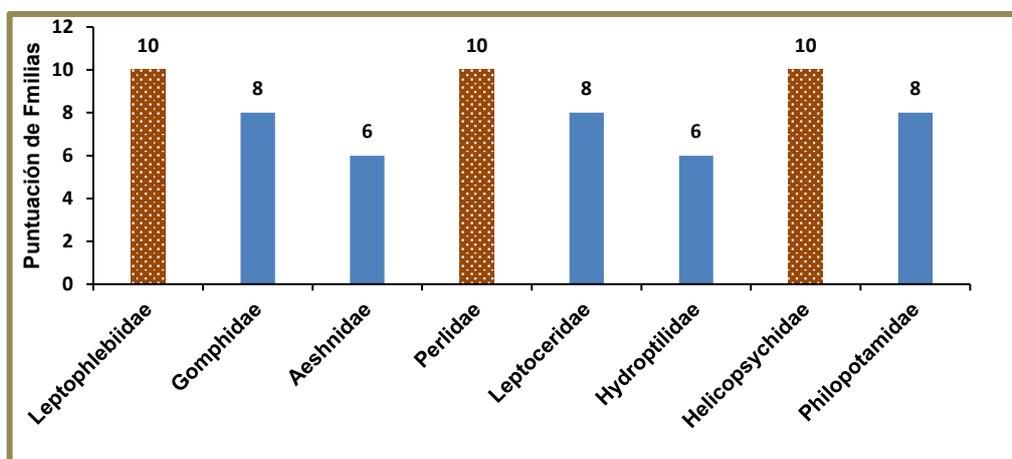
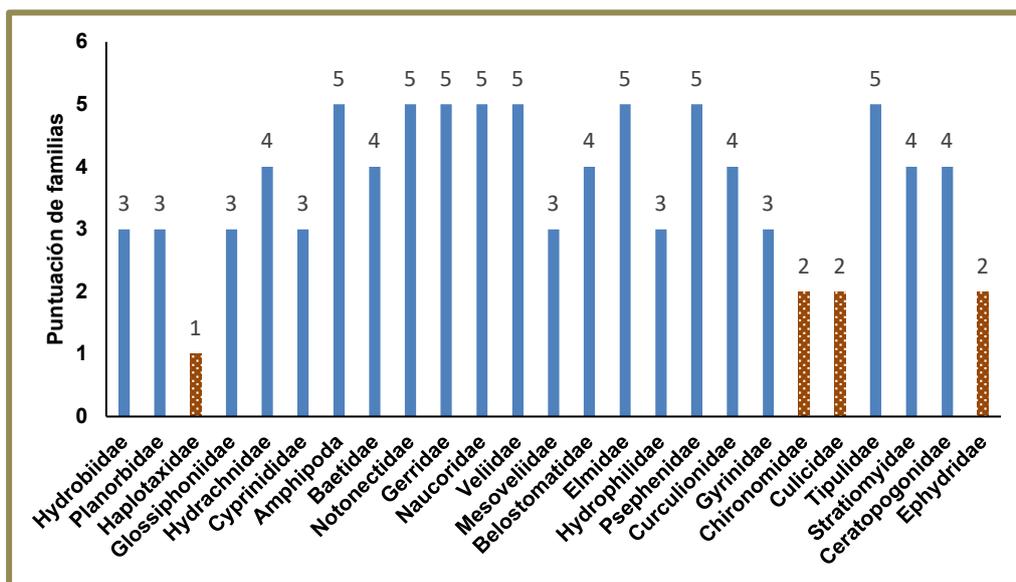


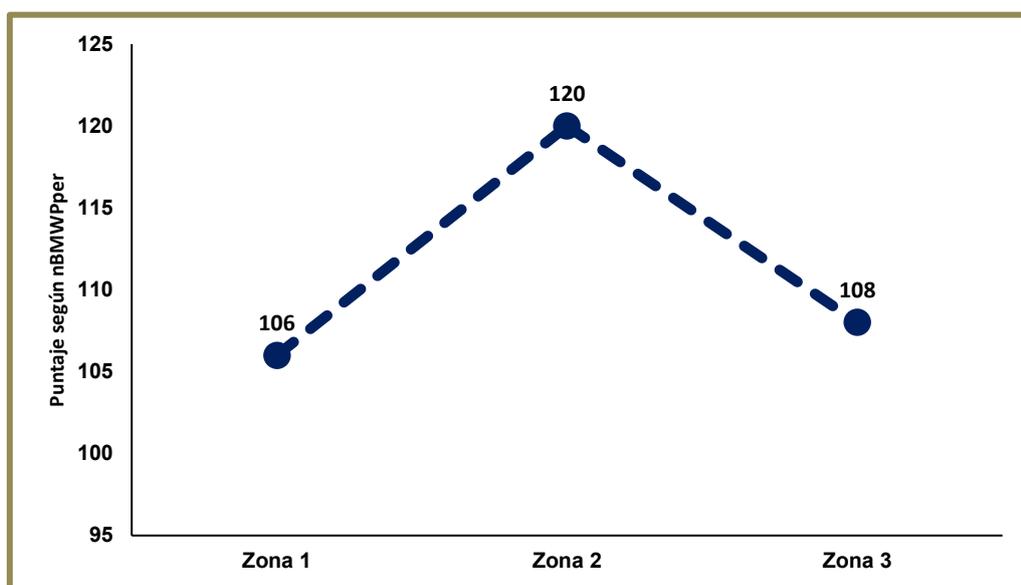
Grafico 9. Familias de macroinvertebrados más tolerantes a cambios en el medio, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2008.



4.4. DETERMINACIÓN DE LA CALIDAD BIOLÓGICA DEL AGUA,

Según el índice nBMWPper, la calidad biológica del agua en las tres zonas de estudio fue buena porque todos los valores pasan los cien puntos, siendo la zona 2, la de mayor puntaje seguido de la zona 3 y zona 1 (Gráfico 10).

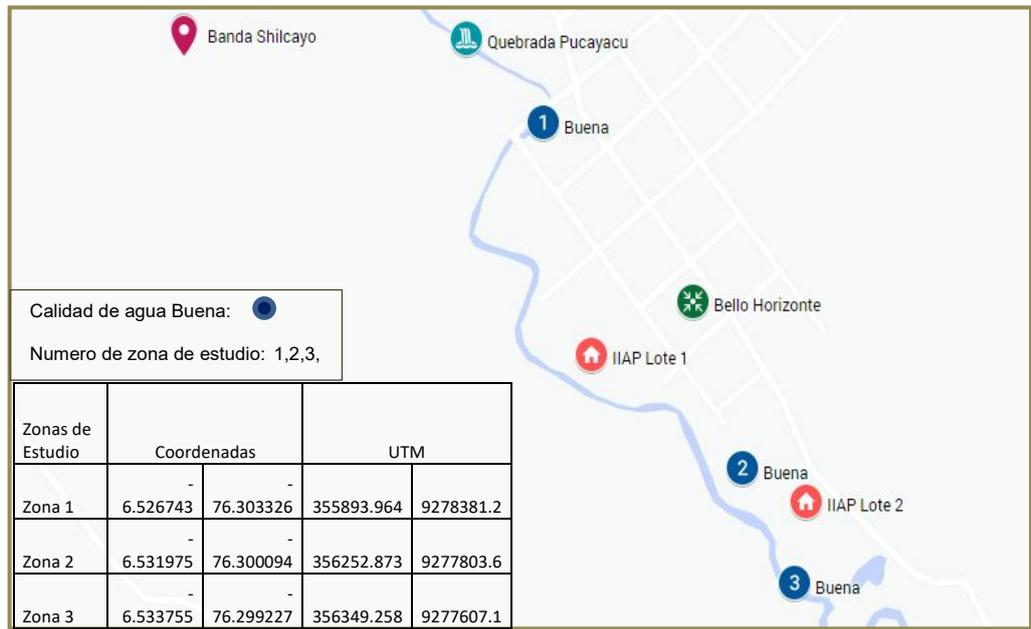
Gráfico 10. Calidad de agua en las tres zonas de estudio, según el puntaje del índice nBMWPper, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.



