



UNIVERSIDAD ALAS PERUANAS
FACULTAD DE INGENIERÍA Y ARQUITECTURA
ESCUELA PROFESIONAL INGENIERÍA AMBIENTAL

TESIS:

**BIOMONITOREOS CON MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS
PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DEL AGUA DEL RIO GRANDE EN
LA PROVINCIA DE CAJAMARCA- PERÚ, 2016**

**PARA OPTAR EL TÍTULO PROFESIONAL DE:
INGENIERO AMBIENTAL**

**Presentado por el Bachiller:
VIGIL LEIVA, JHAMBERTI MIGUEL**

Cajamarca – Perú

2017

A:

A mis padres Rene y Miguel por su infinito amor, por su apoyo incondicional y esfuerzo para poder ser cada día mejor, gracias por confiar en mí.

A mi hija Gianela Guissele, quien motiva mi vida cada día, para que le sirva de ejemplo y siga mis pasos.

A mi abuela Lucinda, gracias por sus consejos y tu apoyo incondicional.

Jhamberti

AGRADECIMIENTO

A Dios por darme la vida, y guiarme por el buen camino e iluminar mis pasos, acompañándome en mi travesía.

A la Universidad Alas Peruanas Filial Cajamarca por ser mi alma mater, y contribuir a mi formación profesional, a los administrativos en especial al señor Juan, el bibliotecario gracias por tanta amabilidad.

A mis amigos que siempre estuvieron a mi lado apoyándome, no los olvidaré y a todas las personas que me apoyaron para la culminación de este trabajo de investigación, no los defraudaré.

El Autor

RESUMEN

El estudio de macroinvertebrados bentónicos para evaluar las condiciones del agua del río Grande en la provincia de Cajamarca, Perú es importante para una región minera como Cajamarca. El problema de dicha cuenca es ser de mucha importancia para Cajamarca por ser la principal fuente de abastecimiento de agua. El objetivo de la presente investigación es determinar la calidad del ecosistema acuático en la parte alta y media de la cuenca del río Grande, esto se lograra aplicando índices Bióticos de calidad Ambiental basados en el estudio de los macroinvertebrados bentónicos presentes en el agua. Durante el estudio realizado se identificaron un total de 6 clases Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta, Insecta, Turbellaria, Aracnida; 11 órdenes y 36 familias. Los resultados promedio del índice EPT nos da un valor promedio de la cuenca de 3 lo que nos indicaría aguas fuertemente contaminadas; para el índice BMWP´COL el valor Promedio de la cuenca es de 44 es decir se encuentra en un estado Moderadamente contaminada y finalmente para el índice CERA nos da un Valor de Pésima calidad ecológica. Así como también de los resultados obtenidos puedo indicar que la calidad del agua del río Grande es de aguas moderadamente contaminadas, y las estaciones que presentaron una mejor calidad fueron PM4 y PM5. La de baja calidad fue PM6.

Palabras claves: Macroinvertebrados bentónicos, índice biótico, calidad ecológica, ecosistema acuático, muestreo, monitoreo, Bioindicadores, Índices de calidad ambiental acuáticos, Biomonitoreos.

ABSTRAC

The study of benthic macroinvertebrates to evaluate the water conditions of the Rio Grande in the province of Cajamarca, Peru is important for a mining region such as Cajamarca. The problem of this basin is to be of great importance for Cajamarca because it is the main source of water supply. The objective of the present investigation is to determine the quality of the aquatic ecosystem in the upper and middle part of the river basin, this being achieved by applying biotic indexes of environmental quality based on the study of the benthic macroinvertebrates present in the water. The objective of the present investigation is to determine the quality of the aquatic ecosystem in the upper and middle part of the river basin, this being achieved by applying biotic indexes of environmental quality based on the study of the benthic macroinvertebrates present in the water. During the study a total of 6 classes were identified Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta, Insecta, Turbellaria, Arachnida; 11 orders and 36 families. The average results of the EPT index gives us an average value of the basin of 3 which would indicate strongly polluted waters. For the BMWP'COL index the average value of the basin is 44 ie it is in a moderately polluted state and finally for the index CERA gives us a value of the lowest ecological quality. As well as the results obtained, I can indicate that the water quality of the Rio Grande is moderately contaminated, and the stations with the best quality were PM4 and PM5. The low quality was PM6.

Keywords: Benthic macroinvertebrates, biotic index, ecological quality, aquatic ecosystem, sampling, monitoring, Bioindicators, Aquatic environmental quality indices, Biomonitoring.

INTRODUCCIÓN

En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales. Por lo que cumple con el objetivo la presente tesis de biomonitoreos con macroinvertebrados bentónicos para evaluar las condiciones del agua del río grande en la provincia de Cajamarca-Perú, 2016

El objetivo general de la presente investigación es Evaluar la calidad del agua del Río Grande, al aplicar un biomonitoreo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016.

Para lo cual presenta el siguiente problema principal ¿Qué calidad del agua del Río Grande, se obtendrá al aplicar un biomonitoreo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016?

Esta investigación se justifica porque es necesaria la determinación de los componentes biológicos como parte de ecosistema acuático en los ríos de la región Cajamarca para evaluar e identificar las causas a largo plazo las alteraciones en sus poblaciones y así identificar las causas de la variabilidad del ecosistema. Las actividades mineras en la parte alta de la cuenca del río Grande que abastece de agua potable al 70% de la población de la ciudad de Cajamarca según la bibliografía encontrada en la presente tesis, nos da una alarma de cómo podría esta actividad afectar la calidad de sus aguas. Es por este motivo que me he propuesto establecer los lineamientos de evaluación biológica con macroinvertebrados para determinar los impactos en el Río Grande.

El presente trabajo de investigación, consta de cinco capítulos: *Primer Capítulo*; contiene descripción de la realidad problemática, delimitación de la investigación, delimitación especial, delimitación social, delimitación temporal, delimitación conceptual, problema principal, problemas secundarios, objetivo general, objetivos específicos, Hipótesis y variables de la investigación, justificación, importancia, limitaciones. *Segundo Capítulo*; incluye antecedentes del problema, bases teóricas, definición de términos básicos. *Tercer Capítulo*; Resultados del trabajo de investigación, análisis estadístico y Análisis e interpretación de resultados. *Cuarto capítulo*; proceso de contraste de hipótesis *Quinto Capítulo*; Conclusiones, Recomendaciones, Referencias bibliográficas, anexos, matriz de consistencia y anexos.

ÍNDICE DE CONTENIDO

	Pág.
Portada	i
Dedicatoria	ii
Agradecimiento	iii
Resumen	iv
Abstract	v
Introducción	vi

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática	01
1.2. Delimitación de la investigación	03
1.2.1. Delimitación espacial	03
1.2.2. Delimitación social	03
1.2.3. Delimitación temporal	03
1.2.4. Delimitación conceptual	03
1.3. Problemas de investigación	04
1.3.1. Problema principal	04
1.3.2. Problemas secundarios	04
1.4. Objetivos de la investigación	04
1.4.1. Objetivo general	05
1.4.2. Objetivos específicos	05
1.5. Hipótesis y variables de la investigación	05
1.5.1. Hipótesis general	05
1.5.2. Variables de la Investigación	06
1.5.3. Variables de la Investigación	06
1.6. Metodología de la investigación	06
1.6.1. Tipo y nivel de investigación	06
a) Tipo de investigación	06
a) Nivel de investigación	07
1.6.2. Método y diseño de la investigación	07
a) Método de investigación	07
b) Diseño de investigación	07
1.6.3. Población y muestra de la investigación	08
a) Población	07
a) Muestra	08
c) Técnicas	08
d) Instrumentos	08
1.6.5. Justificación, importancia y limitaciones de la investigación	

a) Justificación	09
b) Importancia	10
b) Limitaciones	10

CAPÍTULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la investigación	11
2.2. Bases teóricas	15
2.3. Definición de términos básicos	31

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Resultados del trabajo de investigación	35
3.1. Análisis e Interpretación de Resultados	35

CAPÍTULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. Prueba de hipótesis general	62
----------------------------------	----

CAPÍTULO V: DISCUSIÓN DE RESULTADOS

a) Conclusiones	63
b) Recomendaciones	64
c) Referencias	65
Anexos	67

ÍNDICE DE TABLAS

	Pág.
Tabla 1. Operacionalización de las variables de la investigación	06
Tabla 2. Muestra de estudio	08
Tabla 3. Listado de especies identificadas durante el estudio	38
Tabla 4. Resultados de PH por campaña y punto de muestreo	40
Tabla 5. Resultados de conductividad por campaña y punto de muestreo	43
Tabla 6. Resultados de TDS por campaña y punto de muestreo	45
Tabla 7. Resultados de salinidad por campaña y punto de muestreo	47
Tabla 8. Promedio de los parámetros analizados por estación de muestreo	48
Tabla 9. Índice ABI para las 5 campañas todos los puntos de muestreo	53
Tabla 10. Resultados del índice ABI	54
Tabla 11. Índice EPT para las 5 campañas todos los puntos de muestreo	55
Tabla 12. Resultados del Índice EPT	56
Tabla 13. Resultados del Índice BMWP´COL para las 5 campañas	57
Tabla 14. Resultados del Índice BMWP´COL para las 5 campañas	58
Tabla 15. Valores numéricos asignados al índice Cera	59
Tabla 16. Resultados del Índice CERA para las 5 campañas	60
Tabla 17. Resultados del Índice CERA para las 5 campañas	61
Tabla 18. Biomonitoreos con macroinvertebrados bentónicos para evaluar las condiciones del agua del Rio Grande en la provincia de Cajamarca- Perú, 2016.	68

INDICE DE FIGURAS

	Pág.
Figura 1. Plano de ubicación de la Cuenca de Río Grande	16
Figura 2. Agricultura en la Cuenca de Río Grande.	19
Figura 3. Ganadería en la Cuenca de Río Grande	20
Figura 4. Resultados de PH por campaña y punto de muestreo	41
Figura 5. Resultados de conductividad por campaña y punto de muestreo	44
Figura 6. Resultados de TDS por campaña y punto de muestreo	46
Figura 7. Resultados de Salinidad por campaña y punto de muestreo	48
Figura 8. Promedio de PH en todas las estaciones de muestreo	50
Figura 9. Promedio de Conductividad en todas las estaciones de muestreo	50
Figura 10. Promedio de TDS en todas las estaciones de muestreo	51
Figura 11. Promedio de Salinidad en todas las estaciones de muestreo	51
Figura 12. Descripción del Índice IHF, QBR, ABI, CERA.	70
Figura 13. Condiciones de referencia ríos andinos-A	71
Figura 14. Condiciones de referencia ríos andinos- B	72
Figura 15. Especificaciones por apartado	73
Figura 16. Evaluación del hábitad fluvial Río Grande	74

CAPITULO I: PLANTEAMIENTO METODOLÓGICO

1.1. Descripción de la realidad problemática

La contaminación minera en los últimos años viene generando problemas en la biodiversidad y en el ecosistema, una de sus causas ha sido la contaminación que genera la actividad minera formal que se encuentra en los ecosistemas y como una de las cuencas es receptores de escorias mineras en la Cuenca del Rio grande, se genera contaminación ambiental generando problemas en el ecosistema y en la biodiversidad como consecuencia, ésta afecta a la cadena trófica y a los pobladores de la zona. Como afluentes afecta a los canales de riego, la actividad minera afecta a las áreas productivas de los caseríos que circundan la zona de estudio.

En la actualidad los sistemas de evaluación ambiental solo contemplan la determinación de parámetros físico-químicos del agua mas no se tiene una visión del estado ecológico del agua como componente del ecosistema. Los procesos de evaluación biológicos permiten en complemento con los análisis químicos tener un criterio más amplio del comportamiento del ecosistema como un todo y no solo del agua como un componente del ecosistema. Por este motivo es necesaria la determinación de los componentes biológicos como parte de ecosistema acuático en los ríos de

la región Cajamarca para evaluar e identificar las causas a largo plazo las alteraciones en sus poblaciones y así identificar las causas de la variabilidad del ecosistema. Las actividades mineras en la parte alta de la cuenca del río Grande que abastece de agua potable al 70% de la población de la ciudad de Cajamarca según la bibliografía encontrada en la presente tesis, nos da una alarma de cómo podría esta actividad afectar la calidad de sus aguas. Es por este motivo que me he propuesto establecer los lineamientos de evaluación biológica con macroinvertebrados para determinar los impactos en el Río Grande.

El Río Grande se alimenta de las precipitaciones estacionales que ocurren en la parte alta de la cuenca y dan origen a los cursos de agua de características intermitentes, que carrea agua durante la estación de lluvias este curso de agua al originar 9 ríos, el uso minero del agua está circunscrito al **sector medio** de la cuenca donde se encuentra en actividad yacimientos mineros y se observa a simple vista transportan material en suspensión con un color terroso o turbio, encontrándose en épocas de lluvia altas concentraciones de oxígeno que varía desde 1.9 a 13.0 ppm. Además siendo la agricultura lo más importante en la zona se aprecia el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en cantidades considerables que según resultados de análisis químico, se ha detectado mayor cantidad de amonio, boro en concentraciones que superan los 0.5 ppm, dañinos para cultivos sensibles.

Por lo que en la Presente tesis profesional se estudia la calidad del agua de la cuenca de Río Grande, en cumplimiento con la, para cumplir con la Ley General del Ambiente N° 28611. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA). D.S. N° 002-2008-MINAN de calidad ambiental para agua y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, publicado el 19 de diciembre de 2015.

1.2. Delimitación de la Investigación

1.2.1. Delimitación Espacial

Esta investigación se realizó en el Río Grande (Mashcón) está ubicado en el norte del Perú en la región Cajamarca, provincia de Cajamarca y forma parte de la vertiente del Atlántico. Limita por el norte con la cuenca del río Llaucano, por el sur con la cuenca del río Chusgón, por el sureste con la subcuenca del río San Miguelino, y por el suroeste con la subcuenca del río Chonta.

1.2.2. Delimitación Social

La tesis se estableció en torno a las comunidades rurales Pajuela, Quishuar, Pontón Quishuar, Quinoamayo, Aliso Colorado y Purhuay en el distrito de Cajamarca.

1.2.3. Delimitación Temporal

La presente tesis profesional se llevó a cabo desde 15 de marzo al 15 de diciembre del 2016.

1.2.4. Delimitación Conceptual

El uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta útil y de bajo costo, por lo que es utilizado en el mundo. A diferencia de los análisis físico-químicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es

decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes, en cumplimiento con los Estándares de Calidad Ambiental acorde a las exigencias y orientaciones ambientales actuales, la que se sustenta en el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles aprobado mediante Decreto Supremo N° 044-98-PCM, promulgado el 11 de Noviembre de 1998. Este documento establece la conformación del Grupo de Estudio Técnico Ambiental de Agua – GESTA AGUA integrado por representantes de las instituciones de los sectores público y privado; quienes tienen el encargo de realizar el estudio y elaborar el anteproyecto de Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

1.3. Problemas de Investigación

1.3.1. Problema Principal

¿Qué calidad del agua del Río Grande, se obtendrá al aplicar un biomonitoreo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016?

1.3.2. Problema Secundarios

¿En qué condiciones de afectación ambiental se encuentra los ecosistemas acuáticos del Río Grande, 2016?

¿Qué tipos de macroinvertebrados bentónicos se encontrará en los puntos de muestreo del Río Grande, 2016?

1.4. Objetivos de la Investigación

1.4.1. Objetivo General

- Evaluar la calidad del agua del Río Grande, al aplicar un biomonitoreo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016.

1.4.2. Objetivos Específicos

- Determinar las condiciones de afectación ambiental en que se encuentran los ecosistemas acuáticos del Río Grande, 2016.
- Determinar qué tipos de macroinvertebrados bentónicos se encuentran en los puntos de muestreo del Río Grande, 2016.

1.5. Hipótesis y Variables de la Investigación

1.5.1. Hipótesis General

- Al aplicar los índices bióticos de calidad ambiental como el CERA, BMWP COL, EPT, nos arrojarán valores aceptables en un 90% de las condiciones acuáticas del Río Grande.

1.5.2. Variables de la investigación

Variable independiente: Biomonitorio con macroinvertebrados bentónicos

Variable Dependiente: Condiciones acuáticas del río grande de la provincia de Cajamarca.

1.5.3. Operacionalización de las variables de investigación

Tabla 1. Operacionalización de las variables de la investigación

Variables	Dimensiones	Indicadores
V.I: Biomonitorio con macroinvertebrados bentónicos	D1: Macroinvertebrados obtenidos en las colectas	I1: valor obtenido en los índices
VD: Condiciones acuáticas del río grande de la provincia de Cajamarca..	D1: 1-14 PH, valores de conductividad $\mu\text{s}/\text{cm}$, valores de salinidad partes por mil y valores de mg/l	I1: valores obtenidos de PH, salinidad, conductividad, TDS, y T

Fuente: Elaboración Propia, 2016.

1.6. Metodología de la Investigación

1.6.1. Tipo y Nivel de Investigación

a) Tipo de Investigación

La investigación que se realizó fue de tipo aplicada porque se realizó en base a la toma de muestras y se aplicó cuatro índices de biomonitoreos para establecer la calidad del agua, basándome

en la observación, descripción y análisis de datos obtenidos en la zona de estudio.

b) Nivel de Investigación

El nivel de investigación utilizado fue de nivel descriptivo, explicativa, porque se describe Porque se describió los MIB encontrados, se contó el número de familias y se analizó los resultados de las muestras para determinar la calidad del agua.

1.6.2. Método y Diseño de la Investigación

a) Método de investigación

Se utilizó el método hipotético deductivo.

b) Diseño de investigación

La investigación es experimental, porque se describen el diseño de la investigación tipo analítico.

