

**UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA**

**ESCUELA DE POSGRADO**



**UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS**

**AGRARIAS**

**PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS**

**TESIS:**

**INSECTOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL  
RÍO HUAYOBAMBA, SAN MARCOS - CAJAMARCA**

Para optar el Grado Académico de

**MAESTRO EN CIENCIAS**

**MENCIÓN: GESTIÓN AMBIENTAL**

Presentada por:

**CRISTHIAN RAÚL MAURICIO TORRES**

Asesor:

**Mg. JHON ANTHONY VERGARA COPACONDORI**

Cajamarca, Perú

2018



# Universidad Nacional de Cajamarca

“NORTE DE LA UNIVERSIDAD PERUANA”

Fundada por Ley 140515 del 13 de febrero de 1962

## Escuela de Posgrado

El Director de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, de la Universidad Nacional de Cajamarca, expide la presente:

### CONSTANCIA DE ORIGINALIDAD:

Que el Bachiller en Agronomía, **Cristhian Raúl Mauricio Torres**, ha sustentado y aprobado su tesis para obtener el Grado de Maestro en Ciencias, Mención Gestión Ambiental, titulada: “**INSECTOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RIO HUAYOBAMBA, SAN MARCOS – CAJAMARCA**”.

Que, el Mg. Jhon Anthony Vergara Copacondori, en su calidad de Asesora del sustentante, ha adjuntando el Informe antiplagio de la Tesis, obtenido a través del servicio de análisis documental de Turnitin con un porcentaje de 4%, del cual se puede verificar la originalidad de la Tesis antes mencionada.

Se otorga la presente constancia, a solicitud del interesado para los fines pertinentes.

Cajamarca, 04 de marzo de 2024

UNIVERSIDAD NACIONAL DE CAJAMARCA  
UNIDAD DE POSGRADO DE LA FACULTAD DE CIENCIAS AGRARIAS  
*Juan E. Chávez Rabanal*  
DIRECTOR

COPYRIGHT © 2018 por  
**CRISTHIAN RAÚL MAURICIO TORRES**  
Todos los derechos reservados



# Universidad Nacional de Cajamarca

## Escuela de Posgrado

### PROGRAMA DE MAESTRÍA EN CIENCIAS

#### ACTA DE SUSTENTACIÓN DE TESIS

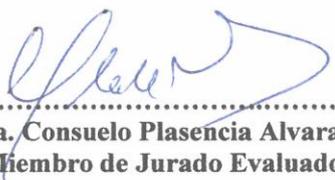
Siendo las *6:00 pm* de la tarde del día 04 de octubre de Dos Mil Dieciocho, reunidos en el Auditorio de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, el Jurado Evaluador presidido por el **Dr. VALENTIN PAREDES OLIVA**, como Miembro del Jurado Evaluador, **Mg. JHON VERGARA COPACONDORI** en calidad de Asesor, **Dra. CONSUELO PLASENCIA ALVARADO**, **Mg. MANUEL RONCAL RABANAL**, como integrantes del Jurado Evaluador. Actuando de conformidad con el Reglamento Interno y el Reglamento de Tesis de Maestría de la Escuela de Posgrado de la Universidad Nacional de Cajamarca, se dio inicio a la Sustentación de la Tesis titulada “**INSECTOS ACUÁTICOS COMO INDICADORES DE LA CALIDAD DE AGUA DEL RÍO HUAYOBAMBA, SAN MARCOS - CAJAMARCA**”, presentada por el **Bach. en Agronomía CRISTHIAN RAÚL MAURICIO TORRES**, con la finalidad de optar el Grado Académico de **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**.

Realizada la exposición de la Tesis y absueltas las preguntas formuladas por el Jurado Evaluador, y luego de la deliberación, se acordó *APROBAR* con la calificación de *VEISIETE (EXCLENTE)* la mencionada Tesis; en tal virtud, **Bach. en Agronomía CRISTHIAN RAÚL MAURICIO TORRES**, está apto para recibir en ceremonia especial el Diploma que lo acredita como **MAESTRO EN CIENCIAS**, de la Unidad de Posgrado de la Facultad de Ciencias Agrarias, con Mención en **GESTIÓN AMBIENTAL**

Siendo las *1.9* horas del mismo día, se dio por concluido el acto.

  
.....  
**Dr. Valentin Paredes Oliva**  
Miembro de Jurado Evaluador

  
.....  
**Mg. Jhon Vergara Copacondori**  
Asesor

  
.....  
**Dra. Consuelo Plasencia Alvarado**  
Miembro de Jurado Evaluador

  
.....  
**Mg. Manuel Roncal Rabanal**  
Miembro de Jurado Evaluador

**A:**

**A Dios:** por permitirme tener la fuerza para terminar mi carrera

**A mi madre:** por su esfuerzo en concederme la oportunidad de estudiar y por su constante apoyo a lo largo de mi vida

**A mi padre:** Por guiar mi camino desde el cielo

**A mis hijas:** Zuleyka y Marcia por ser la razón de mí existir por darme la fuerza de levantarme cada día para ser mejor persona

## **AGRADECIMIENTOS**

Quiero agradecer a un gran profesional y amigo Mg. Sc. Jhon Anthony Vergara Copacondori por el apoyo incondicional en el desarrollo de mi tesis.

## TABLA DE CONTENIDOS

	Página
DEDICATORIA	v
AGRADECIMIENTOS	vi
TABLA DE CONTENIDOS	vii
LISTA DE TABLAS	x
LISTA DE FIGURAS	xi
LISTA DE APÉNDICES	xii
LISTA DE ABREVIACIONES	xiii
RESUMEN	xiv
ABSTRACT	xv
CAPÍTULO I. INTRODUCCIÓN .....	1
CAPÍTULO II. MARCO TEÓRICO .....	4
2.1. Antecedentes de la investigación .....	4
2.2. Bases teóricas .....	8
2.2.1. Insectos bioindicadores. ....	8
2.2.2. Insectos acuáticos como indicadores de clases de agua. ....	15
2.2.3. Índice BMWP .....	16
2.2.4. Índice ASPT .....	16
2.3. Marco conceptual .....	17
2.4. Definición de términos básicos .....	19
2.4.1. Evaluación. ....	19
2.4.2. Calidad de agua. ....	19

2.4.3. Contaminación del agua. ....	19
2.4.4. Insecto acuático. ....	19
2.4.5. Bioindicador. ....	19
CAPÍTULO III. MATERIALES Y MÉTODOS .....	20
3.1. Ubicación geográfica .....	20
3.1.1. Zonas de evaluación .....	21
3.2. Aspectos ambientales .....	21
3.2.1. Clima. ....	22
3.2.2. Hidrografía. ....	22
3.2.3. Geografía y geomorfología. ....	23
3.3. Equipos, materiales e insumos .....	26
3.3.1. Equipos .....	26
3.3.2. Materiales .....	27
3.4. Métodos de investigación .....	27
3.4.1. Evaluación de insectos acuáticos. ....	27
3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información .....	29
3.5.1. Índice BMWP. ....	29
3.5.2. Índice ASPT. ....	31
CAPÍTULO IV. RESULTADOS Y DISCUSIÓN .....	31
4.1. Evaluación de insectos acuáticos .....	31
4.1.1. Época seca. ....	31
4.1.2. Época húmeda. ....	35

CAPÍTULO V. CONCLUSIONES .....	42
RECOMENDACIONES .....	43
CAPÍTULO VI. REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS .....	44
APÉNDICE.....	48

## LISTA DE TABLAS

Tabla	Título	Página
1	Puntos asignados a las diferentes familias de insectos acuáticos para la obtención del BMWP/Col <sup>1</sup>	29
2	Clases de calidad de agua, significación de los valores del BMWP y colores a utilizar para las representaciones cartográficas	30
3	Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT	30
4	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona alta del río Huayobamba en época seca	32
5	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona media del río Huayobamba en época seca	33
6	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona baja del río Huayobamba en época seca	34
7	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona alta del río Huayobamba en época húmeda	36
8	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos encontrados en la zona media del río Huayobamba en época húmeda	37
9	Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos encontrados en la zona baja del río Huayobamba en época húmeda	38

## LISTA DE FIGURAS

Figura	Título	Página
1	Mapa de ubicación de la provincia de San Marcos	25
2	Zonas de evaluación en el río Huayobamba	26
3	Insectos acuáticos colectados en el río Huayobamba en época seca y época húmeda	39
4	Larva de la Familia Corydalidae	48
5	Náyade de la Familia Libellulidae	48
6	Adulto de la Familia Naucoridae	49
7	Larva de la Familia Perlidae	49
8	Adulto de la Familia Staphylinidae	49
9	Larva de la Familia Culicidae	50
10	Larva de la Familia Rhyacophilidae	50
11	Larva de la Familia Baetidae	50
12	Adulto de la Familia Gyrinidae	51
13	Adulto de la Familia Dytiscidae	51
14	Larva de la Familia Syrphidae	51
15	Larva de la Familia Tipulidae	52
16	Ninfa de la Familia Veliidae	52
17	Adulto de la Familia Hydrophilidae	52
18	Larva de la Familia Simuliidae	53
19	Larva de la Familia Chironomidae	53
20	Evaluación de insectos acuáticos en el río Huayobamba	54
21	Fase de laboratorio	54

## LISTA DE APÉNDICES

Apéndice	Título	Página
1	Insectos acuáticos colectados	49
2	Claves taxonómicas	56

## LISTA DE ABREVIACIONES

**ASPT:** Average Score per Taxon (Puntuación promedio por taxón).

**BMWP:** Biological Monitoring Working Party (Grupo de trabajo de vigilancia o monitoreo biológico).

## RESUMEN

En el distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos, departamento de Cajamarca, se realizó la investigación con los objetivos de determinar la calidad de agua, mediante la evaluación de insectos acuáticos, la distribución temporal y la identificación y clasificación taxonómica de insectos acuáticos colectados en el río Huayobamba, se realizó la colecta de insectos acuáticos empleando una red Surber modificada, en tres zonas de evaluación, en época seca y época húmeda durante el año 2015. Se emplearon los índices BMWP y ASPT. La presencia o ausencia de insectos acuáticos del Orden Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera, en época seca y húmeda se encuentran relacionados en forma directa con la calidad de agua del río Huayobamba, según los índices ASPT y BMWP, en las zonas alta y media, en época seca y húmeda, presentan agua de Calidad Dudosa (Clase III: Aguas moderadamente contaminadas). En tanto, en la zona baja, en época seca el agua presenta Calidad Muy crítica (Clase V) y en época húmeda Calidad Crítica (Clase IV). La temperatura y la humedad influyen en la distribución estacional de insectos acuáticos en el río Huayobamba, pues se evidenció que las familias de insectos acuáticos en época húmeda y en época seca difieren en diversidad. Fueron identificados individuos del Orden Megaloptera (Familia Corydalidae), Orden Odonata (Familia Libellulidae), Orden Hemiptera (Familias Naucoridae, Hydrophilidae y Veliidae), Orden Plecoptera (Familia Perlidae), Orden Trichoptera (Familia Rhyacophilidae), Orden Ephemeroptera (Familia Baetidae), Orden Coleoptera (Familias Dytiscidae, Gyrinidae y Staphylinidae) y Orden Diptera (Familias Culicidae, Chironomidae, Simuliidae, Syrphidae y Tipulidae).