Calidad buena, está referida a “Aguas muy limpias no contaminadas o poco alteradas de modo sensible”, sin embargo tomando en cuenta la descripción más específica, los valores por debajo de 120 indican un ambiente acuático con agua no contaminada o poco alterada de modo sensible, esta definición sería la más acertada para las tres zonas de estudio (Anexo 3H)

Para ilustrar la calidad biológica del agua como se explicó en la metodología, las zonas son designadas con colores según el valor obtenido, en nuestro estudio todas las zonas se colorean de azul, correspondiente a calidad biológica de agua buena. (Figura 1).

Figura 1: Representación de la calidad biológica del agua en las tres zonas de estudio, utilizando nBMWPper, en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.



Fuente: Elaboración propia

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE LOS RESULTADOS

5.1. Sobre la Riqueza de Macroinvertebrados Acuáticos

La presencia de 04 filos en nuestro estudio, Nematomorfa, Annelida, Mollusca y Arthropoda coincide con el registro de la mayoría de investigaciones realizadas sobre este tema en diferentes partes del mundo, desde hace 4 décadas las poblaciones de macroinvertebrados acuáticos en los estudios están conformadas por platelmintos, insectos, moluscos y crustáceos principalmente ⁽²⁹⁾. Tal como se afirma también en anteriores investigaciones realizadas en quebradas que es el cuerpo de agua similar a nuestro trabajo, la clase Insecta del filo Arthropoda es la más representativa ⁽¹⁷⁾, ⁽¹⁸⁾ ⁽¹⁴⁾ y los órdenes con mayor riqueza son Coleóptera, Odonata, Diptera, Ephemeroptera y Trichoptera. Estas familias también se encuentran en nuestro estudio, aunque la secuencia de riqueza fue diferente. Los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera son los mejores conocidos en cuanto a su taxonomía, ecología y su utilización como bioindicadores de la calidad del agua ⁽¹³⁾. Los cuales también forman parte de nuestro reporte.

La riqueza media de macroinvertebrados acuáticos obtenidos en este estudio es un valor frecuente en los investigaciones de estos organismos, anteriores trabajos reportan valores similares, así tenemos el estudio realizado en la cuenca alta del río Huallaga ⁽²¹⁾, el estudio realizado en el lago Moronacocha, Iquitos-Perú ⁽¹⁵⁾ y el estudio sobre la diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en la cuenca alta y baja de un río en Panamá, donde también encontraron una diversidad media, ⁽²⁵⁾.

La cantidad de 48 familias registradas en este estudio es mayor al reporte de otros trabajo realizados en nuestro país, como las 46 familias del programa de monitoreo de cuencas en Alto Chicama - Perú, (investigación que sirvió para adaptar un índice biótico para nuestro país)

⁽¹⁴⁾, las 31 familias que se encontraron asociadas a tres macrofitas en el lago Moronacocha ⁽¹⁶⁾, los 42 géneros registrados en tres lagunas de Salinas de Chilca, km 65 de la carretera Panamericana Sur. , los 30 taxa registrados en la cuenca alta del río Huallaga que registro ⁽²¹⁾, las 33 familias del estudio realizado en el lago Moronacocha, Iquitos-Perú ⁽¹⁵⁾, las 22 familias de insectos registrados para el río Shilcayo, ambiente muy cercano a la zona de muestreo. Esto nos demuestra que los valores de nuestro estudio se encuentran en los rango normales de representatividad de familias.

La zona de estudio con mayor riqueza fue la zona 2 correspondiente al estanque de peces, con 37 familias de macroinvertebrados presentes, este registro refleja que las condiciones de manejo del estanque en los últimos años, ha propiciado una mantención de la diversidad biológica, evidenciada en una red trófica equilibrada, ya que la existencia de varios grupos de macroinvertebrados acuáticos muestra también la existencia de animales menores como invertebrados microscópicos que sirven de alimentos a estos y la existencia de grupos mayores como los peces, que se alimentan en las primeras etapas de vida de muchos grupos de macroinvertebrados acuáticos. También evidencia un dinamismo en la función ecológica por ejemplo un alto número de invertebrados acuáticos se alimenta de las algas y bacterias que se encuentran en la parte baja de la cadena alimentaria, regulando la productividad primaria. Otros grupos se alimentan deshaciendo hojas y comiéndolas, convirtiéndose en transformadores de la materia, mientras otros comen materia orgánica presente en el agua, así todos los macroinvertebrados acuáticos están jugando un papel crítico en el flujo natural de energía y nutrientes. Son una fuente de energía para animales más grandes, y al morir se descomponen dejando atrás nutrientes que son aprovechados por plantas acuáticas y otros organismos que pertenecen a la cadena trófica ⁽⁴⁰⁾.

Aunque la diferencia en riqueza fue menor en la zona 1 y 3, ubicados en la propia quebrada Pucayacu, esta podría atribuirse a la variación del

caudal de sus aguas, las fluctuaciones inducidas por cambios en el régimen del caudal pueden modificar la composición de las especies, sus ciclos de vida y la abundancia de las poblaciones. ⁽³⁷⁾. Sin embargo en las tres zonas de estudio la riqueza media nos muestra además que las variables fisicoquímicas no fueron lo suficientemente fuertes como para variar el ensamblaje de macroinvertebrados acuáticos ⁽³¹⁾.

5.2 Sobre la Abundancia de Macroinvertebrados Acuáticos

La abundancia de 6566 individuos es alta si lo comparamos con reportes de otros estudios en ambientes lóticos, por ejemplo con el reporte de 1622 individuos de insectos en el río Shilcayo ⁽²⁰⁾ y 352 individuos en un estudio realizado en el río Misahuallí afluente del río Napo. Pero puede ser casi similar si es comparado con otros trabajos como por la investigación realizada en un sistema de arroz en Piura, donde se reporta 7 916 individuos ⁽¹⁹⁾. Esta abundancia de macroinvertebrados acuáticos según anteriores investigaciones depende de factores como la adaptabilidad que tenga el organismo, variaciones climáticas, factores antrópicos, etc. ⁽²⁶⁾, así como de la vegetación circundante ⁽³¹⁾.

Los órdenes más abundantes fueron Hydrobiidae y Corbiculidae, ambos del filo Mollusca, es conocido que estos ordenes habitan en el lecho fluvial (entre las piedras, plantas acuáticas sumergidas, etc.) durante todo su ciclo vital ⁽³⁵⁾, esto se debe en primer lugar a las condiciones propias del hábitat, como son sustrato adecuado, condiciones óptimas de flujo del agua y disposición de alimento filtrado permanente. La abundancia de estos grupos es mayor en la zona 2, esto puede explicarse por la capacidad de sedimentación que ofrece el estanque a diferentes componentes, así tenemos el carbonato de calcio que es arrastrados durante su paso por las quebradas pedregosas, tornando estas aguas alcalinas e incrementando posiblemente el pH, este componente al depositarse en el estanque se constituye en una fuente extraordinaria para la formación permanente de concha. El segundo componente es el aporte constante de material en descomposición proveniente de los arrastres producidos por las lluvias fuertes en las

partes altas de la quebrada, restos de alimentos balanceados y heces de los peces. Finalmente la poca profundidad del ambiente es un factor para la predominancia de estos grupos en el estanque, estas afirmaciones son vertidas por expertos ⁽¹³⁾ en el tema quienes afirman que los gasterópodos se encuentran por lo regular en aguas abundantes en carbonato de calcio (aunque hay excepciones), necesario para la construcción de su concha. Por lo general, están asociados a lugares con mucha vegetación acuática y materia orgánica en descomposición y Abundan en aguas quietas y poco profundas.