1.6.3. Población y muestra de la investigación

a) Población

Se considera como universo del presente trabajo de investigación al estudio de la cuenca del Río Grande, parte media y baja durante el año 2016.

b) Muestra

Se considera como muestra a las 30 muestreos realizados de las 04 índices seleccionadas a una distancia de 100m, durante el periodo de estudios desde el 15 de marzo al 15 de diciembre de 2017.

Tabla 2. Muestra de estudio

Campaña 1	Campaña 2	Campaña 3	Campaña 4	Campaña5
PM1	PM1	PM1	PM1	PM1
PM2	PM2	PM2	PM2	PM2
PM3	PM3	PM3	PM3	PM3
PM4	PM4	PM4	PM4	PM4
PM5	PM5	PM5	PM5	PM5
PM6	PM6	PM6	PM6	PM6

Fuente: Elaboración propia, 2016.

1.6.4. Técnicas e instrumentos de recolección de datos

a) Técnicas

Las técnicas empleadas: utilizadas para el desarrollo de la investigación fueron las siguientes: Fichas resúmenes y cuadros sinópticos para sintetizar la información recolectada. Las fuentes de información fueron tomadas de textos científicos, entrevistas a los pobladores y mapas de la web del SIAR (Sistemas de Información Ambiental Regional de Cajamarca) Cajamarca.

b) Instrumentos

Los instrumentos que se emplearon para la elaboración del presente trabajo fueron: En la presente investigación se utilizarán los siguientes instrumentos que se describen a continuación:

- Fichas de campo ver anexo 6
- Fichas evaluación taxonómica de organismos
- Fichas de valoración de índices IHF, QBR-and y ABI
- Protocolo CERA

1.6.5. Justificación, Importancia y Limitaciones de la Investigación

a) Justificación

El Río Grande es la principal fuente de abastecimiento de agua del distrito de Cajamarca, esta proporciona el 70% del agua para la población, la cual es tratada en la planta de tratamiento el Milagro. Este proyecto es importante para implementar un sistema de evaluación aplicando MIB de bajo costo y confiable. Se consideran de bajo costo porque se pueden aplicar a todos los tramos del río, la distribución de especies es muy amplia, su identificación con una buena capacitación es sencilla y su colecta no requiere de mucho tiempo.

El sistema hidrográfico del Río Grande se alimenta de las precipitaciones estacionales que ocurren en la parte alta de la cuenca y dan origen a los cursos de agua de características intermitentes, que carrea agua durante la estación de lluvias este curso de agua al originar 9 ríos, o quebradas uno de los cuales es el propio río grande y los restantes son Santa Cruz, Yanahuanca, Condorchaca, Pacoya, Palaca, Vizcas (Río Ocaña), Otaca y Nazca. El uso minero del agua está circunscrito al **sector medio** de la cuenca donde se encuentra en actividad yacimientos mineros y se observa a simple vista transportan material en

suspensión con un color terroso o turbio, encontrándose en épocas de lluvia altas concentraciones de oxígeno que varía desde 1.9 a 13.0 ppm. Además, siendo la agricultura lo más importante en la zona se aprecia el uso excesivo de fertilizantes y pesticidas en cantidades considerables que según resultados de análisis químico, se ha detectado mayor cantidad de amonio en 4 muestreos que sobrepasan los LMP (menos o igual a 0.5 ppm, de nitrógeno) estipulado que en la clase I el valor más alto registrado es 3.87 de N en el punto 1.

Los resultados del presente trabajo de investigación beneficiarán directamente a los pobladores de la zona y a las autoridades. Además, los aportes del presente trabajo, servirá de guía para posteriores investigaciones interesadas en calidad del agua.

b) Importancia

La investigación realizada es importante para mi formación profesional, debido que me permitirá desarrollar no solo conocimientos y destrezas en los procesos de muestreos ambientales y evaluaciones ecológicas sino también porque permitirá generar información útil de carácter científico para la comunidad cajamarquina.

c) Limitaciones

Durante la presente investigación se considera las siguientes limitaciones:

- La vía de acceso a la zona de estudio, es inaccesible.

- Las muestras de análisis de los insumos llevados al laboratorio son de precios elevados.
- Obtener los permisos y el acceso para la toma de muestras de las localidades en estudio.

CAPITULO II: MARCO TEÓRICO

2.1. Antecedentes de la Investigación

En Europa, el uso de macroinvertebrados como indicadores de calidad de agua empezó hace más de 100 años en Europa. Hoy en día, constituye una herramienta muy útil y de relativamente bajo costo, por lo que es ampliamente utilizado en todo el mundo. A diferencia de los análisis físico-químicos, los cuales representan la condición del agua en el momento del muestreo, los indicadores biológicos muestran tendencias a través del tiempo, es decir, se pueden comparar condiciones pasadas y presentes. De igual manera, mediante el uso de indicadores biológicos es posible detectar eventos puntuales de toxicidad, los cuales a menudo no son detectados por las mediciones físico-químicas estándares. Sin embargo, el uso de bioindicadores también tiene sus limitaciones, especialmente para determinar la calidad de agua para consumo humano, porque no necesariamente detecta la presencia de patógenos o condiciones químicas potencialmente peligrosas para la salud humana. (Perla, 2014)

En Chile, en la Universidad de Chile.2008, en la tesis titulada “*Aplicación del biomonitoreo acuático en costa rica y centroamérica*” La

implementación del biomonitoreo acuático en Costa Rica se ha estado realizando principalmente en proyectos hidroeléctricos, mineros y agrícolas, entre otros. Además, para los Estudios de Impacto Ambiental (EIA), la Secretaria técnica nacional Ambiental (SETENA) exige estudios de fauna acuática, específicamente de macroinvertebrados, en la mayoría de los proyectos que pueden afectar directa o indirectamente un ambiente acuático. Estos incluyen una gran variedad de proyectos, aunque en su mayoría son de extracción de material pedregoso en cauces de ríos, cultivos agrícolas y construcción de represas. Sin embargo, en muchos de estos proyectos, el estudio se queda a nivel diagnóstico y no se le da seguimiento por medio de un monitoreo periódico. Como parte del compromiso adquirido por la empresa desarrolladora, se debería implementar un monitoreo para detectar a tiempo posibles efectos negativos sobre los ecosistemas acuáticos. (Eguia, 2014)

En Chile, en el Instituto de Investigaciones Agropecuarias. 2009, en el trabajo titulado *“Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de calidad de agua de ríos del sur de Chile”*, se concluye que. 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. Dentro de los indicadores biológicos más utilizados en la evaluación de los ecosistemas fluviales del mundo, destacan los macroinvertebrados bentónicos (> 500 μm), debido a que presentan ventajas respecto a otros componentes de la biota acuática. Entre estas ventajas, destacan: (a) presencia en prácticamente todos los sistemas acuáticos continentales, lo cual posibilita realizar estudios comparativos; (b) su naturaleza sedentaria, la que permite un análisis espacial de los efectos de las perturbaciones en el ambiente; (c) los muestreos cuantitativos y análisis de las muestras, que pueden ser realizados con equipos simples y de bajo costo, y (d) la disponibilidad de métodos e

índices para el análisis de datos, los que han sido validados en diferentes ríos del mundo.

Los métodos que consideran macroinvertebrados bentónicos para determinar la calidad de las aguas han sido empleados en Europa desde principios del siglo XX. Muchos de ellos tienen su origen en los trabajos desarrollados por Kolkwitz & Marsson (1909), quienes propusieron el Sistema Saprobiótico Continental, que sentó las bases para el desarrollo de nuevos índices (o modificaciones), como: Trent Biotic Index (TBI), Biological Monitoring Working Party (BMWP), Belgium Biotic Index (BBI), The River Invertebrate Prediction and Classification System (RIVPACS) (Rosenberg & Resh 1993). Chutter (1972) desarrolló un índice de calidad de agua para ríos de Sudáfrica, el cual fue levemente modificado por Hilsenhoff (1988) para ser utilizado en ríos de Norteamérica, con el nombre Índice Biótico de Familias (IBF). Este índice, sobre la base del tipo de familias presentes en un tramo del río, un puntaje asignado a cada familia en función a su sensibilidad a la contaminación y el número de morfoespecies existentes en cada familia, permite clasificar el tramo de un río de Clase I (excelente) a Clase VII (muy malo). Dada la simplicidad en la estimación de este índice debido a su bajo nivel de resolución taxonómica y a su adecuada correlación con factores estresores antropogénicos (e.g., contaminación química, modificaciones del hábitat), en la actualidad ha sido ampliamente utilizados en diferentes zonas del mundo (e.g., DeWalt et al. 1999, Maxted et al. 2000, Wentz 2000, Whiles et al. 2000, Eaton 2001, Stewart et al. 2001, Blocksom et al. 2002, Klemm et al. 2002), presentando una gran potencialidad para su uso en Chile. En contraste a lo ocurrido en la mayor parte de los países del hemisferio norte, las comunidades de macroinvertebrados bentónicos de los ecosistemas acuáticos continentales chilenos han sido estudiadas sistemáticamente recién en las últimas décadas (e.g., Campos et al. 1984, Valdovinos et al. 1993, Arenas 1995, Por ello, no existe hasta la fecha

ningún estudio que trate el tema de la evaluación biológica de la calidad o condición de los ecosistemas fluviales chilenos (Vargas, 2009)

En Trujillo, en la Universidad Nacional de Trujillo. 2013, en la tesis titulada “*Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca san alberto, oxapampa, Perú*”. Llegaron a las conclusiones que el estudio de las características y d Evaluar la biodiversidad de macroinvertebrados y la calidad ecológica de la microcuenca San Alberto (provincia de Oxapampa, Pasco) de abril a julio de 2013. Métodos: El muestreo fue realizado en tres zonas de la microcuenca San Alberto (cuenca alta, media y baja). En los tres sitios fueron colectados macroinvertebrados bentónicos en piedra y arena. Luego se estimaron: el índice biótico andino (IBA), de hábitat fluvial (IHF), de calidad de vegetación de ribera andina (QBRAnd) y de estado ecológico (ECOSTRIAND), Se evaluaron parámetros fisicoquímicos, nutrientes y metales en el agua. Se registraron un total de 123 taxones de 47 familias (101 taxones en la cuenca alta, 77 en la cuenca media y 55 en la cuenca baja). La mayor abundancia de macroinvertebrados se presentó en la cuenca media. El IBA resultó ser de “muy buena” calidad para la cuenca alta, media y baja, pero al combinarse este índice con el QBR-And, para elaborar el Índice Ecostriland, se observó el estado ecológico de las cuencas alta y media fueron de “muy buena” calidad y de la cuenca baja fue “regular”. El método de muestreo de limpieza de piedras fue el que permitió coleccionar la mayor cantidad de taxones (Salcedo, 2013)

2.2. Bases Teóricas

2.2.1. Ubicación de la zona de estudio

Ubicación: El Río Grande, se encuentra ubicado entre los meridianos 6°58'26.76" y 7°12'50.02" de Latitud Sur y los

meridianos 78°30'13.37" y 78°30'39.59" de Longitud Oeste del Meridiano de Greenwich.

Demarcación Administrativa:

El ámbito del Inventario se encuentra dentro de la jurisdicción del Distrito de Rio Grande. Y dentro de éste la Administración Técnica de Riego es la responsable del manejo y gestión de los recursos hídricos, la cual depende administrativa, técnica y funcionalmente de la Dirección Regional de Agricultura del Gobierno Regional de Cajamarca.



Figura 1. Plano de ubicación de la Cuenca de Río Grande.

Fuente: Google ear-2016.

Actividades Económicas

Las actividades económicas en la zona de estudio giran alrededor de cuatro rubros principales: la agricultura, la ganadería, la artesanía y la escultura en piedra, aunque se puede constatar que, a partir de los años 1994 al 2000, se han incrementado nuevas actividades económicas como la venta de abarrotes en pequeñas tiendas, carpinterías, funerarias, servicios de transporte (combis o taxis); lo que se explicaría debido al crecimiento demográfico, la mayor fragmentación de la tierra y a la ampliación y asfaltado de la carretera construida en 1994 con concurso de Minera Yanacocha SRL. Es común a todas estas actividades económicas el trabajo familiar no remunerado y la diversificación de las actividades teniendo como base la actividad agropecuaria, *“el productor es a la vez ganadero, artesano, comerciante, jornalero, etc., en diferentes momentos del año”*.

La parcelación de las tierras iniciada por la Beneficencia Pública, propietaria de la hacienda de Porcón comenzó el año 1958 y concluyó hacia el año 1974. Terminado el proceso de Reforma Agraria, estos CPMs quedaron o bajo el régimen de una economía minifundista de subsistencia, en el que no podía darse las condiciones necesarias para algún tipo de acumulación de capital, o bajo formas asociativas como es el caso de la Cooperativa El Milagro en Huambocancha Chica.

2.2.2. La agricultura en la zona de Río Grande

Las labores agrícolas son las que proporcionan una estructura económica familiar relativamente homogénea. Por lo general, las labores agrícolas se realizan con instrumentos de labranza tradicionales: el arado de bueyes, picos, escaradores, lampas y barretas. El uso de métodos más tecnificados como el tractor se ve seriamente limitado debido a lo accidentado del terreno, a los elevados costos que representan y a la pequeña extensión de los terrenos de cultivo. Aunque cabe destacar que, algunos propietarios que trabajan como jornaleros en la ciudad o la mina, al no abastecerse con el tiempo necesario para el trabajo en la chacra, y al haber en la zona disponibilidad de tractores, contratan dos o tres horas de tractor para el arado de su chacra. Todavía es apreciable que, dentro de los estrechos márgenes minifundistas, aún se mantienen formas de racionalidad agrícola andina, caracterizadas por la organización familiar del trabajo en minga para las etapas intensivas del trabajo (siembra, deshierbe, aporque o cosecha) y el eficiente manejo de los diversos pisos ecológicos

Propiedades del suelo

Reactor natural: El suelo es un elemento filtrante, amortiguador y transformador, que regula los ciclos del agua y los biogeoquímicos. Tiene la propiedad de retener sustancias mecánicamente o fijarlas por adsorción, contribuyendo a la protección de aguas subterráneas y superficiales contra la penetración de agentes nocivos.

(Porta et al. 2003)

Hábitat de organismos y reserva genética: El suelo constituye, junto con el agua, el aire y la luz solar, el fundamento de la vida en los ecosistemas terrestres, alberga una gran diversidad de organismos y microorganismos.

Soporte físico de infraestructura. Por sus características físicas, químicas y mecánicas, el suelo posee propiedades de soporte para el desarrollo de actividades forestales, recreativas y agropecuarias, además de socioeconómicas como vivienda, industria y carreteras, entre otras.



Figura 2. Agricultura en la Cuenca de Rio Grande.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2.3. La Ganadería en la zona de Río Grande

La Ganadería para la mayoría de los campesinos de la “zona baja” (3200 a 3500 m.s.n.m.), esta actividad representa una labor subsidiaria a la agricultura, debido a la escasez de terrenos para pastoreo; mientras que para los campesinos de la “zona alta” (3500 a 3800 m.s.n.m.) que disponen de mayores cantidades de tierras la ganadería es la actividad principal y la agricultura es secundaria. Las técnicas de crianza son tradicionales y no existe un manejo adecuado de las técnicas de mejoramiento de raza. En las respuestas que dieran 118 padres de familia encuestados se obtuvieron los siguientes promedios: 01 cabeza de ganado lanar por cada 01 familia; 01 cabeza de ganado vacuno por cada 08 familias.⁷⁰ En entrevistas realizadas para esta investigación el año 2001.



Figura 3. Ganadería en la Cuenca de Río Grande.
Fuente: Elaboración propia, 2017.

2.2.4 Característica de los macro vertebrados bentónicos

El uso de los macroinvertebrados acuáticos (y muy especialmente los insectos) como indicadores de la calidad de las aguas de los ecosistemas (ríos, lagos o humedales) está generalizándose en todo el mundo. Un resumen de esta tradición y de los métodos actualmente usados, así como una valoración de sus ventajas e inconvenientes se puede encontrar en Bonada et al. (2006) donde se incluye una visión histórica del tema, y una extensa bibliografía. Los beneficios del uso de herramientas integradoras y no solo las características fisicoquímicas del agua para la medida de su calidad han sido explicitados también en muchos libros y manuales (Chapman, 1996; Boon y Howell, 1997), y forma parte de la legislación de muchos estados. Particularmente interesante es el proceso abierto en la Unión Europea donde la indicación biológica es el núcleo de todo el sistema de monitoreo y evaluación de la calidad del agua de sus 27 países, dando incluso a luz a un nuevo concepto, el “Estado Ecológico”, y ello ha significado una revolución en la forma como los gobiernos europeos deben contemplar los indicadores biológicos de calidad del agua (DOCE, 2000).

Los conflictos entre la explotación y la preservación de los ecosistemas son frecuentes en América del Sur (Parra, 1992) y en algunos casos su efecto sobre los ecosistemas acuáticos es incluso más dramático (Pringle et al., 2000). Existe una abundante literatura sobre el tema en América del Sur, tanto en zonas altoandinas como en tropicales. También existe una buena tradición en la evaluación biológica de los efectos de la contaminación para conocer el efecto de los vertidos de ciudades (Roldan et al., 1973; Molineri y Molina,

1995; Roldán, 1996, Ballesteros et al., 1997; Machado et al., 1997; Zúñiga et al., 1997; Jacobsen, 1998; Roldán, 1999; Monaghan et al., 2000; Posada et al., 2000; Figueroa et al., 2003, Roldán, 2003), de los impactos producidos por sólidos en suspensión (Fossati et al., 2001) o la actividad minera (Pringle et al., 2000). Los efectos de la contaminación han generado una gran cantidad de estudios de impacto ambiental en dichos países, pero muchos de ellos nunca son publicados, por lo que existe una extensa, pero restringida en su difusión, literatura gris que no se refleja en publicaciones científicas y además raramente estos estudios han originado protocolos estandarizados.

