

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA

FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS

Escuela Académico Profesional de Ingeniería Ambiental



TESIS

**“CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TINGO MAIGASBAMBA AL
CORRELACIONAR LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS Y SUS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS – HUALGAYOC 2022”**

PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:

INGENIERO AMBIENTAL

PRESENTADO POR EL BACHILLER:

OSMER NEYSER DÍAZ ACUÑA

ASESOR:

ING. M. Cs. EDGAR DARWIN DÍAZ MORI.

CAJAMARCA - PERÚ

2024



CONSTANCIA DE INFORME DE ORIGINALIDAD

1. Investigador:

Nombre: Osmer Neyser Díaz Acuña

DNI: 71968186

Escuela Profesional / Unidad UNC: Ingeniería Ambiental

2. Asesor:

NOMBRE: Ing. M. Sc. Edgar Darwin Díaz Mori

Facultad / Unidad UNC: Ciencias Agrarias

3. Grado académico o título profesional:

Bachiller

Título profesional

Segunda especialidad

Maestro

Doctor

4. Tipo de Investigación

Tesis

Trabajo de investigación

Trabajo de suficiencia profesional

Trabajo académico

5. Título de Trabajo de Investigación:

**“CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TINGO MAIGASBAMBA AL
CORRELACIONAR LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS
BENTÓNICOS Y SUS PARÁMETROS FISCOQUÍMICOS – HUALGAYOC
2022”**

6. Fecha y hora de Evaluación: 12/07/2023 05:53:00

7. Software antiplagio: TURNITIN

URKUND (OURIGINAL) (*)

8. Porcentaje de Informe de similitud: 8%

9. Código Documento: D172010332

10. Resultado de evaluación de similitud:

Aprobado

Para levantamiento de observaciones o desaprobado

Fecha de Emisión /22/2024

Firma y/o Sello
Emisor Constancia

Ing. M. Sc. Edgar Darwin Díaz Mori
DNI: 27041767

* En caso se realizó la evaluación hasta setiembre de 2023



UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA
"NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA"
Fundada por Ley N° 14015, del 13 de febrero de 1962
FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS
Secretaría Académica



ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

En la ciudad de Celendín, a los cuatro días del mes de enero del año dos mil veinticuatro, se reunieron en el **Aula 102** de la Escuela Profesional de Ingeniería Ambiental - Sede Celendín, los miembros del Jurado, designados según **Resolución de Consejo de Facultad N° 407-2023-FCA-UNC, de fecha 04 de setiembre del 2023**, con la finalidad de evaluar la sustentación de la **TESIS** titulada: "**CALIDAD DEL AGUA DEL RÍO TINGO MAIGASBAMBA AL CORRELACIONAR LA PRESENCIA DE MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS Y SUS PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS - HUALGAYOC 2022**", realizada por el Bachiller **OSMER NEYSER DÍAZ ACUÑA** para optar el Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las catorce horas y treinta minutos, de acuerdo a lo establecido en el **Reglamento Interno para la Obtención de Título Profesional de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca**, el Presidente del Jurado dio por iniciado el Acto de Sustentación, luego de concluida la exposición, los miembros del Jurado procedieron a la formulación de preguntas y posterior deliberación. Acto seguido, el Presidente del Jurado anunció la aprobación por unanimidad con el calificativo de trece (13); por tanto, el Bachiller queda expedito para proceder con los trámites que conlleven a la obtención del Título Profesional de **INGENIERO AMBIENTAL**.

A las diecisiete horas y diez minutos del mismo día, el Presidente del Jurado dio por concluido el Acto de Sustentación.

Dr. Agustín Emerson Medina Chávez
PRESIDENTE

Ing. M. Cs. Giovana Ernestina Chávez Horna
SECRETARIO

Ing. M. Sc. Manuel Roberto Roncal Rabanal
VOCAL

Ing. M. Cs. Edgar Darwin Díaz Mori
ASESOR

COPYRIGHT © 2024 by
OSMER NEYSER DÍAZ ACUÑA
Todos los derechos reservados

DEDICATORIA

A mi Sr. padre Máximo Diaz Gallardo, a mi Sra. madre Esperanza Acuña Estela, a mis queridos hermanos (Erlita, Edwin, Nilton, Haytton, y Jhenny) por su respaldo, consejos, apoyo, y sustento en cada momento de manera incondicional, que me llevaron a superar las dificultades que se presentan en la vida, para formarme como persona.

AGRADECIMIENTO

A Dios por regalarme la vida, salud e inteligencia para poder lograr mis metas trazadas durante las etapas de la vida.

A mi asesor, Ing. M.Cs. Edgar Darwin Díaz Mori, por brindarme su confianza, consejos y apoyo, incentivándome a crecer profesionalmente y poder contribuir a la sociedad con la realización de este trabajo de investigación.

A mi familia por sus consejos, apoyo, sustento y unión para poder superar cada obstáculo presentado en el día a día.

CONTENIDO

DEDICATORIA	III
AGRADECIMIENTO	IV
RESUMEN	XIII
ABSTRACT.....	XIV
CAPITULO I	1
INTRODUCCIÓN	1
CAPITULO II.....	3
REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA	3
2.1. ANTECEDENTES DE LA INVESTIGACIÓN	3
2.2. BASES TEÓRICAS.....	8
2.2.1. <i>Calidad del Agua</i>	8
2.2.2. <i>Factores que Influyen en la Calidad del Agua</i>	8
2.2.3. <i>Métodos para Determinar la Calidad del Agua</i>	10
2.2.4. <i>Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)</i>	10
2.2.5. <i>Índice Biótico Andino (ABI)</i>	11
2.2.6. <i>Índice Biological Monitoring Working Party (BMWT/col)</i>	12
2.2.7. <i>Partes de un Macroinvertebrado</i>	12
2.2.8. <i>Temperatura (T°)</i>	13
2.2.9. <i>Conductividad Eléctrica (CE)</i>	13
2.2.10. <i>Potencial de Hidrógeno (pH)</i>	13
2.2.11. <i>Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)</i>	13
2.2.12. <i>Oxígeno Disuelto (OD)</i>	14
2.2.13. <i>Fosfato (PO₄³⁻)</i>	14
2.2.14. <i>Nitratos (NO₃⁻)</i>	14
2.3. DEFINICIÓN DE TÉRMINOS BÁSICOS	15

2.3.1. Bentos.....	15
2.3.2. Indicador de Contaminación	15
2.3.3. Bioindicador	16
2.3.4. Contaminación de Ríos	16
2.3.5. Consecuencia de la Contaminación de los Ríos	17
CAPITULO III.....	18
MATERIALES Y MÉTODOS	18
3.1. UBICACIÓN.....	18
3.1.1. Ubicación de los puntos de monitoreo.....	18
3.2. MATERIALES	22
3.2.1. Material y Equipo de Laboratorio.....	22
3.2.2. Equipos	22
3.2.3. Materiales para Recolección de Datos.....	22
3.3. METODOLOGÍA.....	23
3.3.1. Recolección de Datos para Índices Biológicos	24
3.3.2. Identificación de Macroinvertebrados.....	25
3.3.2.1. Cálculo del índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).	26
3.3.2.2. Cálculo del índice Biótico Andino (ABI).....	26
3.3.2.3. Cálculo del índice Biological Monitoring Working Part (BMWT/col)..	27
3.3.3. Recolección de datos para índices fisicoquímicos.....	28
3.3.3.1. Métodos	28
3.3.3.2. Toma de muestras de agua.....	28
3.4. PROCESAMIENTO Y ANÁLISIS DE DATOS.	30
CAPITULO IV.....	31
RESULTADOS Y DISCUSIÓN	31
4.1. CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE ÍNDICES BIÓTICOS.....	31
4.1.1. Macroinvertebrados en Época Seca y Húmeda.....	31

4.1.2. Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT).....	34
4.1.3. Índice Biótico Andino (ABI).....	36
4.1.4. Índice Biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)	37
4.2. CALIDAD DEL AGUA MEDIANTE PARÁMETROS FÍSICOQUÍMICOS Y NÚMERO DE MACROINVERTEBRADOS	39
4.2.1. Temperatura (T°).....	39
4.2.2. Conductividad Eléctrica (CE).....	42
4.2.3. Caudal (Q).....	46
4.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)	49
4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5).....	52
4.2.6. Oxígeno Disuelto (OD).....	55
4.2.7. Fosfato (PO_4^{3-}).....	58
4.2.8. Nitrato (NO_3^-).....	61
4.2.9. Dureza ($CaCO_3$)	64
4.3. ANÁLISIS ESTADÍSTICO DE RESULTADOS	66
4.3.1. Análisis de Varianza (ANOVA) para las Poblaciones de Macroinvertebrados.....	66
4.3.2. Prueba de Tukey	68
CAPITULO V.....	70
CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES	70
5.1. CONCLUSIONES	70
5.2. RECOMENDACIONES.....	72
CAPITULO VI.....	73
REFERENCIAS.....	73
CAPITULO VII	83
ANEXOS	83

ÍNDICE DE TABLAS

Tabla 1 Ubicación de los puntos de Monitoreo Año 2022	20
Tabla 2 Programación de monitoreos	24
Tabla 3 Índice EPT.....	26
Tabla 4 Índice ABI.....	27
Tabla 5 Índice BMWP/col.....	27
Tabla 6 Metodología para el análisis de los parámetros fisicoquímicos.....	29
Tabla 7 Macroinvertebrados recolectados en época seca y húmeda.....	33
Tabla 8 Resultados del índice EPT En época húmeda y época seca.....	35
Tabla 9 Resultados del índice ABI en época seca y húmeda.....	37
Tabla 10 Resultados del índice (BMWP/Col) en época seca y húmeda.....	39
Tabla 11 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la temperatura.	42
Tabla 12 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la conductividad eléctrica.....	45
Tabla 13 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del caudal	48
Tabla 14 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del potencial de hidrógeno	51
Tabla 15 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la demanda bioquímica de oxígeno	54
Tabla 16 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del oxígeno disuelto.....	57
Tabla 17 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del fosfato.....	60
Tabla 18 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de los nitratos.....	63
Tabla 19 Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la dureza.....	66
Tabla 20 Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados.....	67

Tabla 21	<i>Resultados de la prueba de Tukey y una confianza al 95%.....</i>	<i>68</i>
Tabla 22	<i>Cantidad de macroinvertebrados recolectados en época seca.....</i>	<i>100</i>
Tabla 23	<i>Resultados de parámetros fisicoquímicos de época húmeda.....</i>	<i>101</i>
Tabla 24	<i>Puntajes para las familias de macroinvertebrados en el índice ABI.....</i>	<i>102</i>
Tabla 25	<i>Valores de tolerancia Índice BWMP/Col.....</i>	<i>103</i>
Tabla 26	<i>Claves de identificación taxonómica (Fernández et al., 2012).....</i>	<i>104</i>

ÍNDICE DE FIGURAS

<i>Figura 1</i>	<i>Macroinvertebrado en estado larval.....</i>	<i>12</i>
<i>Figura 2</i>	<i>Ubicación del río Tingo - Maigasbamba Hualgayoc - Bambamarca.....</i>	<i>19</i>
<i>Figura 3</i>	<i>Ubicación de los puntos de Monitoreo del río Tingo - Maigasbamba.</i>	<i>21</i>
<i>Figura 4</i>	<i>Temperatura en época seca y húmeda.</i>	<i>39</i>
<i>Figura 5</i>	<i>Correlación de los macroinvertebrados en función de la temperatura.</i>	<i>41</i>
<i>Figura 6</i>	<i>Conductividad eléctrica en época seca y húmeda.....</i>	<i>42</i>
<i>Figura 7</i>	<i>Correlación de los macroinvertebrados en función con la conductividad eléctrica.</i>	<i>44</i>
<i>Figura 8</i>	<i>Caudal en época seca y húmeda.</i>	<i>46</i>
<i>Figura 9</i>	<i>Correlación de los macroinvertebrados en función del caudal.</i>	<i>47</i>
<i>Figura 10</i>	<i>Potencial de hidrogeno en época seca y húmeda.....</i>	<i>49</i>
<i>Figura 11</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función del potencial de hidrogeno.</i>	<i>50</i>
<i>Figura 12</i>	<i>Demanda bioquímica de oxígeno en época seca y húmeda.</i>	<i>52</i>
<i>Figura 13</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función de la demanda bioquímica de oxígeno.....</i>	<i>53</i>
<i>Figura 14</i>	<i>Oxígeno disuelto en época seca y húmeda.....</i>	<i>55</i>
<i>Figura 15</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función del oxígeno disuelto.</i>	<i>56</i>
<i>Figura 16</i>	<i>Fosfato en época seca y húmeda.</i>	<i>58</i>
<i>Figura 17</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función del fosfato.....</i>	<i>59</i>
<i>Figura 18</i>	<i>Nitrato en época seca y húmeda.....</i>	<i>61</i>
<i>Figura 19</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función del nitrito.....</i>	<i>62</i>
<i>Figura 20</i>	<i>Dureza en época húmeda y seca.</i>	<i>64</i>
<i>Figura 21</i>	<i>Correlación de macroinvertebrados en función de la dureza.....</i>	<i>65</i>
<i>Figura 22</i>	<i>Promedio de macroinvertebrados en función de los puntos de monitoreo.</i>	<i>69</i>
<i>Figura 23</i>	<i>Recolección de macroinvertebrados en el punto 1, época seca.....</i>	<i>83</i>
<i>Figura 24</i>	<i>Recolección de macroinvertebrados en el punto 3, época húmeda.</i>	<i>84</i>

<i>Figura 25</i>	<i>Recolección de macroinvertebrados en el punto 6, época seca.</i>	85
<i>Figura 26</i>	<i>Recolección de muestra fisicoquímica en el punto 5, época húmeda.</i>	86
<i>Figura 27</i>	<i>Recolección de muestra fisicoquímica en el punto 3, época húmeda.</i>	86
<i>Figura 28</i>	<i>Medición de la distancia del río en el punto 5, época seca.</i>	87
<i>Figura 29</i>	<i>Medición de la temperatura insitu en el punto 4, época húmeda.</i>	87
<i>Figura 30</i>	<i>Identificación de macroinvertebrados de época seca laboratorio UNC, Celendín.</i>	88
<i>Figura 31</i>	<i>Identificación de macroinvertebrados de época seca laboratorio UNC, Celendín.</i>	88
<i>Figura 32</i>	<i>Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín.</i>	89
<i>Figura 33</i>	<i>Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín.</i>	89
<i>Figura 34</i>	<i>Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín.</i>	90
<i>Figura 35</i>	<i>macroinvertebrados familia elmidae.</i>	91
<i>Figura 36</i>	<i>Macroinvertebrados familia chironomidae.</i>	91
<i>Figura 37</i>	<i>Macroinvertebrados familia baetidae.</i>	92
<i>Figura 38</i>	<i>Macroinvertebrados familia ceratopogonidae.</i>	92
<i>Figura 39</i>	<i>Macroinvertebrados familia ceratopogonidae.</i>	93
<i>Figura 40</i>	<i>Macroinvertebrados familia lumbrecidae.</i>	93
<i>Figura 41</i>	<i>Macroinvertebrados familia chironomidae.</i>	94
<i>Figura 42</i>	<i>Macroinvertebrados familia philopotamidae.</i>	94
<i>Figura 43</i>	<i>Macroinvertebrados familia leptohyphidae.</i>	95
<i>Figura 44</i>	<i>Parámetros fisicoquímicos de época seca.</i>	96
<i>Figura 45</i>	<i>Parámetros fisicoquímicos de época seca.</i>	97
<i>Figura 46</i>	<i>Parámetros fisicoquímicos de época húmeda.</i>	98
<i>Figura 47</i>	<i>Parámetros fisicoquímicos de época húmeda.</i>	99

RESUMEN

Se evaluó la calidad del agua del río Tingo - Maigasbamba mediante la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos, durante la época seca y húmeda en el año 2022; se determinó la calidad del agua mediante los índices bióticos: Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT), Índice Biótico Andino (ABI) y el BMWP/Col; se obtuvo como resultado la identificación de 274 macroinvertebrados en la época seca y 273 macroinvertebrados en la época húmeda, pertenecientes a 9 órdenes y 9 familias, distribuidos en 6 puntos de monitoreo; el índice EPT que presenta una calidad de agua “muy pobre” en la época seca y “pobre y muy pobre” en la época húmeda, el índice ABI presenta una calidad de agua “malo” en la época seca y “malo y pésimo” en la época húmeda, el índice BMWP/Col presenta una calidad de agua “crítica y muy crítica” en la época seca y húmeda. Se evaluó los parámetros fisicoquímicos como: temperatura (T°), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto (OD), conductividad eléctrica (CE), fosfato (PO_4^{3-}), nitrato, dureza y caudal; los cuales se encuentran dentro de los estándares de calidad ambiental para agua estipulados en la normativa peruana, a excepción de la CE en los puntos de monitoreo P2, P3 y P4 de ambas épocas y P5 y P6 de la época seca, fosfato en los punto monitoreo P1 de la época húmeda y P2, P3, P4, P5 y P6 de ambas épocas y nitrato en los puntos monitoreo P1, P4, P5 y P6 de la época húmeda y P2 y P3 de ambas épocas no que cumplen con el ECA.

Palabras claves: Río Tingo - Maigasbamba, Hualgayoc, calidad del agua, macroinvertebrados bentónicos.

ABSTRACT

The water quality of the Tingo - Maigasbamba River was evaluated through the presence of benthic macroinvertebrates and physicochemical parameters, during the dry and wet season in 2022; Water quality was determined using biotic indices: Ephemeroptera Plecoptera and Trichoptera (EPT), Andean Biotic Index (ABI) and BMWP/Col; The result was the identification of 274 macroinvertebrates in the dry season and 273 macroinvertebrates in the wet season, belonging to 9 orders and 9 families, distributed in 6 monitoring points; the EPT index that presents a “very poor” water quality in the dry season and “poor and very poor” in the wet season, the ABI index presents a “bad” water quality in the dry season and “bad and terrible” In the wet season, the BMWP/Col index presents a “critical and very critical” water quality in the dry and wet season. The physicochemical parameters were evaluated such as: temperature (T°), hydrogen potential (pH), biochemical oxygen demand (BOD_5), dissolved oxygen (DO), electrical conductivity (EC), phosphate (PO_4^{3-}), nitrate, hardness and flow; which are within the environmental quality standards for water stipulated in Peruvian regulations, with the exception of the CE at monitoring points P2, P3 and P4 of both seasons and P5 and P6 of the dry season, phosphate at points monitoring P1 of the wet season and P2, P3, P4, P5 and P6 of both seasons and nitrate at monitoring points P1, P4, P5 and P6 of the wet season and P2 and P3 of both seasons that do not comply with the ECA.

Key words: Tingo River - Maigasbamba, Hualgayoc, water quality, benthic macroinvertebrates.

CAPITULO I

INTRODUCCIÓN

La fuente de agua superficial del río Tingo - Maigabamba representa el elemento vital para satisfacer sus necesidades de la población de las comunidades del Tingo, Pujupe, Muya, el Cumbe y Maigabamba en la provincia de Hualgayoc, más aún cuando este recurso se utiliza para diferentes actividades, entre los de mayor importancia están de abastecimiento en el uso poblacional, agrícola, pecuario, minero, industrial y mantenimiento de especies silvestres de flora y fauna.

Paredes (2004) menciona “que el agua es uno de los recursos y componentes ambientales más importantes en nuestro planeta; en la actualidad la evaluación de la calidad es diagnosticada a través de análisis bacteriológicos y fisicoquímicos que proporcionan información indirecta y puntual” (pp. 17 - 22).

La preocupación por el cuidado y protección de las aguas superficiales ha ido en aumentos en los últimos años, planteando diversas actividades dentro de las cuales podemos mencionar a los estudios de investigación relacionados con sus características físicas, químicas y biológicas para dar a conocer la calidad del agua superficial, (Rivera, 2010, p. 162), “así mismo, el hombre a lo largo de la historia siempre ha buscado asentarse donde podía disponer de fuentes de agua limpia” (Margalef, 1993, p. 290).

Según Henze et al. (2008) “el creciente interés por conocer y proteger los ecosistemas fluviales y estudiar sus cambios en el tiempo, ha estimulado en las últimas décadas el desarrollo de criterios biológicos que permitan estimar el efecto de las intervenciones humanas en ellos” (p. 28).

La principal problemática del río Tingo - Maigasbamba es el vertimiento de relaves minero y las diversas actividades antrópicas lo que ha venido alterando la calidad del agua, es por ello que se planteó como objetivo principal determinar la calidad del agua del río Tingo - Maigasbamba al correlacionar la presencia de macroinvertebrados bentónicos y los parámetros fisicoquímicos; además se planteó como objetivos específicos determinar la calidad del agua mediante los índices Ephemeroptera Plecoptera y Trichoptera (EPT), el Índice Biótico Andino (ABI), Índice BMWP/Col en el río Tingo - Maigasbamba Hualgayoc y determinar los parámetros fisicoquímicos, temperatura T° , conductividad eléctrica (CE), Caudal (Q), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto (OD), fosfato (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3^-) y dureza ($CaCO_3$), del río Tingo - Maigasbamba Hualgayoc. A través de esta investigación nos permite dar a conocer a la población sobre la situación actual del recurso hídrico el mismo que aprovechan y utilizan diariamente para diferentes actividades como el riego de cultivos, la ganadería y otras actividades.

CAPITULO II

REVISIÓN BIBLIOGRÁFICA

2.1. Antecedentes de la Investigación

Rosenberg et al. (2006) indica que dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo destacan los macroinvertebrados bentónicos ($> 500 \mu\text{m}$), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, están:

- presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos;
- su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente;
- los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y
- la disponibilidad de métodos e índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo. (pp. 773 - 783)

Los métodos que consideran a los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad del agua han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Muchos de ellos tienen su origen en trabajos de investigación en los que se propusieron el Sistema Saprobioótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), y uno de ellos es el método: Biological Monitoring Working Party (BMWP). (Gonzales et al., 2014, p. 39)

Según Chará et al. (2007) quien realizó un estudio en la cuenca del río La Vieja - Colombia, con el objetivo de evaluar y comparar las características bióticas y abióticas de quebradas con dominancia de pasturas y quebradas con protección de corredores ribereños y sin ellos. Determinó que las quebradas con corredores ribereños presentaron menor turbidez, demanda biológica de oxígeno (DBO₅), coliformes y mayor diversidad de sustratos y porcentaje de piscinas que las quebradas sin protección; la abundancia relativa de macroinvertebrados de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) combinados fue mayor en las quebradas protegidas; los corredores ribereños demostraron su utilidad en la reducción del impacto negativo del pastoreo en microcuencas pequeñas de la cuenca del río la Vieja, al disminuir el deterioro de la calidad del agua y proveer un hábitat físico más favorable para la fauna acuática. (pp. 72 - 79)

También Patiño (2016) en su estudio realizado, y teniendo en cuenta que los muestreos se realizaron en época de lluvias, se tiene mayor abundancia de las familias Simuliidae, Psephenidae y Calamoceratidae indicadores de aguas oligotróficas es decir aguas claras pero bajas en nutrientes. La quebrada La Vieja en el tramo de estudio obtiene calidad de agua buena, para el tramo de la zona urbana la calidad baja esto se deduce ya que el número de individuos identificados fue mínimo y los encontrados tienen adaptaciones a cuerpos de agua con contaminación, a diferencia de los puntos en la zona de reserva los cuales se encontraron en su mayoría Trichopteros los cuales requieren de aguas oxigenadas y limpias. (p. 89)

De acuerdo con el estudio realizado por Morelli y Verdi (2014) en los cursos de agua dulce con vegetación ribereña nativa de Uruguay, con el objetivo de determinar la composición y estructura trófica de la comunidad de macroinvertebrados, y a la vez también encontrar la relación con algunos parámetros fisicoquímicos en los ríos donde

el bosque nativo se encuentra bien conservado, recolectaron muestras entre los meses de diciembre de 2006 a diciembre de 2007, además realizaron evaluaciones in situ de algunos parámetros fisicoquímicos, tales como temperatura, oxígeno disuelto, pH y conductividad eléctrica. En donde Registraron un total de 1 291 individuos de macroinvertebrados pertenecientes a 92 taxones, las taxas más abundantes fueron Ephemeroptera (36%), Amphipoda (17%) y Coleoptera (12%); además, mencionan que los ríos muestran una gran diversidad y una baja abundancia, también indican que la conductividad, pH y temperatura fueron los factores principales en la determinación de la distribución y composición de los macroinvertebrados. (pp. 1160 - 1175)

En el trabajo de trabajo de investigación realizado en los ríos de la cuenca del río Limarí del país de Chile. Se indica que la comunidad de macroinvertebrados presenta un patrón de distribución determinado principalmente por los factores hidro morfológicos y parámetros fisicoquímicos. (Carvancho, 2012, p. 70)

Desde el punto de vista de Zurita (2016) en su estudio de tesis realizado en la microcuenca del río Atapo – Pomachaca Parroquia Palmira En el país de Ecuador. Finalizo indicando que la evaluación comparativa de los resultados muestra que no existe una dependencia del índice de calidad del Agua, ICA con la presencia de macroinvertebrados. (p. 123)

Según Teves (2016) con su estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Cagra" lo realizo en el río Cañete, Región Lima, en épocas de lluvias y estiaje definiendo 6 estaciones de monitoreo, utilizo técnicas volumétricas, gravimétricas e instrumentales. En conclusión, indica que los parámetros analizados en el río Cagra no sobrepasan los índices establecidos en el estándar nacional de calidad ambiental para agua destinada a riego de vegetales y bebida para animales. (p. 321)

También Acosta (2009) realizó un estudio de tesis de la cuenca altoandina del Río Cañete; finalizó concluyendo que, en la gradiente altitudinal estudiada, la diversidad de macroinvertebrados de la cuenca presentó un patrón de distribución como altitud y orden del río; sin embargo, en otros casos, dicho patrón estuvo fuertemente modificado por factores locales como la calidad del hábitat fluvial, la vegetación de ribera y los usos de tierra. (pp. 401 - 425)

Por su parte Custodio y Chamame (2013) en su estudio del río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín-Perú. Concluyeron mencionando que los parámetros fisicoquímicos e indicadores bacteriológicos de la calidad del agua del río Cunas fueron determinados, según el sector, época de muestreo y están en el rango de los estándares de calidad ambiental para agua de ríos de la Sierra; especialmente para las categorías III y IV (riego de vegetales y bebida de animales y, conservación del ambiente acuático). También indicaron que los mayores porcentajes de macroinvertebrados lo presentaron los órdenes Díptera (46,05%) y Ephemeroptera (37,87%), contribuyendo con el 83,92% del total de los taxa encontrados durante su estudio. (p. 234)

También Linares (2018) en su proyecto realizado en los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca concluye que se identificaron 6 órdenes y 16 familias del índice MIB, entre las que más destacan son Leptophlebiidae, Gripopterygidae, Leptoceridae, Hydrobiosidae, Hyalellidae, Chironomidae, en cuanto a la aplicación de los índices bióticos, el índice ETP obtuvo una calidad pobre, con respecto al índice BMWP/Bol y BMWP/Col, tienen una calidad crítica, y finalmente con los índices ABI y CERA representa una calidad moderada, respectivamente; También realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: temperatura, pH conductividad eléctrica, y oxígeno disuelto, mostrando como resultados la mayoría de estos parámetros dentro de límites aceptables con respecto a la

normatividad peruana, a excepción del pH, en los puntos P1 y P2 prestando una condición de acidez y en P5 y P6 con una condición alcalina, por otro lado el oxígeno disuelto, del P6 en el mes de julio, mostrándose debajo de la subcategoría D2 correspondiente a bebida de animales y riego de vegetales, lo cual muestra que no se está cumpliendo con los parámetros de acuerdo al D.S.N°0042017.MINAM). (p. 181)