Exceptuando a los órdenes del filo Mollusca, el orden Diptera representada por la familia Chironomidae, fue la más abundante, este resultado es similar a los reportes de otros estudios realizados en ambientes loticos, el primero corresponde a una quebrada contaminada en Madre de Dios ⁽¹⁸⁾ que reporta a Chironomidae como la familia más abundante, seguido de Coleóptera con la familia Elmidae, Ephemeroptera con las Familias Leptophlebiidae y Leptohyphidae, Trichoptera con las familias Leptoceridae e Hydropsichidae. Algunas de estas familias también fueron reportadas en nuestro estudio como Elmidae y Leptoceridae. El segundo corresponde a una investigación sobre ⁽²¹⁾ macroinvertebrados bentónicos en la cuenca alta del río Huallaga, Perú, donde las familias Chironomidae y Baetidae tuvieron gran representatividad, siendo los primeros más abundantes en la temporada seca, y los segundos más abundantes en la temporada lluviosa, en nuestro trabajo también reportamos a Baetidae como familia abundante. Eso nos indica que Chironomidae se encuentra en diferentes tipos de ambientes acuáticos y que es tolerante a cambios en el medio ⁽²⁴⁾.

5.3. Sobre las familias de macroinvertebrados acuáticos sensibles o tolerantes

Aunque el número de familias tolerantes fue mayor a las sensibles, es muy importante el registro de familias con alta puntuación en este grupo, porque refleja que el cuerpo de agua mantiene condiciones óptimas para su desarrollo y estas condiciones según literatura revisada son aguas libres de contaminación. En nuestro estudio se reporta a tres familias de insectos como las de mayor sensibilidad a cambios en el cuerpo de agua, Leptophlebiidae, Perlidae e Helicosychidae. Las dos primeras también son reportadas en el río Shilcayo, ambas familias tienen mayor afinidad a aguas limpias, por lo tanto el valor asignado por el indicador empleado coincide con la distribución de estas familias (20) y (30). Así mismo se reafirma que la distribución de Leptophlebiidae en las aguas naturales se puede considerar limitada por su alta sensibilidad a las alteraciones ambientales ⁽³⁰⁾.

Con respecto a las familias tolerantes solo cuatro presentaron la puntuación más baja, siendo Haplotaxidae el más tolerante, seguido de Chironomidae, Culicidae y Ephydriidae. Resultados similares se observan en otros estudios, donde mencionan que los oligoquetos (Haplotaxidae) en general están íntimamente asociados al fondo fangoso de los cuerpos de agua, donde se concentra mayor cantidad de sedimentos finos, ricos en materia orgánica y detritus (44). Situación que se presenta en el área estudiada. Así mismo Chironomidae y Ephydriidae también son reportados como grupos típicos tolerantes en muchos estudios ⁽³³⁾ y ⁽²³⁾, su amplio rango de distribución en diferentes condiciones de cuerpos de agua podría deberse a las diferentes adaptaciones a la vida acuática (respiración cutánea, sifones, branquias, entre otros) ⁽²³⁾.

5.4 Sobre la calidad biológica del agua.

La calidad biológica del agua según el índice nBMWPper, basado en la presencia de familias de macroinvertebrados acuáticos sensibles o

tolerantes a cambios en el medio se registra como buena, este valor no coincide con el reporte de varios estudio sobre la calidad biológica de las aguas, como el realizado en la cuenca alta del río Huallaga, catalogada en forma integral como dudosa ⁽²¹⁾, ya que este río está ampliamente poblada y en ella se realizan diversas actividades socioeconómicas. En lago Moronacocha en Iquitos, Perú, la calidad del agua fue aceptable, es decir con evidencias de algunos efectos de contaminación ⁽¹⁵⁾, esto se explica porque este lago tiene mucha intervención antrópica y desagües de la ciudad que desembocan en el ambiente acuático. De igual forma en un trabajo realizado en una quebrada en Colombia se reporta al ambiente acuático como Dudosa o moderadamente contaminada, con tendencia a muy contaminada, por ende el cuerpo hídrico presentó una baja biodiversidad y una alta dominancia en las especies colectadas de macroinvertebrados. Está quebrada está sometida a presiones relacionadas con los cambios de uso del suelo por asentamientos humanos que generan contaminación por vertido de aguas residuales sin tratar y actividades agroindustriales que causan impactos negativos como la pérdida de biodiversidad y cambios en la cantidad y calidad del recurso hídrico ⁽²⁶⁾.

Entonces la calidad biológica buena del agua en el ambiente estudiado es diferente a los trabajos comparados anteriormente, esto evidencia que el impacto de las actividades humanas, agrícolas, pecuarias, piscícolas o de la vida cotidiana, no ha generado cambios en el ensamblaje de las comunidades biológicas como son los macroinvertebrados acuáticos. A esto se suma que la actividad acuícola desarrollada por el CICMCR, IIAP, San Martín no genera componentes que alteren la composición del agua, porque se desarrolla bajo procedimientos técnicos con principios de acuicultura orgánica, ecológicamente en equilibrio, al utilizar productos naturales para la etapa de preparación del estanque y alimentación de los peces ⁽⁴¹⁾.

CAPÍTULO VI: PROPUESTA

Considerando que la calidad biológica del agua en las tres zonas de estudio fue buena, es decir la categoría más alta en este tipo de investigaciones y que la diversidad de los macroinvertebrados acuáticos fue media, podemos afirmar que las prácticas acuícolas en el Centro de Investigación “Carlos Miguel Castañeda Ruíz” del IIAP, San Martín, son adecuadas para mantener el ensamblaje de comunidades en equilibrio y por ende la calidad del agua.

Por lo tanto, nuestras propuestas son:

Promover en los productores acuícolas beneficiarios del recurso hídrico de la cuenca de la quebrada Pucayacu el desarrollo de prácticas que conlleven a la conservación y buen uso del recurso, mediante un abonamiento controlado y un manejo técnico, optimizando la alimentación de los peces (Anexo 3I).

Fomentar en los productores e instituciones del sector acuícola la evaluación constante de la calidad biológica del agua, empleando los macroinvertebrados acuáticos e índices bióticos como el nBMWPper y la incorporación de galería de fotos en el servicio de asistencia técnica para reconocer los diferentes macroinvertebrados acuáticos presentes en un sistema de cultivo de peces de consumo (Anexo 3J)

Promover en la población (Colegios, Club de madres y productores y otras asociaciones) de la comunidad de Bello Horizonte la sensibilización sobre la importancia de los macroinvertebrados acuáticos en los cuerpos de agua, mediante la difusión de cartillas informativas (Anexo 3K).