Este hecho ya fue indicado en Prat et al. (1999) y posteriormente puesto de manifiesto en nuestra revisión sobre el uso de los macroinvertebrados como indicadores de calidad en los ríos altoandinos (Ríos et al., en prep). El objetivo de este trabajo es dar una visión sintética del uso actual de los macroinvertebrados como indicadores de la calidad del agua y sus aplicaciones actuales en América del Sur repasando los diversos métodos existentes y centrándonos en los ríos. Dado que este trabajo se enmarca en una guía metodológica, se dará más peso a la descripción de los métodos existentes que a los aspectos más generales que pueden encontrarse en otros trabajos como el ya citado Bonada et al. (2006).

a. Los Macroinvertebrados como Bioindicadores

Los macroinvertebrados son los organismos más ampliamente usados como bioindicadores en la actualidad por diversas circunstancias (Resh, 2008) entre las que destacamos (tomado de Bonada et al., 2006)

- Tener una amplia distribución (geográfica y en diferentes tipos de ambientes).
- Una gran riqueza de especies con gran diversidad de respuestas a los gradientes ambientales.
- Ser en su mayoría sedentarios, lo que permite el análisis espacial de la contaminación.
- En otros casos, la posibilidad de utilizar su reacción de huida (deriva) como indicador de contaminación.
- En algunas especies, tener ciclos de vida largo porque integra los efectos de la contaminación en el tiempo.
- Poder ser muestreados de forma sencilla y barata.
- Una taxonomía en general bien conocida a nivel de familia y género.
- La sensibilidad bien conocida de muchos taxa a diferentes tipos de contaminación.
- El uso de muchas especies en estudios experimentales sobre los efectos de la contaminación. Algunas de estas condiciones pueden ser relativas en algunos países de América del Sur, pero a pesar de ello los macroinvertebrados son preferidos en muchos países para ser utilizados como Bioindicadores de la calidad del agua.

Por otra parte, se ha discutido mucho sobre el nivel taxonómico más adecuado para estudios de bioindicación (véase Melo, 2005 para un ejemplo de Brasil). Si bien es cierto que el nivel preferible sería el de especie, la taxonomía de ciertos grupos hace el trabajo prácticamente inviable en muchos países en gran parte por el coste económico que ello comporta (en forma de tiempo para el examen de las muestras). Especialmente en los dípteros (y muy particularmente los quironómidos) el trabajo de

preparación e identificación, incluso a nivel de género, comporta un tiempo que hace su estudio económicamente muy costoso (Puntí, 2007).

Por ello un buen equilibrio entre calidad de los resultados y tiempo requerido para obtenerlos se da utilizando como nivel taxonómico la familia. A este nivel las ventajas de los macroinvertebrados enumeradas anteriormente se mantienen y por lo tanto su uso a este nivel es el que se recomienda en muchos de los protocolos de estudio de los países que los utilizan como indicadores de calidad biológica de forma reglamentada.

En algunos casos se utilizan niveles taxonómicos algo diferentes, por ejemplo género en Tricópteros, Plecópteros o Efemerópteros y familia en Dípteros y Oligoquetos. En las circunstancias actuales, el uso a nivel de familia parece el que puede ofrecer más ventajas en América del Sur. Aunque es posible utilizar los macroinvertebrados como indicadores en todos los ecosistemas, en este trabajo nos centraremos en ríos.

b. Macroinvertebrados como indicadores de calidad en ríos

Índices unimétricos Métricas simples La manera más simple de evaluar la calidad biológica es mediante un valor que mida una característica clave de la comunidad que responda de forma clara a la perturbación que nos interesa caracterizar, por ejemplo la riqueza específica. Una lista de algunas de las métricas más utilizadas se muestra en la Tabla 3 en la que las diferentes métricas se han clasificado según varias categorías, indicando la respuesta a la perturbación (aumento o disminución).

La más simple de ellas es el número de taxa, que en principio se reduce con la frecuencia o intensidad de las perturbaciones, ya sean de contaminación o por destrucción del hábitat. Otra métrica usada de forma habitual es el número de taxa de algunos grupos de organismos acuáticos seleccionados (en este caso a nivel de género habitualmente, pero también de familia) por ejemplo el total de familias de Efemerópteros, Plecópteros o Tricópteros (o el porcentaje de individuos de cada uno de estos tres órdenes).

Estos órdenes se caracterizan por tener taxa que suelen ser intolerantes a la contaminación por lo que su número global disminuye con el aumento de esta, aunque no todos los taxa responden de igual manera. El problema de las métricas simples es que en muchas ocasiones su variación no es clara. Cuando las perturbaciones son fuertes su respuesta muestra indefectiblemente la alteración de la estructura de la comunidad de macroinvertebrados; pero cuando las perturbaciones son de baja intensidad o frecuencia puede que no se aprecien cambios en los valores de las métricas, lo mismo ocurre con determinadas perturbaciones a las que estos índices unimétricos no son sensibles. Por ejemplo la presencia de metales pesados en concentraciones medias puede no alterar de forma importante el número de especies ya que especies intolerantes pueden ser sustituidas por otras más tolerantes, igualando el número.

En las zonas medias o bajas de los ríos o en ríos temporales donde algunos órdenes son menos importantes (como los Plecópteros o los Efemerópteros) el uso de métricas como EPT puede no ser adecuado. En América del Sur la aplicación de índices unimétricos está bastante extendida (e.g.: Roldán et al.,

1973; Domínguez y Fernández, 1996; Arocena, 1996; Zúñiga de Cardozo et al., 1997; Jacobsen 1998; Posada et al., 2000; Pescador et al., 2001; Figueroa et al., 2003; Pave y Marchese, 2005). Su uso, de todos modos, debería hacerse considerando dos posibles causas de disfunción de las métricas, que son el caso de los géneros de amplia distribución y los patrones geográficos de distribución de los taxa.

En el primer caso, la tolerancia a las perturbaciones de los taxa que están adaptados a distintas condiciones ambientales puede ser variable (Townsend & Hildrew 1994; Bonada et al., 2004) y al usar índices a nivel de orden o incluso familia se puede mal interpretar la información, dando resultados erróneos sobre la calidad ecológica. En el segundo caso, es necesario tener en cuenta que los distintos órdenes y familias de macroinvertebrados presentes en América del Sur muestran patrones latitudinales y 7 altitudinales distintos. Por ejemplo, la diversidad de géneros y familias de Plecoptera hacia las zonas australes del continente aumenta en relación a zonas más ecuatoriales (Romero, 2001; Figueroa et al., 2003) y en zonas ecuatoriales hay variaciones específicas altitudinales en un mismo género (Tomanova y Tedesco, 2007)

2.2.5 Calidad de las aguas

La utilización del agua para el consumo humano, la expansión y el desarrollo de los asentamientos humanos ha diversificado y ampliado los usos y aplicaciones potenciales del agua hasta tal punto, que el significado de Calidad de Aguas ha debido ampliarse, para ajustarse a este nuevo espectro de posibilidades y significados.

En la actualidad, es tan importante conocer la calidad del agua para el consumo humano, como lo puede ser para el riego de cultivos, para el uso industrial en calderas, para la fabricación de productos farmacéuticos, para la expedición de licencias ambientales, para diseñar y ejecutar programas de monitoreo en las evaluaciones ambientales, para adecuarla a las múltiples aplicaciones analíticas de los laboratorios y para regular y optimizar el funcionamiento de las plantas de tratamiento, entre muchos otros fines.

En síntesis, una determinada fuente de aguas puede tener la calidad necesaria para satisfacer los requerimientos de un uso en particular y al mismo tiempo, no ser apta para otro. Puesto que no existe un tipo de agua que satisfaga los requerimientos de calidad para cualquier uso concebible ni tampoco “un criterio único de calidad para cualquier fin”, el concepto de Calidad de Aguas, se aplica siempre en relación con un uso o aplicación previamente establecida.

2.2.6 Contaminación del agua

Las principales formas de contaminación son:

Microorganismos patógenos: Son los diferentes tipos de bacterias, virus, protozoos y otros organismos que transmiten enfermedades como el cólera, tifus, gastroenteritis diversas, hepatitis, etc. En los países en vías de desarrollo las enfermedades producidas por estos patógenos son uno de los motivos más importantes de muerte prematura, sobre todo de niños. Normalmente estos microbios llegan al agua en las heces y otros restos orgánicos que producen las personas infectadas. Por esto, un buen índice para medir la salubridad de las aguas, en lo que se

refiere a estos microorganismos, es el número de bacterias coliformes presentes en el agua. La OMS (Organización Mundial de la Salud) recomienda que en el agua para beber haya 0 colonias de coliformes por 100 ml de agua.

Desechos orgánicos: Son el conjunto de residuos orgánicos producidos por los seres humanos, ganado, etc. Incluyen heces y otros materiales que pueden ser descompuestos por bacterias aeróbicas, es decir en procesos con consumo de oxígeno. Cuando este tipo de desechos se encuentran en exceso, la proliferación de bacterias agota el oxígeno, y ya no pueden vivir en estas aguas peces y otros seres vivos que necesitan oxígeno. Buenos índices para medir la contaminación por desechos orgánicos son la cantidad de oxígeno disuelto, OD, en agua, o la DBO (Demanda Biológica de Oxígeno).

Sustancias químicas inorgánicas: En este grupo están incluidos ácidos, sales y metales tóxicos como el mercurio y el plomo. Si están en cantidades altas pueden causar graves daños a los seres vivos, disminuir los rendimientos agrícolas y corroer los equipos que se usan para trabajar con el agua.

Nutrientes vegetales inorgánicos: Nitratos y fosfatos son sustancias solubles en agua que las plantas necesitan para su desarrollo, pero si se encuentran en cantidad excesiva inducen el crecimiento desmesurado de algas y otros organismos provocando la eutrofización de las aguas. Cuando estas algas y otros vegetales mueren, al ser descompuestos por los microorganismos, se agota el oxígeno y se hace imposible la vida de otros seres vivos. El resultado es un agua maloliente e inutilizable.

Compuestos orgánicos: Muchas moléculas orgánicas como petróleo, gasolina, plásticos, plaguicidas, disolventes, detergentes, etc. acaban en el agua y permanecen, en algunos casos, largos períodos de tiempo, porque, al ser productos fabricados por el hombre, tienen estructuras moleculares complejas difíciles de degradar por los microorganismos.

Sedimentos y materiales suspendidos: Muchas partículas arrancadas del suelo y arrastradas a las aguas, junto con otros materiales que hay en suspensión en las aguas, son, en términos de masa total, la mayor fuente de contaminación del agua. La turbidez que provocan en el agua dificulta la vida de algunos organismos, y los sedimentos que se van acumulando destruyen sitios de alimentación o desove de los peces, rellenan lagos o pantanos y obstruyen canales, rías y puertos.

Contaminación térmica: El agua caliente liberada por centrales de energía o procesos industriales eleva, en ocasiones, la temperatura de ríos o embalses con lo que disminuye su capacidad de contener oxígeno y afecta a la vida de los organismos. Origen de la contaminación de las aguas.

2.2.7 Normativa y Estándares

Para regular la calidad del agua nace dentro del marco de ordenamiento de la gestión ambiental del país, uno de los aspectos principales es el establecimiento de Estándares de Calidad Ambiental acorde a las exigencias y orientaciones ambientales actuales, la que se sustenta en el Reglamento Nacional para la Aprobación de Estándares de Calidad Ambiental y Límites Máximos Permisibles aprobado mediante Decreto Supremo N° 044-98-PCM,

promulgado el 11 de Noviembre de 1998. Este documento establece la conformación del Grupo de Estudio Técnico Ambiental de Agua – GESTA AGUA integrado por representantes de las instituciones de los sectores público y privado; quienes tienen el encargo de realizar el estudio y elaborar el anteproyecto de Estándares de Calidad Ambiental de Agua.

La estrategia de implementación de los Estándares de Calidad Ambiental, para el caso de los recursos hídricos (ECA–AGUA), se sustenta en las siguientes normativas:

- Constitución Política del Perú de 1993.
- Ley Marco para el crecimiento de la Inversión Privada, D. L. N° 757.
- Ley General de Aguas D.L N° 17752.
- Ley General de Salud D.L N° 26842.
- Ley Orgánica de Aprovechamiento sostenible de los Recursos Naturales, Ley N° 26821.
- Ley N° 26839, sobre la Conservación y aprovechamiento sostenible de la biodiversidad Biológica.
- Ley General de Pesca, D. Ley N° 25977.
- Ley General de Residuos Sólidos N° 27314.
- Ley General del Ambiente N° 28611.
- Estas son las principales normas para el ordenamiento jurídico de la gestión de los recursos hídricos y específicamente de la calidad de las aguas en el país.

El Gesta Agua, fue instalado en la primera sesión efectuada el 16 de Junio de 1999, en cumplimiento de la Resolución Presidencial N° 25-99-CONAM. El grupo tenía como misión de proponer los valores, metodologías de muestreo y análisis, así como la lista de sustancias

prioritarias a ser controladas, las estrategias de gestión a seguir para su implementación y cumplimiento, y el plan de acción a largo plazo. El SENAMHI conjuntamente con otras 27 instituciones del sector público, privado y académico, han venido conformando este grupo de trabajo, participando de reuniones periódicas y talleres con el fin de determinar los ECA.

El ECA nos es otra cosa, que la medida que establece el nivel o el grado de elementos, sustancias o parámetros físicos, químicos y biológicos, presentes en el aire, agua o suelo en su condición de cuerpos receptores, que no representa riesgo significativo para la salud de las personas ni del ambiente. Según el parámetro particular a que se refiera, la concentración o grado podrá expresarse en máximos, mínimos o rangos.

2.3. Definición de términos básicos

Biomonitoreo: El Proceso de la evaluación de la calidad acuática o ecológica incluye el uso del monitoreo como principal herramienta para definir la condición del recurso. El monitoreo puede abarcar periodos de muestreo largos, mediciones estandarizadas, colección de información en cierto número de estaciones, con el fin de recabar datos destinados a verificar las relaciones causa efecto¹³. (Castro, 2011)

Colecta de Macroinvertebrados: La toma de muestras debe adecuarse al tipo de hábitat lo que implica principalmente el tipo de sustrato. Para sustratos duros (rocas, piedras grandes, madera) y hojarasca o donde existe materia orgánica se puede utilizar una red Surber, o una red de arrastre "D", tipo Kick net por un lapso de 3 a 5 minutos en todos los hábitats presentes en el tramo del río (muestreo multihábitat) siendo constantes los minutos de colecta para todos los ríos. (Castro, 2011)

Concesion minera: Una concesion minera es cuando el estado le otorga el derecho exclusivo a una empresa para explorar y explotar recursos minerales según las normas que le exija, como los estudios de impacto ambiental o la aplicación de la ley de consulta previa. Pero hay que tener mucho cuidado, las actividades mineras suelen usar mucha agua y a la vez descargar muchos relaves que contienen insumos químicos, Es importante conocer donde pretenden instalarse y su funcionamiento para cuidar la cantidad y la calidad del agua. (Rojas, 2014)

Cuenca como Espacio de Vida: Existen varios enfoques para definir cuenca, uno puede ser el enfoque físico, hidrológico, ecológico y socio cultural. El enfoque físico hidrológico considera a la cuenca como una unidad territorial de drenaje en la que escurren las aguas hacia arroyos y ríos que en conjunto forman un último colector principal que descarga en océanos, mares o lagos. (Castro, 2011)

Cuenca: Es el territorio que recibe el agua subterránea y superficial, a partir de la cual se forman ríos, lagunas, ojos de agua que desembocan hacia una quebrada, lago, o cuerpos de agua mas grandes. (Rojas, 2014)

El Índice BMWP/Bol: El índice BiologicalMonitoringWorkingParty (BMWP) se instituyó en Inglaterra el año 1970, como un método simple que asigna un puntaje a todos los grupos de macroinvertebrados identificados al nivel de familia, teniendo como requisito datos cualitativos de presencia o ausencia. El puntaje asignado va de 1 a 10 de acuerdo a la tolerancia a la contaminación. Las familias más sensibles tienen una puntuación de 10 y las menos sensibles de 1. Realizaron la adaptación de éste índice y lo llamaron 'BMWP'. En Sudamérica a partir de estos lineamientos se realizaron diferentes adaptaciones de acuerdo a la fauna existente en los ríos de

Argentina²², Colombia²³⁻²⁴, Ecuador²⁵, Venezuela²⁶, siendo solamente algunas referencias de los cientos de estudios realizados.

Funcionamiento Ecológico de los Ríos: El curso de agua de una cuenca hidrográfica lleva consigo materiales de erosión de la cuenca y recursos bióticos necesarios para el funcionamiento de los sistemas como ser gases disueltos, sales minerales y productos orgánicos de la parte biótica del ecosistema. El funcionamiento longitudinal de los Ecosistemas lóticos, se desarrolla siguiendo un gradiente en el eje longitudinal, constituyéndose básicamente en un sistema de transporte. (Castro D. G., 2011, pag 10)

Indicador Biológico: La presencia, condición y cantidad de cierto grupo de organismos como los peces, insectos, algas, plantas, u otros de vida acuática puede proporcionar información precisa sobre la salud de un cuerpo de agua (Castro, 2011)

Índice BMWP Col: El Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue establecido en Inglaterra en 1970, como un método sencillo y rápido para evaluar la calidad del agua usando los macroinvertebrados como bioindicadores. Este método es de fácil utilización ya que la identificación de los macroinvertebrados a nivel de familia no requiere de mucho esfuerzo taxonómico, de dinero y de tiempo y por el contrario, es mucha la información que se obtiene sobre la calidad biológica del agua.