En el estudio de la calidad del agua en función a los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos que se llevó a cabo en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín-2018, Concluyo que la presencia de macroinvertebrados bentónicos muestra que la calidad del agua del río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín, según el índice de: EPT es baja; ABI, es mala; de BMWP/Col, es crítica y en el índice IBF es muy mala. También, indicando que los parámetros fisicoquímicos como el pH, la temperatura, conductividad eléctrica, oxígeno disuelto, nitritos/nitratos y la dureza total no cumplen con estándares de calidad ambiental ECA establecidos en el DS N° 004-2017 MINAM. (Hoyos, 2019, p. 79)

Por otra parte, la tesis para identificar la caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del río Grande Celendín – Cajamarca se concluyó indicando que algunos parámetros fisicoquímicos no cumplen con los Estándares de Calidad Ambiental para Aguas en la Categoría 3 que es para uso de (riego de vegetales y bebida de animales), establecidas en el Decreto Supremo N° 015-2015- MINAM, a excepción de los parámetros de conductividad eléctrica y temperatura considerados en este estudio. (Muñoz, 2016, p. 109)

También en el estudio de investigación que se realizó en el río Mashcon - Cajamarca, en el periodo de los meses de enero a mayo del año 2016, con su objetivo de determinar la influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua. En donde Como resultado obtuvieron que el 77,5% de las locaciones poseen una calidad de agua

“excelente” según el índice WATQI, según el ABI el 55% de locaciones poseen un estado ecológico de macroinvertebrados entre “muy bueno” y “bueno”, mientras que el 82,1% de los tramos de vegetación ribereña presentan entre “mala calidad” y “calidad pésima” según el índice QBR. Estadísticamente no se pudieron corroborar la relación existente entre presencia de vegetación ribereña y la mejora de algunos parámetros físico - químicos. (Silva, 2016, p. 122)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Calidad del Agua

Según Arana (2008) indica que la calidad del agua está definida en función de un conjunto de características fisicoquímicas y microbiológicas, así como de variables de aceptación o rechazo. La calidad fisicoquímica del agua se basa en la determinación de sustancias químicas específicas que pueden afectar a la salud, tras cortos o largos periodos de exposición. (pp. 123 - 148)

Por su parte Kiely (2001) menciona que se entiende por calidad natural del agua al conjunto de características físicas, químicas y bacteriológicas que presenta el recurso en su estado natural en los ríos, lagos, manantiales, en el subsuelo o en el mar. La calidad del agua no es un término absoluto; es algo que siempre dice en relación con el uso o actividad a que se destina: calidad para beber, calidad para riego. (p. 409)

2.2.2. Factores que Influyen en la Calidad del Agua

Arana (2008) en su investigación explora los factores, actividades, procesos y condiciones sociales que están incidiendo en la cantidad y calidad del agua. En general, el agua depende del tiempo de viaje del agua (y de los contaminantes), la cantidad relativa de contaminantes que pueden alcanzar al agua subterránea, y de la capacidad de atenuación de contaminantes de los materiales geológicos. Como toda agua está hidráulicamente conectada a la superficie terrestre, es la efectividad de esta conexión la

que determina la vulnerabilidad relativa a la contaminación. El agua que recibe fácil y rápidamente agua (y contaminantes) se considera más vulnerable que el agua que recibe agua (y contaminantes) más lentamente y en menores. (pp. 123 - 148)

Por su parte Martínez y Quintal (s. f.) indica que Los factores que influyen en la calidad del agua, Principalmente son las siguientes:

- **Actividades Agrícolas:** En esta actividad Se tuvo en cuenta, Abonos agrícolas; que son minerales y orgánicos. En ambos casos, la contaminación producida es debida principalmente al aporte de nitratos. La aplicación excesiva e incorrecta de abonos, y las prácticas de riego poco eficientes, favorecen el lavado de nitratos y su incorporación al acuífero Plaguicidas agrícolas; con este nombre se denominan los compuestos químicos utilizados en el control y destrucción de las plagas y enfermedades de las plantas. Los primeros plaguicidas sintéticos aparecieron en la década de 1940. Muchos de ellos son compuestos de notable resistencia a la degradación, en sí mismos, o en algunos de sus productos de descomposición, y en especial los más antiguos.
- **Actividades Ganaderas:** En estas actividades comenta que en los EE. UU. se producen 130 veces más residuos provenientes de la ganadería, que los correspondientes a los generados por sus habitantes.
- **Actividades Domesticas:** Aquí se trata de una contaminación orgánica, biológica y mineral, originada por fosas sépticas, pozos negros, fugas de sistemas de alcantarillado, vertido indiscriminado de aguas residuales, etc. También se incluye la contaminación derivada de la utilización de productos químicos de uso doméstico, tales como los detergentes y blanqueantes en sus diversas versiones. (p. 10)

2.2.3. Métodos para Determinar la Calidad del Agua

- **Método Físicoquímico.**

Arana (2008) menciona que este es el único método en determinar los contaminantes presentes en el agua, se refiere a la medida de parámetros físicoquímicos del agua. La valoración de la calidad del agua solamente por este método no ofrece datos sobre la alteración biótica del agua. (pp. 123 - 148)

- **Método Biológico.**

Arana (2008) quien se basa principalmente en la composición de comunidades de especies específicas, hace uso de organismos vivos como indicadores de la calidad del agua, entre estos organismos los más utilizados son las comunidades de macroinvertebrados acuáticos en estudios de la calidad del agua en ríos. Estos individuos son identificados con los índices bióticos. Este método es complementa al método físicoquímico debido a que los seres vivos pueden integrar periodos largos en el tiempo, a comparación de los métodos físicoquímicos que son más puntuales en mostrar la calidad del agua. (pp. 123 - 148)

2.2.4. Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT)

Carvancho (2012) teniendo en cuenta que en este índice hay tres familias que son las más sensibles a la contaminación, el cual consiste en la contabilización de las familias de macroinvertebrados considerados como indicadores de calidad de agua, especialmente los órdenes Ephemeroptera, Plecóptera y Trichoptera. (p. 70)

Para Domínguez y Fernández (2009) menciona que los Ephemeropteros son los insectos más primitivos y antiguos de todos los insectos existentes. Los ciclos biológicos varían según las distintas especies y regiones en las que viven. Hay especies que tienen ciclos muy cortos, que se determinan rápidamente durante las cortas

estaciones favorables a altas latitudes, mientras que hay otras que son mucho más largas en lugares tropicales, con generaciones no estacionales en los trópicos, con la presencia de adultos durante todo el año. (pp. 649 - 656)

Por su parte Theischinger y Watson (1991) comenta que los plecoptera son un pequeño orden de insectos acuáticos, de los cuales se han descrito en el mundo alrededor de 2000 especies, está considerado dentro de los grupos más primitivos de aspecto ortopteroide. Se distribuye en todos los continentes excepto la Antártida, y desde el nivel del mar hasta 5600m en el Himalaya. (pp. 275 - 280)

Para Springer (2010) “el orden Trichóptera representa uno de los más diversos y abundantes grupos de los insectos acuáticos, encontrados en casi todos los ecosistemas lenticos y lóticos. A nivel mundial se han descrito 13500 especies aproximadamente y 2530 en la región Neotropical” (pp. 53 - 59).

Springer, (2010) “respecto a su ciclo de vida señala que los trichópteros son insectos que pasan por los estados de huevo, larva, pupa y adulto (holometábolos), de los cuales solamente el último es terrestre” (pp. 53 - 59).

2.2.5. Índice Biótico Andino (ABI)

Para Acosta (2009) el ABI es un índice biótico que sirve para evaluar la calidad del agua y la integridad ecológica de ecosistemas acuáticos andinos. Este índice se construye asignando valores numéricos entre 1 y 10 a cada familia registrada durante un muestreo, dependiendo de su nivel de tolerancia a la contaminación. En esta escala, el valor de 1 se asigna a las familias más tolerantes y el de 10 a las familias más sensibles. La suma de los puntajes de todas las familias encontradas en un sitio determinado equivale al puntaje ABI total, el cual es un indicador de la calidad de agua de dicho sitio. (pp. 401 - 425)

Por su parte Roldan (2003) hace mención que la principal ventaja de utilizar el índice ABI es que permite utilizar a los macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua, a partir de información taxonómica a nivel de familia y es específico para las zonas andinas (> 2 000 msnm). Además, la metodología requiere solo de datos cualitativos, (presencia o ausencia de familias), lo que hace de ella una alternativa económica, sencilla y que requiere de poca inversión de tiempo. (p. 170)

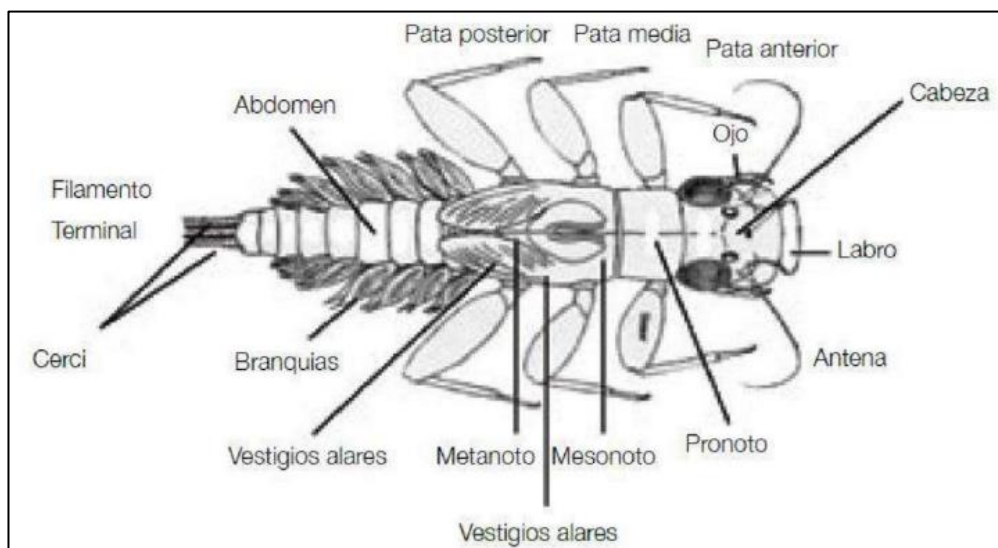
2.2.6. Índice Biological Monitoring Working Party (BMWT/col)

Según Tercedor (1996) menciona que el índice (BMWP/col) es de fácil utilización y aplicabilidad, las familias de los macroinvertebrados acuáticos se ordenan en 10 grupos siguiendo un gradiente de menor a mayor tolerancia a la contaminación. A cada familia se le hace corresponder una puntuación que oscila entre 10 y 1. Con este sistema de puntuación es posible comparar la situación relativa entre estaciones de muestreo. (p. 262)

2.2.7. Partes de un Macroinvertebrado.

Figura 1

Macroinvertebrado en estado larval



Nota: Herrera (2006).

2.2.8. Temperatura (T°)

Canter (2000) comenta que la temperatura del agua es un parámetro muy importante debido a su influencia, tanto sobre el desarrollo de la vida acuática como sobre las reacciones químicas y velocidades de reacción, así como la aptitud del agua para ciertos usos útiles. (p. 101)

2.2.9. Conductividad Eléctrica (CE)

Según Boards (2015) la conductividad eléctrica, es la capacidad del agua para conducir una corriente eléctrica a través de los iones disueltos. Los iones más positivos son sodio (Na^+), calcio (Ca^{+2}), potasio (K^+) y magnesio (Mg^{+2}). Los iones más negativos son cloruro (Cl^-), sulfato (SO_4^{-2}), carbonato, bicarbonato. Las sales disueltas en agua se descomponen en iones cargados positiva y negativamente. Los nitratos y fosfatos no contribuyen de forma apreciable a la conductividad, aunque son muy importantes biológicamente. (p. 4)

2.2.10. Potencial de Hidrógeno (pH)

Según Domínguez y Fernández (2009) la conductividad eléctrica es la concentración relativa de los iones hidrógeno en el agua, Indica si ésta actuará como un ácido débil, o si se comportará como una solución alcalina. Es una medición valiosa para interpretar los rangos de solubilidad de los componentes químicos. Esta mide la acidez o la alcalinidad del agua. La actividad del ion hidrógeno puede afectar directa o indirectamente la actividad de otros componentes presentes en el agua, EL pH constituye un parámetro de importancia para la descripción de los sistemas biológicos y químicos de las aguas naturales. (pp. 649 - 656)

2.2.11. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO_5)

Es la descarga de materia orgánica contaminante, un cuerpo de agua crea una acción de purificación natural a través del proceso de oxidación bioquímica. La

oxidación bioquímica es un proceso microbiológico que utiliza las sustancias contaminantes como una fuente de carbón, mientras consume el oxígeno disuelto en el agua para la respiración. La autodepuración de los ríos depende de muchas condiciones, incluida la temperatura y la naturaleza de la materia orgánica. (Orjuela, 2013, p. 7)

2.2.12. Oxígeno Disuelto (OD)

Para Prieto (2004) el oxígeno disuelto es la cantidad de oxígeno presente en el agua el cual es esencial para los riachuelos y lagos saludables; puede ser un indicador de cuanto está contaminado el agua y cuánto puede dar soporte esta agua a la vida vegetal y animal. Generalmente, un nivel más alto de oxígeno disuelto indica agua de mejor calidad. Si los niveles de oxígeno disuelto son demasiado bajos, algunos peces y otros organismos no pueden sobrevivir. Este indicador depende de la temperatura, puesto que el agua más fría puede guardar más oxígeno en ella, que el agua más caliente. (p. 280)

2.2.13. Fosfato (PO_4^{3-})

Según Sánchez (2007) las especies de fósforo más comunes en aguas naturales incluyen compuestos inorgánicos y orgánicos disueltos o suspendidos. En donde las especies inorgánicas incluyen ortofosfatos, polímeros lineales o polifosfatos y polímeros cíclicos o meta fosfatos y los compuestos orgánicos comprenden ésteres, fosfonatos, ácidos nucleicos. (p. 293)

2.2.14. Nitratos (NO_3^-)

Los nitratos y nitritos son iones que existen de manera natural y que forman parte del ciclo del nitrógeno. Los niveles naturales de nitratos en aguas superficiales y subterráneas son generalmente de pocos miligramos por litro. En muchas aguas Superficiales, se ha observado un incremento de los niveles de nitratos debido a la intensificación de las prácticas agrícolas y ganaderas. Amplios datos epidemiológicos respaldan el valor pauta actual es de 10 mg/L para el nitrato-nitrógeno que fue propuesto

por la Organización Mundial de la Salud. Sin embargo, este valor no debe ser expresado en base al nitrato nitrógeno sino en base al nitrato en sí mismo, puesto que es la especie química que presenta peligro para la salud, y el valor pauta para el nitrato es por lo tanto 50 mg/L. (Organización Mundial de la Salud [OMS], 2006, p. 408)

2.3. Definición de Términos Básicos

2.3.1. *Bentos*

Según Roldan (2008) se refiere a todos aquellos organismos que viven en el fondo los lagos y ríos, en donde están adheridos a piedras, rocas, troncos restos de vegetación y sustratos similares, los principales ordenes representantes son Ephemeroptera, Plecóptera, Trichoptera, Megaloptera y Díptera. Algunos pueden también encontrarse enterrados en el fondo a vas centímetros de profundidad, como la familia Ephemeroptera. Otros, como la familia Blephariceridae (Díptera), se adhieren fuertemente a rocas mediante un sistema de ventosas en el abdomen. (p. 226)

2.3.2. *Indicador de Contaminación*

Lo que menciona la Directiva Marco del Agua, (Directiva 2000/60/CE, DMA), Que existen diferentes tipos de indicadores biológicos de ecosistemas fluviales, como microorganismos, macrófitos o peces, uno de los grupos más utilizado y establecido son los macroinvertebrados acuáticos, esto se debe a diferentes razones; tienen una elevada diversidad, Son fáciles de muestrear, Sus diferentes taxones presentan requerimientos ecológicos diferentes, Sus protocolos de muestreo y elaboración de índices están bien estandarizados, y tienen un tiempo de vida relativamente largo, que permite integrar en el tiempo los efectos de la contaminación. (Álvarez, 2009, p. 185)

2.3.3. Bioindicador

Para Zúñiga y Cardozo (1997) menciona que “los Bioindicadores son organismos o comunidades que a través de su presencia indican el nivel de preservación o el estado de un hábitat” (p. 21).

Por su parte Morais et al. (2009) indica que “un bioindicador es aquel que tiene tolerancias ambientales estrechas, es decir, son sensibles a las alteraciones de los factores físicos y químicos del medio en el que viven” (pp. 627 - 639).

También Segnini (2003) comenta que Las especies bioindicadores son aquellas que pueden vivir bajo condiciones ambientales relativamente particulares. También menciona que los bioindicadores miden los efectos de la contaminación en el ambiente y en los propios seres vivos, por ende, ofrecen información sobre los riesgos para otros organismos, el ecosistema y también para el ser humano. (p. 76)

2.3.4. Contaminación de Ríos

Según Mata (1998) explica de una forma relativamente sencilla, que la contaminación de los ríos vendría a consistir en la incorporación de materiales considerados como extraños al agua tales como (productos químicos, microorganismos, aguas residuales, residuos industriales y otros), estas materias actúan perjudicando la calidad del agua, de forma que la hacen inútil para muchos de los usos que se llevan a cabo hoy. Los agricultores usan el agua para el ganado y para irrigar la tierra. Los desechos de los animales contaminan los ríos. El uso indebido de fertilizantes contamina las aguas. Las grandes ciudades y las Industrias son los principales contaminadores del agua. (p. 1)

También Montes (2013) menciona que otro de los factores que influye negativamente en la calidad de los ríos, principalmente en los países de alta producción agrícola, es la utilización indiscriminada y sin protocolos establecidos de insecticidas y

herbicidas, los cuales muchas veces son esparcidos por fumigaciones por medio de aviones, cayendo parte de estos en los ríos, sumándose a esto el lavado de los restos también han producido mortandad de peces en los cursos de agua. (p. 160)

2.3.5. Consecuencia de la Contaminación de los Ríos

Según Mata (1998) el daño a una cuenca hídrica suele manifestarse por la evidente pérdida de la biodiversidad en el ecosistema acuático, afectando a la calidad de vida de los individuos allí habitantes, inclusive incrementado la muerte masiva de los mismos, en casos de intoxicaciones agudas. Eso sin contar con algunos de los principales contaminantes de los ríos, tales como: aguas industriales, aguas residuales y otros residuos que tienden a demandar oxígeno; productos químicos y nutrientes vegetales. Estos ingresan al organismo a través del consumo de peces que habitan en aguas contaminadas o ante una intoxicación crónica de la sustancia dañina. (p. 1)

CAPITULO III

MATERIALES Y MÉTODOS

3.1. Ubicación

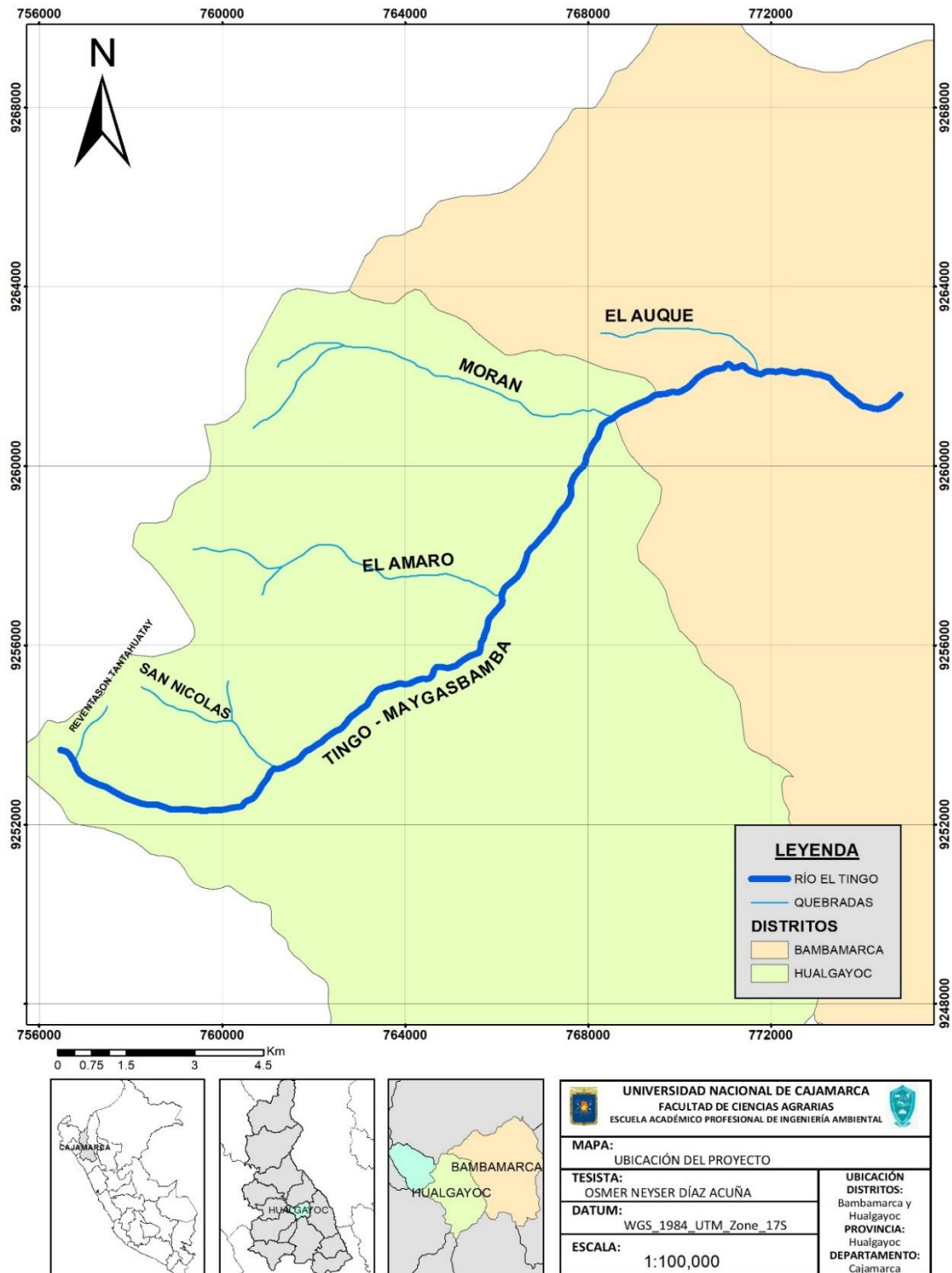
El trabajo de investigación se realizó en el río Tingo - Maigasbamba en el tramo comprendido entre los distritos de Hualgayoc y Bambamarca de la provincia de Hualgayoc departamento de Cajamarca. La longitud que se estudio es de 24.4 km, donde el punto de inicio es en el distrito de Hualgayoc, el lugar denominado Reventazón Tantahuatay con las siguientes coordenadas 756838E y 9253206N y el punto final ubicado en el distrito de Bambamarca en el lugar denominado desembocadura al río Llaucano con coordenadas 774582E y 9261356N.

3.1.1. Ubicación de los puntos de monitoreo

Los puntos de monitoreo en el tramo de estudio Hualgayoc – Bambamarca del río Tingo - Maigasbamba. Se realizó en seis estaciones de muestreo, los lugares tienen los siguientes nombres. P1, Reventazón Tantahuatay; P2, San Nicolas; P3, El Amaro; P4, Quebrada Moran; P5, Quebrada Auque, y P6, Desembocadura Llaucano. Según como se especifica en la tabla 1.

Figura 2

Ubicación del río Tingo - Maigasbamba Hualgayoc - Bambamarca



Nota: La figura muestra el tramo de recorrido del río Tingo - Maigasbamba con sus tributarios en los distritos de Hualgayoc - Bambamarca en el año 2022.

Tabla 1*Ubicación de los puntos de Monitoreo Año 2022*

Río	Código Estación	Lugar	Coordenadas (UTM WGS84)		Altitud (msnm)
			Norte	Este	
Tingo - Maigasbamba	E1	Reventazón Tantahuatay	9253206	756838	3821
	E2	San Nicolás	9253342	761455	3547
	E3	El Amaro	9257360	766260	3129
	E4	Moran	9261243	768783	2901
	E5	Auque	9262120	771991	2617
	E6	Desembocadura Llaucano	9261356	774582	2496

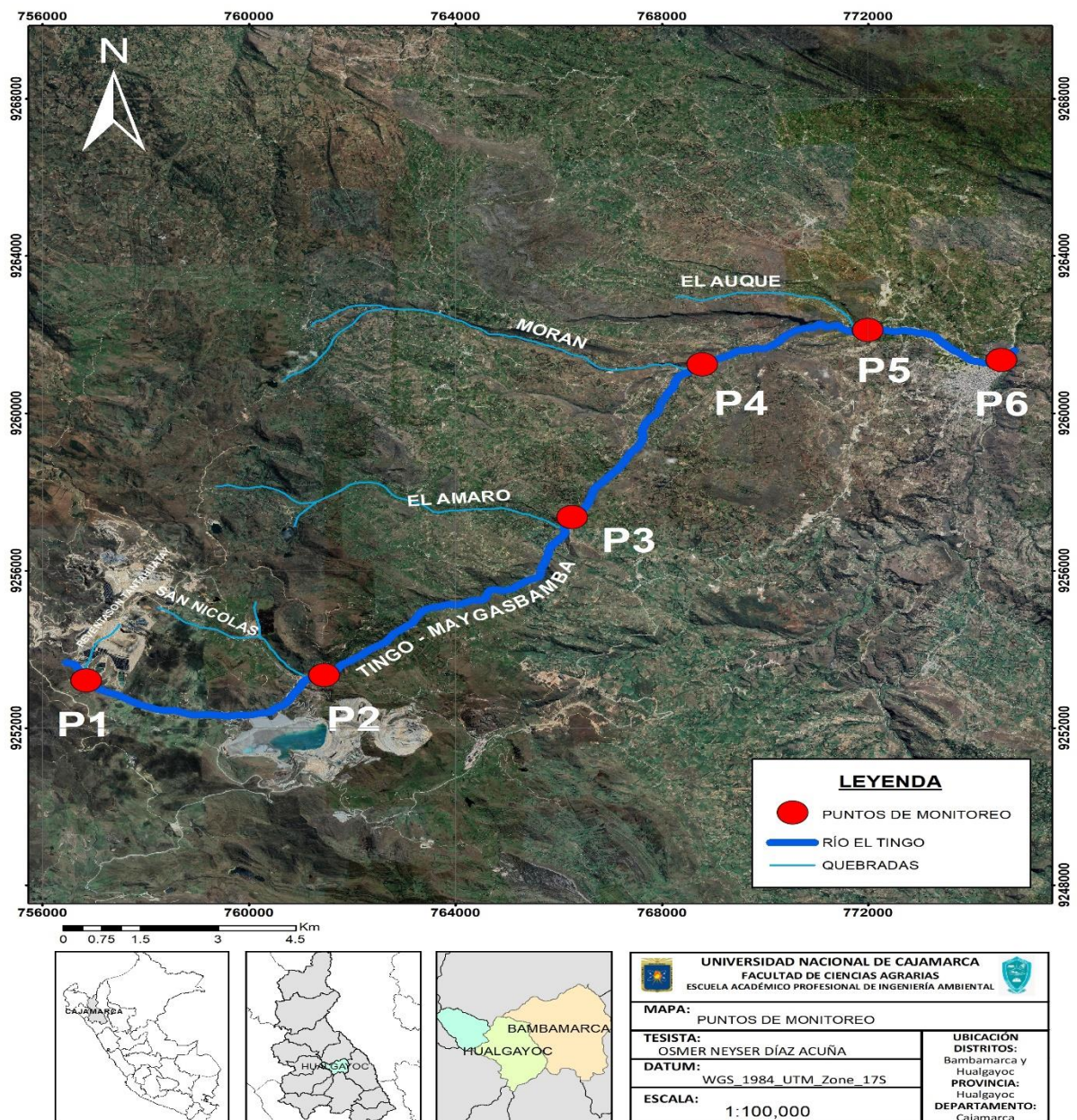
Nota: Datos tomados del software ArcGIS para la identificación de puntos de monitoreo.