CAPÍTULO VII: CONCLUSIONES

1. La riqueza de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo fue media, y estuvo conformada por 04 filos, 10 clases, 19 órdenes y 48 familias, siendo el filo más rico Arthropoda y los órdenes con mayor número de familias Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Coleoptera, Trichoptera, Odonata y Bassomatofora. Además el estanque de peces de consumo fue la zona más rica en familias.
2. La abundancia de macroinvertebrados acuáticos fue de 6566 individuos siendo los Hydrobiidae y Corbiculidae las familias más abundantes, y el estanque de peces de consumo significativamente diferente a los otros ambientes acuáticos del sistema.
3. El número de familias de macroinvertebrados acuáticos tolerantes fue mayor al número de familias sensibles, con 25 y 8 respectivamente.
4. Se acepta la hipótesis de la investigación, porque la calidad biológica del agua en el sistema de cultivo de peces de consumo fue buena, reflejando que la actividad acuícola en el área estudiada no ha generado cambios permanentes en la calidad biológica del agua.

CAPITULO VIII: RECOMENDACIONES

1. Ampliar el tiempo de colecta de macroinvertebrados acuáticos, considerando los diferentes periodos de lluvias en la región.
2. Monitorear constantemente la calidad del agua en el área estudiada y ampliar las colectas hacia los diferentes estanques de manejo y cultivo de peces en la CICMCR- IIAP, Sán Martín.
3. Realizar estudios relacionados a la colonización de los macroinvertebrados acuáticos en los estanques de peces de consumo
4. Replicar este estudio en otros sistemas de cultivo de peces de consumo, sobre todo en los actuales sistemas de recirculación y utilización de geomembranas.
5. Realizar otros estudios donde se aplique diferentes índices bióticos para la determinación de la calidad del agua.

CAPÍTULO IX: REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

1. Macedo L, Angulo L, Díaz L, Rojano R. Evaluación de la Calidad del Agua en Algunos Puntos Afluentes del río Cesar (Colombia) utilizando Macroinvertebrados Acuáticos como Bioindicadores de Contaminación. *Inf Tecnol*; Vol. 27 N° 4. 2016. Disponible en: https://www.scielo.cl/scielo.php?pid=S0718-07642016000400011&script=sci_abstract&tIng=es
2. Borja A. Los Impactos ambientales de la acuicultura y la sostenibilidad de esta actividad. [Internet]. *Inst. Esp. Oceanogr.*; 2002 p. 18 (1-4). Disponible en: http://www.revistas.ieo.es/index.php/boletin_ieo/article/viewArticle/163
3. Roldán G, Ramírez J. *Fundamentos de Limnología Neotropical* [Internet]. 2da. Colombia: Universidad de Antioquia Medellín; 2008. 440 p. Disponible en: <http://repositorio.accefyn.org.co//handle/001/71>
4. Mora G, Medina C, Polo J, Hora M. Calidad del agua según los macroinvertebrados bentónico y parámetros fisicoquímicos en la cuenca del río Huacamarcanga (La Libertad, Perú). *Revista de la Universidad Nacional de Trujillo*. 2020; Disponible en: <https://dialnet.unirioja.es/servlet/articulo?codigo=8143264>
5. HELLAWELL J. HELLAWELL, J.M. 1978. *Biological surveillance of rivers*. Water Research Center, Stevenage, 332 pp. 1978;
6. Iannacone J, Ventura K, Mansilla J. Macroinvertebrados en las lagunas de Puerto Viejo, Lima – Perú. *Ecol apl*. 2003. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1726-22162003000100018
7. Martínez N. Evaluación de la calidad ambiental de un ecosistema de Manglar empleando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores. *Laboratorio de Entomología*. Lima, Perú: Facultad de Ciencias Biológicas de la Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2002.
8. Paredes C, Iannacone J, Alvarino L. Biodiversidad de invertebrados de los humedales de Puerto Viejo, Lima, Perú. *Neotropical Helminthology*. 11:21-30. 2007; https://www.researchgate.net/publication/354207251_BIODIVERSIDAD_DE_INVERTEBRADOS_DE_LOS_HUMEDALES_DE_PUERTO_VIEJO_LIMA_PERU
9. Acosta R, Ríos B, Rieradevall M, Prat N. Acosta R., Ríos B., Rieradevall M. & Prat N. 2009. Propuesta de un protocolo de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (C.E.R.A) y su aplicación a dos cuencas en Ecuador y Perú. *Limnetica*. 28 (1): 35- 64. 2009.
10. Domínguez E, Fernández H. Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. *Sistemática y biología*. [Internet]. Tucumán, Mexico:

Fundación Miguel Lillo; 654 p. 2009. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia

11. Prat N, Ríos B, Acosta R, Rieradevall M. Los macroinvertebrados como indicadores de calidad de las aguas, Pags: 654. In: E. Domínguez & H. Fernández (eds.). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos. Sistemática y biología*. Fundación Miguel Lillo, Tucumán, Argentina. 2009. Disponible en: https://www.researchgate.net/publication/260417584_Macroinvertebrados_bentonicos_Sudamericanos_Sistematica_y_Biologia
12. Huamantico A, Ortiz W. Clave de géneros de larvas de Trichoptera (Insecta) de la Vertiente Occidental de los Andes, Lima, Perú. *Revista Peruana Biología*. 17:075-80. 2010. [http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100009#:~:text=Para%20Per%C3%BA%20se%20han%20descrito,2007\)](http://www.scielo.org.pe/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1727-99332010000100009#:~:text=Para%20Per%C3%BA%20se%20han%20descrito,2007)).
13. Roldán G. Bioindicación de la calidad de agua en Colombia. Uso del método BMWP./col [Internet]. Primera. Medellín, Colombia: Universidad de Antioquia; 2003. Disponible en: https://books.google.com.pe/books/about/Bioindicaci%C3%B3n_de_la_calidad_del_agua_en.html?id=ZEjglKZTF2UC&redir_esc=y
14. Medina-Tafur C, Hora-Revilla M, Asencio-Guzmán I, Pereda-Ruíz W, Gabriel-Aguilar R. El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP), modificado y adaptado a tres microcuencas del Alto Chicama. *La Libertad*. Perú. 2008. *Sciendo*;13(1-2). 2008. Disponible en: <https://revistas.unitru.edu.pe/index.php/SCIENDO/issue/view/62>
15. Pinedo J, Monzón G. Evaluación de la calidad biológica del lago Moronacocha utilizando insectos acuáticos, Iquitos-Perú. Tesis de pre grado para obtener el título de Biólogo. Universidad Nacional de la Amazonia Peruana; 2010. Disponible en: <http://repositorio.unapiquitos.edu.pe/handle/20.500.12737/2275>
16. Perea Z, Bocanegra C, Alván M. Evaluación De Comunidades De Macroinvertebrados Asociados A Tres Especies De Macrófitas Acuáticas En La Laguna De Moronacocha, IQUITOS. *Cienc. Amaz*;1(2):96-103 Iquitos. 2011. <https://doi.org/10.22386/ca.v1i2.10>
17. Guevara C. & Huamantincó A. 2012. Diversidad de macroinvertebrados acuáticos y su relación con el estado de conservación de seis quebradas en Madre de Dios. Ministerio del Ambiente. Dirección General de Investigación e Información Ambiental. Memoria del Primer Encuentro de Investigadores Ambientales. Iquitos-Perú. Ministerio del Ambiente, Dirección General de Investigación e Información Ambiental, Memoria del Primer Encuentro de Investigadores, Iquitos, Perú. 2012;