Índice CERA-S: Para hacer una evaluación completa y detallada se puede aplicar el protocolo C.E.R.A (Calidad Ecológica de Ríos Altoandinos). El protocolo CERA-S es una simplificación diseñada para su uso por personas que no son biólogos o ecólogos, pero que tienen interés en realizar una evaluación rápida y confiable sobre el estado y la calidad ecológica de los ríos. (Barcelona, 2011, pag 11)

Macroinvertebrados Bentónicos: Los macroinvertebrados bentónicos son aquellos organismos que habitan en el fondo de los ríos o lecho fluvial, que se pueden ver a simple vista. Son denominados macroinvertebrados porque pueden ser vistos a simple vista, puesto que son de tamaño grande (miden entre 2 mm y 3 cm). En este grupo existen una gran variedad de organismos principalmente de insectos y que se los encuentra en una diversidad de hábitats. (Castro, 2011)

Macroinvertebrados: Los macroinvertebrados acuáticos son un componente biótico importante para el diagnóstico ambiental de las cuencas hidrográficas. Su extensa historia de muestreo ha desembocado en el desarrollo de protocolos de muestreo y de índices de bioindicación que han permeado el ámbito científico y de la legislación ambiental. (universidad del Magdalena, 2016,

Pozas, rapidos y corrientes: Son tres formas de que el agua corre en el río. Están una detrás de la otra. Las pozas: son donde el agua se hace como un charco. Los rapidos: donde el agua corre con mayor velocidad, comúnmente caen de piedras acumuladas y por eso hacen espuma, en estas zonas hay más cantidad de oxígeno. Corrientes: son donde el agua pasa a un ritmo tranquilo, ni con mucha velocidad ni muy lentos.

CAPÍTULO III: PRESENTACIÓN, ANÁLISIS E INTERPRETACIÓN DE RESULTADOS

3.1. Análisis de tablas y gráficos

La presente tesis profesional, se ejecutó en el Río Grande (Mashcón) está ubicado en el norte del Perú en la región Cajamarca, provincia de Cajamarca y forma parte de la vertiente del Atlántico, con la finalidad de analizar las calidad de las aguas Se colectó un total de 30 muestras realizadas en cinco campañas, para determinar la calidad del agua del rio grande mediante la clasificación de los macroinvertebrados bentónicos.

Las muestras colectadas de las cinco campañas, se identificaron un total de 6 clases Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta, Insecta, Turbelaria, Aracnida; 11 órdenes. En cumplimiento con la, para cumplir con la Ley General del Ambiente N° 28611. Estándares Nacionales de Calidad Ambiental (ECA). D.S. N° 002-2008-MINAM de calidad ambiental para agua y el Decreto Supremo N° 015-2015-MINAM, publicado el 19 de diciembre de 2015.

Durante el estudio realizado en laboratorio de las muestras colectadas de las cinco campañas, se identificaron un total de 6 clases Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta, Insecta, Turbelaria, Aracnida; 11 ordenes Amphipoda, Basommatophora, Haplotaxida, Diptera, Tricladia, Trombidiformes, Coleoptera, Hemiptera, Plecoptera, Ephemeroptera, Trichoptera; y 36 familias Hyalellidae, Physidae, Haplotaxidae, Simuliidae, Chironomidae, Tipulidae, Blepharoceridae, Tabanidae, Limoniidae, Ceratopogonidae, Empididae, Ephydriidae, Planaridae, Hidracaridae, Psephenidae, Elmidae, Ptilodactylidae, Scirtidae, Gyrinidae, Dytiscidae, Veliidae, Perlidae, Gripopterygidae, Leptohiphidae, Baetidae, Leptophlebiidae, Leptoceridae, Glossosomatidae, Hydropsychidae, Philopotamidae, Hydrobiosidae, Helicopsychidae, Calamoceratidae, Hidroptilidae, Xiphocentronidae, Limnephilidae. Ver tabla 4 de Listado de especies identificadas durante el estudio.

Para el desarrollo del presente trabajo de investigación se siguió el siguiente esquema se describen el diseño de la investigación tipo analítico:

Esquema de trabajo: Descripción del proceso de muestreo, descripción de toma de muestras.

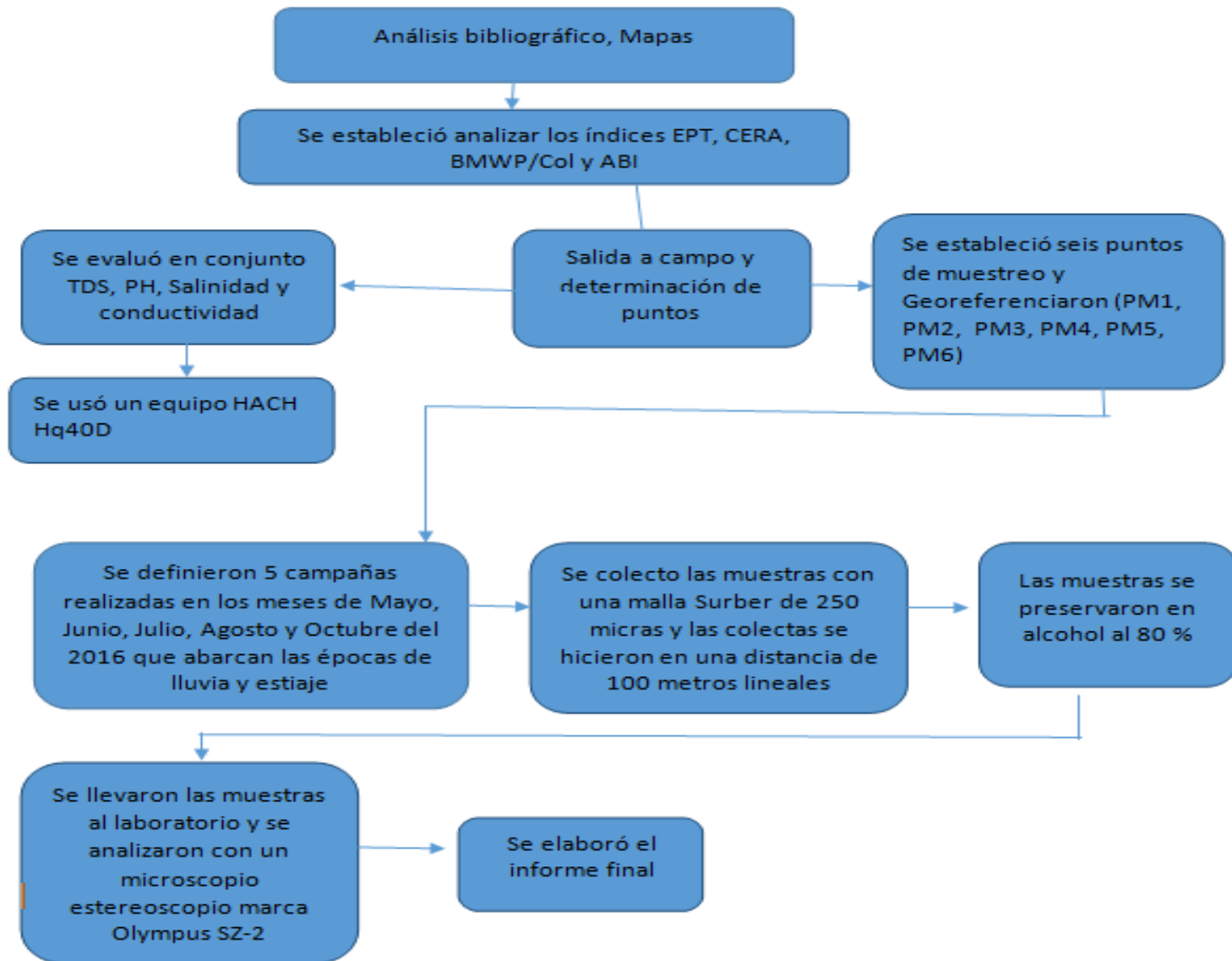


Tabla 3.- Listado de especies identificadas durante el estudio

Item	Clase	Orden	Familia	Organismo colectado
1	Malacostraca	Amphipoda	Hyalellidae	x
2	Gastropoda	Basommatophora	Physidae	x
3	Oligochaeta	Haplotaxida	Haplotaxidae	x
4	Insecta	Diptera	Simuliidae	x
5			Chironomidae	x
6			Tipulidae	x
7			Blepharoceridae	x
8			Tabanidae	x
9			Limoniidae	x
10			Ceratopogonidae	x
11			Empididae	x
12			Ephydriidae	x
13	Turbelaria	Tricladia	Planariidae	x
14	Aracnida	sub clase-Acari, orden Trombidiformes	Hidracaridae	x
15	Insecta	Coleoptera	Psephenidae	x
16			Elmidae	x
17			Ptilodactylidae	x
18			Scirtidae (Helodidae)	x
19			Gyrinidae	x
20			Dytiscidae	x
21	Insecta	Hemiptera (Heteroptera)	Veliidae	x
22	insecta	Plecoptera	Perlidae	x
23			Gripopterygidae	x
24	Insecta	Ephemeroptera	Leptohyphidae	x
25			Baetidae	x
26			Leptophlebiidae	x
27	Insecta	Trichoptera	Leptoceridae	x
28			Glossosomatidae	x
29			Hydropsychidae	x
30			Philopotamidae	x
31			Hydrobiosidae	x
32			Helicopsychidae	x
33			Calamoceratidae	x
34			Hidroptilidae	x
35			Xiphocentronidae	x
36			Limnephilidae	x

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2 Resultado de los datos de campo

En el presente trabajo se evaluaron parámetros de campo como PH, conductividad, salinidad y TDS para poder contrastarlos con los organismos colectados. Es importante mencionar que estos parámetros son relevantes para la interpretación de datos, por ejemplo si se obtuvieran valores de PH ácidos estos nos darían resultados de diversidad baja de macroinvertebrados. Si la conductividad sobrepasara los 2000 $\mu\text{s}/\text{cm}$ esta

nos daría una diversidad y poblaciones bajas de macroinvertebrados. Por esta razón es necesario estimar estos parámetros que nos sirven como una referencia de su calidad. A continuación se presentan los resultados obtenidos.

3.2.1 Para análisis del pH

Si se tiene en cuenta los ECAS nacionales para agua de consumo humano en la cual se encajan los puntos de muestreo PM1 al PM5 (PM6 encaja en la categoría 3 y se evalúa como agua para riego) ya que estas aguas son afluentes de la captación de la planta de tratamiento de agua del Milagro se evalúan con la Categoría 1 subcategoría A2, podemos observar que ninguno de los puntos de muestreo supera el rango de 6.5 a 8.5 que contemplan los estándares (D.S 015-2015 MINAM). Por otro lado la estación que presentó el PH más bajo fue PM1 con 6.73 en la segunda campaña de muestreo y el PH más alto se encontró en PM 3 en la quinta campaña con 8.49 ver cuadro 4.- Resultados de PH y el Gráfico 1. El PH más ácido se evidencia en la estación PM1 durante todo el muestreo con 7.1 en promedio para todas las campañas. (Ver cuadro 8 de Promedios por Puntos de Muestreo). Esto puede deberse a que este punto se ubica antes del ingreso del agua a la represa del río Grande y son aguas que vienen tratadas de las alturas de la cuenca en el área de influencia de la empresa minera Yanacocha. Es necesario realizar análisis químicos más detallados del agua en esta zona para determinar la causa de la misma. El PH promedio de los 6 puntos durante las 5 campañas es de 7.5.

Tabla 4.- Resultados de PH por campaña y punto de muestreo

	PARAMETRO	Ph
Campaña I	PM1	7.46
	PM2	7.67
	PM3	7.95
	PM4	8.22
	PM5	7.73
	PM6	7.73
Campaña II	PM1	6.63
	PM2	6.96
	PM3	6.47
	PM4	7.48
	PM5	7.69
	PM6	7.73
Campaña III	PM1	7.46
	PM2	7.67
	PM3	6.47
	PM4	8.22
	PM5	7.73
	PM6	7.73
Campaña IV	PM1	7.46
	PM2	7.67
	PM3	6.57
	PM4	8.22
	PM5	7.73
	PM6	7.98
Campaña V	PM1	7.46
	PM2	7.67
	PM3	6.57
	PM4	8.22
	PM5	7.59
	PM6	7.65
PROMEDIO		7.5

Fuente: Elaboración propia, 2017.

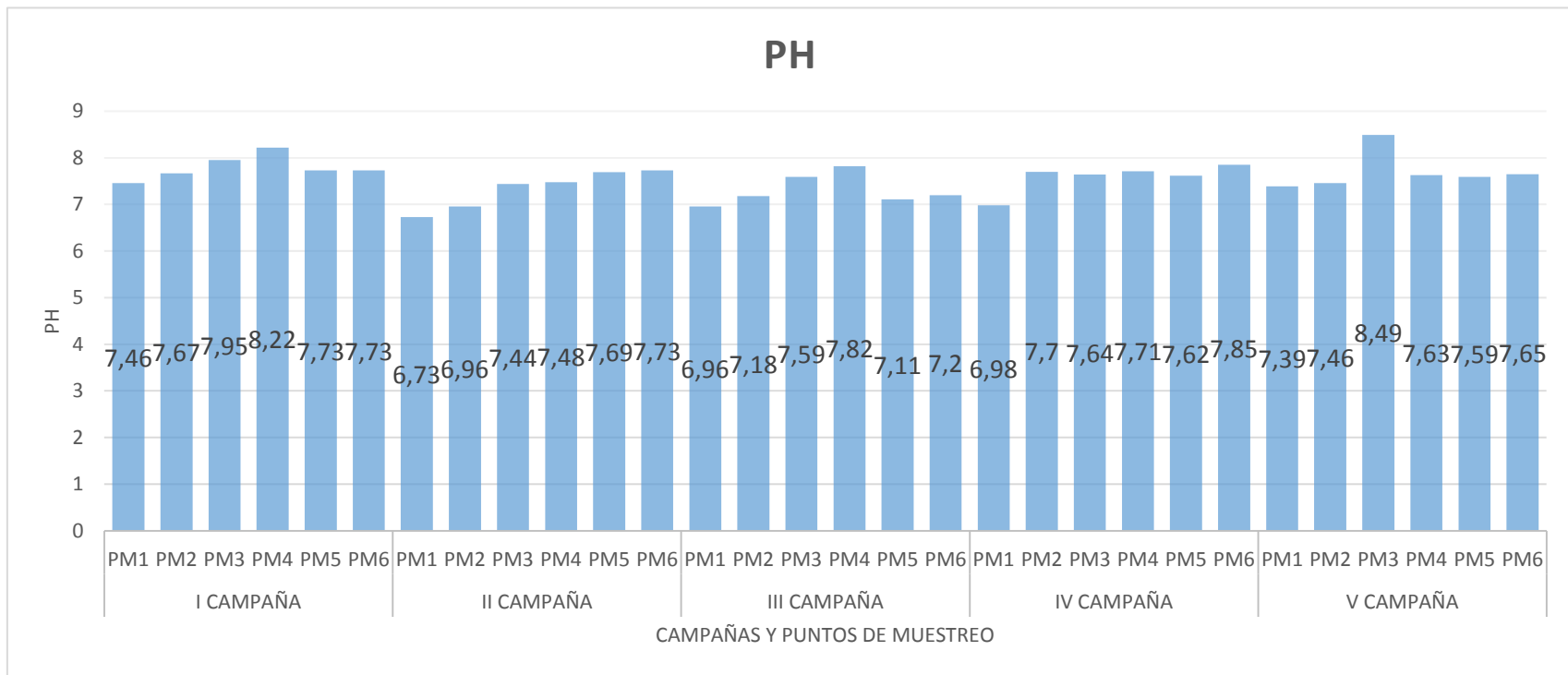


Figura 4.- Resultados de PH por campaña y punto de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2.2 Para el análisis de la Conductividad

La conductividad eléctrica del agua es la capacidad que tiene el agua para transmitir la corriente eléctrica en función de las sales e iones disueltos en ella. Entre mayor la cantidad de iones y sales en ella más alta será. Según los ECAS nacionales en su categoría 1 subcategoría A2 (D.S 015-2015 MINAM) ninguno de los 5 puntos supera el valor máximo que es de 1600 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

En una cuenca los valores de conductividad van variando de acuerdo a las actividades en torno a ella, a la composición del suelo, a los vertimientos que se puedan producir en ella y otros factores. Como se puede observar en el Cuadro 5 y gráfico 2.- Resultados de conductividad por campaña y puntos de muestreo, el valor más alto registrado se presente en el punto PM1 con 449 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en la segunda campaña. Esto coincide con los datos de PH donde este es el más ácido.

La conductividad más baja se evidencio en la estación PM4 y PM5 con 93.2 $\mu\text{s}/\text{cm}$ en la tercera campaña de muestreo. El promedio de conductividad en todo el estudio para todos los puntos de muestreo fue de 226 $\mu\text{s}/\text{cm}$.