- **E1. (Reventazón Tantahuatay):** Es el primer punto de monitoreo el cual se encuentra situado en la cabecera de cuenca del caserío el Tingo distrito Hualgayoc, Espaldas de la Unidad Minera Tantahuatay.
- **E2. (San Nicolás):** Es el segundo punto de monitoreo ubicado en la unión de la quebrada San Nicolas con el río Tingo - Maigasbamba, Situado en el caserío denominado el Tingo distrito de Hualgayoc.
- **E3. (El Amaro):** Es el tercer punto de monitoreo ubicado en la unión de la quebrada el Amaro con el río Tingo - Maigasbamba, situado en el caserío denominado el Palo Blanco distrito Hualgayoc.
- **E4. (Moran):** Es el cuarto punto de Monitoreo ubicado en la unión de la quebrada Moran con el río Tingo - Maigasbamba, situado en el lugar denominado el Cumbe distrito Bambamarca.
- **E5. (Auque):** Es el quinto punto de monitoreo ubicado en la unión de la quebrada el Auque con el río Tingo - Maigasbamba, situado en el Caserío denominado El Frutillo distrito Bambamarca.

- **E6. (Desembocadura Llaucano):** Es el sexto y último punto de monitoreo ubicado en la desembocadura del río Tingo - Maigasbamba hacia el río Llaucano situado a espaldas de la ciudad de Bambamarca distrito Bambamarca.

Figura 3

Ubicación de los puntos de Monitoreo del río Tingo - Maigasbamba



Nota: La figura muestra la ubicación exacta de cada uno de los puntos de monitoreo en todo el tramo del río Tingo - Maigasbamba de los distritos Hualgayoc - Bambamarca.

3.2. Materiales

3.2.1. Material y Equipo de Laboratorio

Los equipos y materiales fueron provistos por el laboratorio en el que se realizara los análisis. (Laboratorio Regional del Agua Cajamarca).

3.2.2. Equipos

- Cámara Fotográfica, Canon Réflex EOS T100 55MM KIT.
- Estereoscopio, OMAX.
- Navegador GPS, GARMIN ETREX.
- Cronometro, Casio HS-80TW.

3.2.3. Materiales para Recolección de Datos

- Malla Suber.
- Espátula.
- Pinzas.
- Pinceles.
- Espátula.
- Wincha
- Termómetro digital 1000404832
- Bandeja de plástico.
- Lupa X10.
- Frascos con tapa.
- Etiquetas
- Planos de Área de monitoreo.
- Alcohol de 95°.
- Agua destilada.

- Libreta de campo.
- Folder manila.
- Papel Bon A4.
- Cinta Adhesiva.
- Laptop HP I5.
- Internet.
- Lapicero.
- Plumón indeleble.
- Borrador
- Lápiz
- Papel toalla.
- Papel absorbente.
- Guantes.
- Botas.
- Tibeck.
- Mascarilla.

3.3. Metodología

Para determinar la calidad del agua del río Tingo - Maigabamba se correlacionó la presencia de macroinvertebrados bentónicos con sus parámetros fisicoquímicos. También se determinó utilizando los índices bióticos de; Ephemeroptera Plecoptera Trichoptera (EPT), Índice Biótico Andino (ABI) y el índice (BMWP/col); se realizó tres repeticiones en las épocas húmeda (agosto) y seca (octubre). se evaluó los parámetros fisicoquímicos “temperatura (T°), conductividad eléctrica (CE), Caudal (Q), potencial

de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO₅), oxígeno disuelto (OD), fosfato (PO₄³⁻), nitratos (NO₃⁻) y dureza”.

Tabla 2

Programación de monitoreos

Parámetro	Indicador	Frecuencia de muestreo	Técnica	Repeticiones
Biológicos	EPT		Malla Surber	3 en cada punto de monitoreo
	ABI		Malla Surber	
	BMWP/Col		Malla Surber	
	Temperatura		Termómetro	
Fisicoquímicos	Conductividad Eléctrica	Época húmeda	Conductímetro	1 en cada punto de monitoreo
	Caudal	(agosto) y	Flotador	
	pH	seca	pH metro	
	Demanda bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	(octubre)	Prueba de DBO a 5 días	
	Oxígeno disuelto		Oxímetro	
	Fosfatos		Espectrofotómetro	
	Nitratos		Espectrofotómetro	
	Dureza		EDTA	

Nota: La tabla anterior representa los parámetros, los indicadores, las frecuencias, las técnicas, y las repeticiones en la programación de monitoreos.

3.3.1. Recolección de Datos para Índices Biológicos

- Se realizó tres repeticiones en cada punto de monitoreo, de acuerdo con las estaciones del año es decir en la época húmeda (agosto) y seca (octubre); se recolectaron los macroinvertebrados para su identificación, caracterización y determinar la calidad del agua de acuerdo con los índices (EPT, ABI, BMWT/col).
- Una vez georefenciado los puntos de monitoreo, se realizó la descripción de sus características principales de las zonas aledañas del río Tingo - Maigasbamba.
- Se inicio con el muestreo ingresando al río y portando botas largas de jebe, guantes, tibeck y/o guardapolvo.

- También se utilizó la malla Surber, la cual se colocó hasta el fondo y en sentido contra de la corriente del río,
- Con el apoyo de las piernas se sostuvo la malla en posición correcta, para luego remover con las manos el material de fondo a 5 cm. De profundidad, por un tiempo de 10 minutos.
- Pasado el tiempo especificado retiramos cuidadosamente la malla Surber, para depositar todo lo recolectado hacia la bandeja.
- Con el apoyo de pinzas, pinceles, colador y dedos para realizar la separación adecuada de macroinvertebrados los cuales se depositaron en frascos debidamente rotulados y con tapa.
- Las muestras fueron preservadas con alcohol al 96%, para su correcta identificación en el laboratorio, con el apoyo de guías de identificación, ayuda del estereoscopio, y de un especialista (Flores, 2014, p. 63).
- También se tomó en cuenta lo mencionado por Linares (2018) “los muestreos no deben realizarse después de lluvias intensas, puede haber pérdida de organismos locales o encontrarse otros arrastrados por la corriente, Que alteraría nuestro estudio” (p. 181).

3.3.2. Identificación de Macroinvertebrados

Luego de haber recolectado, se procedió a identificar, estudiar y clasificar los macroinvertebrados en sus respectivas familias según “Guía de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentónicos en Cajamarca” (Flores, 2014), “Guía para la evaluación de las condiciones biológicas de cuerpos de agua utilizando macroinvertebrados bentónicos” (Ministerio del medio ambiente y agua de Bolivia), “macroinvertebrados como indicadores de calidad del agua” (Roldan, 2012); se utilizó las claves dicotómica

o taxonómicas para la identificación de macroinvertebrados (ver anexos, table 26) y con los datos obtenidos se utilizó las siguientes fórmulas y tablas. (Klemm et al., 1990, Roldan, 2003, Acosta, 2009), ver (tablas 3, 4, 5).

3.3.2.1. Cálculo del índice Ephemeroptera, Plecoptera, Trichoptera (EPT).

En este índice de EPT se analiza el número total de individuos de los órdenes Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera con proporción a la abundancia total encontrada. Estos insectos mayormente son considerados como organismos de aguas de buena calidad y su presencia generalmente está relacionada a aguas limpias. (Klemm et al., 1990, pp. 125)

$$EPT = (\text{Ephemeroptera} + \text{Plecóptera} + \text{Trichoptera})$$

Dónde:

N = número de individuos de la muestra.

Tabla 3

Índice EPT

ETP	Significado	Calidad
>10	Sin impacto	Buena
6 – 10	Levemente impactado	Baja
2 – 5	Moderadamente impactado	Pobre
0 – 1	Severamente impactado	Muy pobre

Nota: Datos tomados del trabajo de investigación de Klemm et al. (1990).

3.3.2.2. Cálculo del índice Biótico Andino (ABI). Este índice biótico andino ordena las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con puntuaciones de 1 a 10, Donde el número 1 es de mayor tolerancia y el número 10 de menor tolerancia, este índice es aplicable para las zonas con una altitud mayor a 2000 msnm. (Acosta, 2009, pp. 401 - 425)

Tabla 4*Índice ABI*

ABI	CALIDAD
>74	Muy bueno
45 – 74	Bueno
27 – 44	Moderado
11 – 26	Malo
< 11	Pésimo

Nota: Acosta (2009).

3.3.2.3. Cálculo del índice Biological Monitoring Working Part

(BMWT/col). Clasifica las familias de los órdenes de macroinvertebrados en 10 niveles con las puntuaciones de 1 a 10, siendo el 1 un número de mayor tolerancia y 10 de menor tolerancia. Se calcula realizando una sumatoria de todas las familias demostrando así los niveles de calidad del agua (Roldan, 2012, pp. 136 - 182).

$$BMWP = (T1+T2+T3+T4\dots)$$

Donde:

T = Es el nivel de tolerancia.

Tabla 5*Índice BMWP/col*

BMWP	CALIDAD
101 – 150	Buena
61 – 100	Aceptable
36 – 60	Dudosa
16 – 35	Crítica
< 15	Muy Crítica

Nota: Roldan (2003).

3.3.3. Recolección de datos para índices fisicoquímicos

3.3.3.1. Métodos. Se realizó una repetición en cada punto de monitoreo, en la época húmeda y seca para los parámetros fisicoquímicos; Temperatura (T°), conductividad eléctrica (CE), Caudal (Q), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto (OD), fosfato (PO_4^{3-}), nitratos (NO_3) y dureza ($CaCO_3$).

3.3.3.2. Toma de muestras de agua. Se tuvo en cuenta lo siguiente.

- Para la lectura del valor de la temperatura, se realizó de forma inmediata según el ANA (2016). Con ayuda del termómetro introduciendo directamente a la corriente del agua se mantuvo hasta obtener un valor estable para registrar, se repitió el procedimiento en cada punto de monitoreo.
- Para tener datos aceptables y necesarios en el cálculo del caudal se realizó una medición de 5 veces el ancho y la profundidad del río, en una longitud de 20 metros, luego se deja caer una pelota de tecnopor y se calcula el tiempo de recorrido en los 20 metros, con la finalidad de obtener un promedio se repite 5 veces este procedimiento. (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático [ICC], 2017, pp. 16 - 20)
- Para la toma de muestras que se analizaron en el laboratorio se tomó en cuenta Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales de la Autoridad Nacional del Agua ANA (2016). Que indica que la muestra recolectada de la mayoría de los parámetros analizar no debe sobrepasar el tiempo estimado de 24 horas después de haberla recolectado.
- Se inicio con el muestreo ingresando al río portando botas de jebe largas, guantes, tibeck y/o guardapolvo.

- La ubicación fue en el centro de la corriente principal del punto de monitoreo, y con ayuda de las manos se retira la tapa y contratapa del envase evitando tener contacto con la parte interna para recolectar la muestra.
- Se enjuagó tres veces el envase, para luego sumergirlo a una profundidad de 10 cm en sentido contra a la corriente del agua y llenar el recipiente evitando la recolección de aguas estancadas o remoción de sedimento, y teniendo en cuenta que se debe dejar un espacio vacío del 10% del volumen total del envase.
- Posteriormente se colocó la tapa y sobre tapa al envase de recolección de muestra para luego guardarlo en el Cooler con refrigerante (ice Pak) y así asegurar su llegada en condiciones adecuadas hasta el Laboratorio Regional del Agua de Cajamarca.
- El procedimiento antes mencionado de la recolección de la muestra para análisis en laboratorio fue repetido en cada uno de los puntos de monitoreo.

Tabla 6

Metodología *para el análisis de los parámetros fisicoquímicos.*

Parámetro	Unidad	Métodos De Ensayo
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+. B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification. EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017.
Fosfato PO4-3	mg/L	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017.
Nitrato NO3	mg/L	Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography

Nota: Fuente Laboratorio Regional del Agua, 2022.

3.4. Procesamiento y análisis de datos.

En los seis puntos de monitoreo de la presente investigación de la calidad del agua del río Tingo - Maigasbamba se realizó la evaluación, identificación y clasificación de las diferentes familias de macroinvertebrados, mediante el uso de los índices bióticos (EPT, ABI, BMWP/Col); también se analizó los parámetros fisicoquímicos y la correlación entre la presencia de macroinvertebrados en función de cada uno de los parámetros fisicoquímicos.

Los datos recolectados, clasificados y procesados de macroinvertebrados bentónicos y parámetros físico químicos obtenidos, fueron las variables de nuestra investigación, luego de ello se hizo uso de los software Excel, Minitab, SPSS, IBM con lo que se determinó el análisis estadístico del estudio de investigación, mediante evaluación de la varianza (ANOVA), prueba de Tukey y método de regresión y correlación, donde el coeficiente de Pearson (r) nos indica el grado de relación que existe entre los macroinvertebrados bentónicos en función de los parámetros fisicoquímicos, el coeficiente mencionado presenta valores que van del +1 al -1, donde el resultado que más se aproxime a estos valores, la relación entre variables será más fuerte, independientemente del signo.

CAPITULO IV

RESULTADOS Y DISCUSIÓN

4.1. Calidad del Agua Mediante Índices Bióticos

Se presenta los resultados de los macroinvertebrados bentónicos que se identificaron según su tolerancia, para determinar los índices bióticos y evaluar la calidad del agua del río Tingo - Maigasbamba de la provincia de Hualgayoc - 2022; los macroinvertebrados bentónicos fueron recolectados e identificados en época seca (agosto) y época húmeda (octubre), donde se obtuvo un total de 547 organismos.

4.1.1. *Macroinvertebrados en Época Seca y Húmeda*

La recolección de macroinvertebrados en la época seca (agosto) fue un total de 274 individuos, en el punto P5 se obtuvo 49 macroinvertebrados representando la cantidad máxima, y en el punto P3 se obtuvo 41 macroinvertebrados representando la cantidad mínima del monitoreo, además se visualiza que predomina la familia Chironomidae, del orden Díptera, y la menos abundante es la familia Lumbricidae del orden Lumbricina, para la época húmeda (octubre) fue de un total de 273 individuos, en el punto P2 se obtuvo 61 macroinvertebrados representado la cantidad máxima, y en el punto P1 se obtuvo 34 macroinvertebrados representando la cantidad mínima, con relación a la familia más abundante también se manifestó la Chironomidae del orden Díptera y la menos representativa es la familia Leptohiphidae del orden Ephemeroptera. La variación de resultados obtenidos en las dos épocas de monitoreo implica varios factores tales como la variación o regulación del caudal para uso agrícola y ganadero, vertimiento de residuos sólidos y aguas residuales al cauce del río y otras actividades

antrópicas; lo cual influye en el hábitat y la distribución de los macroinvertebrados dando como resultado el aumento o disminución de individuos. Estos resultados tienen relación con la investigación de Terneus et al. (2012) donde menciona que las familias más abundantes corresponden al orden Díptera de la familia Chironomidae estos insectos son indicadores de aguas de mala calidad y son ampliamente distribuidos y frecuentemente los más abundantes en aguas continentales ya que se alimentan de materia orgánica vertidos directamente al río por parte de los pobladores y actividades industriales cercanos a la rivera. (pp. 43 - 45)

Por otro lado, Barbour et al. (1996) menciona que “la diversidad y composición de los macroinvertebrados bentónicos acuáticos puede mostrar una gran variabilidad en condiciones naturales esto dependerá de las características climáticas, físicas y geomorfológicas en las que se monitorea (precipitaciones, pendiente, altitud) en las cuales reside” (pp. 185 – 211).

En la Tabla 7 se observan los resultados de macroinvertebrados para la época seca y húmeda, teniendo un total de 547 individuos en las dos épocas y los Chironomidae es la familia más abundante, estos macroinvertebrados son indicadores de aguas contaminadas; según Bullón (2016) en su investigación en el río Perene – Junín, en el que determinó aguas de mala calidad, ya que se evidenció la presencia de macroinvertebrados de la familia Chironomidae, Lumbricidae; por lo que se determinó que el agua está siendo afectado por la contaminación orgánica, influenciada por el vertimiento de aguas residuales, fertilizantes y otras actividades antrópicas. (p. 70)

Tabla 7

Macroinvertebrados recolectados en época seca y húmeda

Macroinvertebrados época seca y húmeda																
Macroinvertebrados		P1		P2		P3		P4		P5		P6		Total, época		Total
Orden	Familia	E. S	E. H	E. S	E. H	E. S	E. H	E. S	E. H	E. S	E. H	E. S	E. H	E. S	E. H	
COLEOPTERA	<i>Elmidae</i>	3	2	1	5	0	1	0	0	0	0	0	2	4	10	14
DIPTERA	<i>Chironomidae</i>	19	22	9	28	28	8	22	27	29	21	29	29	136	135	271
DIPTERA	<i>Tipulidae</i>	1	5	1	6	4	7	6	6	1	1	0	1	13	26	39
LUMBRICINA	<i>Lumbricidae</i>	1	5	0	4	0	0	0	0	0	0	0	0	1	9	10
EPHEMEROPTERA	<i>Baetidae</i>	2	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	2	4	6
DIPTERA	<i>Ceratopogonidae</i>	19	0	32	18	0	20	15	9	18	19	16	22	100	88	188
TRICHOPTERA	<i>Philopotamidae</i>	0	0	5	0	9	0	0	0	0	0	0	0	14	0	14
TRICHOPTERA	<i>Hydropsychidae</i>	0	0	0	0	0	0	2	0	0	0	0	0	2	0	2
EPHEMEROPTERA	<i>Leptohyphidae</i>	0	0	0	0	0	0	0	0	1	0	1	1	2	1	3
TOTAL		45	34	48	61	41	38	45	42	49	41	46	57	274	273	547

Nota: Cantidad de familias y numere de individuos recolectados en la época seca y húmeda.

4.1.2. Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT)

De los resultados obtenidos en la evaluación del estudio de monitoreos durante la época seca (agosto) y la época húmeda (octubre) para el índice biótico Ephemeroptera, Plecoptera, y Trichoptera concluimos que; en la época seca el monitoreo realizado en el mes de agosto se encontró al orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Leptohyphidae y al orden Trichoptera con las familias Philopotamidae y Hydropsychidae, y en la época húmeda realizado en el mes de octubre se encontró al orden Ephemeroptera con las familias Baetidae y Leptohyphidae, que según la presencia de las diferentes familias identificadas en cada uno de los puntos y época de monitoreo se les asignó una puntuación.

En la época seca se mostró una calidad de agua “muy pobre”, debido a que se obtuvo el puntaje de 1 en todos los resultados de los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4, P5 y P6, lo que significa que el agua es severamente impactada, y para los resultados obtenidos durante el monitoreo de la época húmeda son los siguientes: en los puntos de monitoreo P1, P2, P3, P4 y P5 se obtuvo los puntajes de 0, 0, 1, 0 y 0 mostrando una calidad de agua “muy pobre” lo que indica severamente impactado; en el punto P6 se obtuvo el puntaje de 2 con una calidad de agua respectivamente “pobre”, lo que significa moderadamente impactado. (ver tabla 8)

Entonces se indica que en ambos monitoreos de las dos épocas de estudio se obtuvo un puntaje promedio de 0.75 representando una calidad de agua “muy pobre”, esto nos hace afirmar que “las aguas tienen cambios en su composición, esto debido a que este tipo de especies son altamente sensibles y no pueden vivir en aguas contaminadas” (Linares, 2018, p. 181).

Un similar caso ha sido obtenido en el estudio de investigación en los ríos Chillón y Mala donde se obtuvo los siguientes resultados para el índice EPT; en la

mayoría de puntos de monitoreo se encontró condiciones bajas de la calidad ecológica del agua; representando las categorías “pobre” y “muy pobre” a excepción del punto RC-6 (temporada húmeda) que representó la categoría “baja” esto se debe al poco número de organismos del orden Ephemeroptera en la familia Baetidae, los cuales son considerados como indicadores intermedios o algo sensibles, estos resultados guardan relación con los obtenidos en nuestra investigación en la que representa la calidad ecológica del agua como “muy pobre” y “pobre” producto de los desechos de actividades cercanas al río como ganadería, agricultura y minería que en épocas de lluvia son arrastrados hacia el cauce principal y generan impacto en las aguas, es por ello la escasa presencia de los órdenes de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera; “la baja presencia de organismos de EPT son causados por la contaminación orgánica a causa de las actividades antrópicas” (Bulnes, 2019, p. 104).

Tabla 8

Resultados del índice EPT En época húmeda y época seca

Lugar	Puntos de monitoreo	Puntuación Obtenida			
		E. Seca	Calidad E. Seca	E. Húmeda	Calidad E. Húmeda
R. Tantauatay	P1	1	Muy pobre	0	Muy pobre
San Nicolás	P2	1	Muy pobre	0	Muy pobre
El Amaro	P3	1	Muy pobre	1	Muy pobre
Moran	P4	1	Muy pobre	0	Muy pobre
Auque	P5	1	Muy pobre	0	Muy pobre
D. Llaucano	P6	1	Muy pobre	2	Pobre

Nota: Se observa la calidad del agua en cada época y punto de monitoreo según el índice EPT.

4.1.3. Índice Biótico Andino (ABI)

Los valores que se obtuvieron en el monitoreo de época seca realizado en el mes de agosto, nos muestran que en todos los puntos estudiados P1, P2, P3, P4, P5 y P6 representa una calidad de agua “malo” mostrando un mayor valor en el punto de monitoreo P2 con un total de 24 individuos, seguido por los puntos P1 y P5 que muestran un total de 18 individuos, también los puntos P3, P4 y P6 presentan puntuación de 15, 16 y 13 individuos donde podemos observar que desde el P1 hasta el P6 la cantidad de macroinvertebrados encontrados en el análisis ha decrecido, y para la época húmeda realizado en el mes de octubre nos muestra una calidad de agua entre “malo” y “pésimo” según todos los datos analizados, en los puntos P1, P2, P3 y P6 se encontraron los valores de 13, 17, 17 y 24 individuos que determina una calidad de agua “malo” seguido de los puntos P4 y P5 que presentaron una puntuación de 11 individuos el cual se determina una calidad de agua “pésimo”. (ver tabla 9)

Estos datos obtenidos concuerdan con el estudio de caracterización fisicoquímica y biológica de las aguas del del río Grande Celendín – Cajamarca, mediante el Índice Biótico Andino los resultados que se obtuvieron indica que los promedios de las campañas 1 y 2 fueron valores de 26 – 40 y 26 – 60; que presentaron una mala condición de la calidad del agua (Muñoz, 2016, p. 109). Por su parte Azabache (2018) determino “la calidad del agua pésima en el río Porcon durante época de lluvias, esto se debe a la baja presencia de microorganismos que es producto del aumento de caudal y precipitaciones” (pp. 67 - 83), características muy similares con el lugar estudiado del río Tingo - Maigasbamba.

Tabla 9*Resultados del índice ABI en época seca y húmeda*

Lugar	Puntos de monitoreo	Puntuación Obtenida			
		E. Seca	Calidad E. Seca	E. Húmeda	Calidad E. Húmeda
R. Tantauatay	P1	18	Malo	13	Malo
San Nicolas	P2	24	Malo	17	Malo
El Amaro	P3	15	Malo	17	Malo
Moran	P4	16	Malo	11	Pésimo
Auque	P5	18	Malo	11	Pésimo
D. Llaucano	P6	13	Malo	24	Malo

Nota: Se observa la calidad del agua en cada época y punto de monitoreo según el índice ABI.

4.1.4. Índice *Biótico Biological Monitoring Working Party (BMWP/Col)*

En el monitoreo realizado en la época seca durante el mes de agosto se pudo identificar a los órdenes de “Coleoptera” con su familia Elmidae; “Dipterao” con sus familias Chironomidae, Tipulidae, y Ceratopogonidae; “Lumbricina” con su familia Lumbricidae; “Ephemeroptera” con sus familias Baetidae, y Leptohiphidae; también el orden de “Trichoptera” con sus familias Philopotamidae, e Hydropsychidae. Donde los puntos de monitoreo P1 y P2 obtuvieron los puntajes de 21 y 23, están representando una calidad de agua “crítica” que indica aguas muy contaminadas, seguido por los puntos de monitoreo P3, P4, P5, y P6 que obtuvieron puntajes de 14, 15, 15, y 12, están representando una calidad de agua “muy crítica” lo cual indica fuertemente contaminadas. (ver tabla 10)

En el mes de octubre, época húmeda se realizó el segundo monitoreo para el análisis de la calidad del agua mediante el índice biótico (BMWP/Col), también se identificó los distintos ordenes con sus respectivas familias, así como: “Coleoptera” con

su familia Elmidae; “Diptera” con sus familias Chironomidae, Tipulidae, y Ceramidae; “Lumbricidae” con su familia Lumbricidae; también el orden de “Ephemeroptera” con sus familias de Baetidae y Leptohyphidae. Donde los puntos de monitoreo P1, P2, P3, y P6, representan una calidad de agua “crítica” lo cual indica aguas muy contaminadas; además los puntos de monitoreo P4 y P5, representan una calidad de agua “muy crítica” que representa aguas fuertemente contaminadas. (ver tabla 10)

Se observa que los resultados obtenidos durante el monitoreo representan una calidad de agua crítica y muy crítica debido a la contaminación que existe en la cabecera de la microcuenca del río Tingo - Maigasbamba, debido a aspectos ambientales generados por la industria minera y desechos de actividades humanas durante el trayecto del río.

Según los datos y características obtenidas, como presencia de actividad minera, al comparar con otros proyectos podemos evidenciar que, existen familias en común como la Chironomidae y Lumbricidae que guarda cierta relación con el estudio de investigación realizado en el río Moche – La Libertad, que se encuentra a una altitud de los 3988 msnm afectado por el crecimiento de la minería informal y los pasivos mineros dejados de la empresa Quiruvilca, aquí se identificaron en su mayoría familias como Chironomidae, Planariidae y Lumbricidae, macroinvertebrados que son tolerantes a la contaminación que pudieron evidenciar variación de la calidad del agua de regular a pésima. (Mora, 2019, p. 106)

Tabla 10

Resultados del índice (BMWP/Col) en época seca y húmeda

Lugar	Puntos de monitoreo	Puntuación Obtenida			
		E. Seca	Calidad E. Seca	E. Húmeda	Calidad E. Húmeda
R. Tantahuatay	P1	21	Crítica	16	Crítica
San Nicolas	P2	23	Crítica	18.5	Crítica
El Amaro	P3	14	Muy crítica	17.5	Crítica
Moran	P4	15	Muy crítica	11.5	Muy crítica
Auque	P5	15	Muy crítica	11.5	Muy crítica
D. Llaucano	P6	12	Muy crítica	20	Crítica

Nota: Se observa la calidad del agua en cada época y punto de monitoreo según el índice (BMWP/Col).