18. Guevara C. Evaluación de la comunidad de macroinvertebrados de bancos vegetados en quebradas contaminadas por minería aurífera. Madre de Dios-Perú. Tesis de pregrado, Facultad de Ciencias Biológicas, Escuela Académico Profesional de Ciencias Biológicas. Madre de Dios, Perú. Universidad Nacional Mayor de San Marcos; 2013. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12672/3431>
19. Trama F, Mejía A. Biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos en el sistema de cultivo de arroz en el sector Muñuela margen derecho en Piura, Perú. *Ecología Aplicada*;12 (2). 2013. Disponible en: http://www.scielo.org.pe/scielo.php?pid=S1726-22162013000200010&script=sci_abstract
20. García B. Evaluación de la calidad de agua del río Shilcayo, mediante la diversidad de insectos acuáticos, Tarapoto, Perú. Tesis de Pre grado. Zamorano, Honduras. Escuela Agrícola Panamericana; 2016. Disponible en: <http://repositorioslatinoamericanos.uchile.cl/handle/2250/1045511>
21. Alomía J, Jannacone J, Alvarino L, Ventura K. Macroinvertebrados bentónicos para evaluar la calidad de las aguas de la cuenca alta del río Huallaga, Perú. *The Biologist (Lima)*, 15(1), 65-84. 2017. <https://revistas.unfv.edu.pe/rtb/article/view/144>
22. Pezo M. MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS COMO BIOINDICADORES DE LA CALIDAD DEL AGUA PARA REGADÍO DEL RÍO CUMBAZA. Tesis de doctorado. Universidad Nacional de San Martín; 2018. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11458/2820>
23. Castillo R, Huamantico A. Variabilidad de la estructura comunitaria de macroinvertebrados acuáticos en las Salinas de Chilca, Lima, Perú. *Acta Biol Colomb*; 27 (3) 2022. Disponible en: <http://www.revistas.unal.edu.co/index.php/actabiol>
24. Zelada J. Análisis de la riqueza, composición y abundancia de macroinvertebrados acuáticos en los ríos Pampumay y Pansalic-Panchiguajá. Informe de Investigación. Facultad de Ciencias Químicas y Farmacia, Universidad de San Carlos de Guatemala; 2012. Disponible en: http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/22/24_0253.pdf
25. Del Castillo J, Ríos T, Bernal J. Diversidad y abundancia de macroinvertebrados acuáticos y calidad del agua de las cuencas alta y baja del río Gariché, provincia de Chiriquí, Panamá. *Revista Gestión y Ambiente*;16(2):61-70. 2013. <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/73194>
26. Gutiérrez K, Morales D. Caracterización de la calidad del agua de la quebrada los Caquezas, mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos. Tesis de pre grado para obtener el título de Tecnólogo en Saneamiento Ambiental. Bogota, Colombia: Facultad de Medio Ambiente y Recursos Naturales. Tecnología en Saneamiento Ambiental. Universidad Distrital Francisco José de Caldas; 2015. Disponible en:

<https://repository.udistrital.edu.co/bitstream/handle/11349/4713/Guti%C3%A9rrezPradaKarenViviana2015.pdf?sequence=1&isAllowed=y>

27. Tipán J. Evaluación del impacto ambiental en la desembocadura del río Misahuallí al río Napo, mediante la identificación de macroinvertebrados acuáticos para proponer un plan de manejo ambiental. Tesis para obtener el Título de Ingeniero en Manejo y Conservación del Medio Ambiente. Ecuador: Universidad Nacional de Loja; 2016.
28. López J. Evaluación de la calidad ecológica del río Jatunhuayco en la zona asociada a la captación Jatunhuayco (EPMAPS) utilizando comunidades de macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua. Tesis para obtener el título de Ingeniero Ambiental. Facultad de Ingeniería Civil y Ambiental. Quito, Ecuador: Escuela Politecnica Nacional; 2016. Disponible en: <http://bibdigital.epn.edu.ec/handle/15000/16736>
29. Roldán-Perez G. Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua: cuatro décadas de desarrollo en Colombia y Latinoamérica. *Rev acad colomb cienc exact fis nat*;40:254-74. 2016. <https://doi.org/10.18257/raccefyn.335>
30. Murillo M, Caicedo O, Hernández E, Grajales H, Mesa J, Cortés F. Aplicación de tres índices bióticos en el río San Juan, Andes, Colombia. *Mutis*;6(2):59-73. 2016. doi: <http://dx.doi.org/10.21789/22561498.1151>
31. Quesada F, Umaña G, Springer M. Variación estacional y características fisicoquímicas e hidrológicas que influyen en los macroinvertebrados acuáticos, en un río tropical. *Biol Trop*; 68:54-67. 2020. <http://dx.doi.org/10.15517/rbt.v68is2.44332>
32. Toapanta J. Evaluación de la calidad de agua en un tramo de la microcuenca del río Chibunga, utilizando macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores e índice ICA-NSF. Tesis de Pre grado. Riobamba, Ecuador. Universidad Nacional de Chimborazo; 2022. Disponible en: <http://dspace.unach.edu.ec/handle/51000/9009>
33. Jaramillo V, Polania J, Mancera N. Macroinvertebrados acuáticos en una quebrada andina con alteraciones antrópicas en Colombia. *Rev UDCA ctual Divulg Científica*; 25(1). 2022. Disponible en: <http://doi.org/10.31910/rudca.v25.n1.2022.2023>
34. Rivera J. Relación entre la composición y biomasa de la comunidad de macroinvertebrados acuáticos y las variables físicas y químicas en el humedal Jaboque. Trabajo de grado de Biología. Bogotá, Colombia. Universidad Nacional de Colombia. 2011. Disponible en: <https://repositorio.unal.edu.co/handle/unal/7752>
35. Rubio R. Macroinvertebrados bioindicadores de la calidad de aguas loticas en el Salvador. XXVII Congreso interamericano de ingeniería sanitaria y ambiental. En Brasil; 2000. Disponible en:

<https://1library.co/document/q5pgg5wy-v-macroinvertebrados-bioindicadores-calidad-aguas-loticas-salvador.html>

36. McCafferty W. Aquatic entomology the fishermen's and ecologist's illustrated guide to insect and their relatives. Boston. Science Books International. 448 pp .1981. <https://www.amazon.com/Aquatic-Entomology-Fishermans-Illustrated-Crosscurrents/dp/0867200170>
37. Torralba-Burial A. Estado ecológico, comunidades de macroinvertebrados y de odonatos de la red fluvial de Aragón. Universidad de Oviedo. Editorial: Consejo Económico y Social de Aragón, Zaragoza https://www.researchgate.net/publication/236671179_Estado_ecologico_comunidades_de_macroinvertebrados_y_de_odonatos_de_la_red_fluvial_de_Aragon
38. Roldán G. Fundamentos de Limnología Neotropical. Medellín: Editorial Universidad de Antioquia [Internet]. Colombia: Universidad de Antioquia Medellín; 1992. Disponible en: <https://www.worldcat.org/es/title/991715651>
39. Borja F, Carvajal C. Factores que inciden en la disminución de los organismos a lo largo de una cuenca. Universidad de Tolima. Colombia. 2005. Disponible en: <http://www.monografias.com/trabajos29/organismos-cuenca/organismos-cuenca.shtml>.
40. Álvarez S. Evaluación de la calidad de agua mediante la utilización de macroinvertebrados acuáticos en la subcuenca del Yeguaré, Honduras Tesis de pre grado. EAP. Zamorano; 2007. Disponible en: <http://hdl.handle.net/11036/524>
41. Instituto de Investigaciones de la Amazonía Peruana. Cultivando Peces Amazónicos. San Martín, Perú: 188 p. 2006. Disponible en: <https://hdl.handle.net/20.500.12921/96>
42. Alba-Tercedor J. Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos. V Simp Agua En Anadalucía SIAGA. II:203-2013. 1996. https://www.researchgate.net/publication/237225203_Macroinvertebrados_acuaticos_y_calidad_de_las_aguas_de_los_rios
43. Alvitres V. Método Científico, Planificación de la Investigación. Segunda. Edición. Perú. Editorial Ciencia; 205 p. 2000. <https://biblioteca.usat.edu.pe/cgi-bin/koha/opac-detail.pl?biblionumber=1138>
44. Roldán G. Roldán, G. 1988. Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del Departamento de Antioquia. Universidad de Antioquia. Bogotá, Colombia. 216 p. Colombia: Universidad de Antioquia Medellín; 1988. 216 p. Disponible en: <https://ianas.org/wp-content/uploads/2020/07/wbp13.pdf>
45. Merrit R, Cummis K. An introduction to the aquatic insects of North America. IA. U.S.A: Kendall. Hunt Publishing Co. Dubuque; 1984.