Tabla 5.- Resultados de conductividad por campaña y punto de muestreo

	PARAMETRO	Conductividad
Campaña I	PM1	268
	PM2	98.6
	PM3	165
	PM4	97.1
	PM5	226
	PM6	277
Campaña II	PM1	449
	PM2	109
	PM3	147
	PM4	301
	PM5	304
	PM6	291
Campaña III	PM1	233
	PM2	299
	PM3	249
	PM4	93.2
	PM5	110
	PM6	278
Campaña IV	PM1	279
	PM2	154
	PM3	111
	PM4	125
	PM5	328
	PM6	299
Campaña V	PM1	123
	PM2	299
	PM3	3.05
	PM4	249
	PM5	294
	PM6	299
PROMEDIO		226.1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Resultados de conductividad por campaña y punto de Muestreo Río Grande, 2017

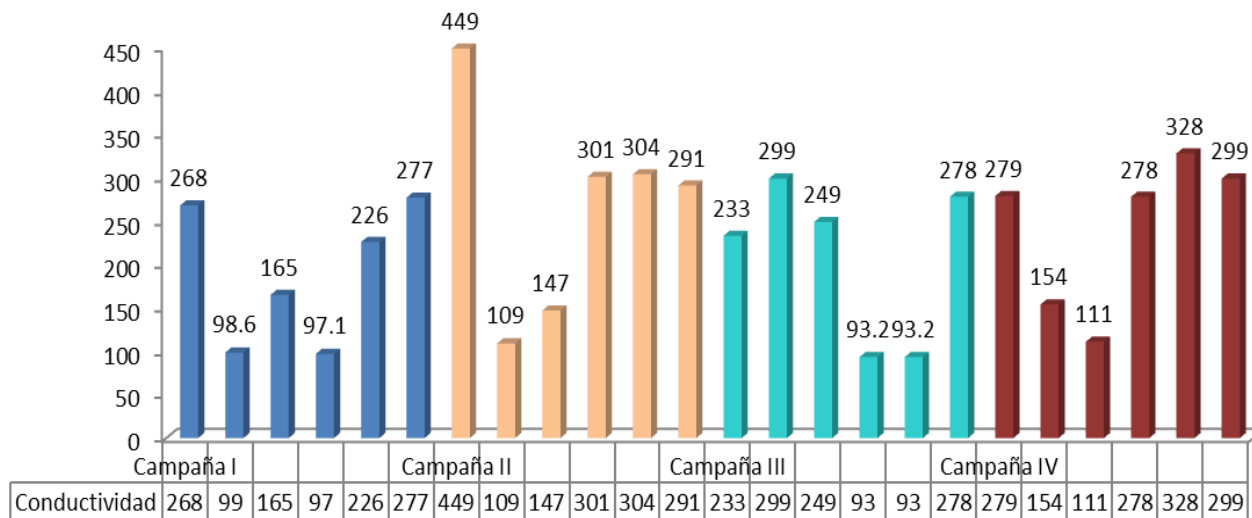


Figura 5.- Resultados de conductividad por campaña y punto de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2.3 Sólidos Disueltos Totales (TDS)

Los TDS son un parámetro necesario de evaluar en los procesos de tratamiento de agua potable para poder calcular la proporción de floculantes a aplicar en el agua entre otros usos. Como se puede observar en el Cuadro 6 y Grafico 3.- Resultados de TDS por campaña y punto de muestreo, los valores más altos se presentan en PM1 con 246 mg/l a lo igual que la conductividad que es la malta en este punto.

Los valores más bajos obtenidos se encuentran en PM5 con 12 mg/l en la primera campaña. Algo importante de mencionar es que los valores de TDS varían mucho en todos los puntos por muestreo, siendo la campaña V las que presentan los valores más altos en el estudio y esto se puede deber a presencia de lluvias.

Según los ECAS nacionales en su categoría1 subcategoría A2 (D.S 015-2015 MINAM) ninguno de los 5 puntos supera el valor máximo que es para TDS que es de 1000 mg/l. El promedio de TDS fue de 121 mg/l.

Tabla 6.- Resultados Solidos Disueltos Totales (TDS) por campaña y punto de muestreo

	PARAMETRO	TDS
Campaña I	PM1	145
	PM2	52.3
	PM3	98.5
	PM4	51.6
	PM5	12
	PM6	149.7
Campaña II	PM1	246
	PM2	89.6
	PM3	79.8
	PM4	166
	PM5	178
	PM6	161
Campaña III	PM1	111
	PM2	153
	PM3	84.4
	PM4	76.8
	PM5	68.9
	PM6	98.7
Campaña IV	PM1	98.7
	PM2	74.1
	PM3	68.7
	PM4	86.7
	PM5	78.9
	PM6	124
Campaña V	PM1	246
	PM2	50.9
	PM3	79.8
	PM4	145
	PM5	159
	PM6	189
PROMEDIO		121.4

Fuente: Elaboración propia, 2017.

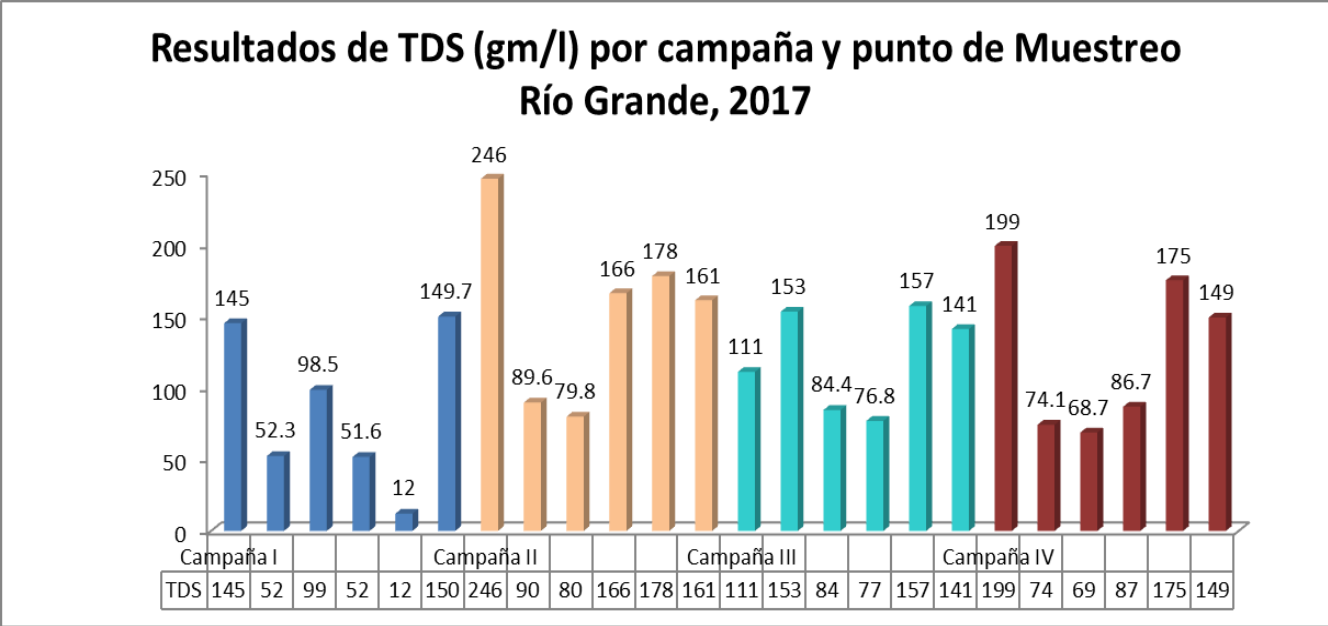


Figura 6.- Resultados de TDS por campaña y punto de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2.4 Para el análisis de la Salinidad

Para el presente estudio la salinidad no representa una alta relevancia según los valores obtenidos que son normales para aguas dulces en la sierra peruana. Los valores más altos obtenidos se dieron en PM2 en la quinta campaña. Ver cuadro 7 y grafico 4 Resultados de Salinidad por campaña y punto de muestreo. El promedio general para todas las estaciones y campañas fue de 0.1 mg/l.

Tabla 7.- Resultados de Salinidad por campaña y punto de muestreo

	PARAMETRO	SALINIDAD
Campaña I	PM1	0.14
	PM2	0.05
	PM3	0.09
	PM4	0.05
	PM5	0.12
	PM6	0.15
Campaña II	PM1	0.24
	PM2	0.06
	PM3	0.08
	PM4	0.16
	PM5	0.17
	PM6	0.16
Campaña III	PM1	0.11
	PM2	0.05
	PM3	0.09
	PM4	0.05
	PM5	0.15
	PM6	0.14
Campaña IV	PM1	0.5
	PM2	0.9
	PM3	0.06
	PM4	0.09
	PM5	0.09
	PM6	0.05
Campaña V	PM1	0.9
	PM2	0.9
	PM3	0.06
	PM4	0.09
	PM5	0.18
	PM6	0.11
PROMEDIO		0.1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

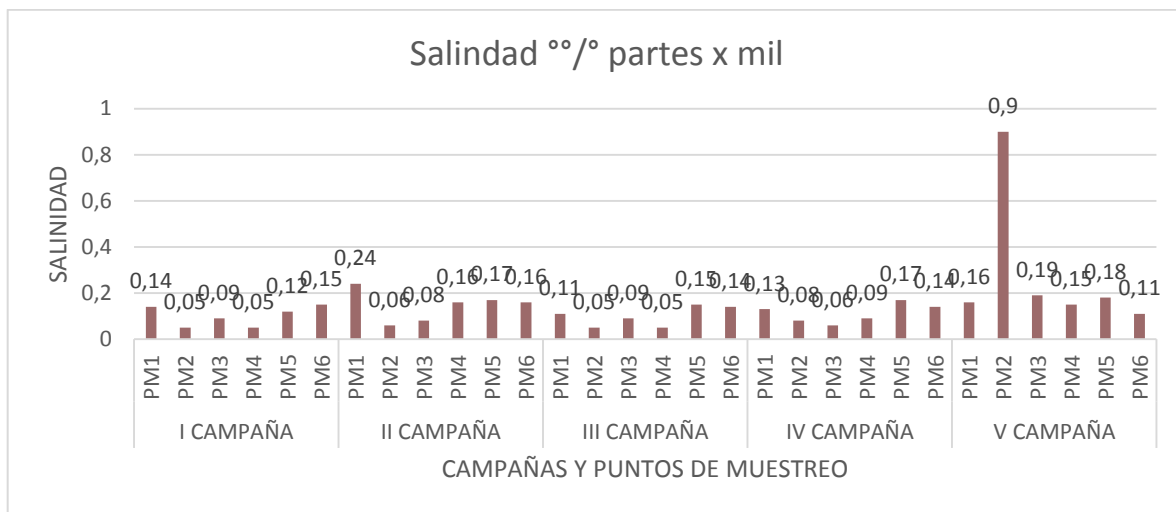


Figura 7.- Resultados de Salinidad por campaña y punto de muestreo

Fuente: Elaboración propia, 2017

3.2.5 Promedio Aritméticos de los resultados Obtenidos

Para poder conocer cuáles son las condiciones del área de estudio se promediaron los valores obtenidos de todas las campañas para cada estación de muestreo obteniendo los siguientes resultados:

Tabla 8.- Promedio de los parámetros analizados por estación de muestreo

PARÁMETRO	Promedio de todas las campañas					
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6
PH	7.1	7.4	7.8	7.8	7.5	7.6
CONDUCTIVIDAD μ SM /CM	305.2	152.8	183.2	178.8	249	284
TDS MG /L	159.3	80.6	94.3	101.7	139.8	150.1
SALINIDAD °/° PARTES X MIL	0.2	0.2	0.1	0.1	0.2	0.1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

De la Tabla anterior podemos deducir lo siguiente:

- El PH más alto se presentó en las estaciones PM3 y PM4 con 7.8, el PH más bajo está presente en PM1 con 7.1. La conductividad más alta se presentó en PM1 y la más baja en PM2. Los TDS más altos están presentes en PM1 y los más Bajos en PM2. La salinidad en todos los puntos es baja ver Figura 8.
- Existe una tendencia al incremento del PH desde el punto PM1 al PM6 ver Figura 5.
- La conductividad y los TDS disminuyen en el recorrido de PM1 a PM4 luego tiende a subir en PM5 y PM6 esto se debe a que conforme se va bajando en el rio hay más tributarios y más actividades que aportan sustancias al agua. Ver Tabla 5 y 6.

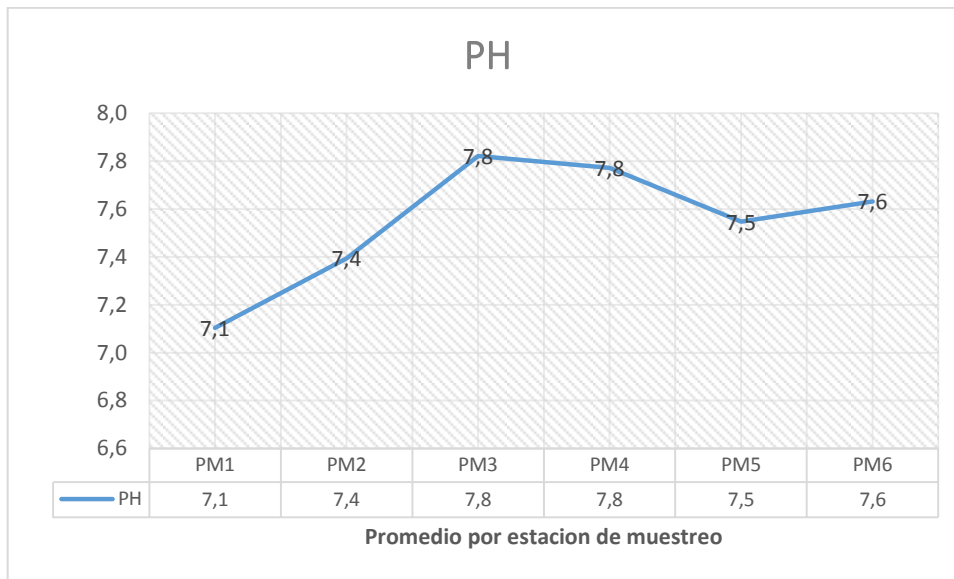


Figura 8.- Promedio de PH en todas las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017

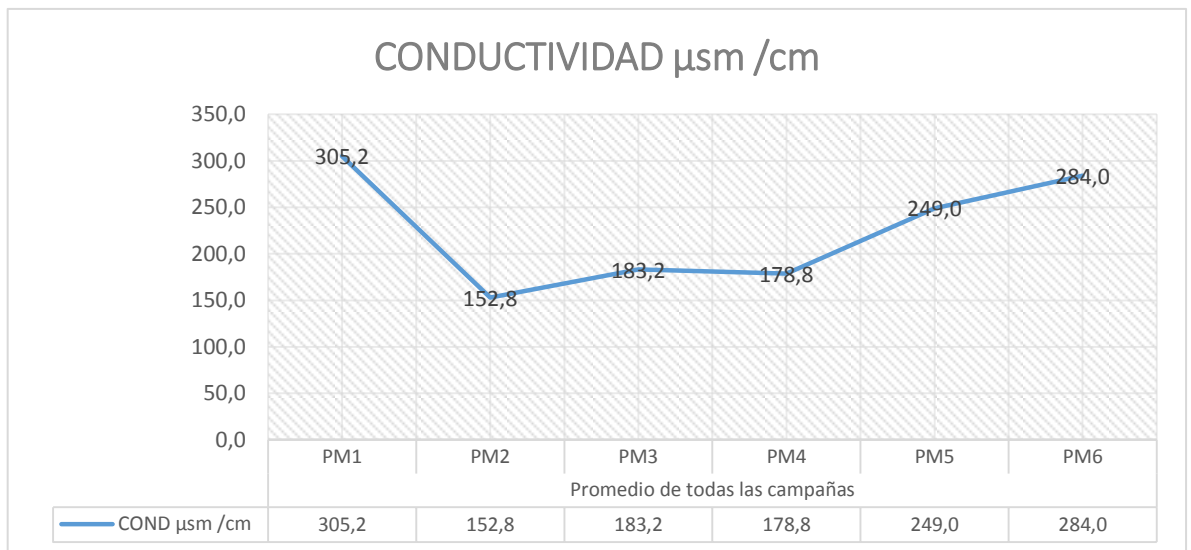


Figura 9.- Promedio de Conductividad en todas las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017.

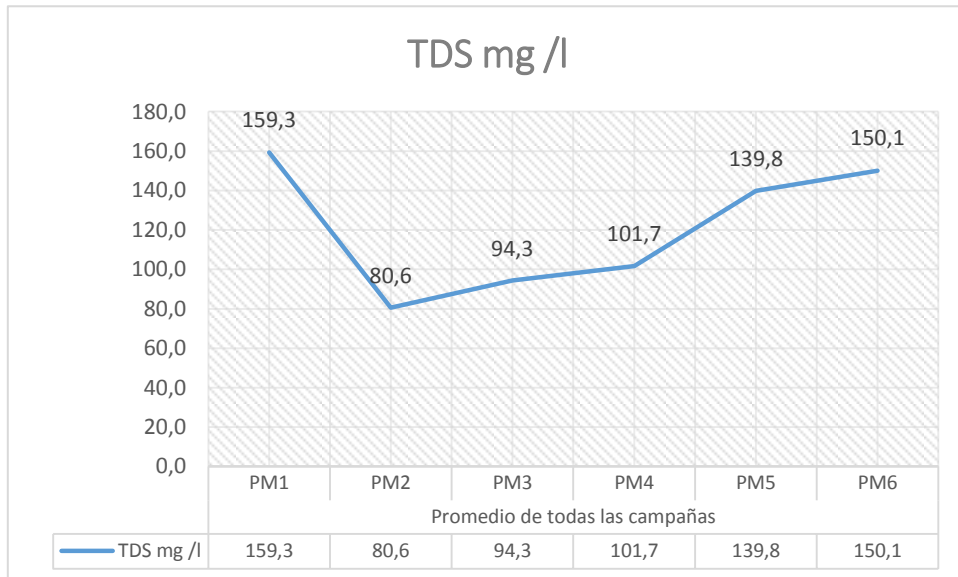


Figura 10.- Promedio de TDS en todas las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017.