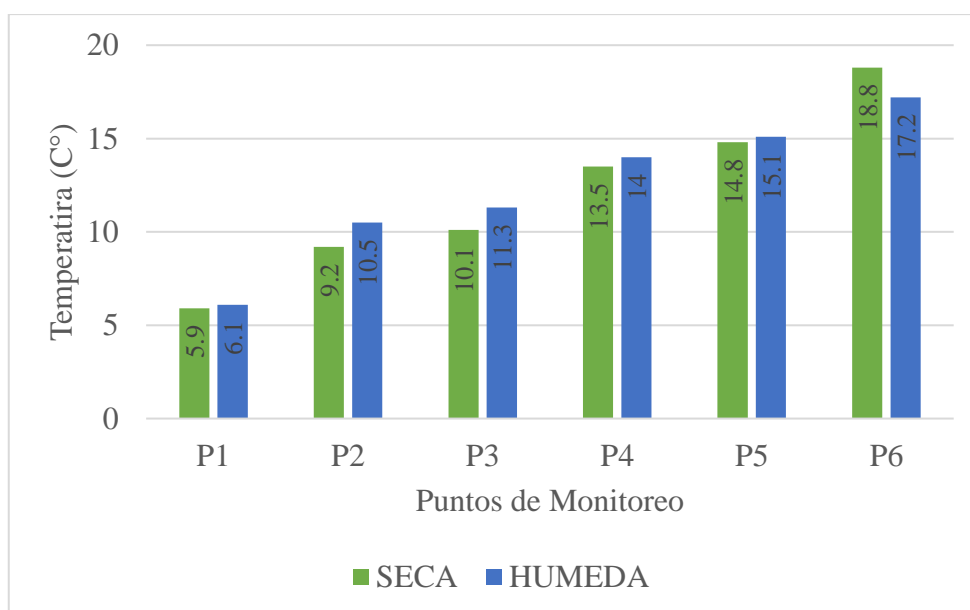
4.2. Calidad del Agua Mediante Parámetros Físicoquímicos y Número de

Macroinvertebrados

4.2.1. Temperatura (T°)

Figura 4

Temperatura en época seca y húmeda



Nota: Se observa el parámetro de la temperatura en cada época y punto de monitoreo.

Los resultados obtenidos para el parámetro de la temperatura como se muestra en la figura 4 se observa que ha sufrido una variación creciente de 12 °C comparado desde el primer punto hasta el último punto de monitoreo, esto se debe a distintos factores como la hora de toma de muestra, altitud de los puntos de monitoreo que tienen una diferencia altitudinal de 1325 metros entre el primer punto de monitoreo que está a una altitud de 2496 msnm y el sexto y último punto de monitoreo con una altitud de 3821 msnm, también las actividades cercanas al río como agricultura, ganadería, e industria minera, evidenciando también que la temperatura en cada punto de monitoreo no excede y cumple con el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. El cual establece la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), el cual indica que la variación de la temperatura respecto al promedio mensual multianual por cada área de monitoreo es de 3°C

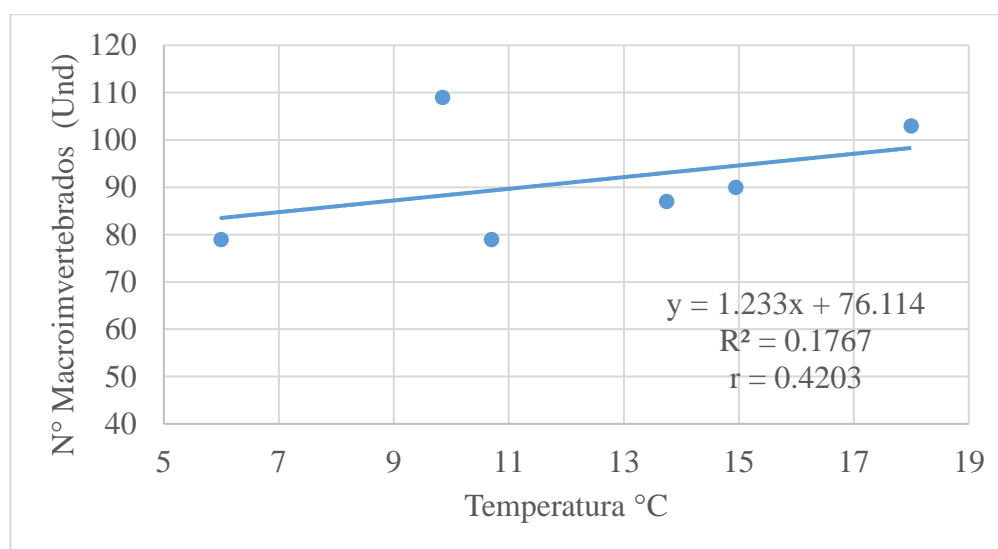
Según Zhen (2008) en su estudio de Calidad físico - química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica menciona que los plaguicidas e insecticidas usados en actividades de agricultura y ganadería, tienen una composición química de cobre (Cu), azufre (S), mercurio (Hg), sulfato cúprico, bromuro de metilo, y anhídrido sulfuroso, los cuales contribuyen a un cambio climático y así así a cambios de temperatura en un ecosistema, estas actividades tiene relación con características similares del uso que se le da al sustrato suelo durante el trayecto del río estudiado, por tal motivo se puede evidenciar estos resultados. (p. 204)

4.2.1.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y la

Temperatura.

Figura 5

Recta de regresión lineal de los macroinvertebrados en función de la temperatura



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con el de la temperatura.

Como se puede observar en la figura 5, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.1767$), indica que el parámetro temperatura se relaciona en un 17.67 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 1.233x + 76.114$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 11 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.420$), significa, existe una correlación no significativa moderada positiva entre variables, quiere decir, que si el parámetro de la temperatura (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.407, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

Estos resultados muestran que la temperatura se relaciona en la presencia de macroinvertebrados, ya que afecta el crecimiento y desarrollo, se puede analizar que a mayor temperatura hay mayor número de macroinvertebrados, esto concuerda según Martínez y Quintal (s. f.) afirman que “las temperaturas mayores aceleran la biodegradación y las temperaturas menores disminuyen el metabolismo y la DBO es más lenta por lo cual hay mayor presencia de microorganismos” (p. 10).

Tabla 11

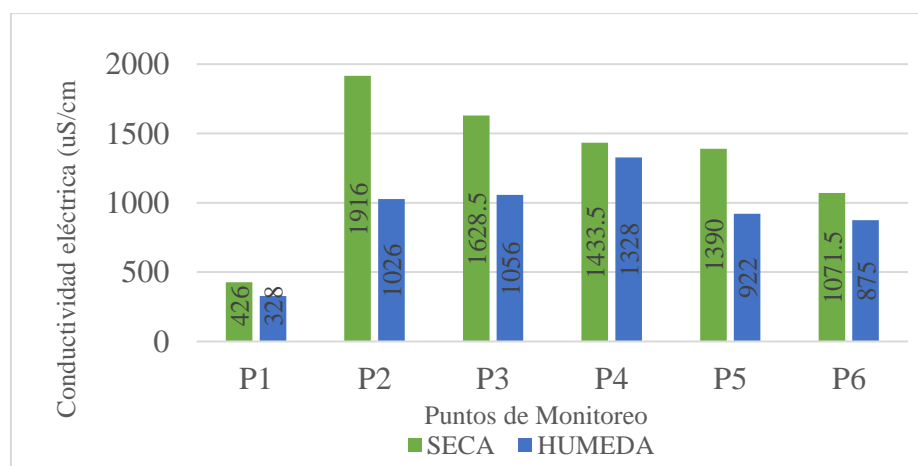
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la temperatura

Correlación			
		Macroinvertebrados	Temperatura
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.420
	Sig. (bilateral)		0.407
	N	6	6
Temperatura	Correlación de Pearson	0.420	1
	Sig. (bilateral)	0.407	
	N	6	6

4.2.2. Conductividad Eléctrica (CE)

Figura 6

Conductividad eléctrica en época seca y húmeda



Nota: Se observa la conductividad eléctrica en cada época y punto de monitoreo.

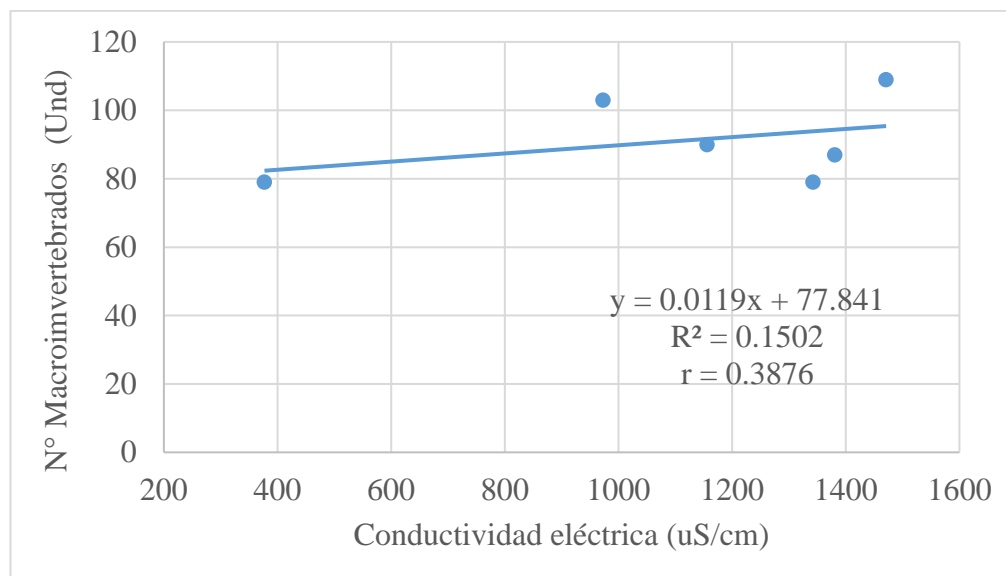
Los valores de la conductividad eléctrica como se muestra en la figura 6, se observa que este parámetro representa una mayor conductividad eléctrica en la época seca realizada en (agosto) que en época húmeda realizada en (octubre), encontrándose el punto de monitoreo P2 con un valor máximo de 1916 (uS/cm) y en el punto de monitoreo P1 el valor mínimo de 328 (uS/cm); los puntos de monitoreo P5, y P6 en época húmeda muestran valores de 922 (uS/cm) y 875 (uS/cm), también el punto de monitoreo P1 muestra valores de 426 (uS/cm) en época seca, y 326 (uS/cm) en época húmeda, mostrando así los únicos puntos de monitoreo que cumplen con ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM el cual establece la categoría 4 (conservación del ambiente acuático), de la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), el cual indica que el estándar de calidad para la conductividad es de: 1000 (uS/cm).

El aumento de las sales en el agua muchas veces es provocado por diferentes actividades humanas, las cuales al ser vertidas al ecosistema alteran la conductividad eléctrica en el recurso hídrico disminuyendo así la diversidad de especies, señalando también que por lo regular la conductividad eléctrica es muy baja en aguas superficiales tropicales de montaña. (Roldan, 2003, p. 170)

4.2.2.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y la Conductividad Eléctrica.

Figura 7

Recta de regresión lineal de los macroinvertebrados en función de la conductividad eléctrica



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con el parámetro de la conductividad eléctrica.

Como se puede observar en la figura 7, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.1502$), indica que el parámetro de la conductividad eléctrica se relaciona en un 15.02% sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 0.0119x + 77.841$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 12 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.388$), significa, que existe una correlación no significativa baja positiva entre variables, quiere decir, que si el parámetro de la conductividad eléctrica (x) aumenta, el

número de macroinvertebrados (y) también aumenta. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.448, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

Estos resultados que se muestran en el estudio realizado, es parte de una interacción directa entre las actividades humanas e industriales con el río porque la conductividad eléctrica hace referencia a la capacidad del agua para conducir la electricidad debido a la presencia de sales, la concentración se puede alterar por vertidos salinos y por minerales que se usan en los abonos y follares de la agricultura y ganadería, así afectan la presencia de biodiversidad pero por el poder de resiliencia de muchos organismos estos macroinvertebrados ya habitan de manera normal en un ecosistema alterado. (Boards, 2015, p. 4)

Tabla 12

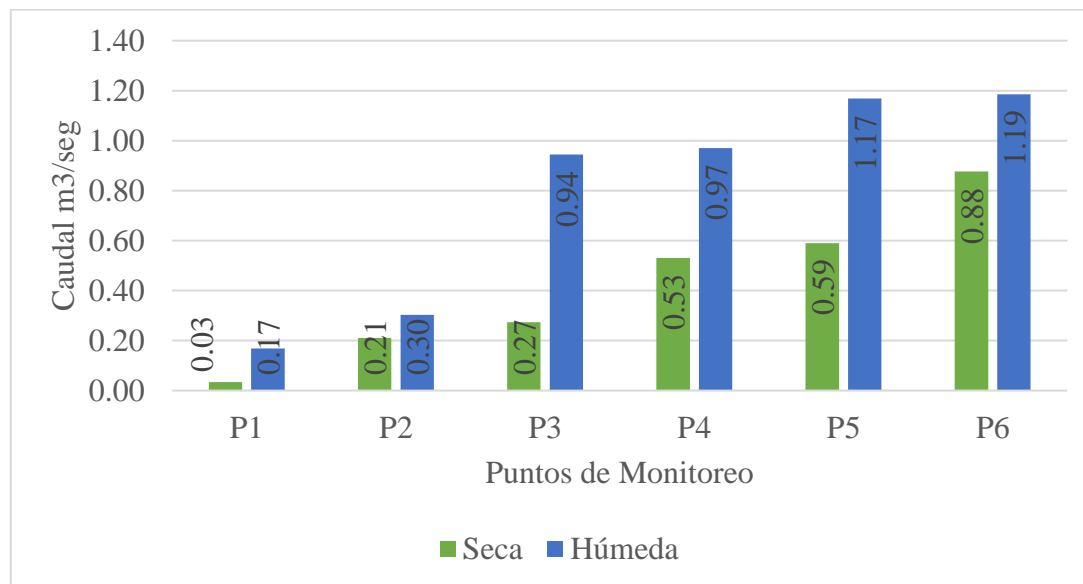
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la conductividad eléctrica

Correlación			
		Macroinvertebrados	Conductividad Eléctrica
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.388
	Sig. (bilateral)		0.448
	N	6	6
Conductividad Eléctrica	Correlación de Pearson	0.388	1
	Sig. (bilateral)	0.448	
	N	6	6

4.2.3. Caudal (Q)

Figura 8

Caudal en época seca y húmeda



Nota: Se observa el parámetro del caudal en cada época y punto de monitoreo.

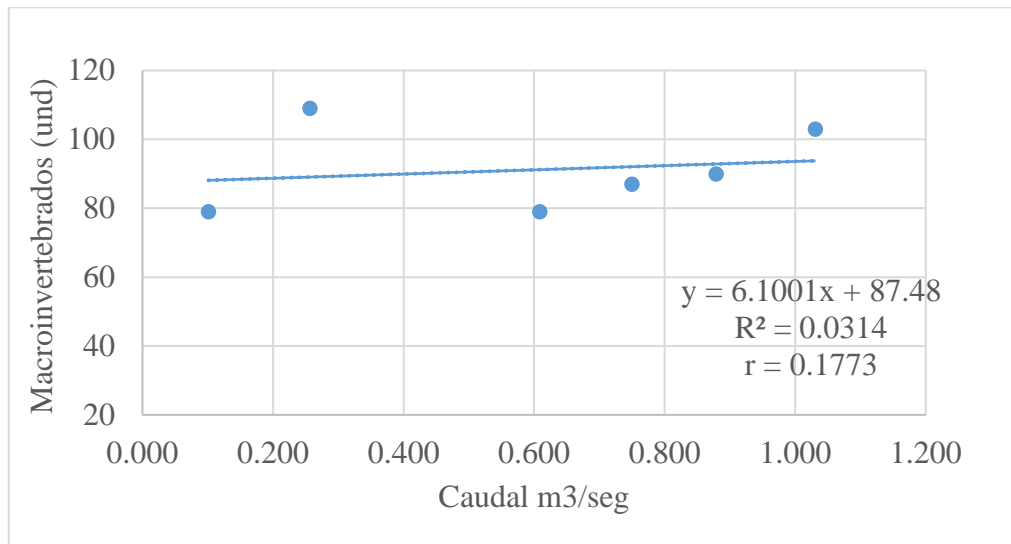
Los valores del caudal como se muestra en la figura 8, se puede observar que este parámetro aumenta de una manera progresiva, mostrando una diferencia representativa tanto en época seca (agosto) que se obtiene un promedio menor del parámetro caudal, comparado con la época húmeda (octubre) que se obtuvo un promedio mayor del parámetro caudal en cada uno de los puntos de monitoreo, encontrándose en el punto de monitoreo P1, el valor mínimo del caudal de $0.03 \text{ m}^3/\text{s}$ durante la época seca, y en el punto de monitoreo P6, el valor máximo del caudal de $1.19 \text{ m}^3/\text{s}$ durante la época húmeda. Este aumento antes mencionado es debido a factores como, la presencia y escases de precipitaciones en cada época de monitoreo, además se visualizó la existencia de quebradas y puquiales durante todo el trayecto del río aumentado así el parámetro en cada punto de monitoreo. Este parámetro no aplica al ECA.

4.2.3.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y el

Caudal.

Figura 9

Recta de regresión lineal de los macroinvertebrados en función del caudal



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con el parámetro caudal.

Como se puede observar en la figura 9, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.0314$), indica que el parámetro del caudal se relaciona en un 3.14 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 6.1001x + 87.48$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 13 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.177$), significa, que existe una correlación no significativa muy baja positiva entre variables, quiere decir, que si el parámetro del caudal (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.737, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

El caudal es un factor que influye en la determinación de abundancia y distribución de macroinvertebrados, su variación provoca cambios de características como en la temperatura y el oxígeno disuelto, en nuestro estudio durante el trayecto se tiene mayor caudal, moderada pendiente y más distribución de agua aumentando así la temperatura y bajando la concentración de oxígeno producto de la solubilidad de gases, esto tiene relación con el estudio realizado por Extence et al. (1999) donde indica *que* “a mayor caudal el hábitat de microorganismos aumenta debido a que hay especies que toleran altas temperaturas, bajas concentraciones de oxígeno y son adaptadas a lugares con significativa capacidad de arrastre” (pp. 545 - 574).

Tabla 13

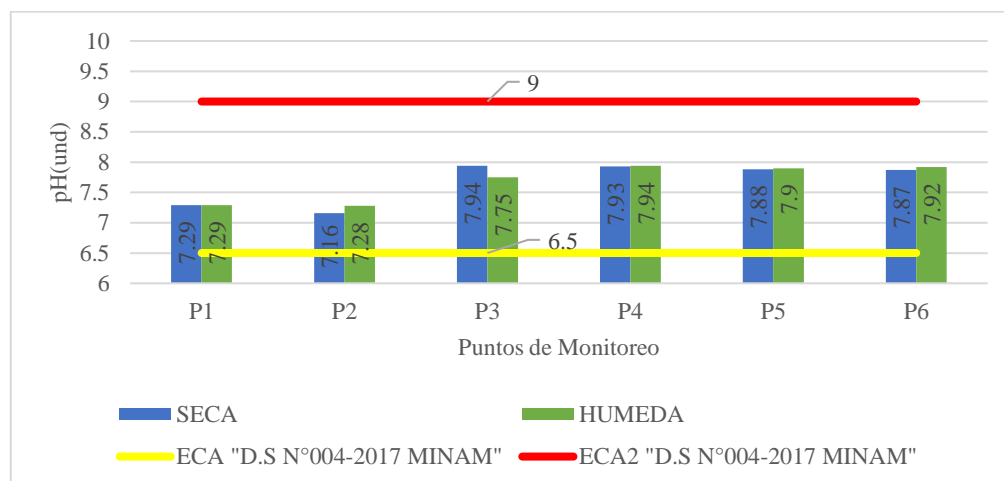
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del caudal

Correlación			
		Macroinvertebrados	Caudal
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.177
	Sig. (bilateral)		0.737
	N	6	6
Caudal	Correlación de Pearson	0.177	1
	Sig. (bilateral)	0.737	
	N	6	6

4.2.4. Potencial de hidrógeno (pH)

Figura 10

Potencial de hidrógeno en época seca y húmeda



Nota: Se observa el potencial de hidrógeno en cada época y punto de monitoreo.

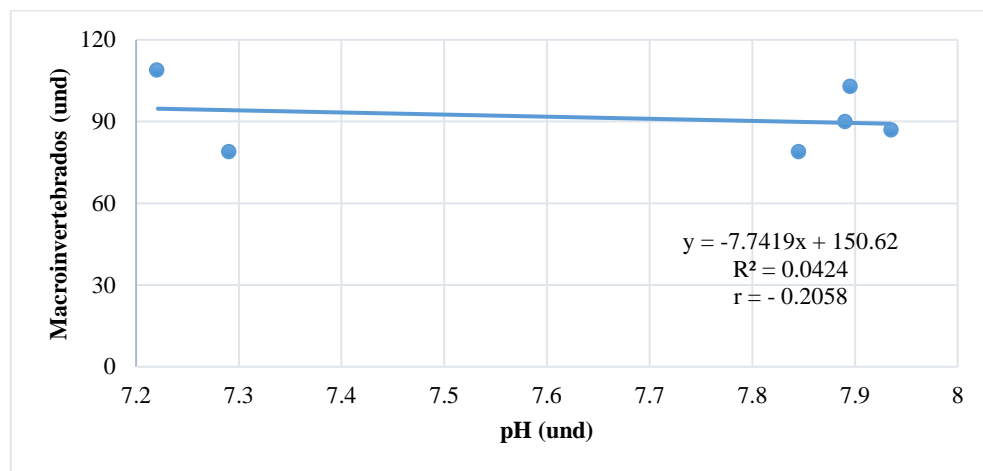
Los valores del potencial de hidrógeno como se muestra en la figura 10, se puede observar que este parámetro tiene una tendencia ligera a ser alcalino a partir del punto de monitoreo P3, P4, P5, y P6, en las dos épocas de monitoreo seca y húmeda, en los puntos de monitoreo P1, y P2 muestra resultados casi neutros. El registro más bajo es en el punto P2 durante la época seca mostrando un valor de 7.16 Unid, y el valor más alto se da también en la época seca en el punto P3, mostrando un valor de 7.94 Unid. Se evidencia que todos los puntos de monitoreo realizado no exceden el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), el cual indica que el rango para el potencial de hidrógeno es de: 6.5 a 9 Unidades de pH. Las aguas alcalinas muchas veces se deben a la presencia de rocas calizas cercanas al lugar de monitoreo debido a que presentan características geológicas, entonces podemos decir que durante el trayecto del río de monitoreo no existe mucha presencia de rocas calizas a diferencia de ello existe presencia de carbonatos por tal motivo las aguas son ligeramente alcalinas y casi básicas en algunos puntos de monitoreo ya que la presencia de rocas tanto como

calizas y carbonatos al tener contacto con el agua ayudan a cambiar su pH. (Poma y Alcántara, 2010, p. 83)

4.2.4.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y el Potencial de Hidrógeno.

Figura 11

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función del potencial de hidrógeno



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con el pH.

Como se puede observar en la figura 11, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.0424$), indica que el parámetro potencial de hidrógeno se relaciona en un 4.24 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = -7.7419x + 150.62$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 14 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = -0.206$), significa, que existe una correlación no significativa muy baja negativa entre variables, quiere decir, que, si el parámetro de potencial de hidrógeno (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) disminuye. Sin embargo, el valor de la significación

bilateral es de 0.696, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

La calidad del pH que se encontró representa un rango aceptable y considerable para que puedan habitar microorganismos acuáticos debido a que este parámetro al disminuir y/o aumentar causaría cambios en la flora y fauna del río, lo cual afectaría a la presencia de macroinvertebrados, según Gallozo y Yauri (2017) mencionan que “mientras que el pH sea más bajo o se acidifique disminuirá la presencia de organismos generando condiciones tóxicas en los recurso” (p. 188), por su parte Prieto (2004) comenta que “si un pH es muy bajo o muy alto este tendrá más afecto en la disminución de especies alterando el balance de los químicos en el agua y movilizar a los contaminantes” (p. 280).

Tabla 14

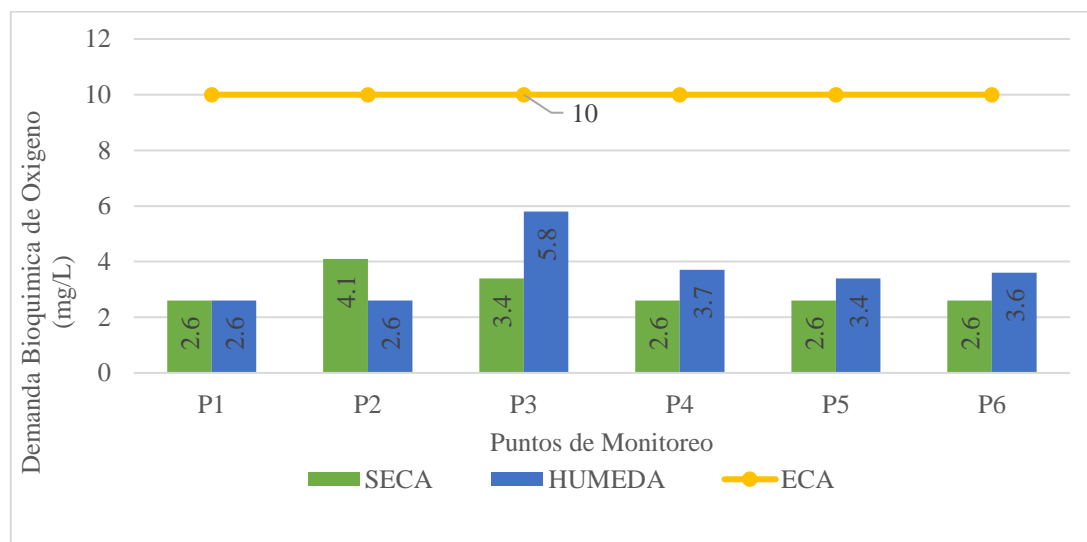
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del potencial de hidrógeno

Correlación			
		Macroinvertebrados	pH
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	-0.206
	Sig. (bilateral)		0.696
	N	6	6
pH	Correlación de Pearson	-0.206	1
	Sig. (bilateral)	0.696	
	N	6	6

4.2.5. Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO₅)

Figura 12

Demanda bioquímica de oxígeno en época seca y húmeda



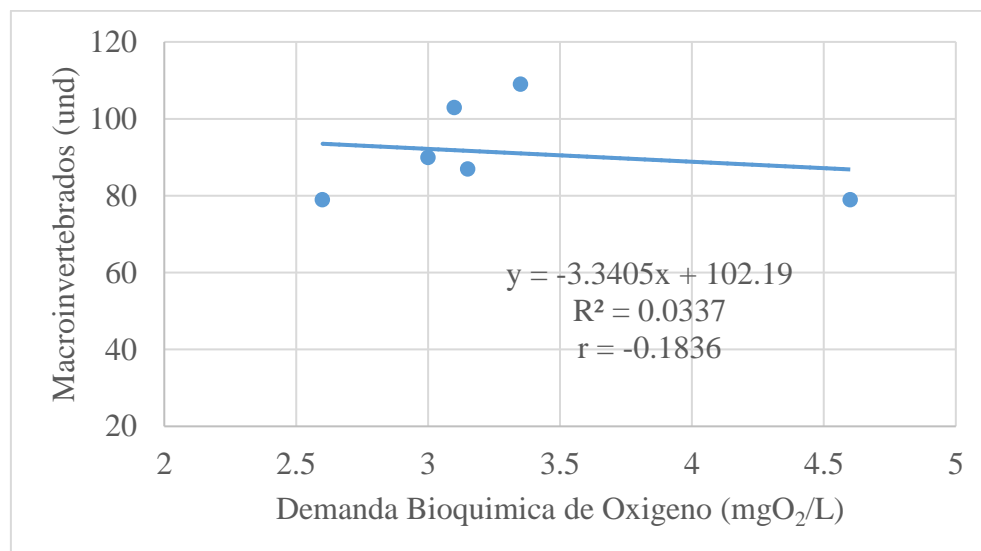
Nota: Se observa la DBO₅ en cada época y punto de monitoreo.