**Palabras claves:** Agua, calidad, Huayobamba, insecto acuático, río, San Marcos.

## ABSTRACT

In the Pedro Gálvez district, San Marcos province, department of Cajamarca, research was carried out with the objectives of determining water quality, through the evaluation of aquatic insects, the temporal distribution and the identification and taxonomic classification of aquatic insects collected in the Huayobamba river, the collection of aquatic insects was carried out using a modified Surber network, in three evaluation zones, in the dry season and in the wet season during 2015. The BMWP and ASPT indices were used. The presence or absence of aquatic insects of the Order Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera and Trichoptera, in dry and wet season are directly related to the water quality of the Huayobamba River, according to the ASPT indexes and BMWP, in the high and medium zones, in dry and humid times, present water of Doubtful Quality (Class III: Moderately polluted waters). Meanwhile, in the low zone, in the dry season, the water presents Very Critical Quality (Class V) and in the wet season Critical Quality (Class IV). Temperature and humidity influence the seasonal distribution of aquatic insects in the Huayobamba River, as it was shown that the families of aquatic insects in the wet season and in the dry season differ in diversity. Were identified individuals of the Order Megaloptera (Family Corydalidae), Order Odonata (Family Libellulidae), Order Hemiptera (Families Naucoridae, Hydrophilidae and Veliidae), Order Plecoptera (Family Perlidae), Order Trichoptera (Family Rhyacophilidae), Order Ephemeroptera (Family Baetidae), Order Coleoptera (Families Dytiscidae, Gyrinidae and Staphylinidae) and Order Diptera (Families Culicidae, Chironomidae, Simuliidae, Syrphidae and Tipulidae).

**Keywords:** Water, quality, Huayobamba, aquatic insect, river, San Marcos.

# CAPÍTULO I

## INTRODUCCIÓN

Una de las consecuencias de un desarrollo urbano acelerado, no planificado y sin criterios de preservación del ambiente es el deterioro de la calidad de las aguas continentales (ríos y lagos) y no continentales (océanos). Es así como los ecosistemas acuáticos están siendo afectados por diversos factores relacionados con este desarrollo, como son las grandes obras de ingeniería, la transformación del paisaje, los cambios en el uso de la tierra, la sobreexplotación de recursos, entre otros (Segnini, 2003). Resulta necesario entonces implementar mecanismos que permitan monitorear y evaluar las variaciones en las características físico-químicas del agua, con el fin de preservar la calidad de vida de estos ecosistemas y permitir su uso por parte de la población humana (Cressa, 1994; Del Arco y col., 2012).

Entre los bioindicadores, la comunidad de macroinvertebrados comprende una gran parte de la diversidad acuática, por lo que con frecuencia representa el principal componente de los ecosistemas lóticos (Esteves 1988; Castellanos y Serrato 2008).

A su vez, los ecosistemas acuáticos constituyen en definitiva los colectores de las actividades agrícolas e industriales y desagües de las ciudades. En este caso, estas actividades contaminan las aguas que fluyen bajo las zonas de descarga a tal grado que limita el uso para actividades humanas a no ser que se sometan a tratamiento especial. Los análisis fisicoquímicos son uno de los métodos existentes para la identificación y cuantificación de contaminantes, pero sólo proporcionan valores de calidad instantánea del agua. En la normatividad de la

mayoría de los países del mundo están definidos estándares de calidad de las aguas, dependiendo si éstas son para abastecimiento, recreación o uso piscícola; también están determinadas para muchos países la frecuencia y las técnicas analíticas de aplicación. El análisis periódico de los parámetros fisicoquímicos no es suficiente para definir la calidad del medio acuático, puesto que estos análisis no valoran la alteración del hábitat físico (Roldán, 1999).

En la provincia de San Marcos, distrito Pedro Gálvez, se encuentran los ríos Huayobamba y Cascasen, afluentes del río Crisnejas. El río Huayobamba es uno de los principales abastecedores de agua de los pobladores que residen en la parte baja de su recorrido, quienes la utilizan en la agricultura, ganadería e incluso para el consumo humano. En la actualidad en la cuenca del río Huayobamba, se vierten residuos sólidos y efluentes domésticos, originando grandes impactos sobre la biodiversidad y población. Por esta razón es importante realizar la evaluación de insectos acuáticos para determinar la calidad del agua del río.

Para la realización de la presente investigación se plantearon las siguientes preguntas: ¿Cuál es la relación entre la calidad del agua del río Huayobamba y la presencia o ausencia de insectos acuáticos?, ¿Cómo se distribuyen estacionalmente los insectos acuáticos en el río Huayobamba? y ¿Qué familias de insectos acuáticos determinan la calidad de agua del río Huayobamba?; así como también las siguientes hipótesis: La calidad del agua del río Huayobamba, está relacionada con la diversidad de insectos acuáticos; los insectos acuáticos tienen un patrón de distribución estacional y pueden ser identificados y clasificados taxonómicamente.

La investigación fue realizada en tres zonas del río Huayobamba, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos, ubicada en la parte sur del departamento de Cajamarca. Limita por el norte con la provincia de Celendín; por el este con el departamento de La Libertad; por el sur con la provincia de Cajabamba; y, por el oeste con la provincia de Cajamarca. Con los objetivos de determinar la calidad de agua del río Huayobamba, mediante la evaluación de insectos acuáticos, determinar la distribución estacional de insectos acuáticos en el río Huayobamba y realizar la identificación y clasificación taxonómica de insectos acuáticos colectados en el río Huayobamba, se realizaron colectas de insectos acuáticos, en época seca y época húmeda durante un lapso de tiempo de un año. Pues existe escasa información sobre investigaciones realizadas en la determinación de calidad de agua en nuestro medio. Para evaluar la calidad del agua se emplearon los índices BMWP y ASPT.

El presente documento incluye seis capítulos, en el CAPÍTULO I, se hace referencia a la problemática, procedimiento general de la investigación y guía de lectura; en el CAPÍTULO II, se describen los modelos, teorías y conceptos relacionados con la investigación; en el CAPÍTULO III, se describen los materiales y métodos empleados para realizar la investigación, en el CAPÍTULO IV, se muestran el análisis e interpretación de los resultados obtenidos en la investigación y las discusiones en comparación con otras investigaciones; en el CAPÍTULO V, se muestran las conclusiones y recomendaciones que responden a los objetivos planteados en la investigación, en el CAPÍTULO VI, se indican las referencias bibliográficas de la información empleada para la realización de la investigación y en el CAPÍTULO VII, se incluyen figuras, claves taxonómicas e información necesaria utilizada en la investigación.

## CAPÍTULO II

### MARCO TEÓRICO

#### 2.1. Antecedentes de la investigación

Salcedo (2013), evaluó la biodiversidad de macroinvertebrados y la calidad ecológica de la microcuenca San Alberto (provincia de Oxapampa, Pasco) de abril a julio de 2013. 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 ECOSTRIAND, 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 colectar la mayor cantidad de taxones. Las mejores condiciones de hábitat fluvial, de vegetación ribereña y de estado ecológico, tras la aplicación de los índices IHF, QBR-And y ECOSTRIAND, se encuentran en la cuenca alta. Los resultados indican que la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial así como de conductividad, sólidos disueltos y nitratos influyen negativamente sobre la calidad del agua, y ésta, sobre la comunidad de macroinvertebrados. Las familias reportadas como sensibles a la contaminación (Leptophlebiidae, Oligoneuriidae, Perlidae, Anomalopsychidae,

Calamoceratidae, Helicopsychidae, Odontoceridae, Blephariceridae) mostraron ser bioindicadores de calidad de agua para la microcuenca.

Bullón (2016), realizó una investigación para caracterizar la calidad de las aguas de la cuenca del río del Perené en la provincia de Chanchamayo, mediante la utilización de índices biológicos, complementada con parámetros fisicoquímicos. Se definieron nueve puntos de monitoreo de acuerdo al estudio de identificación de fuentes contaminantes desarrollado en el área. Se obtuvieron muestras de agua para la determinación de parámetros fisicoquímicos y se determinó la calidad de las aguas de acuerdo a los ECA Agua establecidos. Las muestras de macroinvertebrados bentónicos se colectaron utilizando una red Surber y se determinaron los índices de Shannon-Weaver ( $H'$ ), Índice Biótico de Familias (IBF), Biological Monitoring Working Party adaptado a Colombia (BMWP/col) y el índice de Ephemeroptera, Plecoptera y Trichoptera (EPT). Los resultados de los parámetros físicoquímicos identifican que existe afectación por Coliformes Termotolerantes y Sólidos Suspendedos totales en el área de estudio. Se registraron en total 456 individuos, distribuidos en tres clases, 10 órdenes y 25 familias de macroinvertebrados. Se concluye que existe afectación por Coliformes Termotolerantes a lo largo de la cuenca, asimismo se sobrepasa los límites de Sólidos Suspendedos Totales, ya que se presentan valores que exceden los ECA-Agua, esto debido a las presiones significativas que ejercen las actividades antrópicas en el área. Los índices bióticos mostraron cierta similitud, muestran probable calidad de agua aceptable en el punto 7 y a diferencia de ello, aguas de moderada contaminación en el punto 2. Aunque hubo algunas leves variaciones al comparar los resultados por índices biológicos con los fisicoquímicos, estos complementaron el estudio, pues las tendencias mostradas por ambos métodos fueron similares.