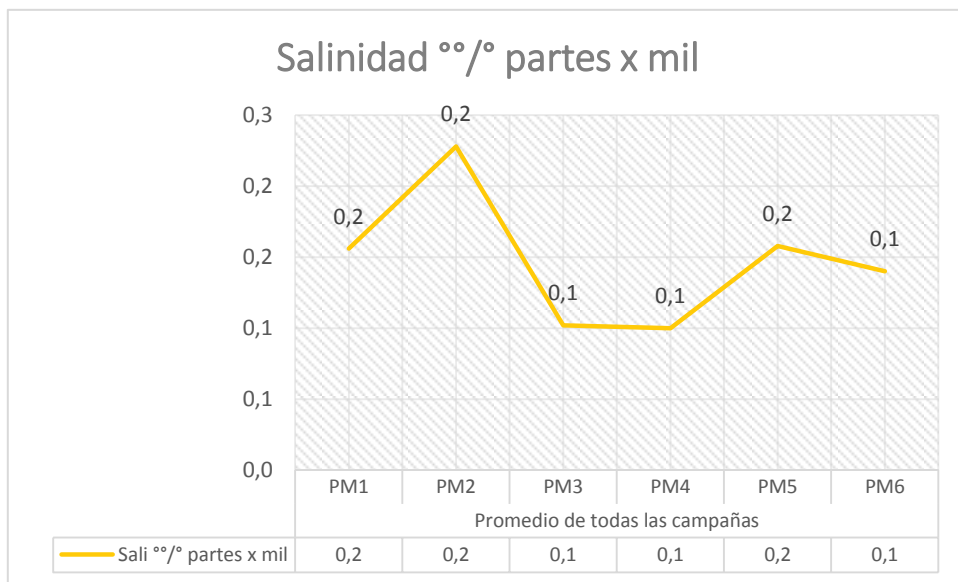


Figura 11.- Promedio de Salinidad en todas las estaciones de muestreo
Fuente: Elaboración propia, 2017.

3.2.6 Resultados de la evaluación con Índices Bióticos de calidad Ambiental

En el presente trabajo de investigación se presenta los siguientes resultados, tomados en cuenta desde el 15 de mayo al 15 de diciembre de 2016.

Los resultados de los índices bióticos que presentamos a continuación evaluación la condición del ecosistema acuático respecto a su nivel de perturbación orgánica como los índices BMWP´col, el índice EPT y el ABI, este último se aplica para ecosistemas que se encuentran por altitudes superiores a los 2000 msnm.

El índice CERA¹ evalúa las condiciones de estado ecológico que presenta la cuenca, es decir determina la condición de ribera, el estado de los tramos fluviales y la diversidad de macroinvertebrados en los ríos, lo que en conjunto permite determinar cuál es el estado del ecosistema en evaluación.

A continuación describiré los resultados del índice ABI.

Tabla 9.- Índice ABI para las 5 campañas todos los puntos de muestreo

	INDIE	ABI
Campaña I	PM1	40
	PM2	33
	PM3	63
	PM4	38
	PM5	23
	PM6	26
Campaña II	PM1	64
	PM2	22
	PM3	24
	PM4	59
	PM5	34
	PM6	28
Campaña III	PM1	36
	PM2	38
	PM3	80
	PM4	69
	PM5	45
	PM6	23
Campaña IV	PM1	39
	PM2	23
	PM3	44
	PM4	20
	PM5	26
	PM6	20
Campaña V	PM1	39
	PM2	20
	PM3	35
	PM4	18
	PM5	38
	PM6	14
PROMEDIO		37

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como se observa en el cuadro anterior la puntuación las alta obtenida está en PM4 con 80 puntos en la segunda campaña mientras que la más baja se obtuvo en PM& en la quinta campaña.

Las coloraciones amarillas nos indican una valoración regular o moderada, esto demuestra que la calidad del agua se encuentra moderadamente contaminada durante toda la evaluación realizada. Las coloraciones verdes nos indican una calidad del agua buena, y la coloración azul una calidad muy buena. Es necesario precisar que las valoraciones obtenidas pueden variar mucho y esto debido a los caudales en la cuenca. El promedio global nos arroja una calidad moderadamente contaminada para toda la cuenca.

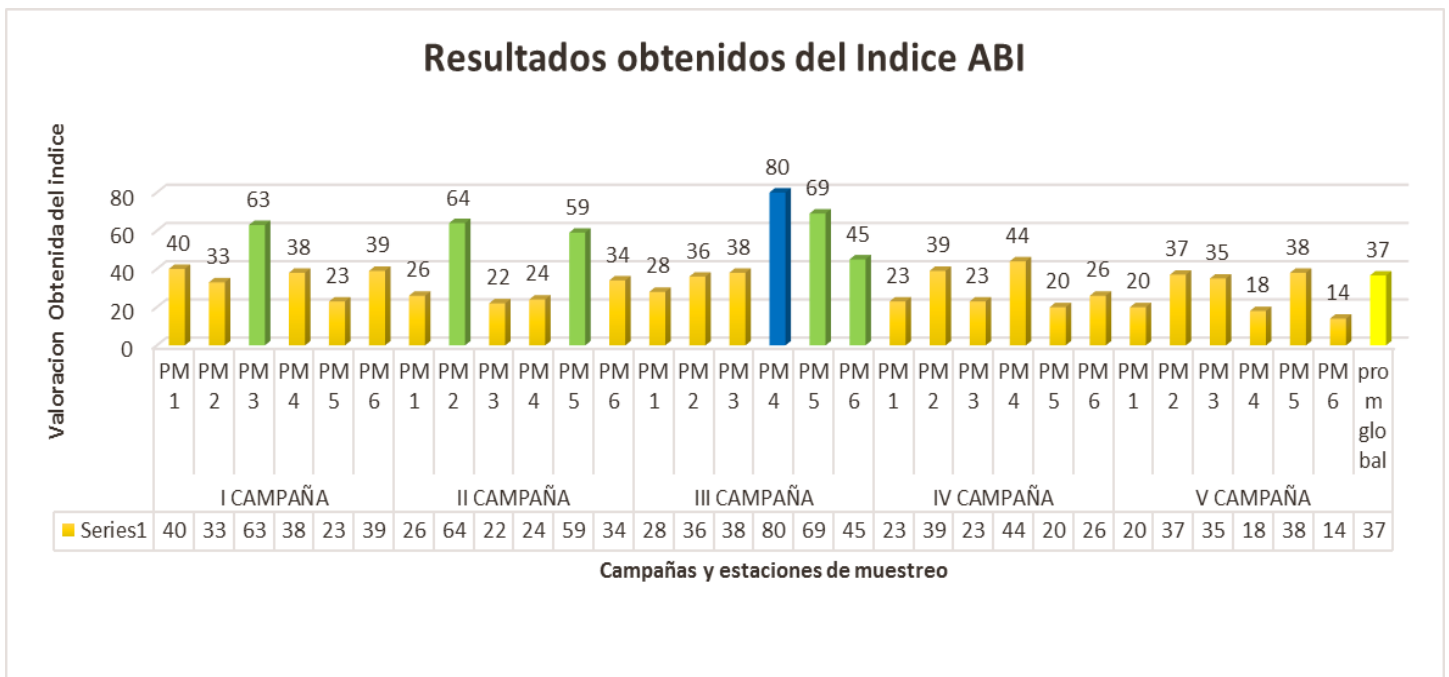


Tabla 10.- Resultados del Índice ABI
Fuente: Elaboración propia, 2017

Resultados del Índice EPT

El índice EPT evalúa las condiciones del ecosistema en función de tres órdenes taxonómicos *Ephemeroptera*, *Plecoptera* y *Trichoptera* los cuales presentan un alto nivel de sensibilidad en sus familias a la contaminación. Los resultados se muestran a continuación:

Tabla 11.- Índice EPT para las 5 campañas todos los puntos de muestreo

	INDIE	EPT
Campaña I	PM1	1
	PM2	2
	PM3	6
	PM4	4
	PM5	1
	PM6	4
Campaña II	PM1	3
	PM2	6
	PM3	0
	PM4	0
	PM5	3
	PM6	2
Campaña III	PM1	1
	PM2	4
	PM3	6
	PM4	3
	PM5	2
	PM6	1
Campaña IV	PM1	1
	PM2	4
	PM3	1
	PM4	5
	PM5	2
	PM6	2
Campaña V	PM1	1
	PM2	3
	PM3	4
	PM4	1
	PM5	4
	PM6	0
PROMEDIO		1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Del cuadro anterior podemos observar que todos los resultados nos arrojan una valoración Pobre lo que nos indicaría que las aguas están fuertemente contaminadas.

Los valores límites entre pobre y calidad baja se encuentran en valor de 6 para los puntos PM3 en la primera campaña, PM2 y PM4 en la segunda campaña. Los valores más altos obtenidos están En PM3 y 4 en la segunda campaña y PM6 en la quinta campaña. El valor promedio de la cuenca para este índice es de 3 lo que nos indicaría aguas fuertemente contaminadas.

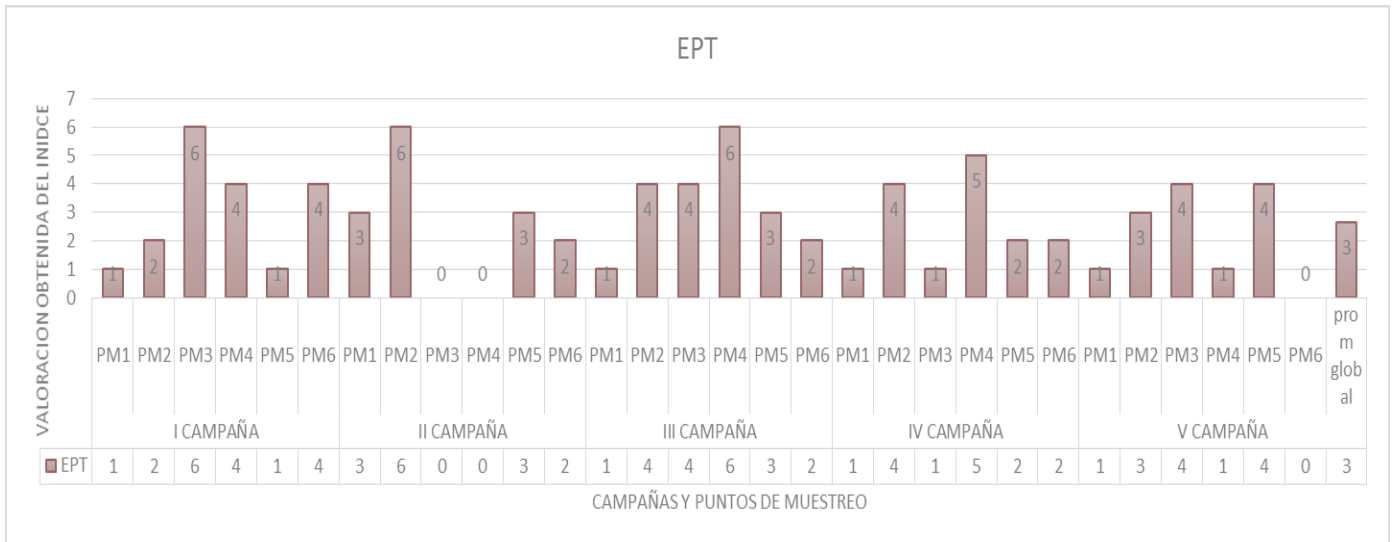


Tabla 12.- Resultados del Índice EPT
Fuente: Elaboración propia, 2017

Resultados del Índice BMWP´COL

El índice BMWP´col es una modificatoria del índice BMWP inglés, este índice ha sido desarrollado por Roldan para los ríos de Antioquia en Colombia y es una referencia para Sudamérica y sus ríos andinos. En el Perú no contamos con índices bióticos propios así que este se ha tomado como una referencia. A continuación se presentan los resultados obtenidos en el índice.

Tabla 13.- Resultados del Índice BMWP'COL para las 5 campañas

	INDIE	BMWPCOL
Campaña I	PM1	27
	PM2	38
	PM3	72
	PM4	46
	PM5	26
	PM6	46
Campaña II	PM1	38
	PM2	76
	PM3	26
	PM4	25
	PM5	76
	PM6	40
Campaña III	PM1	35
	PM2	52
	PM3	56
	PM4	87
	PM5	80
	PM6	51
Campaña IV	PM1	33
	PM2	48
	PM3	37
	PM4	46
	PM5	25
	PM6	32
Campaña V	PM1	19
	PM2	56
	PM3	41
	PM4	24
	PM5	42
	PM6	21
PROMEDIO		44

Fuente: Elaboración propia, 2017.

Como se puede observar en el cuadro superior se han obtenido valoraciones en el índice que van desde aguas muy críticas (color naranja en la valoración) hasta resultados con aguas ligeramente contaminadas (color verde). Se puede apreciar una valoración predominante de aguas moderadamente contaminadas (color amarillo) en la mayoría de estaciones y en las 5 campañas. Las estaciones con mejor calidad son PM3 en la primera campaña, PM3 y PM5 en la segunda campaña, PM4 y PM5 en la tercera campaña. La valoración más baja se obtuvo en PM1 en la quinta campaña. Existe una amplia relación entre los índices BMWP´COL y el ABI en cuanto a los valores obtenidos siendo hasta el momento las estaciones PM4 y PM5 en la tercera campaña las que han obtenido los valores más altos en ambos índices. Mientras que la más contaminados son PM6 en la quinta campaña. El valor Promedio de la cuenca es de 44 es decir se encuentra en un estado Moderadamente contaminada.

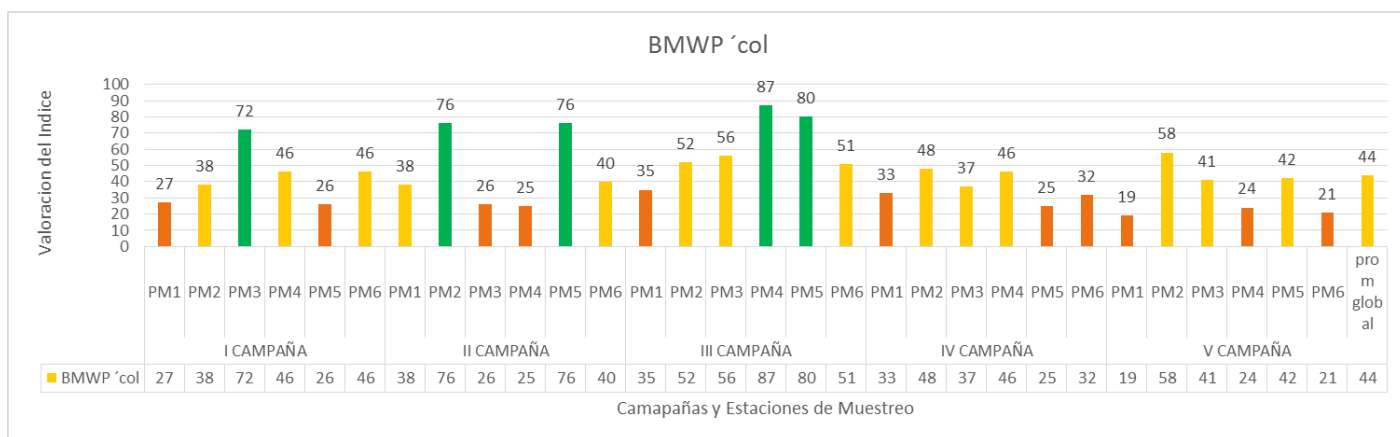


Tabla 14. Resultados del Índice BMWP´COL para las 5 campañas

Fuente: Elaboración propia, 2017

Resultados del Índice CERA

El índice CERA se aplica para determinar la condición del estado ecológico de los ríos Altoandinos por encima de los 2000 msnm. Este índice se basa en 3 tipos de índices distintos, Índice Biótico Andino, Índice de Calidad de Ribera Qbr- and y el Índice de calidad de Tramo fluvial IHF. La correlación entre el ABI y el QBR nos arrojan la calidad ecológica de la cuenca. *Las ceras, aunque son un parámetro de control, también son un indicativo de la temperatura en la extracción del aceite de oliva virgen extra y por tanto también de calidad.

Para la interpretación de resultados se he decidido asignar valores numéricos del 1 al 5 al cuadro de valoración del índice para poder así interpretarlos gráficamente según el siguiente cuadro:

Tabla 15.- Valores numéricos asignados al índice Cera

	QBR-And		
ABI	>75	45-75	<45
>74	Muy bueno 5	Bueno 4	Regular 3
45-74	Bueno 4	Regular 3	Malo 2
27-44	Regular 3	Malo 2	Pésimo 1
<27	Malo 2	Pésimo1	Pésimo1

Fuente: Elaboración propia, 2017.

A continuación, en el cuadro 13 se presentan los resultados:

Tabla 16.- Resultados del Índice CERA para las 5 campañas

	I CAMPAÑA						II CAMPAÑA						III CAMPAÑA						IV CAMPAÑA						V CAMPAÑA						
	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	PM1	PM2	PM3	PM4	PM5	PM6	Prom Global
CERA	Pesir	Pesir	Malo	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Malo	Pesir	Pesir	Malo	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Regu	Malo	Malo	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesir	Pesimo
Valor Asignado	1	1	2	1	1	1	2	1	1	2	1	1	1	1	1	3	2	2	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1

Fuente: Elaboración propia, 2017

Como se puede apreciar en la Tabla 16 de resultados de índice de cera para las 5 campañas se muestra que existe una fuerte predominancia durante toda la campaña a tener una cuenca en pésimo estado ecológico (valoraciones de color rojo) mientras que PM4 en la tercera campaña es que la ha obtenido la valoración más alta con aguas moderadamente contaminadas. PM5 presenta una calidad mala pero está dentro de los resultados con más alto puntaje, lo que coincide con los índices ABI; BMWP´COL y EPT. El punto PM4 y PM5 son los que han arrojado un resultado en promedio malo podría indicarse. El estado Ecológico promedio de la cuenca en Pésimo.