Los valores de la demanda bioquímica de oxígeno como se muestra en la figura 12, se observa que en los puntos de monitoreo P3, P4, y P5 los resultados de los valores obtenidos en la época seca son menores que los valores obtenidos en época húmeda, en el punto de monitoreo P2 sucede lo contrario los valores obtenidos en época húmeda son mayores que los obtenidos en época seca, también en el punto de monitoreo P1 presenta un valor igual para ambas épocas seca y húmeda. Se puede evidenciar que todos los puntos de monitoreo realizados no exceden el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), el cual establece que el estándar de calidad permitido, para la demanda bioquímica de oxígeno es: 10 mgO₂/L, “la DBO₅ mide la cantidad de oxígeno consumido al degradar la materia orgánica, esto explica que el agua de un lugar estudiado presenta una buena saturación de oxígeno, debido a un recorrido de forma constante” (Fuentes, 2002, p. 32).

4.2.5.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y la Demanda Bioquímica de Oxígeno.

Figura 13

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función de la demanda bioquímica de oxígeno



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con la DBO₅.

Como se puede observar en la figura 13, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.0337$), indica que el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno se relaciona en un 3.37 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = -3.3405x + 102.19$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 15 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = -0.184$), significa, que existe una correlación no significativa muy baja negativa entre variables, quiere decir, que, si el parámetro de la demanda bioquímica de oxígeno (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) disminuye. Sin embargo, el valor de la

significación bilateral es de 0.728, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

Estos resultados quieren decir que si aumenta DBO_5 aumentaría el consumo de oxígeno por la presencia de bacterias que se aprovechan de la materia orgánica, esto afectará a los macroinvertebrados de una manera directa en el río estudiado limitando la supervivencia, realizando una verificación de datos en otros estudios se afirma que tiene relación con Viale (2008) el cual menciona que “debido a la proliferación de bacterias hay un agotamiento de oxígeno que tiene como consecuencia que especies de macroinvertebrados y otros seres vivos ya no puedan vivir en aguas por falta de oxígeno” (p. 93).

Tabla 15

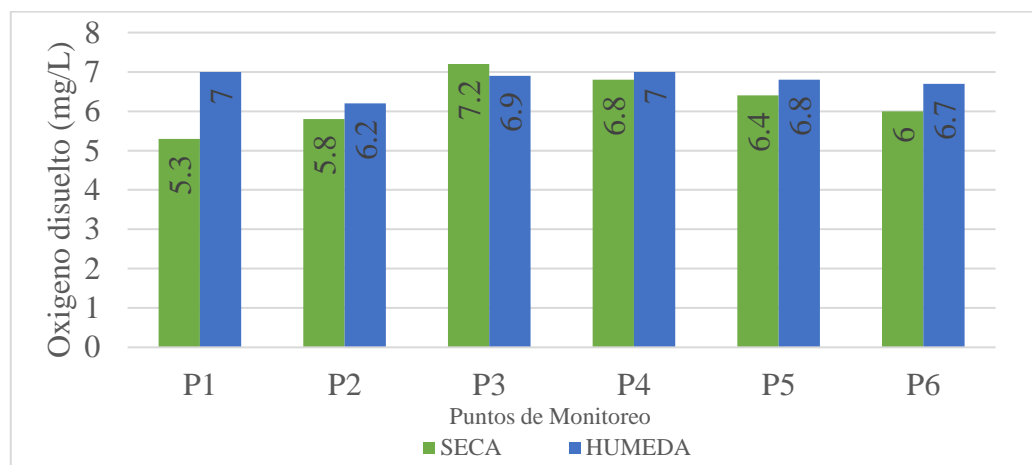
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la demanda bioquímica de oxígeno

Correlación			
		Macroinvertebrados	DBO_5
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	-0.184
	Sig. (bilateral)		0.728
	N	6	6
DBO_5	Correlación de Pearson	-0.184	1
	Sig. (bilateral)	0.728	
	N	6	6

4.2.6. Oxígeno Disuelto (OD)

Figura 14

Oxígeno disuelto en época seca y húmeda



Nota: Se observa el parámetro del oxígeno disuelto en cada época y punto de monitoreo.

Los valores del oxígeno disuelto como se muestra en la figura 14, se observa que en el punto de monitoreo P1, P2, P4, P5, y P6 los resultados obtenidos presentan valores más representativos en la época seca que en la época húmeda; sin embargo, en el punto de monitoreo P3 el valor obtenido en la época húmeda es más alto que el obtenido en época seca, el valor más bajo de 5.3 mg/L del oxígeno disuelto se muestra en el punto de monitoreo P1 durante la época seca y el valor más alto de 7.2 mg/l se muestra en el punto de monitoreo P3 también en la época seca. Los resultados obtenidos del oxígeno disuelto en todos los puntos de monitoreo analizados no exceden el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), donde se encuentra establecido que el estándar del oxígeno disuelto es: ≥ 5 mg/L.

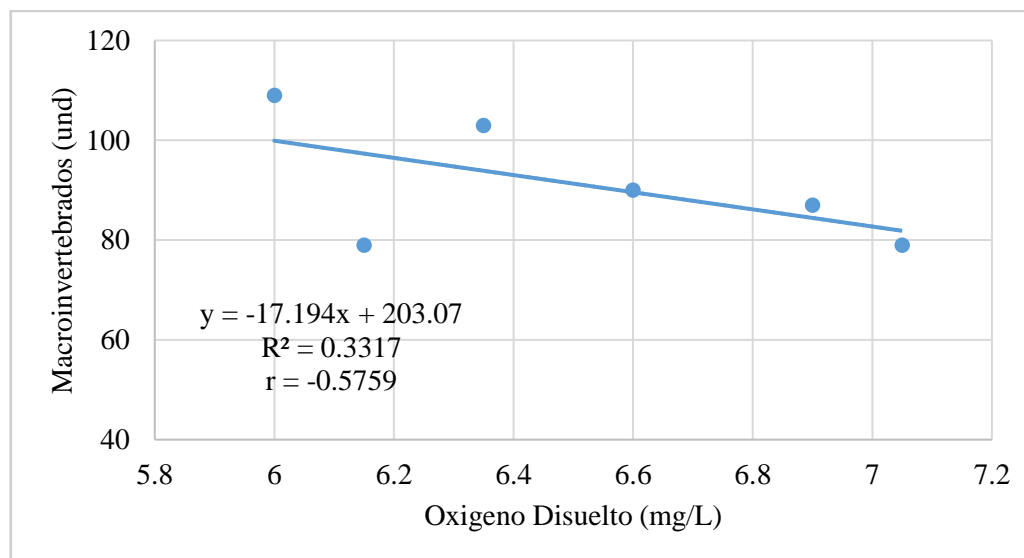
Los valores del oxígeno disuelto en el río estudiado, están cumpliendo con lineamientos establecidos, quiere decir que tiene una buena calidad para la vida acuática y presencia de macroinvertebrados, se debe al movimiento constante del agua como oleajes, saltos y rápidos, el aumento de oxígeno disuelto es el absorbido de la atmósfera,

la autodepuración del río y la disponibilidad de la luz y por la noche aumenta de acuerdo como la temperatura va descendiendo (Bernot y Wilson, 2012, p. 145). “La falta de oxígeno disuelto es un indicador de contaminación que puede estar relacionado con la presencia de plantas acuáticas, materia orgánica oxidable, de organismos y gérmenes, existencia de grasas, hidrocarburos, y detergentes” (Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología [SENAMHI], 2016, p. 1).

4.2.6.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y el Oxígeno Disuelto.

Figura 15

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función del oxígeno disuelto



Nota: Se puede visualizar la dispersión de macroinvertebrados con el oxígeno disuelto.

Como se puede observar en la figura 15, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.3317$), indica que el parámetro de oxígeno disuelto se relaciona en un 33.17% sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = -17.194x + 203.07$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 16 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = -0.576$), significa, que existe una correlación no significativa moderada negativa entre variables, quiere decir, que, si el parámetro del oxígeno disuelto (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) disminuye. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.232, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

Este parámetro muestra que esta inversamente relacionado con la abundancia de los macroinvertebrados y la oxigenación de la calidad del agua, afirmamos esto debido a la investigación de Romero et al. (2017) donde mencionan que “los valores de oxígeno disuelto están relacionados con la abundancia de macroinvertebrados de algunas familias que no toleran un agua contaminada, aunque tengan una buena aireación” (p. 109).

Tabla 16

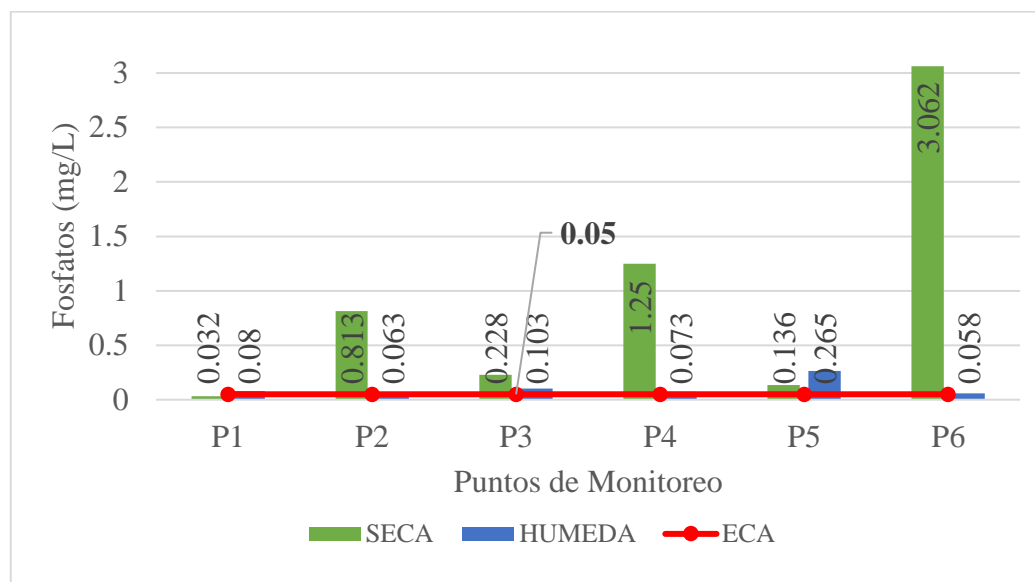
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del oxígeno disuelto

Correlación			
		Macroinvertebrados	Oxígeno Disuelto
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	-0.576
	Sig. (bilateral)		0.232
	N	6	6
Oxígeno Disuelto	Correlación de Pearson	-0.576	1
	Sig. (bilateral)	0.232	
	N	6	6

4.2.7. Fosfato (PO_4^{3-})

Figura 16

Fosfato en época seca y húmeda



Nota: Se observa el parámetro del fosfato en cada época y punto de monitoreo.

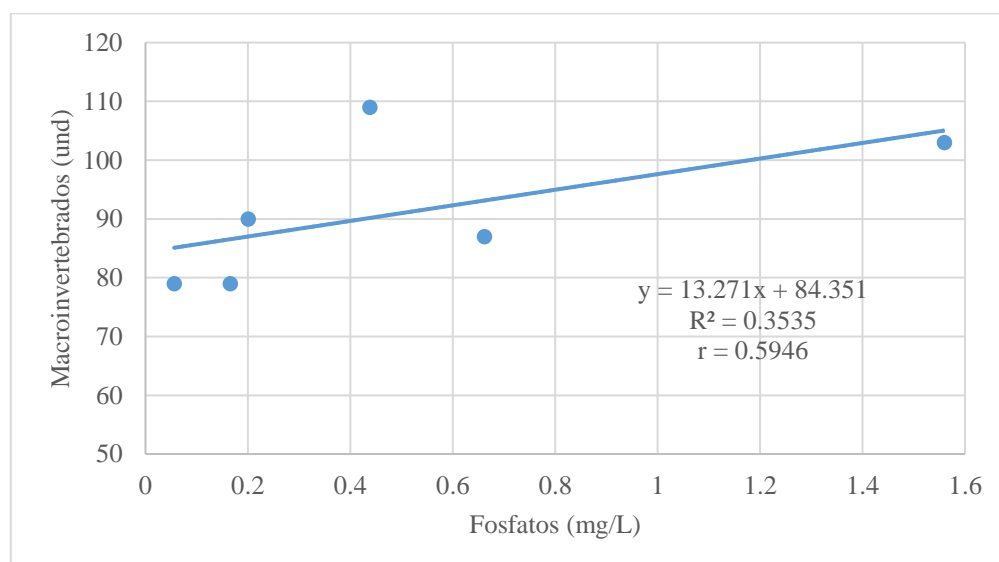
Los valores del fosfato como se muestra en la figura 16, se observa que, el valor mínimo del parámetro estudiado se encontró en el punto de monitoreo P1 en el análisis realizado durante la época seca obteniendo un valor de 0.032 mg/l siendo este el único resultado del estudio que cumple con el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), donde se establece que el estándar para el parámetro de fosfato es: 0,05 mg/l. desde el punto de monitoreo P1, en época húmeda P2, P3, P4, P5, y P6 estos últimos mostrando resultados durante la época seca y húmeda que no cumplen con el ECA. Como valor máximo de este parámetro de estudio se mostró en el punto de monitoreo P6 durante la época seca donde se obtuvo un valor de 3.062 mg/l. se pudo determinar que en algunos puntos de monitoreo el agua presenta un exceso de sulfatos lo cual podría actuar provocando un creciente excesivo de flora y fauna del lugar, obstruyendo el curso y provocando un consumo excesivo de oxígeno, dependiendo de la concentración hasta podría llevar a generar daños considerables en la

vegetación, deterioro de suelos, y contaminación de cursos de agua, la causa de esta presencia de sulfatos, es por el uso de pesticidas, fungicidas, fertilizantes, actividades humanas y actividades de industria minera que puede generar (jabón, papel, vidrio, entre otros) los cuales están cercanos al área de estudio y provocan la alteración en la presencia de fosfatos. (Labajo y Núñez, 2015, pp. 61 - 78)

4.2.7.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y el Fosfato.

Figura 17

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función del fosfato



Nota: Se puede observar la dispersión de macroinvertebrados con el fosfato.

Como se puede observar en la figura 17, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.3535$), indica que el parámetro del fosfato se relaciona en un 35.35 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 13.271x + 84.351$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 17 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.595$), significa, que existe una correlación no significativa moderada positiva entre variables, quiere decir, que, si el fosfato (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) aumenta. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.213, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

“El fosfato en cantidades abundantes estimula las plantas y algas acuáticas, crecen de manera excesiva obstruirán el curso y consumirán grandes cantidades de oxígeno” (Liceo, 2013, pp. 23 - 28), podemos concluir que “los fosfatos presentes en el estudio realizado no son dañinos para los macroinvertebrados, debido al poder de resiliencia que todos los seres vivos tienen”, esto concuerda con (Doak et al., 1998, pp. 260 - 276).

Tabla 17

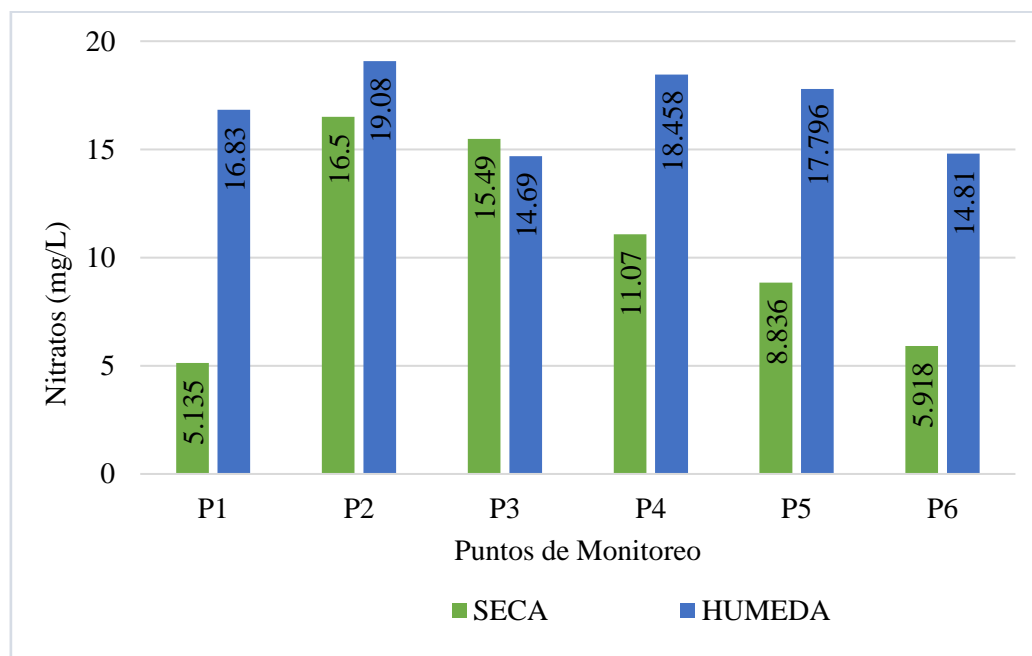
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función del fosfato

Correlaciones			
		Macroinvertebrados	Fosfatos
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.595
	Sig. (bilateral)		0.213
	N	6	6
Fosfatos	Correlación de Pearson	0.595	1
	Sig. (bilateral)	0.213	
	N	6	6

4.2.8. Nitrato (NO_3^-)

Figura 18

Nitrato en época seca y húmeda



Nota: Se observa el parámetro del nitrato en cada época y punto de monitoreo.

Los valores del nitrato como se muestra en la figura 18, se puede observar que, en los puntos de monitoreo P1, P4, P5 y P6 muestran valores de (5.135 mg/L, 11.07 mg/L, 8.836 mg/L, y 5.918 mg/L), obtenidos en la época seca estos resultados se encuentran por debajo de lo establecido en el ECA del D.S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa y sierra), donde establece que el estándar para el parámetro del nitrato es: 13 mg/L. en la época húmeda los puntos de monitoreo P1, P4, P5, y P6 presentan valores de (16.83 mg/L, 18.458 mg/L, 17.796 mg/L, y 14.81 mg/L), además los puntos de monitoreo P2 y P3 durante las dos épocas de monitoreo seca y húmeda presentan valores de, (16.5 mg/L, 19.08 mg/L y 15.49 mg/L, 14.69 mg/L), los cuales no cumplen con el ECA. En algunos puntos de monitoreo dependiendo de la época estudiada, la presencia elevada de nitratos es producto del uso de fertilizantes y abonos, en la agricultura ganadería, también debido a las actividades humanas y

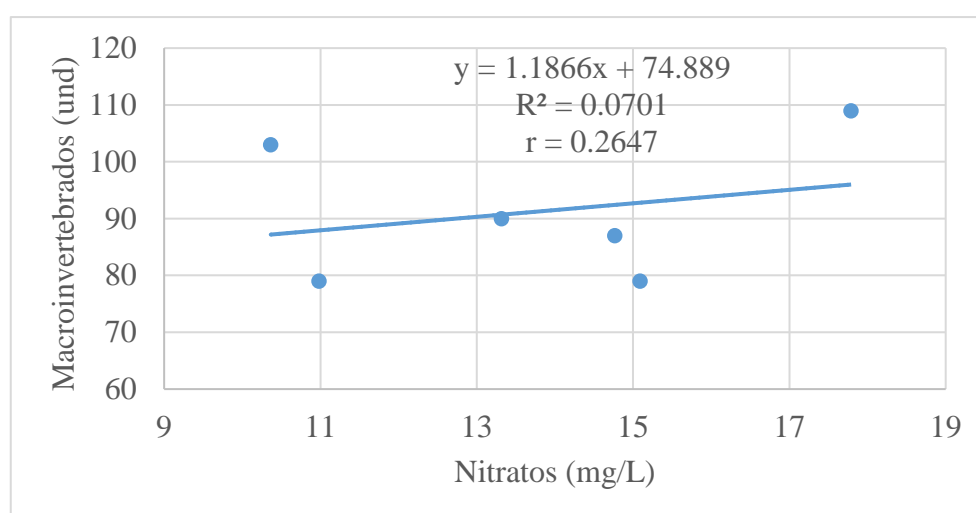
actividades de la industria minera cercanas al área de estudio, sin embargo, al elevarse la concentración tiene efectos significativos como la pérdida de oxígeno en el agua y la muerte de organismos acuáticos en el ecosistema. (Labajo y Nuñez, 2015, pp. 61 - 78)

4.2.8.1. Regresión y Correlación para el Número de Macroinvertebrados y el

Nitrato.

Figura 19

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función de los nitratos



Nota: Se puede observar la dispersión de macroinvertebrados con el nitrato.

Como se puede observar en la figura 19, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.0701$), indica que el parámetro del nitrato se relaciona en un 7.01 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 1.1866x + 74.889$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 18 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.265$), significa, que existe una correlación no significativa baja positiva entre variables, quiere decir, que, si el parámetro del nitrato (x) aumenta, el número de macroinvertebrados (y) también aumenta. Sin embargo, el valor de la significación

bilateral es de 0.612, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

Los nitratos se deben al uso de fertilizantes, herbicidas, pesticidas en concentraciones altas caso similar existe con las actividades de la población en la agricultura y ganadería durante el trayecto estudiado, estas sustancias usadas en actividades diarias son arrastrados hacia el río mediante la escorrentía es por eso la concentración en los resultados, según Quintero et al. 2010 “los nitratos presentes en el estudio realizado no son dañinos para los macroinvertebrados debido al poder de residencia que los seres vivos tienen” (p. 15), por su parte Doak et al. (1998) menciona que “los microorganismos y demás seres vivos tienen la capacidad de resiliencia de adaptarse a cambios que haya sufrido su ecosistema debido a perturbaciones naturales o actividades humanas” (pp. 260 - 276).

Tabla 18

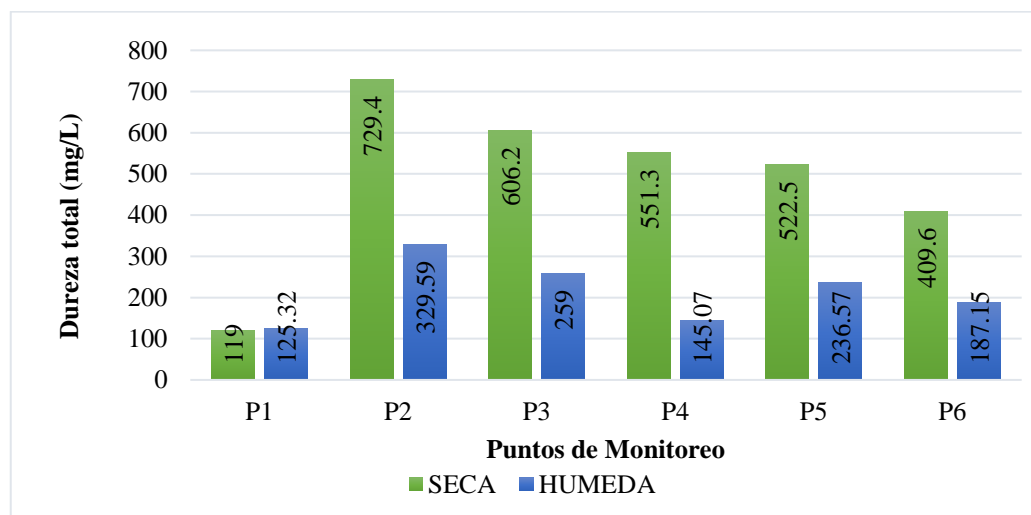
Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de los nitratos

Correlación			
		Macroinvertebrados	Nitratos
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.265
	Sig. (bilateral)		0.612
	N	6	6
Nitratos	Correlación de Pearson	0.265	1
	Sig. (bilateral)	0.612	
	N	6	6

4.2.9. Dureza (CaCO_3)

Figura 20

Dureza en época húmeda y seca



Nota: Se observa el parámetro de la dureza en cada época y punto de monitoreo.

Los valores de la dureza como se muestra en la figura 20, se puede observar que, a partir del punto de monitoreo P2, P3, P4, P5, y P6 durante la época seca los resultados obtenidos son mayores, así como 729.4 mg/L, 606.2 mg/L, 551.3 mg/L, 522.5 mg/L, 409.6 mg/L con una tendencia decreciente. Y los resultados obtenidos de la época húmeda durante los mismos puntos de monitoreo presentan valores de 329.59 mg/L, 259 mg/L, 145.07 mg/L, 236.57 mg/L, 187.15 mg/L, en el punto de monitoreo P1 muestra valores de 119 mg/L, y 125.32 mg/L durante la época seca y época húmeda los cuales representan los valores menores durante el monitoreo realizado. Como valor máximo durante todo el monitoreo se pudo encontrar en el punto P2 durante la época seca con un valor de 729.4 mg/L, y como valor mínimo durante todo el monitoreo se pudo encontrar en el punto P1 también durante la época seca con un valor de 119 mg/L. este parámetro no aplica en el ECA del D. S. N° 004 – 2017 MINAM. De la subcategoría E2 ríos (costa sierra).

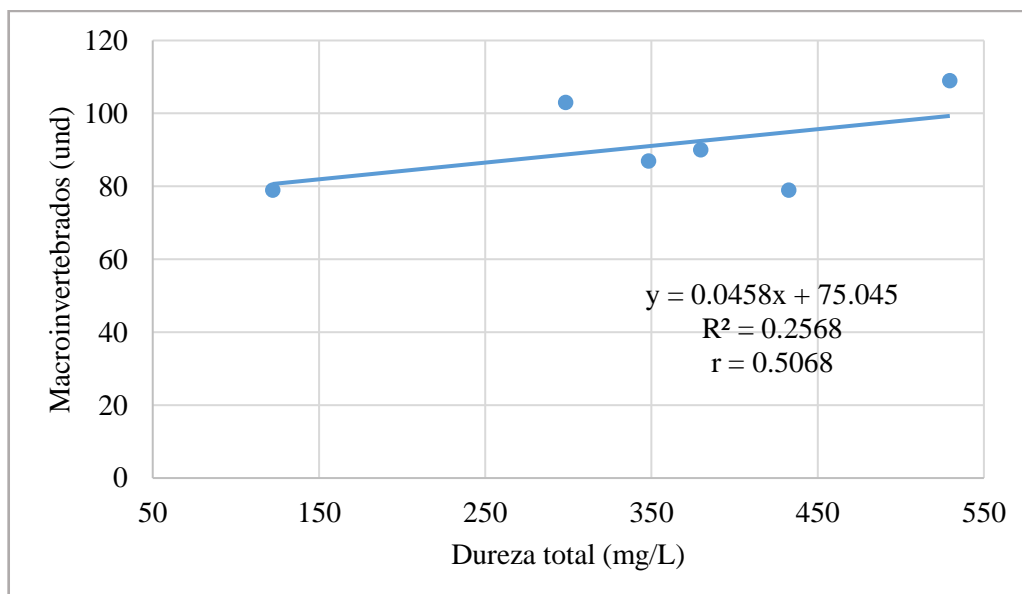
La dureza del agua se define por la cantidad de iones presentes, las aguas con bajas durezas se denominan blandas, y biológicamente son poco productivas, por lo contrario, pasa con el agua que tienen una dureza elevada se les considera duras y estas son muy productivas, esta productividad está dada generalmente por unas pocas especies que se adaptan a condiciones como estas debido al poder de resiliencia que tienen los seres vivos. (Molina, 2019, p. 153)

4.2.9.1. Regresión y Correlación para el Número De Macroinvertebrados y la

Dureza.