Palomino (2016), relacionó los cambios en la estructura comunitaria de los MAB con la variación de los parámetros asociados a la calidad del agua en el río Mashcón. Para ello se seleccionaron cinco estaciones de muestreo en las cuales se tomaron muestras de agua para su análisis físico, químico y microbiológico y se recolectó los MAB, siendo preservados para su posterior análisis. Los parámetros de calidad del agua en las cinco estaciones de muestreo indican una notoria variación en cuanto a variables relacionadas a la cantidad de materia orgánica presente en el agua como el DBO5 y DQO; como también en los coliformes totales. Estos parámetros son asociados a perturbación de origen antrópico, lo que guarda relación con la proximidad de las estaciones de muestreo con asentamientos humanos. La comunidad de macroinvertebrados acuáticos bentónicos registrada en las cinco estaciones de muestreo totalizó 1091 individuos que se distribuyeron en 7 órdenes y 17 familias, de las cuales 14 corresponden a familias de insectos, siendo el grupo con mayor presencia en las cinco estaciones. En las estaciones E1 y E2 se observó una mayor abundancia de la familia Chironomidae, que son considerados indicadores de aguas contaminadas con materia orgánica. En las estaciones E3, E4 y E5 fue la familia Baetidae la que mayor abundancia presentó, aunque también se registró en la estación dos, que presenta un alto grado de perturbación, por lo que no indicaría precisamente aguas de buena calidad. No siendo el caso de la familia Leptophlebiidae (orden Ephemeroptera) y familias pertenecientes a los órdenes Trichoptera y Coleoptera que solo se registraron en las estaciones E4 y E5, que presentan una menor perturbación, por lo que estas familias indicarían una mejor calidad del agua. En cuanto a los índices de diversidad aplicados los resultados muestran que la estación cuatro y la estación E5 tienen la mayor diversidad ( $H'$ ), lo que indicaría que son aguas de buena calidad. La comunidad de MAB se caracterizó en función del grupo trófico al que pertenecen. Los resultados muestran cómo estos varían en cada estación, encontrándose una baja diversidad en las estaciones E1, E2 y E3; en relación a las estaciones E4 y E5 que muestran una alta variedad de grupos tróficos.

Los índices bióticos (IB) utilizados en este estudio mostraron una similar tendencia general en las cinco estaciones de muestreo y permitió definir ambientes en buen estado y otras, fuertemente impactadas desde el punto de vista biológico. Los índices bióticos indican que las estaciones uno, dos y tres son las que mayor perturbación presentan, siendo la estación uno la que mayor contaminación presentaría. Al analizar los resultados obtenidos en las cinco estaciones de muestreo en el río Mashcón, se llega a la conclusión que existe una correlación entre los parámetros de calidad del agua y los MAB. Basándose en el estudio de la comunidad de MAB en función de la abundancia de familias, índices de diversidad, grupos tróficos y la aplicación de índices bióticos (IB) para determinar la calidad del agua; en relación a parámetros físicos, químicos y microbiológicos que se registraron en cada estación de muestreo.

Romero y Tarrillo (2017), evaluaron la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017, en 5 puntos de muestreo, teniendo como resultado la identificación de 8 órdenes y 17 familias de MIB, de las que destacan Diptera, Ephemeroptera y Coleoptera, en cuanto a la aplicación del índice ETP se obtuvo que la calidad del agua en los 5 puntos de muestreo fue pobre, con respecto al índice BMWP, en el punto QC-R tiene una calidad ligeramente contaminada, en los puntos QC-01, QC-02 tiene una calidad dudosa y los puntos QC-03, QC-04, están con una calidad crítica, este último índice guarda relación con los resultados del índice ABI, con una calidad buena, moderada y mala respectivamente; por otro lado se realizó una caracterización fisicoquímica con los siguientes parámetros: caudal, temperatura, pH conductividad eléctrica, DBO y oxígeno disuelto, estando la mayoría de estos dentro de límites de la normatividad peruana a excepción del OD, ya que en los puntos QC-03 del mes de diciembre del 2016 y QC-04 de diciembre y marzo se encontraron por debajo de las Subcategoría D2 bebida de animales.

## **2.2. Bases Teóricas**

### **2.2.1. Insectos bioindicadores.**

El empleo de los insectos como indicadores de la calidad de los cuerpos de agua se fundamenta en el evento de que estos organismos ocupan un hábitat a cuyas condiciones ambientales se han adaptado. Cualquier modificación en las condiciones ambientales repercutirá en la estructura de las comunidades que ocupan dicho espacio acuático. Las principales comunidades bióticas que se desarrollan en las aguas corrientes son el perifiton como productor primario y, el bentos y la ictiofauna como consumidores. Naturalmente los descomponedores deben ser también incluidos, pero su poco estudio y escaso conocimiento en Colombia, los ha relegado a la fecha, a los estudios ecológicos y limnológicos (Ramírez y Viña, 1998).

En el estudio de la calidad del agua, empleando insectos, los investigadores presentan varios órdenes. Williams y Feltmate (1994) proponen los siguientes: Collembola, Ephemeroptera, Odonata, Plecoptera, Orthoptera y Grylloptera, Hemiptera, Megaloptera, Neuroptera, Coleoptera, Diptera, Lepidoptera, Trichoptera e Hymenoptera. En su guía para Antioquia, Roldán (1999), excluye de los anteriores Collembola, Orthoptera y Grylloptera e Hymenoptera.

#### ***a. Orden Ephemeroptera.***

Son conocidos como “moscas de mayo” o mayflies (Triplehorn y Johnson 2005), sus ninfas se encuentran en una gran variedad de hábitats

acuáticos. Según Pescador et al. (2001) hasta el momento se han registrado para América del Sur 375 especies representando 91 géneros en 13 familias. Leptophlebiidae es la más diversa, con alrededor de 38 % de los géneros y 30 % de las especies. De estos taxa, aproximadamente 60 % de los géneros y 80 % de las especies son endémicos de esta región. Brasil y Argentina son los países con el mayor número de géneros y especies registrados, seguidos luego por Perú y Chile. De las especies sudamericanas, aproximadamente 53 % son conocidas solo de adultos y 36 % de ninfas. Así, apenas 11 % de las especies han sido descritas de sus estadios ninfales y adultos (Roldán, 2003).

Los Ephemeroptera, como consumidores primarios, son un componente importante de la fauna bentónica, tanto en número de individuos como en biomasa. Procesan una cantidad importante de materia orgánica, ya sea triturando las partículas grandes o filtrando las pequeñas. Por otro lado, por medio de los adultos, en algunos casos devuelven una cantidad importante de energía al ambiente terrestre. Debido a su abundancia y ubicuidad, así como a la tolerancia diferencial de las diferentes especies a distintos grados de contaminación o impacto ambiental, han sido utilizados desde hace ya algún tiempo como indicadores biológicos de calidad de aguas (Domínguez, et al., 2001).

**b. Orden Trichoptera.**

Los tricópteros constituyen un grupo muy numeroso, con unas 5000 especies, de insectos algo parecidos a pequeñas polillas, las alas peludas, patas

dispuestas para correr, piezas bucales frecuentemente rudimentarias o prácticamente inutilizables y larvas acuáticas. Los huevos son pequeños. Las larvas producen seda, que utilizan para construir redes de captura o habitáculos de forma diversa. La larva atraviesa de 6 ó 7 estadios y da una pupa móvil y con los miembros enfundados, queda libre dentro de la casita larval, o bien sujeta a un capullo tenue que retiene partículas y que corta con sus mandíbulas para salir activamente. Constituyen un elemento muy importante en la fauna de agua dulce y especialmente de los ríos (Margaleff, 1983).

**c. *Orden Plecoptera.***

Es un grupo pequeño y poco diversificado en el trópico. Las ninfas viven en aguas rápidas, limpias y bien oxigenadas, debajo de piedras, troncos, ramas y hojas. Se distribuyen en todos los continentes excepto la Antártida, y desde el nivel del mar hasta los 5600 m en el Himalaya. Se caracterizan por presentar sus estadios inmaduros (ninfas) totalmente acuáticos, y, con algunas excepciones ligados exclusivamente a los ambientes lóticos. En estos últimos se encuentran generalmente en aguas rápidas, turbulentas, frías y altamente oxigenadas, es por esta razón que se consideran excelentes bioindicadores de calidad de agua (Romero, 2001).

**d. *Orden Lepidoptera.***

Las especies de este orden con hábitos acuáticos constituyen el grupo menos estudiado en el Neotrópico. En términos generales, los ecólogos, no

consideran este orden como componente de las comunidades de ecosistemas acuáticos. No obstante lo anterior, se conoce que existen especies cuyos estadios larvales se desarrollan en el agua e inclusive hay algunas especies, en las que también los adultos son acuáticos como *Acentropus niveus* (Schoenobiinae) (Romero, 2001).

Para Roldán (1999) los lepidópteros viven en aguas muy oxigenadas de curso rápido, bajo telas sedosas tejidas sobre superficies de rocas sumergidas y se alimentan de algas. Algunos viven adheridos a plantas acuáticas. Son indicadores de aguas oligotróficas. De este modo las especies pueden estar relacionadas con este ambiente en dos formas, por un lado las acuáticas, que se caracterizan porque pasan todos sus estadios inmaduros en el agua (huevo, larva y pupa) por ejemplo algunas Pyralidae y las especies semiacuáticas cuyas larvas se alimentan y viven sobre o dentro de las plantas acuáticas o emergente (Noctuidae, Nepticulidae, Pyralidae).

*e. Orden Coleoptera.*

Es el grupo más numeroso de organismos que se conoce, incluye aproximadamente 350,000 especies en unas 170 familias. De estas, alrededor de 30 tienen representantes acuáticos. Se encuentran en todo tipo de aguas continentales, con excepción de ciertos lugares como ciertas partes muy profundas de lagos o aguas muy contaminadas (Williams y Feltmate, 1994).

Si bien son más numerosos en ambientes lénticos y entre la vegetación litoral, la mayoría de las familias presenta especies que viven en ambientes lóticos y que forman parte de las comunidades bentónicas (permanentemente o estacionalmente, ya que hay especies que hibernan en el fondo de ríos, lagos, etc.). La importancia radica en su utilidad como bioindicadores de calidad de aguas; si bien grupos como los efemerópteros, tricópteros y plecópteros suelen ser más utilizados, los coleópteros están ganando reconocimiento para evaluar ambientes acuáticos (Archangelsky, 2001).

*f. Orden Megaloptera.*

Se caracterizan por su gran tamaño y por presentar uno de sus estadios inmaduros acuático (larva), tanto en ambientes lóticos como lénticos de áreas tropicales y templadas, mientras que los restantes (huevos, pupas y adultos) son terrestres. Durante el día se encuentran sobre piedras, ramas o troncos con sus alas plegadas sobre el abdomen, la mayoría de las especies incrementan su actividad a partir del crepúsculo, pero son malos voladores. Varios estudios indican que la cópula ocurre sobre la vegetación cerca del agua (Romero, 2001).

Los adultos se encuentran generalmente en las proximidades de los cuerpos de agua, emergen preferentemente en la época cálida (primavera-verano), viven brevemente (entre 8 días y una semana) y prácticamente no se alimentan (Contreras, 1999).