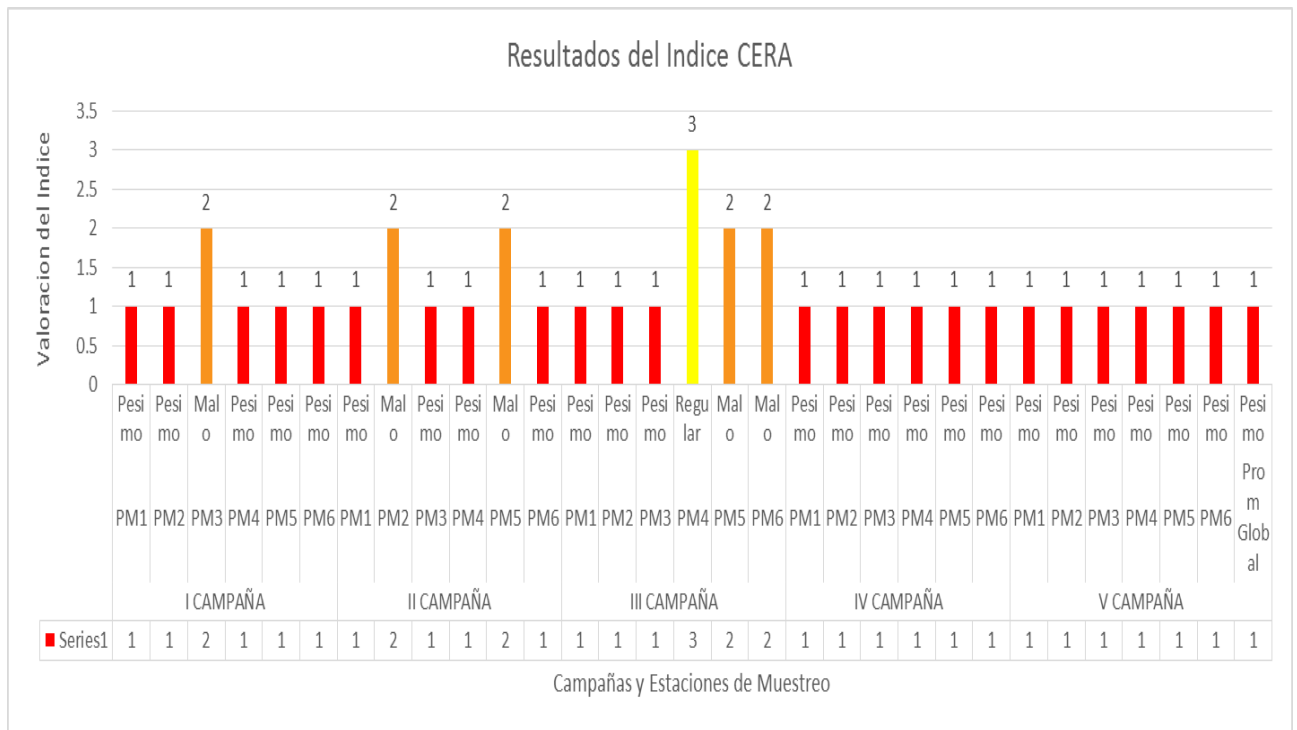


Tabla 17.- Resultados del Índice CERA para las 5 campañas
Fuente: Elaboración propia, 2017

CAPITULO IV: PROCESO DE CONTRASTE DE HIPÓTESIS

4.1. Prueba de hipótesis general

En el presente trabajo de investigación se elaboró la siguiente hipótesis: *H: -Al aplicar los índices bióticos de calidad ambiental como el CERA, BMWP COL, EPT, nos arrojarán valores aceptables en un 90% de las condiciones acuáticas del Río Grande.*”.

Se acepta la hipótesis, por lo que, existe una valoración global de la cuenca que va desde moderadamente contaminada a pésimo, por lo que no se tienen resultados óptimos en la calidad del ecosistema del río Grande. (Gallegos, 1997).

CAPITULO V: CONCLUSIONES Y RECOMENDACIONES

CONCLUSIONES

Durante el estudio realizado se identificaron un total de 6 clases Malacostraca, Gastropoda, Oligochaeta, Insecta, Turbelaria, Aracnida; 11 órdenes y 36 familias

Los resultados promedio del índice EPT nos da un valor promedio de la cuenca de 3 lo que nos indicaría aguas fuertemente contaminadas; para el índice BMWP´COL el valor Promedio de la cuenca es de 44 es decir se encuentra en un estado Moderadamente contaminada y finalmente para el índice CERA nos da un Valor de Pésima calidad ecológica.

De los resultados obtenidos puedo indicar que la calidad del agua del rio Grande es de aguas moderadamente contaminadas, y las estaciones que presentaron una mejor calidad fueron PM4 y PM5. La de baja calidad fue PM6.

RECOMENDACIONES

Promover el uso de esta metodología en las demás microcuencas de la región, para enriquecer el listado de familias y géneros de macroinvertebrados bentónicos de la región y así conocer mejor los valores de tolerancia y sensibilidad de estos a diferentes niveles de contaminación.

Dar continuidad al estudio con la implementación de biomonitoreos regulares complementados con análisis fisicoquímicos de manera continua para conocer mejor la variación de la calidad del agua durante el transcurso del año y ver como los factores del tiempo y clima afectan a las comunidades acuáticas.

REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

Alvariño, C. P. (2004). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores biológicos de la calidad de agua en dos ríos de Cajamarca y Amazonas, Perú.

Arocena, R., 1996. La comunidad bentónica como Indicadora de zonas de degradación y recuperación en el Arroyo Toledo (Uruguay). Rev. Biol. Trop. 43: 643-655.

Arrivillaga, M. G. (2008). <http://www.scielo.org.ve/scielo>. Obtenido de http://www.scielo.org.ve/scielo.php?script=sci_arttext&pid=S1690-46482008000200001&lang=pt. Consultado al 20/05/2016

Barcelona, L. d. (2011). Protocolo Simplificado y Guía de Evaluación de la Calidad Ecológica de los ríos andinos (CERA-S). Quito, Ecuador: V y M Gráficas.

Castro, G. R. (2011). Guía para la Evaluación de la Calidad Acuática Mediante el Índice BMWP/Bol. La Paz, Bolivia. Monografía No. 25 .21-47 p.

Digesa. (2007). Río Grande (Mashcon) y tributarios. Cajamarca. Encalada A.C., R. M. (2011). Protocolo simplificado y guía de evaluación de la calidad ecológica de ríos andinos (Cera-s).. 158 p.

Instituto Nacional de Investigación Agraria (INIA). (2013). *“Estadística de estudios de fertilidad de caseríos - Región Cajamarca”*. Cajamarca. Perú. 58 p.

Instituto Nacional de Estadística e información INEI. 2010. *“Estadística de caseríos de la Región Cajamarca”*. Cajamarca. Perú. 58 p.

Rojas, D. F. (2014). Guia de vigilancia ambiental con macroinvertebrados bentonicos en cajamarca. Cajamarca: Asociacion catalana de ingenieria sin fronteras.

Gustavson, L. A. (2013). Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú.
Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú.

Gomero, G. C. (2002). <http://www.bvsde.paho.org/bvsaca/fulltext/gcasti.pdf>.
Obtenido de <http://www.bvsde.paho.org/bvsaca/fulltext/gcasti.pdf>.
consultado al 20/05/2016-

Universidad del Magdalena, S. m. (2016). Tercer congreso latinoamericano de macroinvertebrados de agua dulce. Santa Marta.

ANEXOS

Anexo 1. Matriz de Consistencia

Tabla 18. Biomonitordeos con macroinvertebrados bentónicos para evaluar las condiciones del agua del Río Grande en la provincia de Cajamarca- Perú, 2016.

Problema	Hipótesis	Objetivo	Variable	Definición conceptual	Indicadores	Metodología	Fuente	Técnica	Instrumento
<p>Problema principal ¿Qué calidad del agua del Río Grande, se obtendrá al aplicar un biomonitordeo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016?</p> <p>Problemas Específicos ¿En qué condiciones de afectación ambiental se encuentra los ecosistemas acuáticos del Río Grande, 2016?</p> <p>¿Qué tipos de macroinvertebrados bentónicos se encontrará en los puntos de muestreo del Río Grande, 2016?</p>	<p>- Al aplicar los índices bióticos de calidad ambiental como el CERA, BMWP COL, EPT, nos arrojarán valores aceptables en un 90% de las condiciones acuáticas del Río Grande</p>	<p>Objetivo general:</p> <p>- Evaluar la calidad del agua del Río Grande, al aplicar un biomonitordeo con macroinvertebrados bentónicos en la provincia de Cajamarca, 2016.</p>	<p>Variable independiente: Biomonitordeo con macroinvertebrados bentónicos</p>	<p>Se refiere a la fauna de invertebrados que sirven como indicadores del agua</p>	<p>Textura</p> <p>conductividad</p>	<p>Tipo de Investigación Investigación experimental</p> <p>Nivel de Investigación nivel descriptivo</p>	<p>Lectura directa</p>	<p>Muestras de análisis obtenidas en las UA</p> <p>Análisis de laboratorio</p>	<p>Fichas de campo</p>
		<p>Objetivo específicos</p> <p>- - Determinar las condiciones de afectación ambiental en que se encuentran los ecosistemas acuáticos del Río Grande, 2016.</p> <p>- Determinar qué tipos de macroinvertebrados bentónicos se encuentran en los puntos de muestreo del Río Grande, 2016.</p>	<p>Variable Dependiente: Condiciones acuáticas del río grande de la provincia de Cajamarca.</p>	<p>Condicionamiento del agua</p>	<p>Ph</p> <p>Ph</p> <p>PH</p>	<p>Contaminación</p>	<p>Método de investigación Hipotético deductivo</p> <p>Diseño de Investigación - Cuantitativa,</p> <p>Población Se considera como universo del presente trabajo de investigación al estudio de la cuenca del Río Grande, parte media y baja durante el año 2016..</p> <p>Muestras Se considera como muestra a las 30 muestreos realizados de las 04 índices seleccionadas a una distancia de 100m, durante el periodo de estudios desde el 15 de marzo al 15 de diciembre de 2017..</p>	<p>Lectura directa</p>	<p>Análisis de laboratorio</p>

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo 2. Protocolo de Muestreo

Tabla 19. Protocolo de Muestreo

OBJETIVO	ACTIVIDAD	FECHA	RESPONSABLE
Evaluar el estado ecológico de la sub cuenca del Río Grande usando el índice CERA	Recolección de muestra 1era Campaña	28-05-2016	Jhamberti Vigil
	Trabajo de laboratorio 1era Campaña	31-05-16 al 03-06-16	Jhamberti Vigil
	Recolección de muestra 2da Campaña	11-06-16	Jhamberti Vigil
	Trabajo de laboratorio 2da Campaña	13-06-16 al 17-06-16	Jhamberti Vigil
	Recolección de muestra 3era Campaña	16-07-16	Jhamberti Vigil
	Trabajo de laboratorio 3era Campaña	18-06-16 al 22-07-16	Jhamberti Vigil
	Recolección de muestra 4ta Campaña	06-08-16	Jhamberti Vigil
	Trabajo de laboratorio 4ta Campaña	08-08-16 al 12-08-16	Jhamberti Vigil
	Recolección de muestra 5ta campaña		Jhamberti Vigil
	Trabajo de laboratorio 5ta campaña		Jhamberti Vigil

Fuente: Elaboración propia, 2016.

Anexo 3. Descripción del Índice IHF, QBR, ABI, CERA

Fecha:	Hora:	
Responsable de muestreo:	Firma:	
IDENTIFICACIÓN DE LA MUESTRA		
Número de la muestra:		
Tipo de muestra:		
Cantidad de muestra:		
LOCALIZACIÓN		
Cuenca:	Subcuenca:	Río:
Estación:		
Coordenadas GPS:		
Código fotografía:		
Descripciones de acceso al lugar:		
Descripción física del lugar:		
Registro de los cambios observados en el lugar:		
Actividades en la zona cercana al punto de muestreo:		
PARÁMETROS DE CAMPO		
pH del agua:	T del agua:	
Conductividad eléctrica del agua:	T del aire:	
OD:	Caudal:	
CONDICIONES METEOROLÓGICAS		
Precipitaciones:		
Nubosidad:		
Viento:		
PARÁMETROS FÍSICOS Y ORGANOLÉPTICOS		
Olor:	Color:	
Materia flotante:	Otras observaciones:	
HISTORIA DEL LUGAR		
Acontecimientos:		
Fauna y flora:		
HERRAMIENTAS DE MUESTREO		
Tipo de muestreador:	Prelavado del muestreador:	
Tipo del recipiente:	Material del recipiente:	
Prelavado del recipiente:		
ENVÍO DE LA MUESTRA		
Preservación de la muestra:	Medio de transporte de la muestra:	
Destino de la muestra:		
REQUERIMIENTOS PARA EL LABORATORIO:		
Análisis necesarios:		
OTRAS OBSERVACIONES		

Figura 12. Descripción del Índice IHF, QBR, ABI, CERA.

Fuente: Laboratorio Inía, Cajamarca 2015.

Anexo 4. Condiciones de referencia ríos andinos - A

Condiciones de referencia en Ríos Andinos. Protocolo CERA				
Apartado		Poco	Medio	Mucho
	CUENCA	Puntuación		<input type="text"/>
1.1	Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y pinos especialmente)	5	3	1
1.2	Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3	Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4	Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5	Explotaciones mineras	5	3	1
1.6	Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
	HIDROLOGÍA	Puntuación		<input type="text"/>
2.1	Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2	Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes (< 10m)	5	3	1
2.3	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4	Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5	Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
	TRAMO (incluye ribera y zona inundación)	Puntuación		<input type="text"/>
3.1	Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2	Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3	Presencia de cultivos y/o vacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5	Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6	% Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
	LECHO	Puntuación		<input type="text"/>
4.1	Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2	Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3	Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4	Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5	Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6	Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1
		Puntuación total		<input type="text"/>

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo 24.

Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos de cada apartado.

Figura 13. Condiciones de referencia ríos andinos-A

Fuente: Laboratorio Inía, Cajamarca 2016.

Anexo 5. Condiciones de referencia ríos andinos - B

Condiciones de referencia en Ríos Andinos. Protocolo CERA				
Apartado		Poco	Medio	Mucho
	CUENCA	Puntuación		<input type="text"/>
1.1	Cobertura de especies introducidas (Eucaliptos y pinos especialmente)	5	3	1
1.2	Porcentaje de cobertura en pastos artificiales	5	3	1
1.3	Porcentaje de cobertura en usos urbanos	5	3	1
1.4	Ausencia de vegetación autóctona	5	3	1
1.5	Explotaciones mineras	5	3	1
1.6	Explotaciones ganaderas intensivas (intensivas)	5	3	1
	HIDROLOGÍA	Puntuación		<input type="text"/>
2.1	Presencia de grandes presas aguas arriba del lugar	5	3	1
2.2	Derivaciones de agua para hidroeléctricas azudes (< 10m)	5	3	1
2.3	Trasvases a otras cuencas o desde otras cuencas	5	3	1
2.4	Derivaciones para usos en agricultura y ganadería	5	3	1
2.5	Derivaciones para uso en minería	5	3	1
2.6	Derivaciones para uso urbano (usos domésticos e industriales)	5	3	1
	TRAMO (incluye ribera y zona inundación)	Puntuación		<input type="text"/>
3.1	Canalización del río por infraestructuras rígidas (escolleras, etc...)	5	3	1
3.2	Canalización del río por terraplenes	5	3	1
3.3	Presencia de cultivos y/o vacas y pasto en la llanura de inundación	5	3	1
3.4	Infraestructuras laterales (carreteras, construcciones...)	5	3	1
3.5	Falta de cubierta de la zona de ribera (árboles o arbustos)	5	3	1
3.6	% Cubierta vegetal por especies introducidas (árboles o arbustos)	5	3	1
	LECHO	Puntuación		<input type="text"/>
4.1	Sustrato del lecho totalmente artificial (p.e. cemento, escollera...)	5	3	1
4.2	Infraestructuras transversales (p.e. azudes, vados)	5	3	1
4.3	Presencia de efluentes directos al río	5	3	1
4.4	Contaminación orgánica evidente	5	3	1
4.5	Contaminación minera evidente	5	3	1
4.6	Presencia de basuras y escombros (sea en la ribera o en el mismo lecho)	5	3	1
		Puntuación total		<input type="text"/>

El valor máximo del índice es de 120, el mínimo 24.

Se considera que valores superiores a 100 son necesarios para poder considerar un punto como de referencia.

De todas formas un punto de referencia debe obtener como mínimo 20 puntos de cada apartado.

Figura 14. Condiciones de referencia ríos andinos- B

Fuente: Laboratorio Inía, Cajamarca 2016.

Anexo 6. Especificaciones por apartado

Especificaciones de cada apartado

El significado de Poco, Medio o Mucho en cada caso se explica a continuación.