Figura 21

Recta de regresión lineal de macroinvertebrados en función de la dureza



Nota: Se puede observar la dispersión de macroinvertebrados con el de la dureza.

Como se puede observar en la figura 21, el coeficiente de determinación es ($R^2 = 0.2568$), indica que el parámetro de la dureza se relaciona en un 25.68 % sobre los macroinvertebrados; la obtención de la ecuación lineal del análisis de regresión realizado es: $y = 0.0458x + 75.045$, la que nos permite establecer los datos de la recta de regresión lineal y también permitirá predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal.

En la tabla 19 se observa que el coeficiente de correlación de Pearson es ($r = 0.507$), significa, que existe una correlación no significativa moderada positiva entre variables, quiere decir, que, si el parámetro de la dureza (x) aumenta, el número de macroinvertebrado (y) también aumenta. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es de 0.305, que es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

El aumento de la dureza se debe también al aumento de minerales en el agua producto de actividades humanas e industriales que generan aspectos ambientales por diferentes usos que se da al suelo y restos generados por la minería estas características de usos del suelo y presencia de minería contrastan con en el estudio realizado por (Mora, 2019, p. 106), también en los resultados obtenidos por su parte Hoyos (2019) en el río Muyoc, donde “determino que si la dureza total aumenta también aumenta el número de macroinvertebrados”, caso muy familiar con el estudio realizado (p. 79).

Tabla 19

Correlación de Pearson de los macroinvertebrados en función de la dureza

Correlación			
		Macroinvertebrados	Dureza
Macroinvertebrados	Correlación de Pearson	1	0.507
	Sig. (bilateral)		0.305
	N	6	6
Dureza	Correlación de Pearson	0.507	1
	Sig. (bilateral)	0.305	
	N	6	6

4.3. Análisis Estadístico de Resultados

4.3.1. Análisis de Varianza (ANOVA) para las Poblaciones de Macroinvertebrados

De los datos obtenidos en la tabla 20, se puede observar el análisis de variancia (ANOVA) de las poblaciones de macroinvertebrados, los resultados indican que para las

repeticiones no existe significación estadística, esto debido a que, el valor de significancia obtenido es (p-valor = 0.255) es mayor al 0.05.

Para la interacción (época*punto), no se encontró significación estadística, esto debido a que, el valor de significancia obtenido es (p-valor = 0.213) es mayor al 0.05, donde indica que las acciones conjuntas del tiempo y lugar de monitoreo realizado no afectan las poblaciones de macroinvertebrados.

Para los efectos independientes de los factores en estudio de (época y punto), tampoco se encontró significancia estadística, en el caso de la época el valor de significancia es (p-valor = 0.96) el cual es mayor a 0.05, lo que significa que las poblaciones de macroinvertebrados no se diferenciaron en su número en las épocas (seca y húmeda) evaluadas. Y para el caso del punto, el valor de significancia es (p-valor = 0.066) también mayor a 0.05, lo que significa que, en los puntos de monitoreo realizados, las poblaciones de macroinvertebrados no se diferenciaron en su número.

Tabla 20

Análisis de varianza (ANOVA) para las poblaciones de macroinvertebrados

Fuente de variación	Suma de cuadrados	Grados de libertad	Cuadrados medios	F calculado	P – valor
Repetición	2	30.722	15.3611	1.46	0.255
Época	1	0.028	0.0278	0	0.96
Punto	5	128.806	25.7611	2.44	0.066
Época*Punto	5	82.139	16.4278	1.56	0.213
Error	22	231.944	10.5429		
Total	35	473.639			

Nota: Significancia al 0.05 % con una confianza del 95%.

4.3.2. Prueba de Tukey

Los resultados obtenidos en la tabla 21, nos muestra resultados del análisis de la prueba de Tukey con una probabilidad del 5 %, se puede observar que todas las medias comparten la letra A, lo cual indica que se acepta la hipótesis nula porque todas las medias o promedios son iguales. Comparando resultados con los obtenidos en el ANOVA, ninguno de los factores tiene valor de significancia menor a 0.05.

Tabla 21

Resultados de la prueba de Tukey y una confianza al 95%

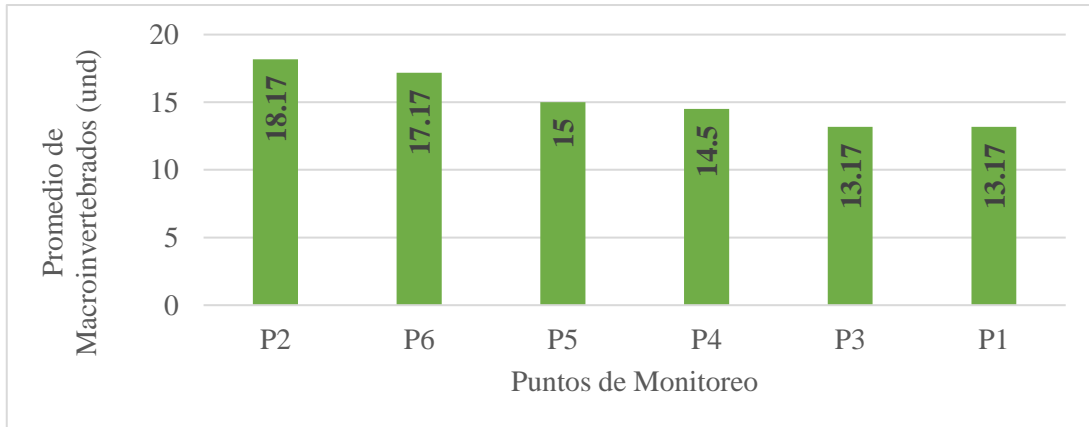
Punto	Media	Agrupación
P2	18.17	A
P6	17.17	A
P5	15	A
P4	14.5	A
P3	13.17	A
P1	13.17	A

Nota: Se puede observar cada uno de los puntos de monitoreo con sus medias y agrupación.

Según el análisis realizado nos muestra que todos los promedios de los puntos de monitoreo son iguales, aun así, se observa en la figura 22, el punto de monitoreo P2 obtuvo el promedio máximo del estudio realizado durante las dos épocas (seca y húmeda) con un valor de 18.17 und. y en el punto de monitoreo P1, se obtuvo el promedio mínimo del estudio realizado durante las dos épocas (seca y húmeda) con un valor de 13.17 und.

Figura 22

Promedio de macroinvertebrados en función de los puntos de monitoreo



Nota: Se observa el promedio de macroinvertebrados en las dos épocas de monitoreo.

CAPITULO V

CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

5.1. Conclusiones

Se recolectaron un total de 547 individuos de macroinvertebrados, en la época seca un total de 174 y en la época húmeda 173 macroinvertebrados, los cuales corresponden a 5 órdenes y 9 familias; con estos resultados se logró determinar la calidad del agua del río Tingo - Maigashamba, según los diferentes índices bióticos: Índice Biótico Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT) se obtuvo un puntaje promedio de 0.75, lo que indica una calidad de agua “muy pobre” severamente impactada; para el Índice Biótico Andino (ABI) se obtuvo un puntaje promedio de 16.41, lo que indica una calidad de agua “malo”; para el Índice Biological Monitoring Working Party BMWP/Col se obtuvo un puntaje promedio de 15.8 lo, que indica una calidad de agua “critica” aguas muy contaminadas.

Los resultados de los parámetros fisicoquímicos: temperatura (T°), potencial de hidrógeno (pH), demanda bioquímica de oxígeno (DBO_5), oxígeno disuelto (OD), y dureza ($CaCO_3$); se encuentran dentro de los Estándares Nacionales de Calidad Ambiental para Agua, establecidos según el decreto supremo N°004-2017-MINAM; a excepción de la conductividad eléctrica (CE) en los puntos de monitoreo P2 (1916), P3 (1628.5), P4 (1433.5), P5 (1390) y P6 (1071.5) de la época seca y los puntos de monitoreo P2 (1026), P3 (1056) y P4 (1328) de la época húmeda; el fosfato (PO_4^{3-}) en los puntos de monitoreo P2 (0.813), P3 (0.228), P4 (1.25), P5 (0.136) y P6 (3.062) de la época seca y los puntos de monitoreo P1 (0.08), P2 (0.063), P3 (0.103), P4 (0.073), P5

(0.265) y P6 (0.058) de la época húmeda; el nitrato (NO_3^-) en los puntos de monitoreo P2 (16.5) y P3 (15.49) de la época seca y los puntos de monitoreo P1 (16.83), P2 (19.08), P3 (14.69), P4 (18.458), P5 (17.796) y P6 (14.81) de la época húmeda; no cumplen con lo establecido por la normativa peruana.

Se obtuvo los resultados de la regresión lineal para macroinvertebrados en función de los parámetros fisicoquímicos, en los cuales el coeficiente de determinación es menor al 95%, lo cual no cumple con una regresión lineal significativa con un buen coeficiente de determinación, para predecir los datos a futuro y ver el comportamiento de la regresión lineal. Además, se obtuvo los resultados para la correlación de Pearson, de los macroinvertebrados en función de los parámetros fisicoquímicos en los que se obtuvo una correlación no significativa positiva para la temperatura, conductividad eléctrica, caudal, fósforo, nitratos y dureza; y una correlación no significativa negativa para el potencial de hidrógeno y demanda bioquímica de oxígeno. Sin embargo, el valor de la significación bilateral es superior al 0.05; por lo tanto, no existe una correlación significativa entre variables.

5.2. Recomendaciones

Incentivar a continuar realizando monitoreos de la calidad del agua mediante la identificación y análisis de macroinvertebrados bentónicos y su relación con los parámetros fisicoquímicos en el río Tingo - Maigabamba, y así evidenciar la calidad del recurso hídrico a través del tiempo.

CAPITULO VI

REFERENCIAS

Acosta Rivas, C. R. (2009). *Estudio de la cuenca altoandina del Río Cañete Lima Perú, distribución altitudinal de la comunidad de macroinvertebrados bentónicos y caracterización hidroquímica de sus cabeceras cársticas* [Tesis de Doctorado, Universidad de Barcelona]. Dialnet, pp. 401 - 425.

<https://dialnet.unirioja.es/servlet/tesis?codigo=254655>

Álvarez Cabria, M. (2009). *Estudio de la variabilidad espacio – temporal de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos en los ecosistemas fluviales de Cantabria. Repercusiones para la aplicación de las Directiva Macro del Agua*. [Tesis de Doctorado, Universidad de Cantabria]. Handle, p. 185.

<https://repositorio.unican.es/xmlui/handle/10902/1306>

Arana Maestre, J. O. (2008). *Caracterización ecológica del Santa Eulalia, Lima (Perú) mediante el uso de macroinvertebrados como indicadores biológicos* [Tesis Título de Biólogo, Universidad Nacional Mayor de San Marcos], pp. 123 - 148.

<https://core.ac.uk/download/pdf/323353214.pdf>

ANA (Autoridad Nacional del Agua). (2016). *Protocolo Nacional para el Monitoreo de la Calidad de los Recursos Hídricos Superficiales*, Perú. Resolución Jefatural N° 010-2016-ANA, p. 92.

Azabache Coronado, L. (2018). *Determinación de la calidad ecológica del agua de los ríos Porcón, Grande y Mashcón - Cajamarca, en función de la macrofauna bentónica como bioindicador* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional de Cajamarca].

Handle, pp. 67 - 83. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2114>

- Barbour, M. T., Guerritsen, J., Griffith, G. E., Frydenborg, R., McArron, E., White, J. S. y Bastian, M. L. (1996). *A framer work for biological criteria for Florida streams using benthic macroinvertebrates*. Journal of the North American Benthological Society, pp. 185 - 211.
- Bernot, M. J. y Wilson, K. P. (2012). *Variación espacial y temporal del oxígeno disuelto y la energía del ecosistema en Devils Hole, Nevada*. Western North American Naturista, 145p.
- Boards, W. (2015). Folleto Informativo *Conductividad Eléctrica, Salinidad; California*, p. 4. https://www.waterboards.ca.gov/water_issues/programs/swamp/docs/cwt/guidance/3130sp.pdf
- Bulnes Herrera, L. L. (2019). *Macroinvertebrados bentónicos, indicadores de la calidad ecológica del agua en dos ríos de Lima con distintas actividades productivas*. [Tesis Título de Biólogo, Universidad Nacional Agraria la Molina]. Repositorio La Molina, p. 104. <https://repositorio.lamolina.edu.pe/handle/20.500.12996/4264>
- Bullón Alcalá, V. E. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo*. [Tesis Ing. Forestal Ambiental, Universidad Nacional del Centro Del Perú]. Handle, p. 70. <http://hdl.handle.net/20.500.12894/3462>
- Canter Larry, W. (2000). *Manual de evaluación de Impacto Ambiental*, Capítulo 5 - Índices e Indicadores Ambientales que describen el Medio. Repositorio, p. 101. <http://repositorio.uasb.edu.bo/handle/54000/1394>
- Carvancho Aránguiz, C. A. (2012). *Estudio de las comunidades de macroinvertebrados bentónicos y desarrollo de un índice multiparamétrico para evaluar el estado ecológico de los ríos de la cuenca del Limari en Chile* [Tesis de Maestría,

Universidad de Barcelona]. Treballs, p. 70.

https://www.ub.edu/fem/docs/treballs/TESIS_MASTER_Caroline%20Carvacho.pdf

Chará, J., Pedraza, G., Giraldo, L. y Hincapie, D. (2007). Efecto de los corredores ribereños sobre el estado de quebradas en la zona ganadera del río la Vieja, Colombia.

Agroforestería en las Américas. Handle, pp. 72 - 79.

<https://repositorio.catie.ac.cr/handle/11554/7728>

Custodio Villanueva, M. (2013). *Análisis de la biodiversidad de macroinvertebrados bentónicos del Río Cunas mediante indicadores ambientales, Junín – Perú* [Tesis de Doctorado, Universidad Nacional del Centro del Perú]. Handle, p. 234.

<https://repositorio.uncp.edu.pe/handle/20.500.12894/1204>

Doak, D., Bigger, D. y Harding, E. K. (1998). *The statistical inevitability of stability - diversity relationships in community ecology*. The American Natural, pp. 260 - 276.

Domínguez, E. y Fernández, H. (2009). *Macroinvertebrados bentónicos sudamericanos: Sistemática y biología*. 1 edición. San Miguel de Tucumán - Argentina: Fundación Miguel Lillo, pp. 649 - 656.

Herrera, M. (2006). *Evaluación de macroinvertebrados bentónicos (insectos acuáticos) en el río Toro, Río Cuarto, Alajuela*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Heredia], p. 145. <https://core.ac.uk/reader/487397600>

Extence, C. A., Balbi, D. M. y Chadd, R. P. (1999). *River flow indexing using British benthic macroinvertebrates: a framework for setting hydroecological objectives*. Regul. Rivers: Res. Manage, pp. 545 - 574.

[https://doi.org/10.1002/\(SICI\)1099-1646\(199911/12\)](https://doi.org/10.1002/(SICI)1099-1646(199911/12)).

Fernández Rodríguez, R., Rodríguez, B., Carreño, A. y Corrochano Codornú, A. (2012). *Catálogo y claves de identificación de organismos utilizados como elementos de*

calidad en las redes de control del estado ecológico. Ministerio de Agricultura, Alimentación y Medio Ambiente – España, p. 189.

Flores Rojas, D. (2014). *Guía para la Vigilancia Ambiental. Agua es vida*. Puka Tika GRUFIDES, ESF. Cajamarca, Perú, p. 63.

https://issuu.com/grufides/docs/gu_a_de_vigilancia_ambiental_con_m

Fuentes, J. L. (2002). *Aguas Subterráneas*. Consultado en 18 de enero del 2023, p. 32.

Disponible en:

https://www.mapa.gob.es/ministerio/pags/biblioteca/hojas/hd_1992_01.pdf

Gallozo Huerta, A. y Yauri Cocachin, J. P. (2017). *Macroinvertebrados acuáticos como bioindicadores de la calidad del agua, relacionados con los metales pesados en la subcuenca Yanayacu Ancash setiembre 2015 - abril 2016* [Tesis de Ing. Ambiental, Universidad Nacional Santiago Antúnez de Mayolo]. Handle, p. 188.

<https://repositorio.unasam.edu.pe/handle/UNASAM/2011>

Gonzales Palma, C., Maestre Arana, J., Rimarachín Ching, V. y Samanez Valer, I. (2014) *Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos (macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú*. Universidad Nacional Mayor de San Marcos, p. 39.

Henze, M., Van, C. M. y Ekama, G. (2008). *Biological Wastewater Treatment: Principales, Modeling, and Design*. Intl Water Assn, p. 28.

<https://iwaponline.com/ebooks/book/791/Biological-Wastewater-TreatmentPrinciples>

Hoyos Pompa, N. (2019). *Calidad del agua en función a los macroinvertebrados bentónicos y parámetros fisicoquímicos en el río Muyoc Grande, Miguel Iglesias, Celendín – 2018* [Tesis Ing. Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. Handle, p. 79.

<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/3305>

- ICC (Instituto Privado de Investigación sobre Cambio Climático). (2017). *Manual de medición de caudales*. Guatemala, pp. 16 - 20.
- Kiely, G. (2001). *Ingeniería Ambiental: Fundamentos, entornos, tecnologías y sistemas de gestión*. Editorial McGraw-Hill/Interamericana de España. Volumen 1 y 2. España, p. 409.
- Klemm, D. J., Lewis, P. A., Fulk, F. y Zorchak, J. M. (1990). *Macroinvertebrate field and laboratory methods for evaluating the biological integrity of surface waters*. Environmental Protection Agency. Environmental Monitoring Systems Laboratory, Cincinnati, p. 125.
- Labajo Villantes, I. y Nuñeza, O.M. (2015). *Macroinvertebrates as bioindicators of water quality in Labo and Clarin rivers, Misamis Occidental, Philippines*. International Journal of Biociencias (IJB). pp. 61 - 78.
- Liceo, L. R. (2013). *Análisis físico, químico y biológico de la cuenca hidrológica del Río San Rafael y su posible relación con el impacto ecológico ocasionado por la actividad minera aledaña al río, durante el periodo de marzo a octubre del año 2013 en Guápiles*. Globe, pp. 23 - 28.
- Linares Zelada, J. F. (2018). *Caracterización fisicoquímica y de macroinvertebrados bentónicos de los ríos Perlamayo y Tacamache, Distrito de Chugur Cajamarca* [Tesis de maestría, Universidad Nacional de Cajamarca]. Handle, p. 181.
<https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/2485>
- Margalef López, R. (1993). *Teoría de los sistemas ecológicos*. Estudio General. Universidad de Barcelona, España, p. 290. <https://www.casadellibro.com/libro-teoria-de-los-sistemas-ecologicos-2-ed/9788447502134/124067>
- Martínez Cruz, C. y Quintal Franco, C. (s. f.). *Condiciones de carga orgánica, temperatura, precipitación, radiación solar, sulfuros y sulfatos en la estratificación de la biomasa*

- algas en las lagunas de estabilización*. Consultado el 18 enero 2023, p. 10. Disponible en: <http://www.bvsde.paho.org/bvsaidis/tratagua/mexicona/R-0080.pdf>.
- Mata, Q. (1998). *Que son los Gradientes Ambientales y el Dosel Arboreo*. Consultado 20 de abril 2023, p. 1. Disponible en: <https://elambienteron.wordpress.com/2012/10/17/que-son-los-gradientes-ambientales-y-el-dosel-arboreo/>
- MINAM (Ministerio del Ambiente). (2017). *Estándares de Calidad Ambiental (ECA) para Agua y establecen disposiciones complementarias*. D. S. N° 004 - 2017 - MINAM. Lima, Perú Consultado 01 de febrero 2023. disponible en: <https://sinia.minam.gob.pe/normas/aprueban-estandares-calidad-ambiental-eca-agua-establecen-disposiciones>.
- Montes Rojas, R. T. (2013). *Metodología para evaluar la modificación de la capacidad de autodepuración de los ríos*. Consultado 23 de enero 2023, p. 160. Disponible en: <http://www.ptolomeo.unam.mx:8080/jspui/bitstream/132.248.52.100/6002/1/tesis.pdf>.
- Mora Tisnado, G. M. (2019). *Calidad del agua de las cuencas de Huacamarcanga y Tres Cruces mediante los índices de diversidad, equidad, BMWP, EPT y algunos parámetros fisicoquímicos – La Libertad*. [Tesis de Maestría, Universidad Nacional de Trujillo]. Handle, p. 106. <https://hdl.handle.net/20.500.14414/12898>
- Morais, S., Monroig, O., Zheng, X., Leaver, M. J. y Tocher, D. R. (2009). *Highly unsaturated fatty acid synthesis in Atlantic salmon: characterisation of Elovl 5- and Elovl 2-like elongases*. *Mar. Biotechnol*, pp.627 - 639.
- Morelli, E. y Verdi, A. (2014). *Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en cursos de agua dulce con vegetación rivereña nativa de Uruguay*. Montevideo, Facultad de Ciencias, Universidad de la República. *Revista Mexicana de Biodiversidad*, pp. 1160 - 1175.

- Muñoz Aguilar, C. R. (2016). *Caracterización Físico Química y Biológica de las Aguas del río Grande Celendín - Cajamarca* [Tesis de Ing. Ambiental, Universidad Nacional de Cajamarca]. Handle, p. 109. <https://repositorio.unc.edu.pe/handle/20.500.14074/1755>
- OMS (Organización Mundial de la Salud). (2006). *Guías para la calidad del agua potable*. Primer apéndice a la tercera edición. Catalogación por la Biblioteca de la OMS, p. 408. <https://sinia.minam.gob.pe/download/file/fid/39098>
- Orjuela, L. (2013). *Hoja metodológica del indicador Demanda Bioquímica de Oxígeno en las masas de agua por estación*. Sistema de indicadores ambientales de Colombia. 7p.
- Paredes, C. (2004). *Macroinvertebrados bentónicos como bioindicadores de la calidad de agua en el río Rímac, Lima, Perú*. Revista. Facultad de Ciencias Naturales y matemáticas, Universidad Nacional Federico Villareal, pp. 17 - 22.
- Patiño Pescador, G. A. (2016). *Evaluación de la calidad del agua por medio de bioindicadores macroinvertebrados acuáticos en la quebrada la vieja*. [Tesis de Título de Tecnóloga en Saneamiento Ambiental, Universidad Francisco José de caldas]. Handle, p. 89. <https://repository.udistrital.edu.co/handle/11349/4724>
- Poma Rojas, W., y Alcántara Boñón, G. H. (2010). *Estudio de suelos y capacidad de uso mayor del departamento de Cajamarca*, p. 83. <https://zeoot.regioncajamarca.gob.pe/sites/default/files/INFSUELOSZEE091.pdf>
- Prieto, J. (2004). *El agua, sus formas, efectos, abastecimientos, usos, daños, control y conservación*. Bogotá: Eco Ediciones, p. 280.
- Quintero, L., Rendón, E., Agudelo, Y., Quintana, S., y Osorio, A. (2010). *Determinación de indicadores para la calidad de agua, sedimentos y suelos, marinos y costeros en puertos colombianos*. Revista Gestión y Ambiente, p. 15.
- Rivera Méndez, J. L. (2010). *Determinación de los índices de Calidad y Coeficientes Cinéticos de auto depuración del agua, en la parte alta de la cuenca del río Naranjo*,

- San Marcos y Quetzaltenango* [Tesis de Maestría, Universidad De San Carlos De Guatemala], p. 162. http://biblioteca.usac.edu.gt/tesis/08/08_0391_MT.pdf
- Roldan Pérez, G. (2003). *Bioindicadores de la calidad del Agua en Colombia, propuesta para el uso del método BMWp/Col*. Editorial Universidad de Antioquia, p. 170.
- Roldan Pérez, G. (2008). *Guía para el estudio de los macroinvertebrados acuáticos del departamento de Antioquia Colombia*. Universidad de Antioquia. FEN Colciencias, Edit. Presencia, p. 226.
- Roldan Pérez, G. (2012). *Los macroinvertebrados como bioindicadores de la calidad del agua. revista de academia de ciencias exactas, físicas y Naturales Bogotá. Colombia*. Universidad de Antioquia, pp. 136 - 182.
- Romero Gonzales, D. J., Tarrillo Sánchez, H. J. y Juárez Chunga, A. M. (2017). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017* [Tesis Ing. Ambiental Perú. Universidad de Lambayeque]. Handle 109 p. <https://repositorio.udl.edu.pe/handle/UDL/97>
- Rosenberg, D, M., Danks, H. y Lehmkuhl, D. (2006). *Importance of insects in enviromental impact assesment*. Enviromental Management no. volume10, pp. 773 - 783.
- Sánchez, O. (2007). *Perspectivas sobre conservación de ecosistemas acuáticos en México*. Consultado 25 de mayo. 2023, p. 293. (en línea). Disponible en <https://books.google.com.pe/books?isbn=968817856X>
- Segnini, S. E. (2003). *El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la Condición Ecológica de los cuerpos de Agua Corriente, Venezuela*. Universidad de los andes. Eco Trópicos, p. 76.

- SENAMHI (Servicio nacional de meteorología e hidrología). (2016). *Estimación del caudal por el método de flotadores*. (En línea). Consultado el 6 marzo 2023, p. 1. Disponible en: http://www.senamhi.gob.pe/usr/cdc/aforo_x_flotadores.pdf.
- Silva Vásquez, A. L. (2016). *Influencia de la vegetación ribereña en la calidad del agua de la cuenca del río Mashcón – Cajamarca* [Tesis Ing. Forestal. Universidad Nacional de Cajamarca]. Handle, p. 122. <http://hdl.handle.net/20.500.14074/2596>
- Springer, M. (2010). *Macroinvertebrados de agua dulce de Costa Rica I, Biomonitorio acuático*. Revista de la Biología Tropical. VI, pp. 53 - 59.
- Tercedor, J. A. (1996). *Macroinvertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. Departamento de Biología Animal y Ecología. Granada, España, p. 262.
- Terneus, E., Hernández, K. y Racines, M. J. (2012). *Evaluación ecológica del río Lliquino a través de macroinvertebrados acuáticos*, Pastaza, Ecuador, pp. 43 - 45.
- Teves Aguirre, B. M. (2016). *Estudio fisicoquímico de la calidad del agua del río Cagra, región Lima* [Tesis de Maestría, Pontificia Universidad Católica del Perú]. Handle, p. 321. <https://tesis.pucp.edu.pe/repositorio/handle/20.500.12404/6797>
- Theischinger, G. y Watson, T. (1991). The Australian Dragonflies. *A Guide to the identification. Distribution and Habitats of Australian Odonata*. pp. 275 - 280.
- Molina Quenaya, S. S. (2019). *Consumo de agua dura en la población de las irrigaciones de la parte baja del río Chili-Arequipa* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional Federico Villarreal]. Handle, p.153. <https://hdl.handle.net/20.500.13084/3642>
- Viale, E. A. (2008). *Manual de Estadísticas Ambientales Andinas*. Lima, Perú, p. 93. <https://goo.su/PUw7WA>
- Zhen Wu, B. Y. (2008). *Calidad físico - química y bacteriológica del agua para consumo humano de la microcuenca quebrada Victoria, Curubandé, Guanacaste, Costa Rica* [Tesis de Maestría, Universidad Nacional a Distancia]. p. 204.