**g. Orden Odonata.**

Se incluyen a los insectos denominados como libélulas o caballitos del diablo. Presentan larvas acuáticas, llamadas “nayades”, en esta fase pueden durar desde dos meses a tres años hasta completar su desarrollo hasta adulto, de acuerdo con la especie y condiciones físicas del ecosistema. En el estado adulto viven desde pocos días hasta tres meses. Estos insectos viven en pozos, pantanos, márgenes de los lagos y corrientes lentas y poco profundas; por lo regular, rodeados de abundante vegetación acuática sumergida o emergente. Se les encuentra en aguas limpias o ligeramente eutrofizadas (Roldán, 1999).

Margaleff (1983) explica que los odonatos o libélulas, ovipositan tocando la superficie del agua con el extremo del abdomen, o bien la pareja recupera la posición normal de tándem y se va a otro lugar donde hace la puesta, generalmente en hojas y tallos de plantas flotantes o sumergidas o en tallos emergentes de las mismas, a menudo introduciéndolas con una especie de incisión.

**h. Orden Hemiptera.**

Se les conoce como “chinche de agua”. Las hembras ovipositan sobre el sustrato, el suelo, plantas y en casos especiales, sobre el dorso de los machos, como es el caso de *Belostoma* sp (Roldán, 1999). Esta característica es comentada por Margaleff (1983) quien afirma que los huevos suelen ser complicados, con opérculos y pedicelos; en belostomátidos, los machos llevan consigo los huevos.

Para Caughlin (2004) los hemípteros constituyen el grupo más importante de insectos acuáticos y sus especies se incluyen en las familias Notonectidae, Pleidae, Nepidae, Naucoridae, Belostomatidae y Corixidae.

Estos insectos, viven en remansos de ríos y quebradas; pocos resisten las corrientes rápidas. Son frecuentes también en lagos, ciénagas y pantanos. Algunas especies resisten condiciones de salinidad y temperaturas de las aguas termales (Roldán, 1999).

*i. Orden Diptera.*

Constituyen uno de los órdenes de insectos más complejos, más abundantes y más ampliamente distribuidos en el mundo. Las hembras ovipositan bajo la superficie del agua, adheridos a rocas o vegetación flotante. Las larvas se encuentran en ríos, arroyos, quebradas, lagos a todas las profundidades, depósitos de agua en las brácteas de muchas plantas y en orificios de troncos viejos y aún en las costas marinas (Roldán, 1999).

Para Margaleff (1983) los dípteros constituyen un orden extremadamente diversificado, siempre de vida aérea en su estado adulto. Especies de un gran número de familias se han adaptado a la explotación de las aguas durante su fase de larva y, algunas familias, propiamente, de las aguas corrientes. En estos casos las pupas pueden mostrar adaptaciones peculiares a la vida acuática, lo que no es frecuente en otros insectos.

## 2.2.2. Insectos acuáticos como indicadores de clases de agua.

### a. Clase I.

Indicadores de aguas claras, muy sensibles a los cambios. Se encuentran: Ephemeroptera, Familias Baetidae (*Baetodes* sp., *Moribaetis* sp.); Oligoneuridae (*Lachlania* sp.); Trichoptera, Familias: Helicopsychidae (*Helicopsyche* sp.), Leptoceridae (*Neptosyche* sp.), Hydrobiosidae (*Atopsyche* sp.); Plecoptera, de la Familia Perlidae (*Anacroneuria* sp.); Coleoptera, Familia Ptylodactylidae (*Tetraglosa* sp.); Elmidae (*Macrelmis* sp.) (Tamaris, et al., 2007, Ballesteros y Zúñiga de Cardozo, 2005).

### b. Clase II.

Indicadores de aguas medianamente contaminadas. En general son tolerantes a la contaminación de tipo orgánico. Se encuentran en hábitats de poca contaminación. Dentro de éste algunos géneros *Hetaerina* (Odonata), *Gerris* (Hemiptera), *Smicridea* (Trichoptera), *Tropisternus* (Coleoptera), *Dixella*, *Probezzia*, *Limnophora*, *Limnicola* (Diptera), *Helisoma* y *Succinea* (Gasterópoda). Se destacan las familias Chironomidae (Diptera), (Instituto Mi Río - Universidad de Antioquia, 2001; López del Castillo, et al., 2006).

### c. Clase III.

Organismos indicadores estenoicos, osea aquellos que necesitan del cumplimiento riguroso de condiciones ambientales muy precisas para sobrevivir; con capacidad de adaptación limitada y eurioicos que son

organismos que resisten amplias variaciones ambientales y por ello tienen alta capacidad de adaptación. Se encuentran en medios contaminados por materia orgánica. Por ejemplo los grupos taxonómicos de la clase Annelida, con los géneros *Limnodrilus* y *Tubifex* (Mathooko, et al., 2005).

### **2.2.3. Índice BMWP.**

El índice Biological Monitoring Working Party (BMWP) fue creado en Inglaterra en 1970, como un método simple y rápido para evaluar la calidad del agua usando los insectos acuáticos como bioindicadores; para la aplicación del índice sólo se requiere llegar hasta el nivel de familia y los datos son cualitativos, es decir, brinda información de la presencia o ausencia de los organismos. El índice permite estimar la calidad de un ecosistema acuático a partir de la valoración de las especies acuáticas que habitan en el mismo; se atribuye a cada especie un valor determinado de acuerdo con su tolerancia a la contaminación que va de 1 a 10, de manera que las familias más tolerantes obtienen una menor puntuación que aquellas que requieren una mejor calidad de las aguas en que viven. La suma de los valores obtenidos para cada familia en un punto de muestreo dará el grado de contaminación del mismo. Cuanto mayor sea la suma, menor es la contaminación del punto estudiado.

**Índice BMWP = Suma de puntaje según taxón (familia)**

### **2.2.4. Índice ASPT.**

El puntaje promedio por taxón conocido como ASPT (Average Score per Taxon), también es un índice valioso para la evaluación de la calidad del agua. Se calcula dividiendo el puntaje total BMWP por el número de los taxones calificados en

la muestra, lo cual expresa el promedio de indicación de calidad del agua que tienen las familias de macroinvertebrados encontradas en un sitio determinado. Los valores ASPT van de 0 a 10. Un valor bajo de ASPT asociado a un puntaje bajo de BMWP indicará condiciones graves de contaminación (Álvarez 2006).

### **Puntaje total BMWP**

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

### **2.3. Marco conceptual**

Los conceptos biológicos de Forbes (1887) sobre comunidad, sentaron las bases para desarrollar las primeras ideas acerca de los biomonitoreos. En ese sentido las comunidades de plantas y animales podrían utilizarse para determinar el grado de contaminación orgánica en ríos.

Forbes (1928) y Richardson (1928) clasificaron las zonas de contaminación a lo largo del río Illinois en USA. Sin embargo, el primer uso de un índice biótico proviene de Alemania, a principios del siglo XX, cuando Kolkwitz & Marsson (1909) desarrollaron la idea de la saporidad (grado de polución) en ríos, como medida del grado de contaminación de aguas residuales, que provoca disminuciones del oxígeno disuelto y del efecto que esta disminución tiene en la biota de ríos (Cairns y Pratt, 1993).

En Latinoamérica se han realizado algunos intentos de aplicar índices para evaluar la calidad de las aguas. El libro “Bioindicación de la calidad del agua en Colombia” (Roldán 2002), propone el uso del BMWP/Col. En Costa Rica se hicieron sugerencias para la utilización

del BMWP en torrentes tropicales, basado en 40 muestras de cuatro ríos torrentícolas (Hermanson, 1999).

En Argentina se investigaron cinco índices bióticos, entre ellos el BMWP, en seis estaciones fluviales, tanto en torrentes montañosos como en la parte baja. En el Suroeste de Polonia, los índices fueron correlacionados con diferentes factores, encontrándose resultados positivos (Chila, 1998).

En otro trabajo, realizado también en Argentina, se propone el BMPS (Biotic Monitoring Patagonian Stream) para evaluar la calidad biológica en ríos de la Patagonia. Este índice es una adaptación del BMWP a las condiciones de Argentina (Miserendino y Pizzolón, 1999).

Junquiera et al. (2000) realizaron un trabajo relacionado con el BMWP. En el mismo estos autores adaptaron este índice creando tablas de tolerancias de familias a nivel regional para Brasil correlacionando sus resultados con análisis físico-químicos, lo cual reafirmó la eficacia del método. Naranjo et al. (2003) crearon el BMWP-Cuba para Cuba, el cual como los anteriores resulta de una adaptación del BMWP. Este índice fue probado en varios ríos del Oriente y Centro del país, dando magníficos resultados.

## **2.4. Definición de términos básicos**

### **2.4.1. Evaluación.**

Estimar, apreciar, calcular el valor de algo (DRAE, 2018).

### **2.4.2. Calidad de agua.**

Es la propiedad o conjunto de propiedades inherentes al agua, que permiten juzgar su valor (DRAE, 2018).

### **2.4.3. Contaminación del agua.**

Acción y efecto de contaminar el agua (DRAE, 2018).

### **2.4.4. Insecto acuático.**

Es aquel que tiene algún estadio, larva o adulto, asociado con el agua, pueden observarse a simple vista (DRAE, 2018).

### **2.4.5. Bioindicador.**

Es un organismo vivo que habita en los cursos de agua, presentan adaptaciones evolutivas a unas determinadas condiciones ambientales, y presentan unos límites de tolerancia a las diferentes alteraciones de las mismas (DRAE, 2018).

## CAPÍTULO III

### MATERIALES Y MÉTODOS

#### 3.1. Ubicación geográfica

La investigación fue realizada en tres zonas del río Huayobamba, distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos, ubicada en la parte sur del departamento de Cajamarca. El Distrito de Pedro Gálvez se encuentra localizado políticamente en el Departamento de Cajamarca, es la capital de la Provincia de San Marcos, geográficamente se ubica en la vertiente oriental de la Cordillera de los Andes, en el valle interandino que forman los ríos del río Muyoc o Huayobamba y el río Cascasen. Se encuentra naturalmente en la región sierra, la altitud promedio de este distrito es de 2251 msnm. La ubicación matemática del centroide de su superficie es 76°54'57" Longitud Oeste y 12°01'18" latitud sur. Limita por el norte con la provincia de Celendín; por el este con el departamento de La Libertad; por el sur con la provincia de Cajabamba; y, por el oeste con la provincia de Cajamarca (ECOSAC IB S.A.C. 2013).