CUENCA	
1.1	Poco < 10%, Medio 10 – 30%, Mucho > 30%
1.2	Poco < 10%, Medio 10 – 30%, Mucho > 30%
1.3	Poco < 1%, Medio 1 – 10%, Mucho > 10%. Incluye la presencia de floriculturas
1.4	Poco < 10%, Medio 10 – 50%, Mucho > 50%
1.5	Poco: inexistente o de muy baja intensidad, Medio: 1 grande o varias de poca intensidad, Mucho: 2 grandes o muchas de pequeña intensidad
1.6	Poco: inexistente o mínimas, Medio: presencia de una gran explotación, Mucho: varias explotaciones grandes
HIDROLOGÍA	
2.1	Grandes presas (> 10m). Poco: inexistente, Medio: 1, Mucho >1
2.2	Reducción caudal. Poco < 10%, Medio 10 – 50%, Mucho > 50%
2.3	Reducción caudal. Poco: sin trasvase, Medio < 25%, Mucho >25%. Incluir también trasvases de otras cuencas
2.4	Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho > 25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)
2.5	Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho > 25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)
2.6	Reducción caudal. Poco: sin desvío, Medio < 25%, Mucho > 25% (Atención si hay múltiples pequeñas pasar de medio a mucho)
TRAMO (incluye ribera y zona inundación)	
3.1	Poco: sin canalización, Medio < 25%, Mucho >25%
3.2	Poco: sin canalización, Medio < 50%, Mucho >50%
3.3	Poco: sin cultivos, Medio < 50%, Mucho > 50%
3.4	Poco: no hay, Medio: en uno de los lados, Mucho: en los dos lados (cubriendo > 10% superficie)
3.5	Poco: totalmente cubierto por vegetación nativa, Medio < 50%, Mucho > 50%
3.6	Poco: sin especies introducidas, Medio < 50%, Mucho > 50%
LECHO	
4.1	Poco: nada, Medio < 10%, Mucho > 10%
4.2	Poco: ninguno, Medio: 1, Mucho > 1 (los puentes que cruzan el río no se incluyen)
4.3	Poco: no hay, Medio 1 o 2 efluentes de poco caudal, Mucho: varios de poco caudal o uno de mucho caudal relativo al río
4.4	Poco: río transparente y sin olor, Medio: río turbio y poca olor, Mucho: río con espuma y mucha olor
4.5	Poco: no hay minas, Medio: río con sedimentos en suspensión, Mucho: sedimentos muy abundantes y conocimiento de pH muy ácido o muy básico
4.6	Poco: no hay o solo aisladamente, Medio: acumulaciones de forma aislada, Mucho: vertedero
Apartados restrictivos	
Apartados que pueden constituir por ellos mismos una restricción para no declarar un punto como referencia por su afectación grave (puntuación 1 en el apartado):	
Bloque 1	1.3, 1.5
Bloque 2	2.1, 2.3. (Respecto a los apartados 2.2, 2.4, 2.5, 2.6, solo se aplica si la derivación es próxima, pero no si se ha producido ya el retorno al río del agua derivada en puntos aguas debajo de la cuenca)
Bloque 3	3.1
Bloque 4	4.1, 4.4 y 4.5 si el valor es 1.

Figura 15. Especificaciones por apartado
Fuente: Laboratorio Inía, Cajamarca 2016.

Anexo 7. Evaluación del hábitad fluvial Río Grande

Evaluación del Hábitad Fluvial para ríos Andinos, Índice IHF

Muestra:
Fecha:
Operador:

Bloques		Puntuación
1. Inclusión rápidos		
Rápidos	Piedras, cantos y gravas no fijadas por sedimentos finos. Inclusión 0 – 30%	10
	Piedras, cantos y gravas poco fijadas por sedimentos finos. Inclusión 30 – 60 %	5
	Piedras, cantos y gravas medianamente fijadas por sedimentos finos. Inclusión > 60%	0
TOTAL (una categoría)		
2. Frecuencia de rápidos		
	Alta frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río <7	10
	Escasa frecuencia de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 7 - 15	8
	Ocurranza ocasional de rápidos. Relación distancia entre rápidos / anchura del río 15 – 25	6
	Constancia de flujo laminar o rápidos someros. Relación distancia entre rápidos / anchura > 25	4
	Solo pozas	2
TOTAL (una categoría)		
3. Composición del sustrato (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser 0 para cada apartado)		
% Bloques y piedras	1 – 10%	2
	> 10 %	5
% Cantos y gravas	1 – 10%	2
	> 10 %	5
% Arena	1 – 10%	2
	> 10 %	5
% Limo y arcilla	1 – 10%	2
	> 10 %	5
TOTAL (sumar categorías)		
4. Regímenes de velocidad / profundidad		
Somero:> 0.5 m	4 categorías. Lento-profundo, lento-somero, rápido-profundo y rápido-somero	10
Lento:< 0.3 m/s	Solo 3 de las 4 categorías	8
	Solo 2 de las 4 categorías	6
	Solo 1 de las 4 categorías	4
TOTAL (una categoría)		
5. Porcentaje de sombra en el cauce		
	Sombreado con ventanas	10
	Totalmente en sombra	7
	Grandes claros	5
	Expuesto	3
TOTAL (una categoría)		
6. Elementos heterogeneidad (si hay ausencia de hojarasca el valor debe ser 0 puntos)		
Hojarasca	> 10% o < 75%	4
	< 10% o > 75%	2
	Presencia de troncos y ramas	2
	Raíces expuestas	2
	Diques naturales	2
TOTAL (una categoría)		
7. Cobertura de vegetación acuática (en caso de ausencia absoluta el valor debe ser cero para cada apartado)		
% Plocon + briófitos	10 – 50%	10
	< 10% o > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Pecton	10 – 50%	10
	< 10% o > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
% Fanerógamas	10 – 50%	10
	< 10% o > 50%	5
	Ausencia absoluta	0
TOTAL (sumar categorías)		
PUNTUACIÓN FINAL (suma de las puntuaciones anteriores)		

Figura 16. Evaluación del hábitad fluvial Río Grande
Fuente: Laboratorio Inía, Cajamarca 2016.

Anexo 8. Estándares de calidad de agua

PARAMETRO	AGUAS CONTINENTALES						A. MARINAS
		Uso 1 (A1)	Uso 1 (A2)	Uso 1 (A3)	Uso 3	Uso 4(ríos costa)	Uso 2 (sc 2)
GENERALES PRIORITARIOS							
Coliformes Termotolerantes	NMP	0	2000	20000	2000	2000	30
pH	Unidad de pH	6.5 - 8.5	5.5 - 9.0	5.5 - 9.0	6.5 - 8.5	6.5 - 8.5	6.8 - 8.5
Temperatura	°C						
Conductividad	uS/cm	1500	1800		2000	1500	
Sólidos suspendidos totales (SST)	mg/L	25	50	100	-	30	50
Oxígeno Disuelto	mg/L	6	5	4	4	5,5	3
D.B.O ₅	mg/l	3	5	10	15	10	10
Fósforo Total	mg/l P	0.1	0.15	0.15	1	0.5	0,09
Nitrógeno total	mg/l N						
Nitrógeno amoniacal	mg/l N	1.5	2	3.7		0,02	
GENERALES COMPLEMENTARIOS							
turbiedad	UNT	5	100				
Sólidos disueltos totales (SDT)	1000	1000	1500				
Cloruros	mg/l				250		
Dureza total	mg/l	500					
Carbonatos	mg/l				5		
Bicarbonatos	mg/l				370		
Nitratos	mg/l N	10	10	10	10	5	0,28
Sulfatos	mg/L	250			300		
Fluoruros	mg/l	1			1		
Sodio	mg/l				200		
Potasio	mg/l						
Calcio	mg/l				200		
Magnesio	mg/l				150		
Boro	mg/L	0,5	0,5	0,75	0,7		
D.Q.O.	mg/l	10	20	30	40		
Sulfuros	mg/L	0.06			0,005	0,002	0,06
Cianuro libre	mg/L	0.005	0.022	0.022		0,022	
Cianuro WAD	mg/L	0.06	0.08	0.08	0,1		
Aceites y grasas	mg/l	1	1	1	1	ausencia	1
Hidrocarburos totales de petróleo, HTP	mg/L	0,06	0,5	0,5		ausencia	0,007
Detergentes (SAAM)	mg/l	0,5	0,5				
Fenoles	mg/l	0,003	0,01	0,1	0,001	0,001	

Tabla 20. Estándares de calidad de agua

Fuente: Monitoreo calidad de las aguas en Perú, 2016

Anexo 9. Temperatura medida in situ en los ríos visitados 2016

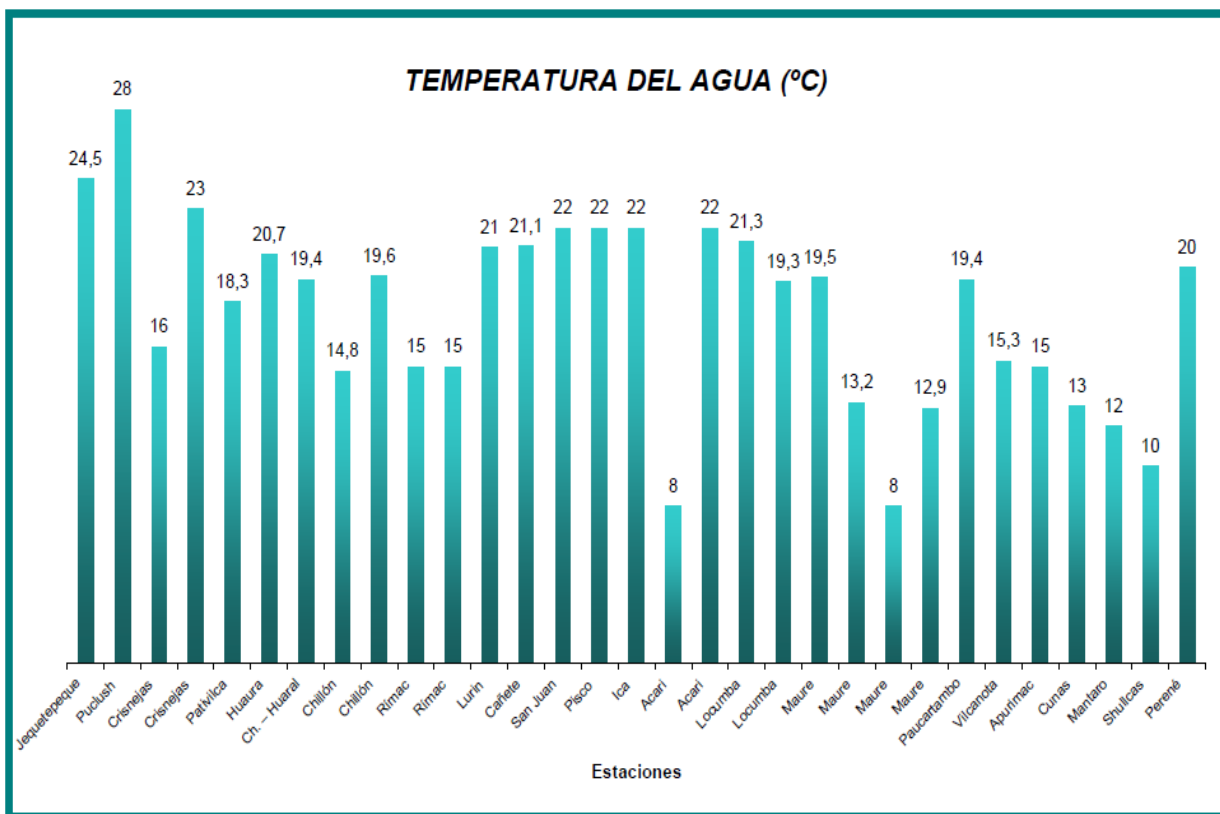


Figura 17. Temperatura medida in situ en los ríos visitados 2016.

Fuente: Monitoreo calidad de las aguas en Perú, 2016.

Anexo 10. Toma de muestras Rio Grande por el tesista



Figura 18. Análisis de muestreo por campañas realizado por el Tesista.
Fuente: Elaboración propia, 2016.

PANEL FOTOGRÁFICO

PANEL FOTOGRAFICO: BIOMONITOREOS CON MACROINVERTEBRADOS BENTÓNICOS PARA EVALUAR LAS CONDICIONES DEL AGUA DEL RIO GRANDE EN LA PROVINCIA DE CAJAMARCA- PERÚ, 2016

Muestras encontradas durante cinco campañas, durante el periodo de estudios.



Fotografía 1. *Familia Hyallela*



Fotografía 2: Clase *Oligochaeta*



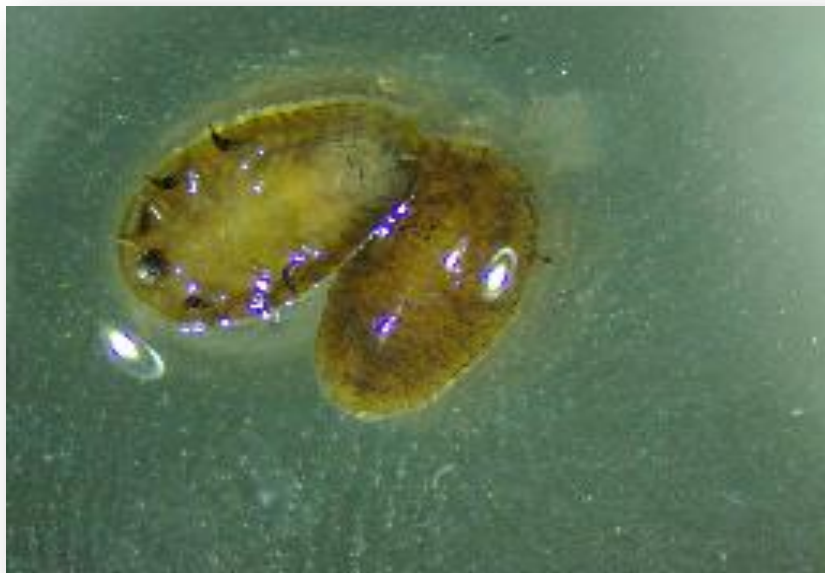
Fotografía 3: *Familia: Simuliidae*



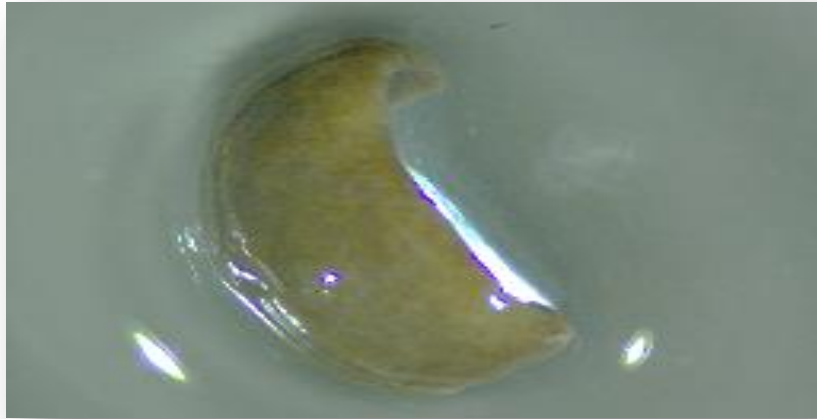
Fotografía 4: *Familia: Simuliidae*



Fotografía 5: *Familia: Tipulidae*



Fotografía 6: *Familia: Psephenidae*



Fotografía 7: *Familia: Planariidae*



Fotografía 8: *Familia: Elmidae*



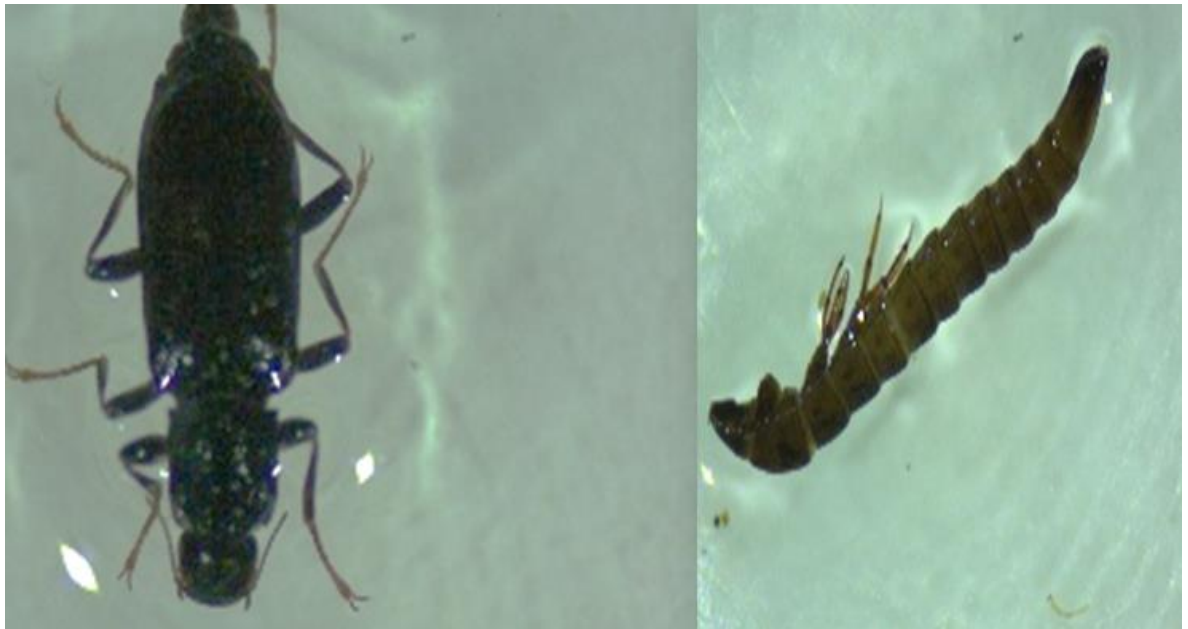
Fotografía 9: *Familia: Hidropsychidae*



Fotografía 10: *Familia: Gripopterygidae*



Fotografía 11: *Familia: Chironomidae*



Fotografía 12: *Elmidae larva y adulto*



Fotografía 13: *Familia: Calamoceratidae*



Fotografía 14: *Familia: Helicopsichidae*



Fotografía 15: *Familia: Leptoceridae*