Zúñiga de Cardozo, M. C. y Caicedo, G. (1997). *Bioindicadores de la calidad del agua y caudal ambiental*. cap. 7. Escuela de recursos naturales y del medio ambiente, p. 21.

Zurita Haro, E. (2016). *Aplicación combinada del método BMWP - ABI-ICA para la evaluación de la calidad del agua de la microcuenca del río Atapo- Pomachaca Parroquia Palmira*. [Tesis Ing. en Biotecnología Ambiental, Escuela Superior Politécnica de Chimborazo]. DSpace, p. 123.

CAPITULO VII

ANEXOS

7.1. Panel Fotográfico Época Seca y Húmeda

Figura 23

Recolección de macroinvertebrados en el punto 1, época seca



Figura 24

Recolección de macroinvertebrados en el punto 3, época húmeda



Figura 25

Recolección de macroinvertebrados en el punto 6, época seca



Figura 26

Recolección de muestra fisicoquímica en el punto 5, época húmeda

**Figura 27**

Recolección de muestra fisicoquímica en el punto 3, época húmeda



Figura 28

Medición de la distancia del río en el punto 5, época seca

**Figura 29**

Medición de la temperatura insitu en el punto 4, época húmeda



7.2. Análisis de macroinvertebrados en laboratorio época seca y húmeda

Figura 30

Identificación de macroinvertebrados de época seca laboratorio UNC, Celendín



Figura 31

Identificación de macroinvertebrados de época seca laboratorio UNC, Celendín



Figura 32

Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín

**Figura 33**

Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín



Figura 34

Identificación de macroinvertebrados de época húmeda laboratorio UNC, Celendín



7.3. Macroinvertebrados Recolectados en la Época Seca y Húmeda

Figura 35

Macroinvertebrados familia elmidae

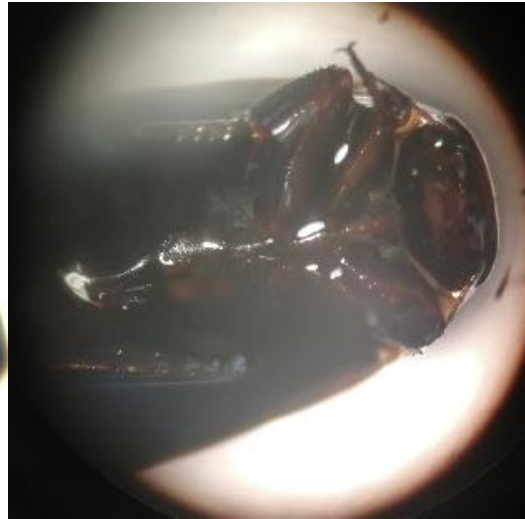


Figura 36

Macroinvertebrados familia chironomidae



Figura 37

Macroinvertebrados familia baetidae

**Figura 38**

Macroinvertebrados familia ceratopogonidae



Figura 39

Macroinvertebrados familia ceratopogonidae

**Figura 40**

Macroinvertebrados familia lumbrecidae



Figura 41

Macroinvertebrados familia chironomidae

**Figura 42**

Macroinvertebrados familia philopotamidae



Figura 43

Macroinvertebrados familia leptohyphidae



7.4. Resultados del Laboratorio en Época Seca y Húmeda

Figura 44

Parámetros fisicoquímicos de época seca

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA			
		LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL - D CON REGISTRO N° LE-084	
			
		Registro N° LE - 084	
INFORME DE ENSAYO N°		IE 0822549	
DATOS DEL CLIENTE			
Razon Social/Nombre	OSMER NEYSER DIAZ ACUÑA		
Dirección	-		
Persona de contacto	OSMER NEYSER DIAZ ACUÑA	Correo electrónico	odiaza14@unc.edu.pe
DATOS DE LA MUESTRA			
Fecha del Muestreo	24.08.22	Hora de Muestreo	13:10 a 14:35
Responsable de la toma de muestra	Cliente	Plan de muestreo N°	-
Procedimiento de Muestreo	-		
Tipo de Muestreo	Puntual		
Número de puntos de muestreo	06		
Ensayos solicitados	Químicos		
Breve descripción del estado de la muestra	Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservacion y conservación		
Referencia de la Muestra:	Bambamarca		
DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO			
N° Contrato	SC-755	Cadena de Custodia	CC - 549 - 22
Fecha y Hora de Recepción	25.08.22	11:50	Inicio de Ensayo 25.08.22 12:10
Reporte Resultado	07.09.22	16:35	
			
Edder Neyra Jaico Responsable de Laboratorio CIP: 147028			

Cajamarca, 07 de Setiembre de 2022

Figura 45

Parámetros físicoquímicos de época seca



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- D
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 0822549

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra	P1	P2	P3	P4	P5	P6		
Código Laboratorio	0822549-01	0822549-02	0822549-03	0822549-04	0822549-05	0822549-06		
Matriz	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural		
Descripción	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial		
Localización de la Muestra	Reventason Tantauhatay- Río Tingo- Maigasbamba	Río Nicolás- Río Tingo- Maigasbamba	El Amaro- Río Tingo- Maigasbamba	Puente Morán- Río Tingo- Maigasbamba	El Auque- Río Tingo- Maigasbamba	Desembocadura Llaucano- Río Tingo- Maigasbamba		
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.134	0.378	0.272	0.178	0.094	
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	3.204	37.223	27.64	22.99	20.95	
Nitrito (NO ₂ ⁻)	mg/L	0.0500	0.176	0.813	0.058	<LCM	<LCM	
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	<LCM	0.085	0.056	0.044	0.038	
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	5.135	16.50	15.49	11.07	8.836	
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	132.7	813.5	662.6	536.5	483.8	
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	<LCM	0.813	0.228	1.250	0.136	
pH a 25°C	pH	NA	7.29	7.28	7.75	7.94	7.90	
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	426.0	1916.0	1628.5	1433.5	1390.0	
Dureza Total	mg/L	1.0400	119.0	729.4	606.2	551.3	522.5	
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	<LCM	4.1	3.4	<LCM	<LCM	
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5000	5.3	5.8	7.2	6.8	6.4	

Leyenda: LCM: Límite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)



Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrito, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C, 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B, 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C, 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

NOTAS FINALES

- (*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.
 (*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por lo tanto no se encuentra dentro del alcance de acreditación.
 ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
 ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
 ✓ Las muestras sobre las que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
 ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
 ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: D-73-F01 Rev: N°02 Fecha: 03/07/2020

Cajamarca, 07 de Setiembre de 2022



Firmado digitalmente por COLINA VENEGAS Juan Jose FAU 20453744168 soft Motivo: Doy V° B° Fecha: 07.09.2022 16:58:52 -05:00

JR. LUIS ALBERTO SÁNCHEZ S/N. URB. EL BOSQUE, CAJAMARCA - PERÚ
e-mail: laboratoriodelagua@regioncajamarca.gob.pe / laboratoriodelagua@hotmail.com FON: 599000 anexo 1140

Página: 2 de 2

Figura 46

Parámetros fisicoquímicos de época húmeda

LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



INFORME DE ENSAYO N° IE 1022658

DATOS DEL CLIENTE

Razon Social/Nombre **OSMER NEYSER DIAZ ACUÑA**
Dirección -
Persona de contacto **OSMER NEYSER DIAZ ACUÑA** Correo electrónico odiaza14@unc.edu.pe

DATOS DE LA MUESTRA

Fecha del Muestreo **10.10.22** Hora de Muestreo **8:20 a 16:10**
Responsable de la toma de muestra **Cliente** Plan de muestreo N° -
Procedimiento de Muestreo -
Tipo de Muestreo **Puntual**
Número de puntos de muestreo **06**
Ensayos solicitados **Químicos**
Breve descripción del estado de la muestra **Las muestras cumplen con los requisitos de volumen, preservación y conservación**
Referencia de la Muestra: **Hualgayoc**

DATOS DE CONTROL DEL LABORATORIO

N° Contrato **SC-888** Cadena de Custodia **CC - 658 - 22**
Fecha y Hora de Recepción **11.10.22 08:00** Inicio de Ensayo **11.10.22 08:30**
Reporte Resultado **25.10.22 15:50**

**LABORATORIO REGIONAL
DEL AGUA**



Firmado digitalmente por LOPEZ LEON,
Freddy Humberto FAU 20483744188 soft
Motivo: Soy el autor del documento
Fecha: 26/10/2022 08:13 a. m.

Freddy López León
Especialista de Química
CIP: 198264

Figura 47

Parámetros fisicoquímicos de época húmeda



LABORATORIO REGIONAL DEL AGUA
GOBIERNO REGIONAL CAJAMARCA
LABORATORIO DE ENSAYO ACREDITADO POR EL
ORGANISMO PERUANO DE ACREDITACIÓN INACAL- DA
CON REGISTRO N° LE-084



Cajamarca, 26 de Octubre de 2022

INFORME DE ENSAYO N° IE 1022658

ENSAYOS			QUÍMICOS					
Código de la Muestra			E1	E2	E3	E4	E5	E6
Código Laboratorio			1022658-01	1022658-02	1022658-03	1022658-04	1022658-05	1022658-06
Matriz			Natural	Natural	Natural	Natural	Natural	Natural
Descripción			Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial	Superficial
Localización de la Muestra			Reventason Tantauhuatay	San Nicolás	El Amaro	Moran	Auque	Llaucano
Parámetro	Unidad	LCM	Resultados					
Fluoruro (F ⁻)	mg/L	0.0380	0.090	0.155	0.108	0.093	0.143	0.143
Cloruro (Cl ⁻)	mg/L	0.0650	33.97	5.880	8.238	7.910	7.023	7.510
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0500	6.765	1.733	1.913	1.365	0.735	0.560
Bromuro (Br ⁻)	mg/L	0.0350	0.125	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM	<LCM
Nitrato (NO ₃ ⁻)	mg/L	0.0640	16.8	19.1	14.69	18.458	17.796	14.81
Sulfato (SO ₄ ²⁻)	mg/L	0.0700	1012.2	388.4	362.8	282.2	259.3	251.4
Fosfato (PO ₄ ³⁻)	mg/L	0.0320	0.080	0.063	0.103	0.073	0.265	0.058
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	2.6000	<LCM	<LCM	5.8	3.7	3.4	3.6
pH a 25°C	pH	NA	7.290	7.160	7.940	7.930	7.880	7.870
Conductividad a 25°C	uS/cm	NA	328	1026	1056	1328	922	875
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	1.0400	125.32	329.59	259	145.07	236.57	187.15
Oxígeno Disuelto	mg O ₂ /L	0.5000	7.0	6.2	6.9	7.0	6.8	6.7

Legenda: LCM: Limite de Cuantificación del Método, valor <LCM significa que la concentración del analito es mínima (trazas)

Ensayo	Unidad	Método de Ensayo Utilizado
Aniones (Fluoruro, Cloruro, Nitrato, Bromuro, Sulfato, Nitrato, Fosfato, N-NO ₂ , N-NO ₃ , P-PO ₄ , N-NO ₂ +N-NO ₃)	mg/L	EPA Method 300.1 Rev. 1.0 1997 (VALIDADO) 2017. Determination of Inorganic Anions in Drinking Water by Ion Chromatography.
Potencial de Hidrógeno (pH) a 25°C	pH	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 4500-H+ B. 23rd Ed. 2017. pH Value: Electrometric Method.
Conductividad a 25°C	uS/cm	SMEWW-APHA-AWWA-WEF. Part 2510. B. 23rd Ed. 2017. Conductivity. Laboratory Method
Dureza Total	mg CaCO ₃ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 2340 C. 23rd Ed. 2017: Hardness EDTA Titrimetric Method
Demanda Bioquímica de Oxígeno (DBO ₅)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5210 B. 23rd Ed. 2017: Biochemical Oxygen Demand (BOD). 5-Day BOD Test
Demanda Química de Oxígeno (DQO)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 5220 D. 23rd Ed. 2017: Chemical Oxygen Demand (COD). Closed Reflux, Colorimetric Method
Oxígeno Disuelto (OD)	mg O ₂ /L	SMEWW-APHA-AWWA-WEF Part 4500-O C. 23rd Ed. 2017: Oxygen (Dissolved). Azide Modification.

NOTAS FINALES

(*) Los resultados obtenidos corresponden a métodos y/o matriz que no han sido acreditados por el INACAL - DA.

(*) Los Resultados son referenciales, no cumplen los requisitos de volumen, tiempo, preservación o conservación estipulado por el método, por encuentra dentro del alcance de acreditación.

- ✓ Los resultados indicados en este informe concierne única y exclusivamente a las muestras recibidas y sometidas a ensayo o realizadas en campo por el Laboratorio Regional del Agua. Cuando la toma de muestra lo realiza el cliente los resultados aplican a las muestras como son recibidas.
- ✓ La reproducción parcial de este informe no está permitida sin la autorización por escrito del Laboratorio Regional del Agua. Este informe no será válido si presenta tachaduras o enmiendas.
- ✓ Las muestras sobre los que se realicen los ensayos se conservaran en Laboratorio Regional del Agua de acuerdo al tiempo de perecibilidad que indica el método de ensayo y por un tiempo máximo de 10 días luego de la emisión de la informe de ensayo; luego serán eliminadas salvo pedido expreso del cliente.
- ✓ Este documento al ser emitido sin el símbolo de acreditación, no se encuentra dentro del marco de la acreditación otorgada por INACAL-DA.
- ✓ Se prohíbe el uso del símbolo de acreditación o la declaración de condición de acreditado emitida en este informe, por parte del cliente.

"Fin del documento"

Código del Formato: P-23-F01 Rev:N°02 Fecha : 03/07/2020

Cajamarca, 26 de Octubre de 2022

7.5. Cantidad de Individuos de Macroinvertebrados

Tabla 22

Cantidad de macroinvertebrados recolectados en época seca

Macroinvertebrados			P1			P2			P3			P4			P5			P6			Total
Orden	Familia	Clase	R 1	R 2	R 3	R 1	R 2	R 3	R 1	R 2	R 3	R 1	R 2	R 3	R 1	R 2	R 3	R 1	R2	R3	
Coleoptera	Elmidae	Insecta	2	1		1															4
Diptera	Chironomidae	Insecta	6	5	8	7		2	6	13	9	6	7	9	8	12	9	9	12	8	136
Diptera	Tipulidae	Insecta	1					1	2		2	1	2	3			1				13
Lumbricina	Lumbricina	Oligochaeta	1																		1
Ephemeroptera	Baetidae	Insecta	2																		2
Diptera	Ceratopogonidae	Insecta	4	10	5	12	8	12				8	7		6	5	7	7		9	100
Trichoptera	Philopotamidae	Insecta				1	2	2	6	3											14
Trichoptera	Hydropsychidae	Insecta											2								2
Ephemeroptera	Leptohephyphidae	Insecta												1					1		2
Total			16	16	13	21	10	17	14	16	11	15	16	14	15	17	17	16	13	17	274

Tabla 23*Resultados de parámetros fisicoquímicos de época húmeda*

Macroinvertebrados			P1			P2			P3			P4			P5			P6			Total
Orden	Familia	Clase	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	R1	R2	R3	
Coleoptera	Elmidae (Adulto)	Insecta			2	3		2		1								2			10
Diptera	Chironomidae (Larva)	Insecta	9	2	11	10	9	9	8			10	9	8	6	7	8	8	9	12	135
Diptera	Tipulidae	Insecta	2	3		3	2	1	1	2	4	2	2	2	1			1			26
Lumbricidae	Lumbricidae	Oligochaeta	1	2	2	2		2													9
Ephemeroptera	Baetidae	Insecta							2										1	1	4
Diptera	Ceratopogonidae	Insecta				5	6	7		7	13	9			7	6	6	6	12	4	88
Ephemeroptera	Leptohyphidae	Insecta																		1	1
Total			12	7	15	23	17	21	11	10	17	21	11	10	14	13	14	17	22	18	273

Tabla 24*Puntajes para las familias de macroinvertebrados en el índice ABI*

Orden	Familia	ABI	Orden	Familia	ABI
Acari	Hidracarina	4		Baetidae	4
Amphypoda	Hyalellidae	6	Ephemeroptera	Leptophlebiidae	10
	Dytiscidae	3		Leptohiphidae	7
	Elmidae	5		Oligoneuriidae	10
Coleoptera	Gyrinidae	3	Odonata	Aeshnidae	6
	Psephenidae	5		Coenagrionidae	6
	Ptilodactylidae	5	Plecoptera	Gripopterygidae	10
	Scirtidae	5		Perlidae	10
Diptera	Blephariceridae	10		Calamoceratidae	10
	Ceratopogonidae	4		Glossosomatidae	7
	Chironomidae	2		Helicopsychidae	10
Diptera	Empididae	4	Trichoptera	Hydrobiosidae	8
	Ephydriidae	2		Hydropsychidae	5
	Limoniidae	4		Hydroptilidae	6
	Psychodidae	3		Leptoceridae	8
	Simuliidae	5		Polycentropodidae	8
	Tabanidae	4	Hygrophila	Physidae	3
	Tipulidae	5	Verenoida	Sphaeriidae	4
Arhynchobdellida	Erpobdellidae	3	Haplotaxida	Tubificidae	1
Tricladida	Planariidae	5			

Nota: Flores (2014) y Acosta (2009).

Tabla 25*Valores de tolerancia Índice BWMP/Col*

FAMILIA	TOLERANCIA
Anomalopsychidae, Atriplectididae, Blephariceridae, Chordodidae, Gomphidae, Hydridae, Lampyridae, Lymnessidae, Odontoceridae, Oligoneuridae, Perlidae. Polythoridae, Psephenidae, Ptilodactylidae.	10
Ampullariidae, Dytiscidae. Ephemeridae, Euthyplociidae, Gyrinidae, Hydrobiosidae, Leptophlebiidae, Philopotamidae, Polycentropodidae, Xiphocentronidae.	9
Calamoceratidae, Gerridae, Hebridae, Helicopsychidae, Hydrobiidae, Leptoceridae, Lestidae, Palaemonidae, Pleidae, Pseudothelpusidae, Saldidae, Simuliidae, Veliidae.	8
Baetidae, Caenidae, Calopterygidae, Coenagrionidae, Corixidae, Dixidae, Dryopidae, Glossossomatidae, Hyalellidae, Hydropsychidae, Leptohiphidae, Naucoridae, Notonectidae, Planariidae, Psychodidae, Scirtidae.	7
Aeshnidae, Ancyliidae, Corydalidae, Elmidae, Libellulidae, Limnichidae, Lutrochidae, Megapodagrionidae, Sialidae, Staphylinidae.	6
Belostomatidae, Gelastocoridae, Mesoveliidae, Nepidae, Planorbiidae, Pyralidae, Tabanidae, Thiaridae.	5
Chrysomelidae, Dolichopudidae, Stratiomyidae, Haliplidae, Empididae, Sphaeridae, Lymnaeidae, Hydrometridae.	4
Ceratopogonidae, Glossiphoniidae, Cyclobdellidae, Hydroptilidae, Physidae, Tipulidae.	3
Culicidae, Chironomidae (cuando no es la familia dominante, si domina es 1), Muscidae, Sciomyzidae, Syrphidae	2
Tubificidae	1

Flores (2014) y Roldan (2012).

7.6. Claves de Identificación Taxonómica

Tabla 26

Claves de identificación taxonómica (Fernández et al., 2012)

1a	Con apéndices articulados	Phylum Arthropoda, 10
2b	Sin apéndices articulados	2
2a	Con concha	Phylum Mollusca, 13
2b	Sin concha	3
3a	Cuerpo segmentado	4
3b	Cuerpo no segmentado	4
4a	Con cápsula cefálica	Phylum Arthropoda, 10
4b	Sin cápsula cefálica	Phylum Annelida, 32
5a	Organismos que viven adheridos a diferentes sustratos. Con textura esponjosa, poros y espículas	Phylum Porifera, Familia Spongillidae
5b	Sin estos caracteres	6
6a	Con tentáculos	7
6b	Sin tentáculos	8
7a	Solitarios. Sésiles o de vida libre. Pólipos cilíndricos, con los tentáculos rodeando la boca	Phylum Cnidaria, Clase Hydrozoa
7b	Colonias formadas por cierto número de zooides sésiles	Phylum Bryozoa
8a	Cuerpo deprimido	Phylum Platyhelminthes, Clase Turbellaria, 34
8b	Cuerpo cilíndrico	9
9a	Con más de 1 cm. Muy alargados, con forma de hebra. Extremo posterior del cuerpo con una cloaca donde desembocan los órganos sexuales	Phylum Nematomorpha, Familia Gordiidae
9b	Con menos de 1 cm. Forma alargada, con los extremos a lados. Algunos en forma de espiral	Phylum Nematoda
10a	Con tres pares de patas o sin patas	11
10b	Con más de tres pares de patas	12
11a	Con un par de antenas	Superclase Hexapoda, 37
11b	Sin antenas	Clase Arachnida, 50
12a	Con cuatro pares de patas. Sin antenas	Clase Arachnida, 50
12b	Con más de cuatro pares de patas. Dos pares de antenas	Subphylum Crustacea, 51
13a	Concha formada por dos piezas o valvas	Clase Bivalvia, 14
13b	Concha formada por una pieza	Clase Gastropoda, 20
14a	Aspecto de pequeño mejillón, con biso	15
14b	Aspecto de pequeña ostra o almeja, sin biso	16
15a	Valvas subcilíndricas, con el margen ventral recto o ligeramente arqueado, de color oscuro a veces con manchas blancas irregulares. Tamaño aproximado 4 cm	Familia Mytilidae

15b	Valvas triangulares con ambos bordes arqueados, con bandas amarillentas y pardo-oscuros en zigzag. Tamaño máximo 3 cm	Familia Dreissenidae	
16a	Valvas simétricas respecto al umbo. Tamaño máximo de 30 mm		17
16b	Valvas asimétricas respecto al umbo. Tamaño desde algunos mm (juveniles) hasta más de 150 mm (adultos)		18
17a	Ligamento interno	Familia Sphaeriidae	
17b	Ligamento externo protegido por un repliegue calcáreo que sobresale en cada valva	Familia Corbiculidae	
18a	Sin dientes cardinales en la charnela. Concha en general na	Familia Unionidae	
18b	Con dientes cardinales en la charnela. Concha en general gruesa		19
19a	Con un diente lateral posterior, poco aparente, en la valva izquierda. Concha bastante gruesa y pesada	Familia Margaritiferidae	
19b	Con dos dientes laterales posteriores, bien aparentes, en la valva izquierda. Concha no tan gruesa y pesada	Familia Unionidae	
20a	Opérculo presente		21
20b	Opérculo ausente		27
21a	Opérculo y abertura de la concha en forma de media luna	Familia Neritidae	
21b	Opérculo y abertura de la concha ovalados o redondeados		22
22a	Opérculo presente en la zona más exterior de la abertura de la concha		23
22b	Opérculo retraído en la primera espiral de la concha		24
23a	Concha con 2 o 3 bandas sombreadas en la última espiral	Familia Viviparidae	
23b	Concha sin bandas sombreadas	Familia Bithyniidae	
24a	Ombligo abierto y abertura de la concha más o menos circular	Familia Valvatidae	
24b	Ombligo cerrado y abertura de la concha ovalada		25
25a	Con escotadura basal en la abertura de la concha	Familia Melanopsidae	
25b	Sin escotadura basal en la abertura de la concha		26
26a	Abertura de la concha ovalada o sub elíptica. Tamaño máximo 10 mm	Familia Hydrobiidae	
26b	Abertura de la concha más estrecha y alargada. Tamaño máximo 20 mm	Familia Thiaridae	
27a	Concha con forma de gorro (tipo lapa)		28
27b	Concha enrollada en espiral		30
28a	Concha con forma ovalada, ápice recto y agudo	Familia Ancyliidae	
28b	Concha con forma alargada, ápice curvado		29

29a	Ápice de la concha agudo y dirigido hacia la izquierda	Familia Acroloxiidae
29b	Ápice de la concha romo y dirigido hacia la derecha	Familia Planorbidae, Género Ferrissia
30a	Concha enrollada en un solo plano	Familia Planorbidae
30b	Concha helicoidal	31
31a	Abertura de la concha hacia la derecha	Familia Lymnaeidae
31b	Abertura de la concha hacia la izquierda	Familia Physidae
32a	Cuerpo con ventosas	33
32b	Cuerpo sin ventosas	Clase Oligochaeta, 69
33a	Con una ventosa posterior. Sin ojos, de pequeño tamaño (inferior a 12 mm), ectoparásitos de crustáceos	Clase Branchiobdellea, Familia Branchiobdellidae
33b	Con dos ventosas, una anterior y otra posterior. Con ojos	Clase Hirudinea, 76
34a	Tamaño máximo 3 mm. Faringe simple o bulbosa	Microturbellaria
34b	Tamaño 5 - 35 mm. Faringe plegada	Orden Tricladida, 35
35a	Cabeza con borde frontal lobulado y ancho menor que el del cuerpo. Siempre con dos ojos	Familia Dendrocoelidae
35b	Cabeza con borde frontal de otra forma y ancho mayor o igual que el del cuerpo. Con dos o más ojos	36
36a	Cabeza con forma triangular (lanceolada o espatulada). Sin tentáculos. Con dos ojos	Familia Dugesiidae
36b	Cabeza sin forma triangular. Con o sin tentáculos. Con dos o más ojos	Familia Planariidae
37a	Con furca en el abdomen	Clase Collembola
37b	Sin furca en el abdomen	Clase Insecta, 38
38a	Con élitros (adultos)	Orden Coleoptera, 81
38b	Sin elitros	39
39a	Con ojos compuestos. Larvas bien desarrolladas con esbozos alares	40
39b	Con ojos simples. Larvas sin esbozos alares	43
40a	Con dos o tres cercos pluriarticulados en el abdomen	41
40b	Sin cercos pluriarticulados en el abdomen	42
41a	Patas con 2 uñas. Sin branquias abdominales laterales. Con 2 cercos en el abdomen	Orden Plecoptera, 98
41b	Patas con una uña. Con branquias abdominales laterales. Generalmente con 3 cercos en el abdomen	Orden Ephemeroptera, 104
42a	Aparato bucal con el labio modificado en una estructura denominada máscara	Orden Odonata, 115
42b	Aparato bucal de tipo picador-chupador. Sin máscara (Heteroptera)	Orden Hemiptera, 123
43a	Con patas arculadas	44
43b	Sin patas arculadas	49