El distrito Pedro Gálvez, presenta una gran variedad climática, desde cálido seco hasta subhúmedo y frío; siendo notoria la diferencia de temperaturas mínimas y máximas o nocturnas y diurnas. Tiene como límites climáticos una temperatura promedio anual de 18 - 30 °C para el caso de los valles interandinos, de 15 - 20 °C en la zona quechua y de 8 - 15 °C en la zona de jalca. La precipitación promedio anual varía de 600 a 800 mm y la humedad relativa es de 60 - 70 % de acuerdo a la estación, la época de lluvia se presenta en los meses de octubre a abril y el verano de mayo a septiembre (SENAMHI, 2017).

### **3.1.1. Zonas de evaluación**

**a. Zona alta.**

Localizada geográficamente en las coordenadas UTM WGS 84 17S al este 812430, al norte 9189604 y a una altitud de 2284 msnm.

**b. Zona media.**

Se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas UTM WGS 84 17S al este 811746, al norte 9188544 y a una altitud de 2260 msnm.

**c. Zona baja.**

Se encuentra localizada geográficamente en las coordenadas UTM WGS 84 17S al este 811476, al norte 9187722 y a una altitud de 2229 msnm.

### **3.2. Aspectos ambientales**

Los aspectos ambientales en el distrito de Pedro Gálvez están definidos por las condiciones de clima, hidrografía, geografía y geomorfología en el distrito; esto permite interpretar los aspectos ambientales significativos.

### **3.2.1. Clima.**

Se identifica una gran variedad climática, desde cálido - seco hasta sub - húmedo y frío; siendo notoria la diferencia de temperaturas mínimas y máximas o nocturnas y diurnas. Tiene como límites climáticos una temperatura promedio anual de 18 - 30 °C para el caso de los valles interandinos, de 15 - 20 °C en la zona quechua y de 8 - 15 °C en la zona de jalca. La precipitación promedio anual varía de 600 a 800 mm y la humedad relativa es de 60 - 70 % de acuerdo a la estación. Los vientos predominan de julio a setiembre, la época de lluvia se presenta en los meses de octubre a abril y el verano de mayo a setiembre.

### **3.2.2. Hidrografía.**

La provincia de San Marcos tiene un río principal que es el río Crisnejas, además de los dos ríos Huayobamba y Cascasen. El río Crisnejas: se forma por la confluencia de los ríos Condebamba y Cajamarca. En su recorrido atraviesa las provincias de Cajabamba, Cajamarca y San Marcos. Presenta una cuenca aproximada de 4,928 km<sup>2</sup> de extensión y un caudal promedio de 46 m<sup>3</sup>/s, las sub cuencas de los ríos Cajamarca y Condebamba presentan un área aproximada de 1,690 km<sup>2</sup> de las cuales solamente el 6,24 % (105,6 km<sup>2</sup>) son áreas bajo riego, el volumen hídrico anual de estas sub cuencas es de 46 847,989 m<sup>3</sup>.

### **3.2.3. Geografía y geomorfología.**

Existe una relación estructural en toda la cuenca del río Cajamarquino, desde sus nacientes hasta su desembocadura en el río Crisnejas. La reactivación de fallamientos verticales del mió-plioceno, modificaron el drenaje antiguo del río, hasta constituir un fuerte control estructural del mismo, teniendo especial connotación la formación de un lago en el mioceno, el cual estaba limitado al Norte por la parte alta de la cuenca y al Sur hasta el área en donde se desarrolla la actual ciudad de Huamachuco. Esta condición ha dado lugar a la formación de los Depósitos Lagunares a lo largo de toda la cuenca, encontrándose este tipo de depósitos al Este y Sureste de la ciudad de Cajamarca y extendiéndose estas formaciones hacia el distrito de Los Baños del Inca.

#### ***a. Etribaciones.***

En la zona de estudio las estribaciones andinas presentan una geometría elipsoidal, se desarrollan en forma continua al Suroeste, Noroeste y Norte de la ciudad. Litológicamente constituyen afloramientos areniscosos, cuarcíticos, lutáceos, margosos y materiales volcánicos, todos ellos presentan buenas resistencias para las cimentaciones.

#### ***b. Cauces fluviales.***

Las nacientes fluviales son torrentes muy erosivos, especialmente en la sección lateral y de fondo, constituyéndose en agentes transportadores de materiales, estos son mayormente sedimentos arenosos a gravas finas de cuarzo,

feldespatos y micáceos, resultados de la erosión de las formaciones cretáceas y volcánicos del terciario. Estos materiales son transportados hasta la Zona II, donde se presenta un proceso de sedimentación en parte en las Zonas I y II.

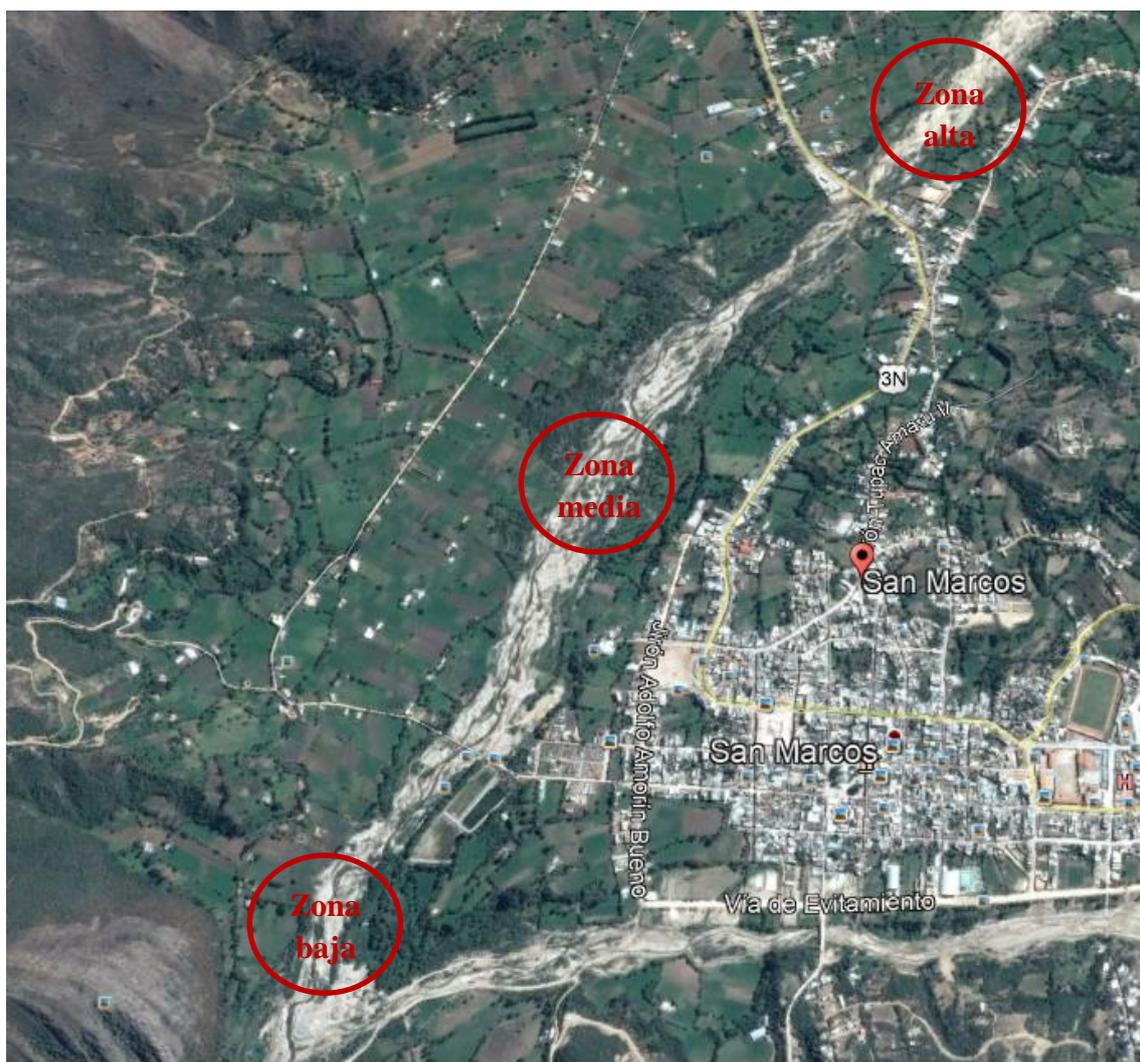
*b.1. Zona I.*

Se encuentra comprendida entre las cotas 2,640 y 2,740 msnm, y alcanza su mayor extensión en la planicie o valle del río Cajamarquino. Litológicamente está compuesta por depósitos lagunares y aluviales, representados por gravas, arenas, limos y arcillas inorgánicas y orgánicas, plásticas a semiplásticas; siendo el material lagunar el de mayor potencia frente a los depósitos aluviales. Sus pendientes fluctúan entre de 1° y 3°. En esta zona se encuentra ubicada el área central de la ciudad de Cajamarca, el área de expansión, el aeropuerto, las lagunas de oxidación y la zona Este contigua a la ciudad.



Fuente: <http://www.perutouristguide.com>

*Figura 1.* Mapa de ubicación de la provincia de San Marcos



Fuente: Google earth (2018)

**Figura 2. Zonas de evaluación en el río Huayobamba - San Marcos**

### **3.3. Equipos, materiales e insumos**

#### **3.3.1. Equipos**

- Cámara fotográfica.
- Computadora.
- Equipo de protección personal.
- Estereoscopio.
- GPS.

### **3.3.2. Materiales**

- Alcohol metílico al 70 %.
- Bandejas de color blanco de 20 x 30 cm.
- Etiquetas de colección.
- Frascos de plástico con tapa hermética de ¼ de litro.
- Lápiz.
- Libreta de campo.
- Mapas cartográficos.
- Marcador permanente resistente al agua.
- Maskingtape.
- Pinzas entomológicas.
- Red Surber.
- Táperes descartables de plástico de ¼ de litro.
- Tijeras.
- Viales de vidrio.
- Wincha de 50 metros.

### **3.4. Métodos de investigación**

#### **3.4.1. Evaluación de insectos acuáticos.**

##### *a. Colecta de insectos acuáticos.*

Se realizó durante todo el año 2015, tomando en consideración el protocolo establecido en el documento “Métodos de colecta, identificación y análisis de comunidades biológicas: plancton, perifiton, bentos

(macroinvertebrados) y necton (peces) en aguas continentales del Perú” publicado por el Ministerio del Ambiente del Perú (2014), haciendo uso de una red Surber modificada, cuyo marco fue colocado sobre el fondo en contra de la corriente y con las manos se removió el material del fondo, para coleccionar los insectos. Esta operación fue realizada tres veces en cada zona de muestreo. El material coleccionado fue dispuesto sobre un colador o una bandeja blanca para lavar el exceso de lodo, arena y restos vegetales que pueda contener la muestra, posteriormente los insectos fueron colocados en un recipiente con alcohol al 70 % para ser analizados en el laboratorio.