Disponible en: <https://www.amazon.co.jp/-/en/Ricard-W-Merritt/dp/0840331800>

46. Alba-Tercedor J. Un método rápido y simple para evaluar la calidad biológica de las aguas corrientes, basada en el de Hellawell (1978). Granada, España. *Limnetica*; 4:51-6. 1988.
<https://www.limnetica.com/documentos/limnetica/limnetica-4-1-p-51.pdf>

ANEXOS

ANEXO 1: ESTADÍSTICA COMPLEMENTARIA

- A. Valores de la prueba no paramétrica Kurskall-Wallis, para medir la variación de las medianas en la abundancia de macroinvertebrados acuáticos por zonas de estudio

Macroinvertebrados	Resultados
H =	6.5403
Grados de libertad =	2
(p) Kruskal-Wallis =	0.038*
R 1 (mediana de zona 1) =	68.4184
R 2 (mediana de zona 2) =	86.6531
R 3 (mediana de zona 3) =	66.9286

- Significativo

- B. Valores de la prueba de comparación múltiple Student-Newman-

Pares	Dif. Medianas	<i>p-valor</i>
Grupos (1 e 2) =	18.2347	0.034*
Grupos (1 e 3) =	1.4898	0.862
Grupos (2 e 3) =	19.7245	0.021*

Keuls, para determinar pares de diferenciación por zonas de estudio

- Significativo

- C. Valores de la prueba no paramétrica Kruskal-Wallis, para medir la variación de las medianas en la abundancia de Corbiculidae por zonas de estudio.

Corbiculidae	Resultados
H =	11.6351
Grados de libertad =	2
(p) Kruskal-Wallis =	0.003*
R 1 (mediana zona 1) =	10
R 2 (mediana zona 2) =	19.375
R 3 (mediana zona 3) =	8.125

- Significativo

- D. Valores de la prueba de comparación múltiple de Dunn, para determinar pares de diferenciación de Corbiculidae por zonas de estudio.

Comparações (método de Dunn)	Dif. Postos	z calculado	z crítico	p
Pares de zona 1 y 2	9.375	2.6517	2.394	< 0.05 *
Pares de zona 1 e 3	1.875	0.5303	2.394	No significativo
Pares de zona 2 e 3	11.25	3.182	2.394	< 0.05 *

- Significativo

ANEXO 2: INSTRUMENTOS DE RECOLECCIÓN DE DATOS

Ficha de colecta de macroinvertebrados acuáticos

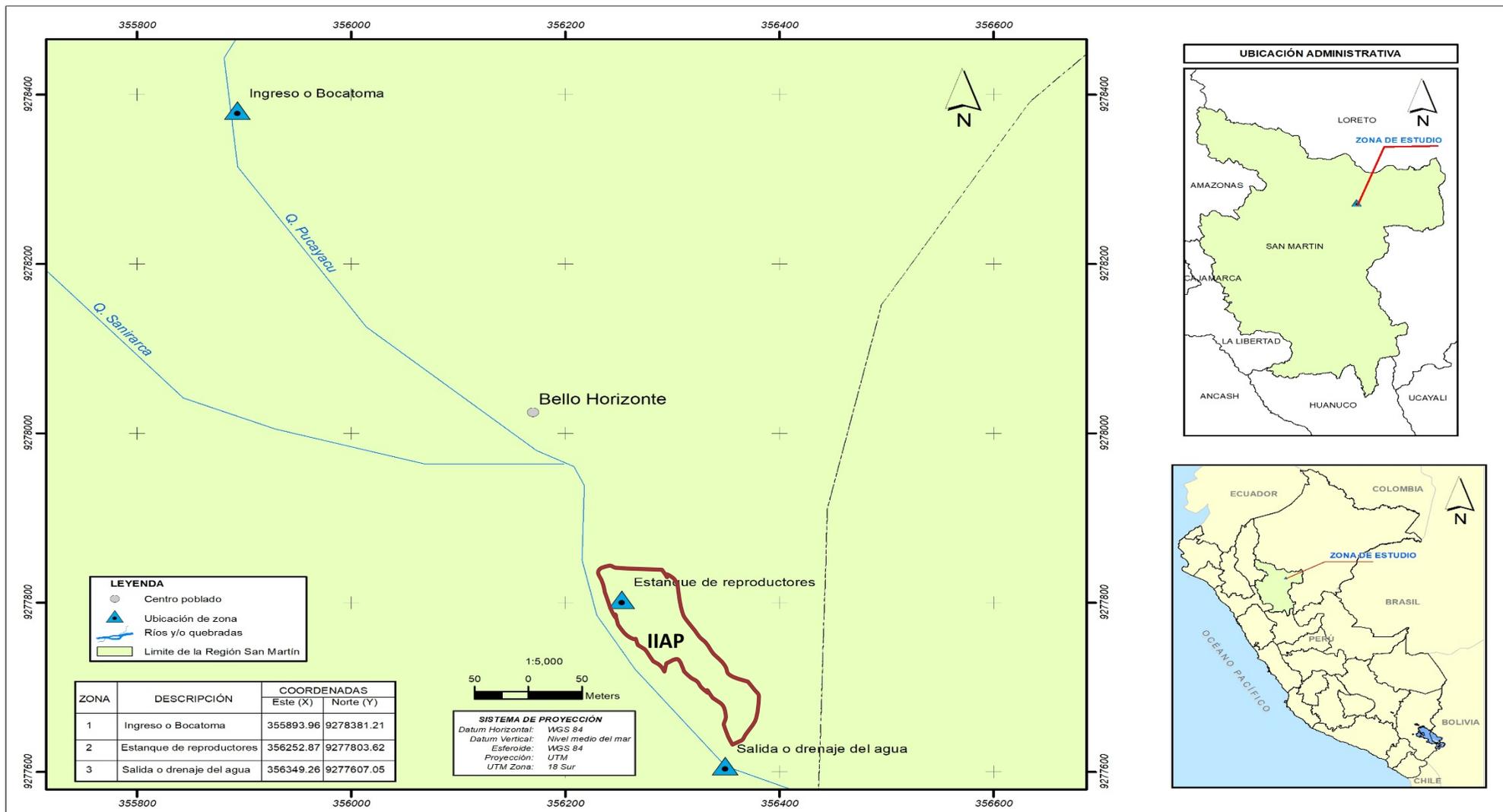
Lugar: Centro de Investigación "Carlos Miguel Castañeda Ruiz" - IIAP, San Martín

Zona: 1= Bocatoma, 2=Estanque, 3=Salida de agua

Muestreo	Zona1			Zona 2			Zona 3		
	orilla	centro	Piedra	orilla	centro	Piedra	orilla	centro	Piedra
1									
2									
3									
4									
5									
6									

Fuente: Elaboración propia.