44a	Larva parásita que fabrica un lamento respiratorio en el estuche de algunos tricópteros (Subf. Agriotypinae)	Orden Hymenoptera, Familia Ichneumonidae
44b	Sin estos caracteres	45
45a	Mandíbulas de longitud mucho mayor que la cabeza	Orden Neuroptera, 134
45b	Mandíbulas de longitud menor o igual a la de la cabeza	46
46a	Con cinco pares de pseudópodos abdominales	Orden Lepidoptera, Familia Pyralidae
46b	Sin pseudópodos abdominales	47
47a	Abdomen con un lamento caudal y con branquias laterales	Orden Megaloptera, Familia Sialidae
47b	Sin estos caracteres	48
48a	Abdomen con un par de uñas anales con forma de gancho	Orden Trichoptera, 135
48b	Abdomen sin uñas anales o con cuatro muy juntas (larvas)	Orden Coleoptera, 158
49a	Aspecto grueso y curvado con forma de "C", tipo melolontoide (larvas)	Orden Coleoptera, 158
49b	Con otro aspecto	Orden Diptera, 170
50a	Cuerpo claramente dividido en dos tagmas, separados por un pedicelo. Piezas bucales no agrupadas. Con cuatro pares de patas	Orden Aranei
50b	Cuerpo no dividido en dos tagmas, sin pedicelo. Piezas bucales agrupadas formando un cono bucal. Adultos con cuatro pares de patas, inmaduros con tres	Superorden Acariformes
51a	Cuerpo fuertemente deprimido, con caparazón dorsal. Apéndices cefálicos transformados en ganchos, ventosas y una probóscide succionadora. Ectoparásito de peces	Subclase Branchiura, Familia Argulidae
51b	Sin estos caracteres	52
52a	Aspecto de cangrejo o gamba. Cuerpo con 20 segmentos	53
52b	Aspecto variable. Cuerpo con número variable de segmentos	62
53a	Cuerpo con caparazón cefalotorácico	54
53b	Cuerpo sin caparazón cefalotorácico	58
54a	Deprimidos. Primer par de maxilípedos transformado en un quelípedo con fuertes pinzas	55
54b	Comprimitos. Sin quelípedo	57
55a	Primer segmento abdominal sin pleópodos en ambos sexos	Familia Parastacidae
55b	Primer segmento abdominal con pleópodos, en la hembra son vestigiales	56

56a	Suturas longitudinales del cefalotórax próximas y unidas en su mitad. Espinas del cefalotorax distribuidas por ambos lados de la sutura cervical	Familia Cambaridae
56b	Suturas longitudinales del cefalotórax separadas. Espinas del cefalotorax distribuidas por detrás de la sutura cervical	Familia Astacidae
57a	Rostro finamente serrado, con espinas pequeñas y una espina supraorbital. Quelas de los dos primeros pereiópodos similares en tamaño y con una franja de seda apicales al final	Familia Atyidae
57b	Rostro no serrado, con espinas grandes y sin espina supraorbital. Quela del segundo par de pereiópodos mayor que la del primero; sin franja de sedas apicales	Familia Palaemonidae
58a	Cuerpo deprimido	Familia Asellidae
58b	Cuerpo comprimido	59
59a	Antena II muy desarrollada	Familia Corophiidae
59b	Antena II poco desarrollada	60
60a	Flagelo de la antena I con 1-2 artejos. Sin ojos	Familia Niphargidae
60b	Flagelo de la antena I con 4-5 artejos. Con ojos	61
61a	Exopodito del 3° urópodo con espinas y sedas	Familia Gammaridae
61b	Exopodito del 3° urópodo con espinas y sin sedas	Familia Crangonycidae
62a	Con caparazón	63
62b	Sin caparazón	68
63a	Con caparazón en forma de escudo dorsal. Cuerpo con dos largos cercos pluriarticulados	Orden Notostraca
63b	Sin estos caracteres	64
64a	Caparazón bivalvo que cubre todo el cuerpo. Apéndices retraídos en el interior de las valvas	65
64b	Caparazón bivalvo que no cubre la cabeza. Antenas II grandes, no retraídas en el interior de las valvas. Superorden Cladocera	66
65a	Valvas con estrías de crecimiento concéntricas. Más de dos pares de pereiópodos	Orden Spinicaudata
65b	Valvas sin estrías de crecimiento. Dos pares de pereiópodos	Clase Ostracoda
66a	Cuatro pares de pereiópodos	Orden Onychopoda
66b	Más de cuatro pares de pereiópodos	67
67a	Seis pares de pereiópodos morfológicamente similares	Orden Ctenopoda
67b	Cinco pares de pereiópodos morfológicamente diferentes	Orden Anomopoda
68a	Con ojos compuestos pedunculados. Pereiópodos foliáceos	Orden Anostraca
68b	Sin ojos compuestos. Periópodos no foliáceos	Clase Copepoda

69a	Una o dos quetas por fascículo	70
69b	Más de dos quetas por fascículo	73
70a	Una queta por fascículo	Familia Haplotaxidae
70b	Dos quetas por fascículo	71
71a	Longitud 10-40 mm. Diámetro del cuerpo	Familia Lumbriculidae
71b	Longitud >50 mm. Diámetro del cuerpo >2 mm	72
72a	Con molleja	Familia Lumbricidae
72b	Sin molleja	Familia Sparganophilidae
73a	Cuerpo con estrechamiento entre los segmentos, en forma de cadena. Con o sin ojos. En general, tamaño menor de 20 mm. Cuerpo translúcido o de color rosado	Familia Naididae
73b	Cuerpo sin estrechamiento entre los segmentos. Sin ojos. En general, tamaño mayor de 20 mm. Cuerpo de color rojizo o blanquecino	74
74a	Cuerpo, generalmente, rojizo. Quetas de forma variable	Familia Tubificidae
74b	Cuerpo, generalmente, blanquecino. Quetas simples, rectas o sigmoidales	75
75a	Con probóscide	Familia Propappidae
75b	Sin probóscide	Familia Enchytraeidae
76a	Cuerpo cilíndrico. Ventosa anterior (oral) más ancha que el cuerpo	Familia Piscicolidae
76b	Cuerpo deprimido. Ventosa anterior menos ancha que el cuerpo	77
77a	1 a 3 pares de ojos en posición central	Familia Glossiphoniidae
77b	Más de 3 pares de ojos	78
78a	Con 5 pares de ojos. Faringe con mandíbulas dentadas	79
78b	Con 4 pares de ojos. Faringe sin mandíbulas	80
79a	Mandíbulas con 15 dientes dispuestos en dos las. Faringe de longitud, aproximadamente, el doble que su diámetro. Abertura anal amplia. Anchura de la ventosa posterior mucho menor que la anchura máxima del cuerpo	Familia Haemopidae
79b	Mandíbulas con 30 o más dientes dispuestos en una sola la. Faringe de longitud, aproximadamente, igual al diámetro. Abertura anal estrecha. Anchura de la ventosa posterior, aproximadamente $\frac{3}{4}$ de la anchura del cuerpo	Familia Hirudidae
80a	Un par de ojos por segmento, dispuestos en dos las longitudinales centrales	Familia Glossiphoniidae
80b	Dos pares de ojos por segmento, los posteriores en posición lateral	Familia Erpobdellidae
81a	Metacoxas estrechas, no cubren los segmentos abdominales	82

81b	Metacoxas anchas, cubren los primeros segmentos abdominales		94
82a	Cabeza con rostro, sobre el que se encuentran las antenas	Familia Curculionidae	
82b	Cabeza sin rostro		83
83a	Tarsos con tres artejos		84
83b	Tarsos con cuatro o cinco artejos		85
84a	Élitros truncados en su parte posterior	Familia Hydroscaphidae	
84b	Élitros no truncados	Familia Sphaeriusidae	
85a	Tarsos con cuatro artejos, el tercero corto y bilobulado. Margen externo distal del élitro provisto de un fuerte den culo. Antenas largas y filiformes	Familia Chrysomelidae	
85b	Tarsos con cuatro o cinco artejos, el tercero alargado, nunca bilobulado. Margen externo distal del élitro sin den culo. Antenas con forma variada		86
86a	Antenas con los últimos artejos formando una maza		87
86b	Antenas de aspecto variable, nunca formando una maza		91
87a	Antenas de 8 a 9 artejos y maza pubescente de 5 segmentos	Familia Hydraenidae	
87b	Antenas de 6 a 9 artejos y maza pubescente de 3 segmentos		88
88a	Máxima anchura del pronoto en la región anterior o media		89
88b	Máxima anchura del pronoto en la base		90
89a	Pronoto con cinco surcos longitudinales	Familia Helophoridae	
89b	Pronoto sin cinco surcos longitudinales	Familia Hydrochidae	
90a	Prosterno cubierto por dos grandes placas formadas por la fusión de las coxas y los trocánteres	Familia Georissidae	
90b	Prosterno nunca cubierto por dos grandes placas	Familia Hydrophilidae	
91a	Tibias con fuertes espinas en el borde externo	Familia Heteroceridae	
91b	Tibias sin fuertes espinas en el borde externo		92
92a	Antenas cortas	Familia Dryopidae	
92b	Antenas largas		93
93a	Cuerpo redondeado. Superficie dorsal muy pubescente	Familia Limnichidae	
93b	Cuerpo alargado u oval. Superficie dorsal glabra	Familia Elmidae	
94a	Ojos divididos en dos partes, una dorsal y otra ventral. Tercer par de patas cortas y con forma de paleta. Antenas cortas	Familia Gyrinidae	
94b	Ojos no divididos. Tercer par de patas no transformadas en paleta. Antenas largas		95
95a	Metacoxas transformadas en grandes placas que cubren la mayor parte de los 3 primeros esternitos abdominales	Familia Haliplidae	

95b	Metacoxas nunca transformadas en placas		96
96a	Ojos prominentes. Cabeza separada del pronoto por un "cuello"	Familia Paelobiidae	
96b	Sin estos caracteres		97
97a	Apófisis metacoxales anchas, forman una V invertida distalmente	Familia Noteridae	
97b	Apófisis metacoxales estrechas con formas variables	Familia Dytiscidae	
98a	Labio con las glosas más pequeñas que las paraglosas		99
98b	Labio con las glosas y paraglosas de tamaño similar		101
99a	Tórax con traqueobranquias	Familia Perlidae	
99b	Tórax sin traqueobranquias		100
100a	Anchura del último artejo del palpo maxilar aproximadamente $\frac{1}{4}$ de la anchura del artejo precedente. Esbozos alares con márgenes externos redondeados	Familia Chloroperlidae	
100b	Anchura del último artejo del palpo maxilar aproximadamente la mitad de la anchura del artejo precedente. Esbozos alares con márgenes externos rec líneas	Familia Perlodidae	
101a	Artejos de los tarsos de longitud similar o progresivamente más largos, desde el primero hasta el último	Familia Taeniopterygidae	
101b	Segundo artejo de los tarsos más corto que los otros dos		102
102a	Tergos y esternos claramente separados en los nueve primeros segmentos abdominales	Familia Capniidae	
102b	Tergos y esternos claramente separados, como máximo, en los siete primeros segmentos abdominales		103
103a	Cuerpo robusto. Patas posteriores más largas que el abdomen. Esbozos alares divergentes respecto al eje longitudinal del cuerpo	Familia Nemouridae	
103b	Cuerpo alargado y delgado. Patas posteriores más cortas que el abdomen. Esbozos alares paralelos al eje longitudinal del cuerpo	Familia Leuctridae	
104a	Con caparazón que cubre el tórax y parte del abdomen	Familia Prosopistomatidae	
104b	Sin caparazón		105
105a	Branquias plumosas, bífidas		106
105b	Branquias no plumosas, simples, bífidas o multífidas		108
106a	Procesos mandibulares largos, sobrepasan la cabeza		107
106b	Procesos mandibulares cortos, nunca sobrepasan la cabeza	Familia Potamanthidae	

107a	Procesos mandibulares convergentes provistos de espinas	Familia Polymitarcyidae	
107b	Procesos mandibulares divergentes, sin espinas	Familia Ephemeridae	
108a	Ojos en posición dorsal. Cuerpo deprimido		109
108b	Ojos en posición latero-dorsal. Cuerpo no deprimido		110
109a	Cabeza triangular. Tibias de las patas I con una serie de sedas largas en el borde anterior	Familia Oligoneuriidae	
109b	Cabeza elíptica o trapezoidal, más ancha que larga. Tibias de las patas I sin sedas en el borde anterior	Familia Heptageniidae	
110a	Segundo par de branquias transformado en dos placas que cubren el resto de branquias	Familia Caenidae	
110b	Segundo par de branquias sin forma de placas		111
111a	Cercos con sedas en el margen interno		112
111b	Cercos con sedas en los márgenes interno y externo		114
112a	Ángulo posterior de los terguitos abdominales prolongado en un proceso a lado		113
112b	Ángulo posterior de los terguitos abdominales no prolongado en un proceso a lado	Familia Baetidae	
113a	Fémur y tibia I con largas sedas. Maxilas con un mechón branquial en la base	Familia Isonychiidae	
113b	Fémur y tibia I sin sedas. Maxilas sin mechón branquial	Familia Siphonuridae	
114a	Cinco pares de branquias en posición dorsal. Branquias simples en forma de lámina	Familia Ephemerellidae	
114b	Siete pares de branquias en posición lateral. Branquias simples bífidas o dobles de forma variada	Familia Leptophlebiidae	
115a	Con lamelas caudales		116
115b	Sin lamelas caudales		119
116a	Artejo basal de la antena de tamaño mayor o igual que la suma del resto de artejos. Máscara con una abertura romboidal en el prementón	Familia Calopterygidae	
116b	Artejo basal de la antena de tamaño similar al resto de artejos. Máscara sin abertura en el prementón		117
117a	Prementón con hendidura en el margen distal	Familia Lestidae	
117b	Prementón sin hendidura en el margen distal		118
118a	Prementón dorsalmente con cuatro sedas dispuestas en una línea horizontal. Lamela caudal con extremidad afilada	Familia Platycnemididae	
118b	Prementón dorsalmente con dos hileras de sedas dispuestas oblicuamente. Lamela caudal con extremidad roma	Familia Coenagrionidae	
119a	Máscara aplanada		120
119b	Máscara cóncava, a modo de cuchara		121

120a	Antenas engrosadas con cuatro artejos	Familia Gomphidae	
120b	Antenas filiformes con seis o siete artejos	Familia Aeshnidae	
121a	Margen distal del palpo labial con dientes fuertes y agudos	Familia Cordulegastridae	
121b	Margen distal del palpo labial con dientes romos y reducidos		122
122a	Cercos más largos que la mitad de la longitud de los paraproctos	Familia Corduliidae	
122b	Cercos más cortos que la mitad de la longitud de los paraproctos	Familia Libellulidae	
123a	Antenas de longitud mayor que la cabeza		124
123b	Antenas de longitud menor que la cabeza		128
124a	Cabeza muy alargada. Ojos situados en la zona media de la cabeza, alejados del pronoto	Familia Hydrometridae	
124b	Cabeza corta y triangular. Ojos situados en la base de la cabeza, cerca del pronoto		125
125a	Antenas de cinco antenómeros. Tarsos de dos tarsómeros. Búculas bien desarrolladas, cubren la base del rostro	Familia Hebridae	
125b	Antenas de cuatro antenómeros. Tarsos de tres tarsómeros. Búculas poco desarrolladas		126
126a	Mesoesterno alargado, de tal manera que las coxas medias están mucho más cerca de las posteriores que de las anteriores	Familia Gerridae	
126b	Mesoesterno corto, coxas medias equidistantes de las anteriores y de las posteriores		127
127a	Coxas medias convergentes hacia el eje central del cuerpo. Uñas con inserción apical	Familia Mesoveliidae	
127b	Coxas medias paralelas al eje central del cuerpo. Uñas con inserción subapical	Familia Veliidae	
128a	Abdomen con un sifón respiratorio	Familia Nepidae	
128b	Abdomen sin sifón respiratorio		129
129a	Con ocelos. Rostro alargado	Familia Ochteridae	
129b	Sin ocelos. Rostro generalmente corto, alargado en Aphelocheiridae		130
130a	Patas anteriores con los fémures muy ensanchados	Familia Naucoridae	
130b	Patas anteriores con los fémures no ensanchados		131
131a	Rostro muy largo, sobrepasa la inserción de las coxas medias	Familia Aphelocheiridae	
131b	Rostro corto, nunca alcanza la inserción de las coxas medias		132
132a	Patas anteriores con los tarsos modificados en paletas natatorias. Rostro ancho, no segmentado, de aspecto triangular.	Familia Corixidae	

132b	Patas anteriores con los tarsos no modificados. Rostro estrecho, con cuatro artejos bien definidos	133
133a	Cuerpo corto y comprimido, de aspecto abombado. Tamaño igual o menor a 3 mm	Familia Pleidae
133b	Cuerpo alargado, no comprimido. Tamaño superior a 8 mm	Familia Notonectidae
134a	Antenas más cortas que los estiletes maxilo-mandibulares. Sin branquias ventrales en el abdomen	Familia Osmylidae
134b	Antenas más largas que los estiletes maxilo-mandibulares. Con branquias ventrales en el abdomen	Familia Sisyridae
135a	Uñas anales con forma de peine curvado. Larva con estuche de granos de arena y forma de caracol	Familia Helicopsychidae
135b	Uñas anales con forma de garfio. Larva sin estuche o con estuche de formas variadas	136
136a	Metanoto totalmente esclerotizado	137
136b	Metanoto membranoso o con pequeños escleritos aislados	139
137a	Con branquias abdominales ventrales	Familia Hydropsychidae
137b	Sin branquias abdominales ventrales	138
138a	Segmento abdominal IX con un esclerito dorsal. Con estuche de morfología variada	Familia Hydroptilidae
138b	Segmento abdominal IX membranoso, sin esclerito dorsal. Sin estuche	Familia Ecnomidae
139a	Mesonoto membranoso o con dos pequeños escleritos aislados	140
139b	Mesonoto totalmente esclerotizado	146
140a	Primer segmento abdominal con protuberancias	141
140b	Primer segmento abdominal sin protuberancias	142
141a	Meso y metanoto con largas sedas. Estuche formado por elementos minerales	Familia Sericostomatidae
141b	Meso y metanoto sin sedas. Estuche formado por elementos vegetales	Familia Phryganeidae
142a	Segmento abdominal IX con una placa dorsal esclerotizada	143
142b	Segmento abdominal IX membranoso	144
143a	Apéndices anales largos y robustos, con uñas fuertes y prominentes. Sin estuche	Familia Rhyacophilidae
143b	Apéndices anales cortos, con uñas pequeñas. Con estuche	Familia Glossosomatidae
144a	Patas con uñas largas y arqueadas. Protrocanthin con el extremo anterior acuminado	Familia Polycentropodidae
144b	Patas con uñas cortas. Protrocanthin con otro aspecto	145
145a	Primer par de patas similar a las demás. Protrocanthin con el extremo anterior redondeado	Familia Philopotamidae

145b	Primer par de patas más gruesas que las demás. Protrocantin aplanado y corto, en forma de paleta	Familia Psychomyiidae	
146a	Metanoto con escleritos		147
146b	Metanoto membranoso, sin escleritos		154
147a	Primer segmento abdominal sin protuberancia	Familia Brachycentridae	
147b	Primer segmento abdominal con 2 protuberancias laterales o con 3 (1 dorsal y 2 laterales)		148
148a	Mesonoto con 4 a 6 escleritos		149
148b	Mesonoto con 2 escleritos		150
149a	Borde anterior del pronoto con prolongaciones laterales. Estuche formado por elementos minerales, con refuerzos laterales	Familia Goeridae	
149b	Borde anterior del pronoto sin prolongaciones laterales. Estuche formado por elementos minerales, en forma de lapa	Familia Uenoidae	
150a	Primer segmento abdominal con 2 protuberancias laterales	Familia Lepidostomatidae	
150b	Primer segmento abdominal con 3 protuberancias (1 dorsal y 2 laterales)		151
151a	Metanoto con 4 escleritos, 2 medianos transversales y 2 laterales	Familia Odontoceridae	
151b	Metanoto con escleritos en disposición diferente		152
152a	Pronoto con el borde anterolateral en punta	Familia Calamocera dae	
152b	Pronoto con el borde anterolateral redondeado		153
153a	Metanoto con dos escleritos anteromedianos, sin sedas	Familia Limnephilidae	
153b	Metanoto sin escleritos anteromedianos, con una la transversal de sedas	Familia Apataniidae	
154a	Pronoto con una carena transversal en el borde anterolateral	Familia Beraeidae	
154b	Pronoto sin carena		155
155a	Uñas del tercer par de patas, con sedas, muy a ladas o menores que las uñas de las demás patas	Familia Molannidae	
155b	Uñas del tercer par de patas, sin sedas, similar a las uñas de las demás patas		156
156a	Trocanter de longitud similar a la del fémur. Articulación entre el trocanter y el fémur con una pieza femoral proximal	Familia Leptoceridae	
156b	Trocanter de 2 a 3 veces más corto que el fémur. Articulación entre el trocanter y el fémur sin pieza femoral proximal		157
157a	Uñas del tercer par de patas más largas que el tarso (género Beraeodes)	Familia Beraeidae	
157b	Uñas del tercer par de patas tan largas como el tarso	Familia Sericostomadae	
158a	Sin patas	Familia Curculionidae	

158b	Con patas	159
159a	Aspecto grueso y curvado con forma de "C", tipo melolontoide. Con diez segmentos abdominales. Con uñas o ganchos estigma cos sobre el segmento abdominal VIII	Familia Chrysomelidae
159b	Aspecto delgado y alargado. Número variable de segmentos abdominales	160
160a	Patatas con cinco artejos	161
160b	Patatas con cuatro artejos	165
161a	Patatas con una uña	Familia Haliplidae
161b	Patatas con dos uñas	162
162a	Con branquias	163
162b	Sin branquias	164
163a	Branquias abdominales en posición lateral. Con cuatro uñas anales	Familia Gyrinidae
163b	Branquias torácicas y abdominales en posición ventral. Sin uñas anales	Familia Paelobiidae
164a	Mandíbulas largas, estrechas, arqueadas y con un canal	Familia Dyscidae
164b	Mandíbulas cortas, anchas y sin canal	Familia Noteridae
165a	Abdomen con ocho segmentos	166
165b	Abdomen con nueve o diez segmentos	167
166a	Antenas muy largas, sobrepasan la cabeza	Familia Scirtidae
166b	Antenas muy cortas, no sobrepasan la cabeza	Familia Hydrophilidae
167a	Abdomen con diez segmentos	Familia Hydroscaphidae
167b	Abdomen con nueve segmentos	168
168a	Cabeza oculta, no visible dorsalmente. Cuerpo deprimido	Familia Psephenidae
168b	Cabeza visible dorsalmente	169
169a	Con branquias anales (a veces retraídas bajo el opérculo). Último segmento abdominal más largo que ancho, triangular y escotado	Familia Elmidae
169b	Sin branquias anales. Último segmento abdominal tan largo como ancho, redondeado y entero	Familia Dryopidae
170a	Cápsula cefálica bien esclerotizada y definida, no retráctil (larvas eucéfalas)	171
170b	Cápsula cefálica no definida, retráctil en el tórax (larvas hemicéfalas o acéfalas)	184
171a	Con 6 ventosas ventrales y 6 pares de uñas	Familia Blephariceridae
171b	Sin estos caracteres	172
172a	Con pseudópodos	173
172b	Sin pseudópodos	178
173a	Con pseudópodos en los segmentos abdominales I y II. Extremo caudal con un sifón quitinizado y dos placas con sedas	Familia Dixidae

173b	Pseudópodos torácicos y/o anales	174
174a	Con pseudópodos anales	175
174b	Sin pseudópodos anales	Familia Simuliidae
175a	Con pseudópodos torácicos	176
175b	Sin pseudópodos torácicos (Subf. Dasyheleinae)	Familia Ceratopogonidae
176a	Cuerpo con protuberancias espinosas (Subf. Forcypomyinae)	Familia Ceratopogonidae
176b	Cuerpo sin protuberancias espinosas	177
177a	Cápsula cefálica con protuberancias	Familia Thaumaleidae
177b	Cápsula cefálica sin protuberancias	Familia Chironomidae
178a	Tórax engrosado, sin segmentación aparente	179
178b	Tórax no engrosado, con segmentación definida	180
179a	Antenas en posición vertical con respecto a la cabeza, terminadas en largas sedas. A veces con órganos hidrostáticos en el tórax y al final del abdomen	Familia Chaoboridae
179b	Antenas en posición horizontal con respecto a la cabeza	Familia Culicidae
180a	Extremo caudal con un sifón respiratorio alargado y dos branquias	Familia Ptychopteridae
180b	Sin estos caracteres	181
181a	Cápsula cefálica no totalmente esclerificada (Subf. Leptoconopinae)	Familia Ceratopogonidae
181b	Cápsula cefálica totalmente esclerificada	182
182a	Cuerpo cilíndrico, liforme. Segmentos más largos que anchos (Subf. Ceratopogoninae)	Familia Ceratopogonidae
182b	Cuerpo deprimido	183
183a	Con 14 o más segmentos postcefálicos. Con placas dorsales quitinizadas	Familia Psychodidae
183b	Con 11 segmentos postcefálicos. Sin placas dorsales	Familia Straomyidae
184a	Mandíbulas en forma de pinza, en disposición horizontal con respecto a la cabeza	185
184b	Mandíbulas en forma de gancho, en disposición vertical con respecto a la cabeza	187
185a	Cuerpo con numerosas expansiones cuticulares alargadas, bifidas o dentadas	Familia Cyllindrotomidae
185b	Sin estos caracteres	186
186a	Disco espiracular con 6 o más lóbulos	Familia Tipulidae
186b	Disco espiracular con menos de 6 lóbulos	Familia Limoniidae
187a	Con sifón respiratorio más o menos desarrollado	188
187b	Sin sifón respiratorio	190
188a	Sifón respiratorio muy alargado de forma telescópica	Familia Syrphidae
188b	Sifón respiratorio corto	189

189a	Sifón respiratorio con la extremidad terminal bífida. Con pseudópodos ventrales	Familia Ephyridae	
189b	Sifón respiratorio con la extremidad terminal no bífida. Con pseudópodos distribuidos por todo el cuerpo	Familia Tabanidae	
190a	Con pseudópodos		191
190b	Sin pseudópodos, con otras estructuras locomotoras		192
191a	Extremo caudal con prolongaciones (1 ó 5 pares) más largas que el último par de pseudópodos	Familia Athericidae	
191b	Extremo caudal sin prolongaciones o con prolongaciones más cortas que el último par de pseudópodos	Familia Empididae	
192a	Extremo caudal con cuatro prolongaciones curvadas hacia la cabeza	Familia Anthomyiidae	
192b	Sin estos caracteres		193
193a	Extremo caudal con espiráculos rodeados de lóbulos y sedas ramificadas	Familia Sciomyzidae	
193b	Sin estos caracteres		194
194a	Sin lóbulos. Con espiráculos sobre la superficie del último segmento abdominal o sobre cortos procesos	Familia Scathophagidae	
194b	Con cuatro lóbulos, formando una concavidad en la que se localizan los espiráculos		195
195a	Lóbulos cónicos, los ventrales más desarrollados que los dorsales y terminados en punta. Cuerpo con estrías longitudinales	Familia Dolichopodidae	
195b	Lóbulos foliáceos, de tamaño similar. Cuerpo con dos repliegues longitudinales laterales	Familia Rhagionidae	