***b. Montaje de insectos coleccionados.***

Esta labor fue realizada eligiendo los insectos mejor conformados, es decir morfológicamente completos y siguiendo las consideraciones adecuadas de montaje para cada orden, para lo cual se utilizaron alfileres entomológicos N° 1 y 2 y alcohol al 70 %. Los insectos fueron montados en húmedo para su preservación definitiva.

***c. Identificación de insectos coleccionados.***

Fue realizada por el entomólogo, Jhon Anthony Vergara Copacandori, encargado del Museo de Entomología de la Facultad de Ciencias Agrarias de la Universidad Nacional de Cajamarca.

### 3.5. Técnicas para el procesamiento y análisis de la información

#### 3.5.1. Índice BMWP.

**Tabla 1. Puntos asignados a las diferentes familias de insectos acuáticos para la obtención del BMWP/Col<sup>1</sup>**

Familias				Puntos
Anomalopsychidae Atriplectididae Blephariceridae	Ptilodactylidae Chordodidae Gripopterygidae	Lampyridae Odontoceridae Perlidae	Polymitarcyidae Polythoridae Psephenidae	10
Coryphoridae Ephemerae Euthyplociidae	Gomphidae Hydrobiosidae Leptophlebiidae	Limnephilidae Oligoneuriidae Philopotamidae	Platystictidae Polycentropodidae Xiphocentronidae	9
Atyidae Calamoceratidae Hebridae Helicopsychidae Hydraenidae	Hydroptilidae Leptoceridae Limnephilidae Lymnaeidae Naucoridae	Palaemonidae Planorbidae (cuando es dominante Biomphalaria)	Pseudothelphusidae Saldidae Sialidae Sphaeriidae	8
Ancylidae Baetidae Calopterygidae Coenagrionidae	Dicteriadidae Dixidae Glossosomatidae Hyaellidae	Hydrobiidae Hydropsychidae Leptohyphidae Lestidae	Pyralidae Simuliidae Veliidae	7
Aeshnidae Ampullariidae Caenidae Corydalidae	Dryopidae Dugesiidae Elmidae Hyriidae	Limnichidae Lutrochidae Megapodagrionidae	Mycetopodidae Pleidae Staphylinidae	6
Ceratopogonidae Corixidae Gelastocoridae	Glossiphoniidae Gyrinidae Libellulidae	Mesoveliidae Nepidae Notonectidae	Tabanidae Thiaridae	5
Belostomatidae Chrysomelidae Curculionidae Ephydriidae	Haliplidae Hydridae Muscidae	Scirtidae Empididae Dolichopodidae	Hydrometridae Noteridae Sciomyzidae	4
Chaoboridae Cyclobdellidae	Hydrophilidae (larvas)	Physidae Stratiomyidae	Tipulidae	3
Chironomidae (Cuando no es la familia dominante, si domina es 1)		Culicidae Psychodidae	Syrphidae	2
	Tubificidae			1

Modificado por Álvarez 2006 de Roldán 2003.

**Tabla 2. Clases de calidad de agua, significación de los valores del BMWP y colores a utilizar para las representaciones cartográficas**

Clase	Calidad	Valor del BMWP	Significado	Color
I	Buena	> 150 101 - 120	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas o no alteradas de modo sensible	
II	Aceptable	61 - 100	Son evidentes algunos efectos de contaminación	
III	Dudosa	36 - 60	Aguas contaminadas	
IV	Crítica	16 - 35	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	< 15	Aguas fuertemente contaminadas	

Fuente: Álvarez (2006).

### 3.5.2. Índice ASPT.

**Tabla 3. Clasificación de las aguas y su significado ecológico de acuerdo al índice ASPT**

Clase	Calidad	Valor del ASPT	Significado	Color
I	Buena	> 9 - 10 > 8 - 9	Aguas muy limpias Aguas no contaminadas	
II	Aceptable	> 6.5 - 8	Ligeramente contaminada: se evidencian efectos de contaminación	
III	Dudosa	> 4.5 - 6.5	Aguas moderadamente contaminadas	
IV	Crítica	> 3 - 4.5	Aguas muy contaminadas	
V	Muy crítica	> 1 - 3	Aguas fuertemente contaminadas, situación crítica	

Fuente: Álvarez (2006).

## CAPÍTULO IV

### RESULTADOS Y DISCUSIÓN

#### 4.1. Evaluación de insectos acuáticos

##### 4.1.1. Época seca (mayo a agosto).

###### a. Zona alta.

En la Tabla 4, se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite indicar que dicha zona de evaluación se encuentra dentro de la Clase II, Calidad Aceptable, es decir que son evidentes algunos efectos de contaminación. Según el Índice ASPT, obtenemos un valor de 5,4 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase III, Calidad Dudosa, aguas moderadamente contaminadas.

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{71}{13}$$

$$\text{Índice ASPT} = 5,4$$

**Tabla 4. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona alta del río Huayobamba en época seca (mayo a agosto)**

<b>ORDEN</b>	<b>FAMILIA</b>	<b>ESTADO DE DESARROLLO</b>	<b>N° DE INDIVIDUOS</b>	<b>N° DE INDIVIDUOS /FAMILIA</b>	<b>PUNTAJE BMWP</b>
Megaloptera	Corydalidae	Larva	7	7	6
Odonata	Libellulidae	Naiada	30	30	5
Hemiptera	Naucoridae	Ninfas	7	19	8
		Adulto	12		
	Veliidae	Adulto	37	37	7
Plecoptera	Perlidae	Larva	11	11	10
Trichoptera	Rhyacophilidae	Larva	10	10	7
Ephemeroptera	Baetidae	Naiada	21	21	7
	Gyrinidae	Adulto	29	29	5
Coleoptera	Dytiscidae	Adulto	21	25	3
		Larva	4		
	Staphylinidae	Adulto	5	5	6
Diptera	Syrphidae	Pupa	3	4	2
		Adulto	1		
	Culicidae	Larva	19	19	2
	Tipulidae	Larva	13	13	3
<b>TOTAL</b>			<b>230</b>	<b>230</b>	<b>71</b>

**b. Zona media.**

En la Tabla 5, se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite indicar que dicha zona de evaluación se encuentra dentro de la Clase III, Calidad Dudosa, es decir son aguas contaminadas. Según el Índice ASPT, obtenemos un valor de 6,5 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase III, Calidad Dudosa, aguas moderadamente contaminadas.

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{46}{7}$$

$$\text{Índice ASPT} = 6,5$$

**Tabla 5. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona media del río Huayobamba en época seca (mayo a agosto)**

ORDEN	FAMILIA	ESTADO DE DESARROLLO	Nº DE INDIVIDUOS	Nº DE INDIVIDUOS /FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Megaloptera	Corydalidae	Larva	5	5	6
Hemiptera	Naucoridae	Larva	3	8	8
		Adulto	5		
Diptera	Culicidae	Adulto	16	16	7
		Larva	7	7	2
Trichoptera	Rhyacophilidae	Larva	13	13	7
Coleoptera	Staphylinidae	Adulto	17	20	6
		Larva	3		
Plecoptera	Perlidae	Larva	11	11	10
<b>TOTAL</b>			<b>80</b>	<b>80</b>	<b>46</b>

*c. Zona baja.*

En la Tabla 6 se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite

indicar que dicha zona de evaluación se encuentra dentro de la Clase V, Calidad Muy crítica, es decir son aguas fuertemente contaminadas. Según el Índice ASPT, obtenemos un valor de 2,6 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase V, Calidad Muy crítica, aguas fuertemente contaminadas situación crítica.

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{8}{3}$$

$$\text{Índice ASPT} = 2,6$$

**Tabla 6. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona baja del río Huayobamba en época seca (mayo a agosto)**

ORDEN	FAMILIA	ESTADO DE DESARROLLO	Nº DE INDIVIDUOS	Nº DE INDIVIDUOS /FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Diptera	Culicidae	Larva	7	7	2
Coleoptera	Dytiscidae	Adulto	9	26	3
		Larva	17		
Hemiptera	Hydrophilidae	Adulto	11	11	3
<b>TOTAL</b>			<b>44</b>	<b>44</b>	<b>8</b>

#### 4.1.2. Época húmeda (setiembre a abril).

##### a. Zona alta.

En la Tabla 7 se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite indicar que dicha zona de evaluación se encuentra dentro de la Clase II, Calidad Aceptable, es decir son evidentes algunos efectos de contaminación. Según el Índice ASPT, obtenemos un valor de 5,4 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase III, Calidad Dudosa, aguas moderadamente contaminadas.

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{71}{13}$$

$$\text{Índice ASPT} = 5,4$$

**Tabla 7. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos colectados en la zona alta del río Huayobamba en época húmeda (setiembre a abril)**

ORDEN	FAMILIA	ESTADO DE DESARROLLO	N° DE INDIVIDUOS	N° DE INDIVIDUOS /FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Megaloptera	Corydalidae	Larva	2	2	6
Odonata	Libellulidae	Naiada	10	10	5
Hemiptera	Naucoridae	Ninfas	3	22	8
		Adulto	19		
Plecoptera	Veliidae	Adulto	27	27	7
	Perlidae	Larva	20	20	10
Diptera	Tipulidae	Larva	6	6	3
	Culicidae	Larva	30	30	2
	Chironomidae	Larva	144	144	2
	Simuliidae	Larva	123	123	7
Ephemeroptera	Baetidae	Naiada	50	50	7
Coleoptera	Dytiscidae	Adulto	6	9	3
		Larva	3		
	Gyrinidae	Adulto	7	7	5
<b>TOTAL</b>			<b>450</b>	<b>450</b>	<b>65</b>

**b. Zona media.**

En la Tabla 8 se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite indicar que dicha zona de evaluación se encuentra dentro de la Clase III, Calidad Dudosa, es decir son aguas contaminadas. Según el Índice ASPT, obtenemos un valor de 5,5 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase III, Calidad Dudosa, aguas moderadamente contaminadas.