ANEXO 3: MAPA DEL ÁREA DE ESTUDIO Y ZONAS DE MUESTREO



ANEXO 4: INFORMACIÓN METEOROLÓGICA

Parámetro Meteorológico	AÑO 2018												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Media
Temperatura media mensual	26.2	26.9	26.4	25.7	26.2	25.4	25.7	26.2	27.4	27.2	27.8	26.9	26.5
Humedad Relativa Promedio Mensual	74	70	70	74	73	76	75	73	71	73	72	74	73

Fuente: Estación MAP “El Porvenir”, SENAMHI, latitud 06°35, longitud 76°19. Altura 230msnm.

Parámetro Meteorológico	AÑO 2018												
	Enero	Febrero	Marzo	Abril	Mayo	Junio	Julio	Agosto	Setiembre	Octubre	Noviembre	Diciembre	Total
Precipitación total mensual	171.1	122.1	126.4	237.4	75	61.9	29.8	76.4	71.1	88.3	68	91.2	1218.7

Fuente: Estación MAP “El Porvenir”, SENAMHI, latitud 06°35, longitud 76°19. Altura 230msnm.

ANEXO 5: FOTOS DE LAS ZONAS DE ESTUDIO

Zona 1: Ingreso o Bocatoma



Foto 1: Orilla



Foto 2: Espejo de

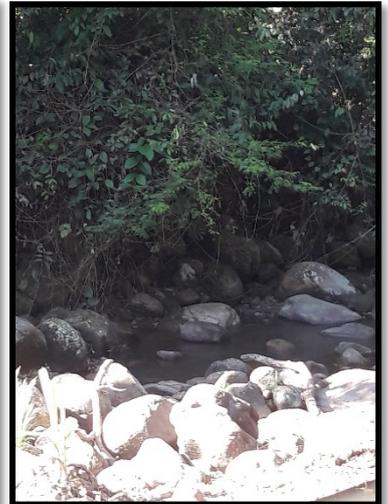


Foto 3: Piedra

Zona 2: Estanque de Peces



Foto 4: Orilla



Foto 5: Espejo de agua



Foto 6: Piedras

Zona 3: Salida de Agua



Foto 7: Orilla



Foto 8: Piedras

FOTOS METODOLOGICAS

Colecta de las muestras biológicas



Foto 1. Sumergir la red tipo D



Foto 2. Arrastre de la red tipo D



Foto 3. Levante de la red.

Vaciado de las muestras biológicas



Foto 4. Zona 1.



Foto 5. Zona 2



Foto 6. Zona 3.

Transporte de las muestras biológicas



Foto 7. Zona 1



Foto 8. Zona 2.



Foto 9. Zona 3.

Identificación de Macroinvertebrados Acuáticos



Foto 10. Observación en el estereoscopio



Foto 11. Identificación Taxonómica con claves



Foto 12. Registro de familias y conservación

Tabla de Riqueza de taxa de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.

Phyllum	Classis	Ordo	Familia	N° de Familia			
Nematomorpha	Gordioida	Gordioidea	Gordiidae	1			
Mollusca	Bivalvia	Veneroidea	Corbiculidae	2			
			Morfotipo 1				
	Gasteropoda	Mesogastropoda	Hydrobiidae	1			
			Bassomatoforma	Planorbidae	3		
				Morfotipo 2			
Morfotipo 3							
Anelidos	Oligocheta	Haplotaxida	Haplotaxidae	1			
	Hirudineos	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	1			
Arthropoda	Aracnida	Acari	Hydrachnidae	1			
	Branchiopoda	Cladocera	Morfotipo 4	1			
	Copepoda	Cyclopoida	Morfotipo 5	1			
	Ostracoda	Myodocopida	Cyprinidae	1			
	Malacostraca	Decapoda		Amphipoda	1		
				Ephemeroptera		Ephemerellidae	6
						Baetidae	
		Caenidae					
		Polymitarcidae					
		Leptophlebiidae					
		Euthyplociidae					
		Odonata				Gomphidae	3
				Aeshnidae			
Libellulidae							
Plecoptera		Perlidae	1				
		Hemiptera		Notonectidae	7		
Gerridae							
Hebridae							
Naucoridae							
Veliidae							
Mesoveliidae							
Belostomatidae							
Coleoptera			Elmidae	5			
			Hydrophilidae				
			Psephenidae				
			Curculionidae				
			Gyrinidae				
Trichoptera			Leptoceridae	4			
			Hydroptilidae				
			Helicopsychidae				

		Diptera	Philopotamidae	
			Chironomidae	7
			Culicidae	
			Tipulidae	
			Stratiomyidae	
			Ceratopogonidae	
			Ephydriidae	
			Morfotipo 6	
		Hymenoptera	Formicidae	1
4	10	19	48	

Tabla de Abundancia de macroinvertebrados acuáticos en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018

N°	Familia	Bocatoma	Estanque	Salida	Total
1	Gordiidae	1	0	0	1
2	Corbiculidae	133	1746	90	1969
3	Morfotipo 1	204	108	84	396
4	Hydrobiidae	111	1609	271	1991
5	Planorbidae	0	117	70	187
6	Morfotipo 2	29	47	9	85
7	Morfotipo 3	0	10	1	11
8	Haplotaxidae	0	4	0	4
9	Glossiphoniidae	0	91	14	105
10	Hydrachnidae	11	1	2	14
11	Morfotipo 4	0	6	0	6
12	Morfotipo 5	0	7	0	7
13	Cyprinidae	3	0	0	3
14	Amphipoda	1	0	0	1
15	Ephemerellidae	40	48	7	95
16	Baetidae	123	61	9	193
17	Caenidae	123	85	14	222
18	Polymitarcidae	0	0	1	1
19	Leptophlebiidae	0	17	4	21
20	Euthyplociidae	1	0	0	1
21	Gomphidae	5	22	2	29
22	Aeshnidae	0	5	2	7
23	Libellulidae	0	33	2	35
24	Perlidae	1	0	0	1
25	Notonectidae	2	197	5	204
26	Gerridae	10	0	13	23
27	Hebridae	0	42	0	42
28	Naucoridae	4	42	23	69
29	Veliidae	2	1	2	5
30	Mesoveliidae	0	4	0	4
31	Belostomatidae	0	0	1	1
32	Elmidae	99	38	26	163
33	Hydrophilidae	0	2	0	2
34	Psephenidae	5	33	0	38
35	Curculionidae	0	1	0	1
36	Gyrinidae	1	0	0	1
37	Leptoceridae	118	71	8	197
38	Hydroptilidae	1	0	2	3
39	Helicopsychidae	22	2	1	25

40	Philopotamidae	0	1	0	1
41	Chironomidae	151	169	23	343
42	Culicidae	0	4	0	4
43	Tipulidae	0	3	0	3
44	Stratiomyidae	1	9	0	10
45	Ceratopogonidae	10	12	3	24
46	Ephydriidae	1	0	1	2
47	Morfotipo 6	1	1	0	2
48	Formicidae	0	6	7	13
	Total	1214	4655	697	6566
	N° de familias	29	37	29	

Tabla de Familias de macroinvertebrados acuáticos sensibles y tolerantes a cambios en la calidad de agua en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.