$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{44}{8}$$

$$\text{Índice ASPT} = 5,5$$

**Tabla 8. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos encontrados en la zona media del río Huayobamba en época húmeda (setiembre a abril)**

ORDEN	FAMILIA	ESTADO DE DESARROLLO	Nº DE INDIVIDUOS	Nº DE INDIVIDUOS /FAMILIA	PUNTAJE BMWP
Megaloptera	Corydalidae	Larva	3	3	6
Odonata	Libellulidae	Naiada	13	13	5
Hemiptera	Naucoridae	Larva	5	151	8
		Adulto	146		
Trichoptera	Veliidae	Adulto	38	38	7
	Rhyacophilidae	Larva	15	15	7
	Chironomidae	Larva	125	125	2
Diptera	Simuliidae	Larva	82	82	7
	Culicidae	Larva	27	27	2
<b>TOTAL</b>			<b>454</b>	<b>454</b>	<b>44</b>

*c. Zona baja.*

En la Tabla 9 se muestran las familias de insectos acuáticos que han sido determinadas durante la evaluación. La suma de puntajes asignados a las familias de insectos acuáticos utilizando el índice BMWP (Tabla 2), permite indicar que dicha zona de evaluación se ubica dentro de la Clase IV, Calidad

Crítica, es decir son aguas muy contaminadas. Según el Índice ASPT obtenemos un valor de 4,5 según la Tabla 3, esto nos indica que el agua es de Clase IV, Calidad Crítica, aguas muy contaminadas.

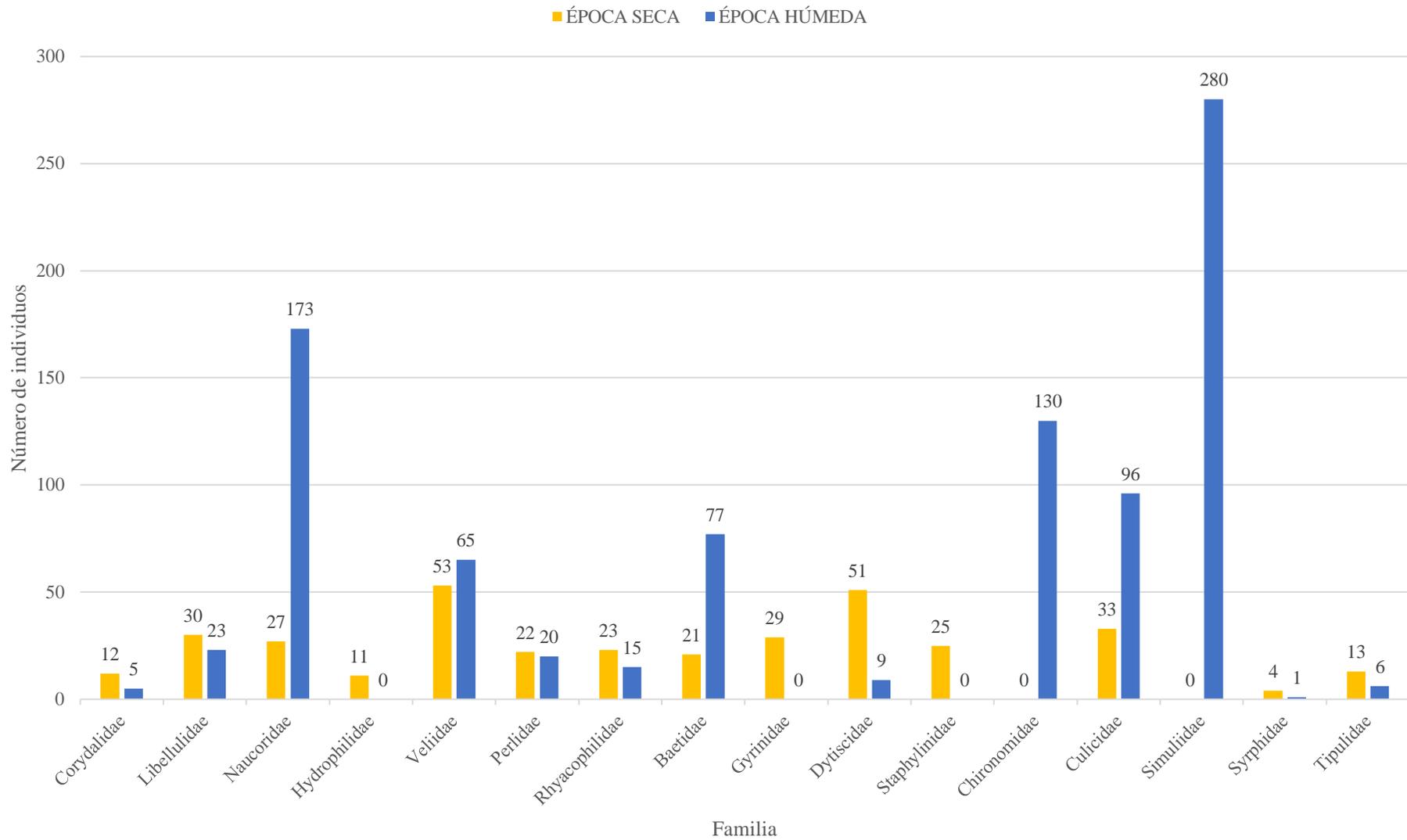
$$\text{Índice ASPT} = \frac{\text{Puntaje total BMWP}}{\text{Número de taxones (familia) en la muestra}}$$

$$\text{Índice ASPT} = \frac{18}{4}$$

$$\text{Índice ASPT} = 4,5$$

**Tabla 9. Índice biótico (BMWP) empleando insectos acuáticos encontrados en la zona baja del río Huayobamba en época húmeda (setiembre a abril)**

ORDEN	FAMILIA	ESTADO DE DESARROLLO	Nº DE INDIVIDUOS	Nº DE INDIVIDUOS /FAMILIA	PUNTAJE BMWP
	Chironomidae	Larva	121	121	2
Diptera	Simuliidae	Larva	75	75	7
	Culicidae	Larva	39	39	2
Ephemeroptera	Baetidae	Naiada	27	27	7
<b>TOTAL</b>			<b>262</b>	<b>262</b>	<b>18</b>



**Figura 3. Insectos acuáticos colectados en el río Huayobamba en época seca y época húmeda**

En la Figura 3, se observa que la densidad poblacional de insectos acuáticos en el río Huayobamba fue variable según las épocas de evaluación.

En época seca, las evaluaciones realizadas en la zona alta y media del río Huayobamba muestran resultados similares, debido al descenso del caudal del río y a los factores ecológicos que favorecieron la presencia de individuos de determinadas familias. Así mismo podemos mencionar que en la ribera de la zona alta del río se encuentra establecida la población de algunos caseríos del distrito de Paucamarca, de igual manera, extractores de material de construcción realizan movimiento de tierras, quienes a través de las actividades antrópicas que realizan contribuyen a la contaminación de esta fuente de agua. Los resultados de las evaluaciones realizadas en la zona baja del río Huayobamba, muestran que existe un alto grado de contaminación, esto relacionado con los residuos sólidos que la población arroja y con las aguas residuales de la ciudad de San Marcos que son vertidas sin ningún tratamiento. Palomino (2016), refiere que al muestrear el río Mashcón, se llegó a la conclusión que existe una correlación entre los parámetros de calidad del agua y los macroinvertebrados bentónicos.

En época húmeda, las evaluaciones realizadas en la zona alta y media del río Huayobamba fueron similares, debido al incremento del caudal del río, existiendo arrastre de contaminantes. En la zona baja del río Huayobamba el grado de contaminación disminuye, en comparación a las evaluaciones realizadas en época seca, esto estuvo relacionado con el incremento del caudal del río, por lo tanto la dilución de contaminantes es mayor, así mismo, larvas y ninfas incrementaron su densidad poblacional según la disponibilidad de agua, así como también algunas de ellas fueron arrastradas por la corriente. Al respecto Salcedo (2013) indica que la diferencia de calidad de hábitat ribereño y fluvial así como de conductividad, sólidos disueltos y nitratos influyen negativamente sobre la calidad del agua, y ésta, sobre la

comunidad de macroinvertebrados. Así mismo, Bullón (2016) menciona que los índices bióticos muestran cierta similitud, así como calidad de agua aceptable y aguas de moderada contaminación.

## CAPÍTULO V

### CONCLUSIONES

- La presencia o ausencia de insectos acuáticos del Orden Coleoptera, Diptera, Hemiptera, Ephemeroptera, Megaloptera, Odonata, Plecoptera y Trichoptera, en época seca y húmeda se encuentran relacionados en forma directa con la calidad de agua del río Huayobamba, según los índices ASPT y BMWP, en las zonas alta y media, en época seca y húmeda, presentan agua de Calidad Dudosa (Clase III: Aguas moderadamente contaminadas). En tanto, en la zona baja, en época seca el agua presenta Calidad Muy crítica (Clase V) y en época húmeda Calidad Crítica (Clase IV).
- La temperatura y la humedad influyen en la distribución estacional de insectos acuáticos en el río Huayobamba, pues se evidenció que las familias de insectos acuáticos en época húmeda y en época seca difieren en diversidad.
- Fueron identificados individuos del Orden Megaloptera (Familia Corydalidae), Orden Odonata (Familia Libellulidae), Orden Hemiptera (Familias Naucoridae, Hydrophilidae y Veliidae), Orden Plecoptera (Familia Perlidae), Orden Trichoptera (Familia Rhyacophilidae), Orden Ephemeroptera (Familia Baetidae), Orden Coleoptera (Familias Dytiscidae, Gyrinidae y Staphylinidae) y Orden Diptera (Familias Culicidae, Chironomidae, Simuliidae, Syrphidae y Tipulidae).

## **RECOMENDACIONES**

- Realizar investigaciones sobre la determinación de la diversidad de insectos acuáticos en distintas fuentes de agua de nuestra provincia.
- Sensibilizar a la población en el cuidado de las fuentes de agua, ya que las actividades que realizan impactan en forma directa en su calidad, así como en la diversidad de insectos acuáticos que la habitan.

## CAPÍTULO VI

### REFERENCIAS BIBLIOGRÁFICAS

- Alba - Tercedor, J. (1996). *Macro-invertebrados acuáticos y calidad de las aguas de los ríos*. En: IV Simposio del Agua en Andalucía (SIAGA). Almería, Vol. II. 203-213. ISBN: 847840-262-4.
- Andrewartha, H. (1970). *Introduction to the Study of Animal Populations*. Methuen & Co., Londres.
- Archangelsky, M. (2001). *Capítulo 6. Coleoptera. pp. 131-153*. En: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.). *Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- Ballesteros, N., Zúñiga de Cardozo, M. (2005). *Contribución al conocimiento del género Anacroneuria (Plecoptera: Perlidae) y su relación con la calidad del agua en el río Riofrío (Valle del Cauca)*. Universidad del Valle. Cali. *Posgrado en Ingeniería Sanitaria y Ambiental*. Boletín. 2 p.
- Branco, S. (1984). *Limnología Sanitaria, estudio de la polución de las aguas continentales*. Editorial Secretaría general de la Organización de los Estados Americanos.
- Bullón, V. 2016. *Macroinvertebrados acuáticos como indicadores de la calidad de agua en la cuenca del río Perene, Chanchamayo*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Forestal y Ambiental. Universidad Nacional del Centro del Perú. Huancayo, Perú. 49 p.
- Cairns, J., Pratt, R. (1993). *A history of biological monitoring using benthic macroinvertebrates. Pp. 10-27*. In D. M. Rosenberg & V. H. Resh (Eds.) *Freshwater Biomonitoring and Benthic Macro-invertebrates*. Chapman & Hall, New York.
- Castellanos, P., Serrato, C. 2008. "Diversidad de macroinvertebrados acuáticos en un nacimiento de río en el Páramo de Santurbán, Norte de Santander". *Revista de la Academia Colombiana de Ciencias* 32(122): 79-86.
- Caughlin, T. (2004). *Natural history of the aquatic hemiptera*. Recuperado de <http://www.faculty.mef.edu./mccord/doc/natural.history.aquatic.hemiptera.doc>.
- Chila, A. (1998). *An attempt to application of benthic macro-invertebrates for the assessment of water quality*. *Acta Hydrobiol.*, Vol. 40: 55-65.
- Contreras, A. (1999). *Métodos para estudios en sistemática de Megaloptera (Insecta: Neuropterida) con base en morfología Dugesiana*.

- Cressa, C., Stark, B. 2003. Plecópteros. En: Biodiversidad en Venezuela. Aguilera, M., A. Azocar y E. González (Eds.). Fundación Polar, Fondo Nacional de Ciencia, Tecnología e Innovación (FONACIT). Pp. 478-487.
- Del Arco, A., Ferreira, V., Graça, M. 2012. The performance of biological indicators in assessing the ecological state of streams with varying catchment urbanisation levels in Coimbra, Portugal. *Limnetica* 31:141-154.
- Domínguez, E., Hurbbard, M., Pescador, M., Molineri, C. (2001). *Capítulo 1 Ephemeroptera. pp. 17-15. En: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos.* Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- ECOSAC IB S.A.C. (2013). *Estudio de caracterización de los residuos sólidos domiciliarios del distrito Pedro Gálvez, provincia San Marcos, departamento de Cajamarca.*
- Esteves, F. 1988. Fundamentos de Limnología. Ed. Interciencias. finep. Rio de Janeiro, Brasil.
- Forbes, A. (1887). *The Lake as a Microcosm. Bull. of the Scientific Association (Peoria, IL): 77-87.*
- Forbes, A. (1928). *The biological survey of a river system-its objects, methods, and results. Bulletin of Illinois Natural History Surveys. Vol. 17. No. 7: 277-284.*
- Gonzales, M., García, D. (1995). *Restauración de Ríos y Riberas.* Universidad Politécnica de Madrid.
- Hermanson, T. (1999). *An evaluation of the Peinador and biological monitoring working party macro-invertebrate indices in assessment of biological water quality in tropical streams of Golfito, Costa Rica.* Adv. M. Springer. Macalester.
- Instituto Mi Río - Universidad de Antioquia. (2001). *Segunda evaluación biológica del río Medellín. Colección Estado Social Ecológico y Ambiental del río Medellín. Tomo II.*
- Junqueira, V., Amarante, C., França, S. (2000). *Biomonitoramento da qualidades das águas da bacia do Alto Rio das velhas (MG/Brasil a través de macroinvertebrados.* Acta Limnologica Brasiliensia. Vol. 12 (1): 73-87.
- López del Castillo, P., González, L., Naranjo, L. (2006). *Lista de insectos acuáticos de la reserva ecológica "Alturas de Banao", Sancti Spiritus, Cuba (Insecta).* Boletín Sociedad Entomológica Aragonesa 38: 201-204 p.
- Margalef, R. (1983). *Limnología.* Ediciones Omega S.A. Barcelona.
- Mathooko, M., Mpawenayo, B., Kipkemboi, J., Merimba, Ch. (2005). *Distributional patterns of diatoms and Limnodrilus oligochaetes in a Kenyan dry streambed following the 1999-2000 drought conditions.* International Review of Hidrobiology 90(2): 185-200 p.

- Miserendino, M., Pizzolón, L. (1999). *Rapid assessment of river water quality using macroinvertebrates: a family level biotic index for the Patagonic Andean zone*. Acta Limnologica Brasiliensia. Vol. 11, N0 2: 137-148.
- Palomino, P. (2016). *Macroinvertebrados acuáticos bentónicos (MAB) y su relación con la calidad del agua en el río Mashcón-Cajamarca, 2016*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Privada del Norte. Cajamarca, Perú. 84 p.
- Papovicova, J. (2008). *Water Quality Assessment of Prairie Creek Reservoir in Delaware Country, Indiana*. Proceedings of Indiana Academy of Science: 117(2), 124-135.
- Ramírez, A., Viña, G. (1998). *Limnología colombiana. Aportes a su conocimiento y Estadísticas de análisis*. Univ. Jorge Tadeo Lozano - BP Exploration, Bogotá. Colombia.
- Richardson, E. (1928). *The bottom fauna of the middle Illinois River, 1913-1925: its distribution, abundance, valuation, and index value in the study of stream pollution*. Bulletin of Illinois Natural History Surveys. Vol. 17. No 12: 387-475.
- Roldán, G. (1999). *Los macroinvertebrados y su valor como indicadores de la calidad del agua*. Rev. Acad. Colomb. Cienc. 23 (88):375-387 p.
- Roldán, G. (2003). *Bioindicación de la Calidad del Agua en Colombia: Uso del Método BMWP/Col*. Editorial Universidad de Antioquia.
- Romero, D; Tarrillo, H. (2017). *Evaluación de la calidad del agua utilizando macroinvertebrados bentónicos como indicadores bióticos en la quebrada Chambag, Santa Cruz, Cajamarca, durante agosto, diciembre 2016 y marzo 2017*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad de Lambayeque. 99 p.
- Romero, V. (2001). *Capítulo 3. Plecoptera. 93-109 p. En: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- Romero, V. (2001). *Capítulo 4. Megaloptera. 111-120 p. En: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- Romero, V. (2001). *Capítulo 5. Lepidoptera. 121-130 p. En: Fernández, H.R. & Domínguez, E. (eds.). Guía para la determinación de los artrópodos bentónicos sudamericanos*. Investigaciones de la UNT, Ciencias Exactas y Naturales; Universidad Nacional de Tucumán, Facultad de Ciencias Naturales e Instituto M. Lillo, Tucumán, Argentina.
- Salcedo, S. (2013). *Macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la calidad de agua en la microcuenca San Alberto, Oxapampa, Perú*. Tesis para optar el Título Profesional de Ingeniero Ambiental. Universidad Nacional Daniel Alcides Carrión. Pasco, Perú.

- Sánchez, G., Vergara, C. (2006). *Ecología de Insectos*. Universidad Nacional Agraria La Molina. Departamento de Entomología y Fitopatología. Lima, Perú.
- Segnini, S. 2003. El uso de los macroinvertebrados bentónicos como indicadores de la condición ecológica de los cuerpos de agua corriente. *Ecotrópicos* 16(2):45-63.
- Servicio Nacional de Meteorología e Hidrología. (2017). *Datos meteorológicos distritales, provinciales y departamentales*.
- Silveira, S. (1972). *Levantamento de insetos e flutuação da população de pragas da ordem Lepidoptera, com o uso de armadilhas luminosas, em diversas regiões do Estado de São Paulo. Tesis (Docencia Libre)*. Escola Superior de Agricultura Luiz de Queiroz, Piracicaba, São Paulo.
- Tamaris, C., Turizo, R., Zúñiga, M. (2007). *Distribución espacio temporal y hábitos alimentarios de ninfas de Anacroneuria (Insecta: Plecoptera: Perlidae) en el río Gaira (Sierra Nevada de Santa Marta, Colombia)*. *Caldasia* 29(2): 375-385 p.
- Williams, D., Feltmate, B. (1994). *Aquatic insects*. CAB International, Wallingford UK.

## APÉNDICE

### Apéndice 1. Insectos acuáticos colectados



*Figura 4. Larva de la Familia Corydalidae*



*Figura 5. Náyade de la Familia Libellulidae*



***Figura 6. Adulto de la Familia Naucoridae***



***Figura 7. Larva de la Familia Perlidae***



***Figura 8. Adulto de la Familia Staphylinidae***



**Figura 9.** Larva de la Familia Culicidae



**Figura 10.** Larva de la Familia Rhyacophilidae



**Figura 11.** Larva de la Familia Baetidae



***Figura 12. Adulto de la Familia Gyrinidae***



***Figura 13. Adulto de la Familia Dytiscidae***



***Figura 14. Larva de la Familia Syrphidae***



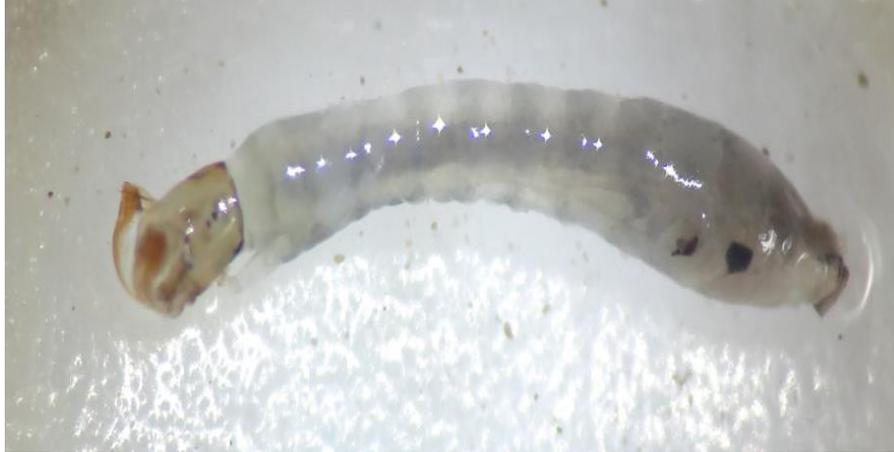
***Figura 15. Larva de la Familia Tipulidae***



***Figura 16. Ninfa de la Familia Veliidae***



***Figura 17. Adulto de la Familia Hydrophilidae***



***Figura 18. Larva de la Familia Simuliidae***



***Figura 19. Larva de la Familia Chironomidae***



**Figura 20. Evaluación de insectos acuáticos en el río Huayobamba**



**Figura 21. Fase de laboratorio**