N°	ORDEN	FAMILIA	PUNTA CIÓN	Zona 1	Zona 2	Zona 3
1	Mesogastropoda	Hydrobiidae	3	3	3	3
2	Bassomatophora	Planorbidae	3	0	3	3
3	Haplotaxida	Haplotaxidae	1	0	1	1
4	Glossiphoniiformes	Glossiphoniidae	3	0	3	3
5	Acaros	Hydrachnidae	4	4	4	4
6	Myodocopida	Cyprinidae	3	3	0	0
7	Decapoda	Amphipoda	5	5	0	0
8	Ephemeroptera	Baetidae	4	4	4	4
		Leptophlebiidae	10	0	10	10
9	Odonata	Gomphidae	8	8	8	8
		Aeshnidae	6	0	6	6
10	Plecoptera	Perlidae	10	10	0	0
11	Hemiptera	Notonectidae	5	5	5	5
		Gerridae	5	5	0	5
		Naucoridae	5	5	5	5
		Veliidae	5	5	5	5
		Mesoveliidae	3	0	3	0
		Belostomatidae	4	0	0	4
12	Coleoptera	Elmidae	5	5	5	5
		Hydrophilidae	3	0	3	0
		Psephenidae	5	5	5	5
		Curculionidae	4	0	4	0
		Gyrinidae	3	3	0	0
13	Trichoptera	Leptoceridae	8	8	8	8
		Hydroptilidae	6	6	0	6
		Helicopsychidae	10	10	10	10
		Philopotamidae	8	0	8	0
14	Diptera	Chironomidae	2	2	2	2
		Culicidae	2	0	2	0
		Tipulidae	5	0	5	0
		Stratiomyidae	4	4	4	0
		Ceratopogonidae	4	4	4	4
		Ephydriidae	2	2	0	2
Total	14	33	106	120	108	108

Tabla de clases de calidad del agua según valores BMWP, significado y colores para representaciones cartográficas en un sistema de cultivo de peces de consumo, San Martín, Perú, 2018.

Zonas	Zona 1	Zona 2	Zona 3
Puntuación	106	120	108
Clase	I	I	I
Calidad	Buena	Buena	Buena
Significado	Agua no contaminada o poco alterada	Agua no contaminada o poco alterada	Agua no contaminada o poco alterada
Color	Azul 	Azul 	Azul 

Propuesta para el desarrollo de prácticas acuícolas que mantengan la buena calidad biológica del agua en la quebrada Pucayacu-Sector Bello horizonte, San Martín.

Introducción: En base a los resultados obtenidos en la presente investigación, que considera la calidad biológica del agua en un sistema de cultivo de peces como buena, se propone el desarrollo de prácticas acuícolas que garanticen la continuidad de la calidad biológica del agua reportada en este estudio, considerando para esto la intervención de autoridades de los gobiernos e instituciones locales, productores acuícolas y población de la comunidad de Bello Horizonte.

Objetivo: Mantener la calidad biológica del agua en el nivel bueno, sin presencia de contaminantes.

Matriz de prácticas acuícolas:

Áreas	Actividades	Actores	Tiempo
Abonamiento de estanques acuícolas	Evitar uso excesivo de fertilizantes químicos y orgánicos	Productores acuícolas, IIAP, DIREPRO, Empresas acuícolas	Al inicio de la campaña productiva
Alimentación de peces	Establecer un programa de alimentación según etapa de desarrollo de los peces	Productores acuícolas, IIAP, DIREPRO, Empresas acuícolas	Durante la campaña de producción de alevinos y carne.
Calidad Biológica del agua en el sistema de cultivo de peces	Monitoreo de la calidad biológica del agua de la quebrada pucayacu.	ARA MINAM DIREPRO	Cada dos años
	Monitoreo de la calidad biológica del agua de los estanques acuícolas (reproductores y engorde)	Productores acuícolas, IIAP, DIREPRO, Empresas acuícolas	Cada dos años.
Manejo de residuos solidos	Implementación de un sistema integral de manejo y disposición final de los residuos generados por los productores, instituciones y empresas acuícolas así como la comunidad de Bello Horizonte.	Autoridades locales, GOREL. Municipio de la Banda de Shilcayo	Permanente

Desarrollo Comunitario	Acuerdos locales entre los actores para desarrollar una pesca sostenible en la quebrada pucayacu.	Pobladores de la comunidad, Empresas turísticas y recreativas.	Anual
	Instalar letreros de incentivo para la conservación de la biodiversidad.	Autoridades locales, IIAP, DIREPRO ARA, MINAM	Anual

FOTOS PARA MATERIAL DIDÁCTICO



Macroinvertebrados Acuáticos en un Sistema de Cultivo de Peces de Consumo, CIMCR, IIAP-San Martín, Perú.

Macroinvertebrados Sensibles a Cambios en el Agua



Foto1. Odonata - Gomphidae



Foto 2. Trichoptera - Leptoceridae



Foto 3. Ephemeroptera - Leptophlebiidae

Macroinvertebrados Tolerantes a Cambios en el Agua



Foto 3. Diptera - Stratiomyidae



Foto 4. Coleoptera - Psephenidae



Foto 5. Diptera - Ephryidae



Foto 6. Diptera - Chironomidae



Foto 9. Diptera - Ceratopogonyidae



Foto 10. Mesogastropoda - Hiidrobidae



Foto 11. Hemiptera - Gerridae



Foto 12. Hemiptera - Naucoridae



Foto 12. Hemiptera - Veliidae



Foto 13. Acari - Hidracarinos



Foto 14. Myodocopida

CARTILLA INFORMATIVA SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICO

ALIMENTO PARA LA FAUNA ICTICA

Son un grupo especial que constituyen el alimento primario para la fauna ~~ictica~~ del ambiente acuático así tenemos a:

MAXILOPODOS: "Pulga de Agua"



COPEPODO: "Escorpión de agua"



Estos animales son conocidos también como alimento vivo, porque son parte del primer eslabón de la cadena trófica acuática, y su producción en dichos ambientes es importante.

A PARTIR DE AHORA

"CUIDA A LOS MACROINVERTEBRADOS QUE VIVEN EN EL AMBIENTE ACUATICO Y NO DESTRUYAS SU HOGAR"

UNIVERSIDAD NACIONAL DE LA AMAZONIA PERUANA



CONOCIENDO LA FUNCIÓN DE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS

¿QUIÉNES SON LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICOS?

¡Nosotros!

Animales mayores de 2mm. de diámetro y visibles.

Los más diversos son los insectos

Pero también se encuentran en este grupo libélulas, sanguijuelas, cucarachas acuáticas y muchos más.



LIBELULAS



SANGUIJUELAS



ESCARABAJO

CONTINUACIÓN DE CARTILLA INFORMATIVA SOBRE LOS MACROINVERTEBRADOS ACUÁTICO

¿SON IMPORTANTES PARA EL AMBIENTE ACUÁTICO?

SI, porque ellos cumplen funciones de herbívoros, predadores, descomponedores, y actúan como alimento para la fauna ictica, de dicho modo el ambiente acuático mantiene su equilibrio ecológico.

LOS PREDADORES

Comen a otros animales para que estos no abunden en la naturaleza. Los más conocidos son:



Chinche acuático

¡DIME UN EJEMPLO MÁS!

.....

LOS HERVIVOROS

Comen la vegetación presente en el ambiente acuático y restos vegetales. Los más conocidos son:

HIDROVIIDAE: Caracol del barro



MENCIONA
A TU GUIA
OTROS
EJEMPLOS

LOS DESCOMPOVEDORES

Desintegran los restos de materia orgánica y plantas. Los más conocidos son:

Trichoptera: Polilla de agua

¿CONOCES OTROS?



.....
.....
.....

LOS COLONIZADORES

Aquellos que aparecen primero en la materia orgánica del ambiente acuático, iniciando la descomposición.



Quironomidos,
Boetidos,
Hidrophylidae

